

13  
29.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

"COLEGIO DE GEOGRAFIA"

"EVALUACION DEL POTENCIAL ACUICOLA COSTERO MEDIANTE LA APLICACION DE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA: DOS ESTUDIOS DE CASO EN OAXACA Y CHIAPAS"

T E S I S

PARA OPTAR POR EL GRADO DE

LICENCIADO EN GEOGRAFIA

P R E S E N T A :

JESUS DIAZ SALGADO



CIUDAD UNIVERSITARIA ~~RESULTA DE PROYECTO DE~~ 1998.  
COLEGIO DE GEOGRAFIA

266411

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
SECRETARIA ACADEMICA DE SERVICIOS ESCOLARES  
FEP-3

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

EGRESADO: Jesús Díaz Salgado.

TITULO DE TESIS:

"Evaluación del potencial acuícola -- costero mediante la aplicación de un -- sistema de información geográfica: Dos estudios de caso Oaxaca y Chiapas".

P R E S E N T E.

Por la presente tenemos a bien comunicar a usted que, después de revisar el trabajo cuyo título aparece al margen, cada uno de nosotros, como miembro del sínodo, emitimos nuestro dictamen aprobatorio, considerando que dicho trabajo reúne los requisitos académicos necesarios para presentar el examen oral correspondiente.

A T E N T A M E N T E  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria, D.F., a 11 de septiembre de 1998.

TESINA:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

NOMBRE SINODALES:	ANTIGÜEDAD EN LA U.N.A.M.:	FIRMA DE ACEPTACION DEL TRABAJO ESCRITO:
<b>Presidente:</b> M. en C. José R. Latournerié Cervera. (S.E.).	22-III - 77	
<b>Vocal:</b> Dr. José Luis Palacio Prieto.	07 - IV - 80	
<b>Secretario:</b> Dr. Jorge López Blanco. (Asesor).	20 - I - 87	
<b>Suplente:</b> Biol. Adolfo Lara Vázquez. (S.E.).	26 - X - 88	
<b>Suplente:</b> Dra. Rosa Inma Trejo Vázquez.	29 - I - 96	

No. DE CUENTA:

8923678-5

GENERACION:

92-96.

AÑO (ingreso-egreso)

Vo. Bo.  
COORDINADOR DE LA CARRERA

LIC. EDUARDO A. PEREZ TORRES.

c.c.p. El Alumno  
c.c.p. Secretaría Académica de Servicios Escolares  
c.c.p. División de Estudios Profesionales  
c.c.p. Coordinación de la Carrera

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Jorge López Blanco, por su amistad, apoyo y asesoría durante todo el trabajo de esta tesis, y por compartir sus conocimientos y experiencia.

Al M.en C. José R. Latournerié Cervera, por la sugerencia del tema, por su valiosa y desinteresada ayuda, y permitirme formar parte de su grupo de trabajo y del laboratorio que coordina.

Al Biol. Adolfo Lara Vázquez, por su confianza, enseñanzas, amistad y revisión del presente trabajo.

A los sinodales: Dr. José Luis Palacio Prieto y Dra. Rosa Irma Trejo Vázquez, por la revisión, observaciones y sugerencias realizadas a esta investigación.

A las autoridades del Instituto de Geografía (UNAM), por permitirme la utilización de los recursos, instalaciones y equipo durante la elaboración de la tesis.

A la Dirección General de Investigación en Acuicultura del Instituto Nacional de la Pesca (SEMARNAP), por el apoyo, la información proporcionada y haber podido participar en el proyecto de SIG y Acuicultura, en especial al Dr. Porfirio Alvarez Torres, M. en C. Alexandra Gutiérrez García y Biol. Patricia Rojas.

A los miembros del Laboratorio de Acuicultura y Producción Acuática de la Facultad de Ciencias (UNAM), por su apoyo y amistad.

Al Biol. Ignacio Piña (SEMARNAP-Oaxaca), por proporcionar la información solicitada. Al Dr. Hector Garduño Argueta, por haberme permitido asistir a su curso de Camaronicultura y práctica de campo.

Al Programa de Becas de Tesis de Licenciatura en Proyectos de Investigación de la UNAM, por el apoyo brindado para la realización de esta tesis a través de una beca.

A mis amigos y compañeros(as) de la licenciatura, con los cuales pase ratos y experiencias agradables.

Dedico esta tesis a mis padres, por su cariño, apoyo y por todo lo que han hecho por mí:  
**Gracias.**

## CONTENIDO

Pág.

### INTRODUCCIÓN

#### CAPITULO 1

##### MARCO DE REFERENCIA

1.1 GENERALIDADES SOBRE ACUACULTURA Y CULTIVO DE CAMARON	1
1.2 SIG Y ACUACULTURA	11

#### CAPITULO 2

##### MATERIALES Y ESTRUCTURA METODOLÓGICA

2.1 ASPECTOS GENERALES SOBRE LOS PROGRAMAS QUE CONFORMAN AL SIG	20
2.2 MANEJO DE LA INFORMACION Y ANALISIS CON EL SIG	22
2.3 SELECCION DE LOS FACTORES PARA LOS ESTUDIOS DE ACUACULTURA CON SIG	31

#### CAPITULO 3

##### EVALUACIÓN DEL FACTOR COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA EL POTENCIAL ACUÍCOLA COSTERO EN LA ZONA DE MAR MUERTO (OAXACA Y CHIAPAS) CON EL USO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

3.1 INTRODUCCIÓN	36
3.1.1 Antecedentes y justificación.	36
3.1.2 Objetivo.	40
3.1.3 Area en estudio.	41
3.3 METODOLOGIA	42
3.4 RESULTADOS	48
3.4.1 Indice o nivel de bienestar.	48
3.4.2 Uso del suelo y vegetación.	53
3.4.3 Proximidad a las vías de comunicación.	56
3.4.4 Proximidad a fuentes de agua salobre.	58
3.4.5 Proximidad a fuentes de insumos.	60
3.4.6 Energía eléctrica.	62
3.4.7 Evaluación con Multicriterios.	65

#### CAPITULO 4

##### APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EVALUAR EL POTENCIAL ACUÍCOLA EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNAS DE CHACAHUA, OAXACA.

4.1 INTRODUCCIÓN	72
4.1.1 Antecedentes y justificación.	72
4.1.2 Objetivo.	74
4.2 DESARROLLO METODOLÓGICO	75
4.2.1 Localización y aspectos generales.	75
4.2.2 Estudios previos y selección de factores.	81

<b>4.3 RESULTADOS</b>	87
4.3.1 Proximidad a los recursos acuáticos.	87
4.3.2 Unidades de suelos.	92
4.3.3 Topografía.	99
4.3.4 Uso del suelo y vegetación.	104
4.3.5 Proximidad a los caminos.	112
4.3.6 Proximidad a fuentes de energía eléctrica.	115
4.3.7 Restricciones.	118
4.3.8 Evaluación con Multicriterios.	123
<b>CAPITULO 5</b>	
<b>CONCLUSIONES GENERALES</b>	128
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	135
<b>ANEXOS</b>	142

## INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS	Pág.
<b>Figura 1.1</b> Tendencias en las pesquerías mundiales, producción y consumo.	2
<b>Figura 1.2</b> Producción de camarón de acuicultura en México.	5
<b>Figura 1.3</b> Ciclo de vida del camarón.	7
<b>Figura 1.4</b> Cultivo de camarón.	8
<b>Figura 1.5</b> Contribución relativa de organismos y alimentación.	8
<b>Figura 2.1</b> Optimización visual de la ubicación.	24
<b>Figura 2.2</b> Manejo de información para definir la viabilidad de una acuicultura rural sustentable.	26
<b>Figura 2.3</b> Representación esquemática de un proceso de toma de decisiones para la acuicultura de peces en estanques y jaulas en Tabasco, México.	29
<b>Figura 2.4</b> Diagrama del esquema secuencial para integrar y aplicar un SIG en la evaluación del desarrollo acuícola.	30
<b>Figura 3.1</b> Esquema de los factores utilizados para la evaluación socioeconómica del potencial acuícola en la zona de Mar Muerto.	37
<b>Figura 3.2</b> Mapa final de la evaluación socioeconómica del potencial para acuicultura en la zona de Mar Muerto.	38
<b>Figura 3.3</b> Area de estudio municipal en la zona de Mar Muerto.	43
<b>Figura 3.4</b> Area de estudio de la llanura costera y localidades de más de 20 habitantes en la zona de Mar Muerto.	43
<b>Figura 3.5</b> Procedimiento de definición de áreas por los Polígonos de Thiessen.	44
<b>Figura 3.6</b> Representación espacial de las localidades mediante Polígonos de Thiessen en la zona de Mar Muerto.	45
<b>Figura 3.7</b> Esquema de factores utilizados para la evaluación de los costos de producción para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.	46
<b>Figura 3.8</b> Factor nivel de bienestar y costos de producción para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.	52

<b>Figura 3.9</b> Factor uso del suelo y vegetación y costos de producción para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.	55
<b>Figura 3.10</b> Factor proximidad a las vías de comunicación y costos de producción para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.	57
<b>Figura 3.11</b> Factor proximidad a fuentes de agua salobre y costos de producción para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.	59
<b>Figura 3.12</b> Factor proximidad a fuentes de insumos y costos de producción para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.	61
<b>Figura 3.13</b> Factor energía eléctrica y costos de producción para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.	63
<b>Figura 3.14</b> Mapa final de la evaluación del potencial acuícola en cuanto a costos de producción en la zona de Mar Muerto.	67
<b>Figura 3.15</b> Clasificación y distribución de atributos del potencial acuícola en la zona de Mar Muerto.	68
<b>Figura 4.1</b> Area de estudio del Parque Nacional Lagunas de Chacahua y zonas adyacentes.	76
<b>Figura 4.2</b> Modelo diagramático del diagnóstico de la laguna de Chacahua y acciones a seguir para un mejoramiento hidrológico y aprovechamiento pesquero-acuícola.	77
<b>Figura 4.3</b> Modelo diagramático del diagnóstico de la laguna de Pastoría y acciones a seguir para un mejoramiento hidrológico y aprovechamiento pesquero-acuícola.	78
<b>Figura 4.4</b> Modelo diagramático del diagnóstico de la laguna Salina Grande y acciones a seguir para un mejoramiento hidrológico y aprovechamiento pesquero-acuícola.	79
<b>Figura 4.5</b> Zona de estudio incluida en el trabajo de SEPESCA (1993).	82
<b>Figura 4.6</b> Factores ambientales para el cultivo semi-intensivo de camarón aplicados por Aguilar-Manjarrez (1996).	85
<b>Figura 4.7</b> Esquema de los factores utilizados para la evaluación del potencial para el desarrollo de la acuicultura del camarón en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	86
<b>Figura 4.8</b> Proceso hidrológico del Sistema Lagunar Chacahua-Pastoría.	88
<b>Figura 4.9</b> Factor proximidad a los recursos acuáticos y su potencial para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	91
<b>Figura 4.10</b> Factor unidades de suelos y su potencial para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	97
<b>Figura 4.11</b> Intervalos de altitud del Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	100
<b>Figura 4.12</b> Intervalos de pendiente del Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	100
<b>Figura 4.13</b> Factor topografía y su potencial para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	102
<b>Figura 4.14</b> Factor uso del suelo y vegetación y su potencial para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	110
<b>Figura 4.15</b> Factor proximidad a los caminos y su potencial para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	114
<b>Figura 4.16</b> Factor proximidad a fuentes de energía eléctrica y su potencial para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	116
<b>Figura 4.17</b> Algunas relaciones funcionales de los manglares con la pesca artesanal, la acuicultura y los recursos pesqueros.	119
<b>Figura 4.18</b> Restricciones para proyectos acuícolas en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	122

<b>Figura 4.19</b> Mapa final de la evaluación del potencial acuícola en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	125
<b>Figura 4.20</b> Clasificación y distribución de atributos del potencial acuícola en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	126

## TABLAS

<b>Tabla 1.1</b> Serie histórica de la producción de camarón en peso vivo según origen, 1990-1996 (toneladas).	4
<b>Tabla 1.2</b> Superficie potencialmente disponible para la camaronicultura en México (hectáreas).	5
<b>Tabla 1.3</b> Superficie potencialmente disponible para la camaronicultura.	6
<b>Tabla 1.4</b> Granjas camaronícolas en México.	6
<b>Tabla 1.5</b> Características de los cuatro sistemas de cultivo de camarón practicados en México.	9
<b>Tabla 1.6</b> Las tres grandes categorías de campos de aplicación de los SIG.	13
<b>Tabla 1.7</b> Factores que han motivado la reciente expansión de los SIG.	14
<b>Tabla 1.8</b> Los 10 beneficios más importantes del uso de los SIG.	15
<b>Tabla 1.9</b> Estudios de aplicación SIG para el desarrollo de la acuicultura.	17
<b>Tabla 2.1</b> Módulos generales disponibles en IDRISI.	21
<b>Tabla 2.2</b> Escala continua de valores y su descripción.	27
<b>Tabla 2.3</b> Pesos obtenidos de la matriz de comparación en pares para valorar la importancia de cinco factores de la calidad del agua para la acuicultura.	28
<b>Tabla 2.4</b> Algunos factores que intervienen en la acuicultura.	31
<b>Tabla 2.5</b> Criterios seleccionados en estudios de SIG para el desarrollo de la acuicultura (1987-1995).	33
<b>Tabla 3.1</b> Información utilizada en la zona de Mar Muerto.	47
<b>Tabla 3.2</b> Cartografía básica y temática utilizada en la zona de Mar Muerto.	47
<b>Tabla 3.3</b> Operacionalización del concepto de marginación social, CONAPO (1990).	49
<b>Tabla 3.4</b> Categorías del grado de bienestar y marginación en la zona de Mar Muerto.	50
<b>Tabla 3.5</b> Criterios de ponderación del índice o nivel de bienestar para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.	51
<b>Tabla 3.6</b> Reclasificación de los usos del suelo y vegetación para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.	53
<b>Tabla 3.7</b> Criterios de ponderación del uso del suelo y vegetación para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.	54
<b>Tabla 3.8</b> Criterios de ponderación de la proximidad a las distintas vías de comunicación para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.	56
<b>Tabla 3.9</b> Criterios de ponderación de la proximidad a fuentes de agua salobre para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.	58
<b>Tabla 3.10</b> Localidades que ofrecen insumos para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.	60
<b>Tabla 3.11</b> Criterios de ponderación de la proximidad a fuentes de insumos para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.	60
<b>Tabla 3.12</b> Criterios de ponderación del porcentaje de viviendas con energía eléctrica por localidad para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.	62
<b>Tabla 3.13</b> Criterios de ponderación de la proximidad a una fuente central de energía eléctrica para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.	63



<b>Tabla 3.14</b> Pesos obtenidos de la matriz de comparación en pares de los factores para estimar el potencial acuícola en la zona de Mar Muerto.	65
<b>Tabla 3.15</b> Interpretación y puntuación de los factores utilizados en el estudio de la zona de Mar Muerto para evaluar el potencial acuícola en cuanto a costos de producción.	66
<b>Tabla 3.16</b> Proyectos de inversión en acuicultura en localidades con vocación camarónica.	69
<b>Tabla 4.1</b> Criterios para el cultivo de camarón utilizados por Kapetsky <i>et al.</i> (1987).	83
<b>Tabla 4.2</b> Principales criterios y subcriterios utilizados para identificar las oportunidades del cultivo de camarón en estanques utilizados por Kapetsky (1989).	84
<b>Tabla 4.3</b> Factores para la evaluación ambiental del cultivo semi-intensivo de camarón aplicados por Aguilar-Manjarrez, 1996.	84
<b>Tabla 4.4</b> Información seleccionada para la evaluación del potencial acuícola en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	86
<b>Tabla 4.5</b> Criterios de ponderación de la proximidad a los recursos acuáticos para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	90
<b>Tabla 4.6</b> Propiedades más importantes de los suelos para la acuicultura.	92
<b>Tabla 4.7</b> Grupos de suelos y clases texturales del Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	93
<b>Tabla 4.8</b> Criterios de clasificación de Aguilar-Manjarrez (1990) para texturas de suelos y su potencial acuícola.	93
<b>Tabla 4.9</b> Resumen de las principales características texturales y permeabilidad de los tipos de suelos del Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	94
<b>Tabla 4.10</b> Resumen de las principales características de los tipos de suelo del Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	95
<b>Tabla 4.11</b> Clasificación de las unidades del suelo de acuerdo a su aptitud para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	96
<b>Tabla 4.12</b> Criterios de ponderación de las unidades del suelo para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	96
<b>Tabla 4.13</b> Criterios de clasificación de los rangos de pendiente para la acuicultura.	101
<b>Tabla 4.14</b> Criterios de ponderación de altitudes y pendientes para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	102
<b>Tabla 4.15</b> Distribución de la superficie por uso del suelo en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	104
<b>Tabla 4.16</b> Tipos de vegetación natural en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	106
<b>Tabla 4.17</b> Actividades económicas que se practican y hacen uso del suelo dentro del Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	108
<b>Tabla 4.18</b> Clasificación de los distintos usos del suelo y vegetación de acuerdo a su aptitud con la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	109
<b>Tabla 4.19</b> Criterios de ponderación de la clasificación del uso del suelo y vegetación para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	110
<b>Tabla 4.20</b> Principales caminos y veredas del Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	111
<b>Tabla 4.21</b> Criterios de ponderación de la proximidad a los caminos para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	113
<b>Tabla 4.22</b> Viviendas particulares por localidad con electricidad en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	114

<b>Tabla 4.23</b> Criterios de ponderación de la proximidad a fuentes de energía eléctrica para la acuicultura en y próximas al Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	116
<b>Tabla 4.24</b> Restricciones utilizadas para la acuicultura y criterios para su representación espacial.	118
<b>Tabla 4.25</b> Pesos obtenidos de la matriz de comparación en pares de los factores para estimar el potencial acuícola en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.	123
<b>Tabla 4.26</b> Interpretación y puntuación de los factores utilizados en el estudio del Parque Nacional Lagunas de Chacahua para evaluar el potencial acuícola.	124

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una actividad económica que está adquiriendo una importancia relevante. Actualmente se practica en mayor o menor medida en casi todos los países del mundo, aunque algunos, por su situación geográfica, socioeconómica y política están más avanzados en esta actividad. Se considera que en la actualidad el cultivo de organismos acuáticos contribuye con más del 20% de la producción total a nivel mundial (Martínez-Córdova, 1993). Del mismo modo el manejo productivo de las áreas costeras con fines de acuicultura y el uso de zonas aledañas para el desarrollo de actividades de producción acuícola, sigue ganando creciente interés a nivel mundial, debido esencialmente a la calidad y alto valor de los productos obtenidos.

En México, la acuicultura del camarón o camaronicultura se ha venido desarrollando desde finales de los 70's. Su práctica ha arrojado beneficios sociales y económicos, que se han traducido en una fuente de alimentación de un elevado valor nutricional, pero sobre todo en el contexto económico por el valor que alcanza el producto en el mercado nacional e internacional. La producción aumentó de 4,371 ton en 1990 a 13,114 ton en 1996. Esta actividad se ha concentrado principalmente en los estados del Pacífico Norte (sur de Sonora, Sinaloa y norte de Nayarit), estas entidades representan el 95% de la producción nacional (SEMARNAP, 1996 y 1997a).

Sin embargo, la experiencia productiva en esta zona ha sido de poca eficiencia y con un crecimiento y planeación desordenadas. Esto ha provocado fuertes alteraciones ambientales, como la conversión de grandes zonas de manglar en granjas camaroneras y la contaminación producida por las descargas de agua con gran cantidad de desechos. Del mismo modo la camaronicultura, que ha sido desarrollada principalmente mediante inversiones de capitales privados provenientes de países industrializados, ha traído poco beneficio a las comunidades costeras, las cuales tienen la expectativa de mejorar sus niveles de vida. Se puede decir que en general esta actividad no ha alcanzado los rendimientos, tanto sociales como económicos, proyectados o identificados como potenciales. En la actualidad la acuicultura enfrenta el reto del uso eficiente, integral y sustentable tanto del agua y del medio y sistema de cultivo, como de las especies biológicas, espacios físicos y recursos que le rodean.

Por otro lado en años recientes existe el interés, los programas y proyectos por parte del gobierno y algunos grupos de académicos para el estudio y la promoción del desarrollo de la acuicultura en las costas del Pacífico Sur de México, particularmente en los estados de Oaxaca y Chiapas. Estas entidades presentan oferta de recursos y condiciones naturales favorables y aprovechables para esta actividad, además de la disponibilidad de postlarvas de camarón prácticamente durante todo el año, lo que permite realizar un promedio de dos ciclos de cosecha anuales.

El espacio de producción acuícola envuelve varios y complicados factores ambientales, tecnológicos y socioeconómicos donde convergen varias disciplinas relacionadas, que producen y hacen uso de información heterogénea. Es por ello, que es necesario aplicar una metodología y una estrategia multidisciplinaria, sostenida por una adecuada información que permita planear sobre bases más sólidas y congruentes para indicar las líneas de desarrollo de la acuicultura. El uso efectivo de grandes volúmenes de datos depende de la existencia de sistemas eficientes que permitan transformar estos datos en información utilizable. Para una planeación completa, es fundamental un conocimiento exacto y preciso de la localización, cantidad y disponibilidad de los recursos del medio ambiente natural y social.

Una alternativa que ofrece un respaldo tecnológico en el campo de la planeación ambiental y la administración de los recursos naturales, es la de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). El empleo de esta tecnología permite integrar y analizar gran cantidad de información de naturaleza espacial (o geográfica) y no espacial (o de atributos), que hasta hace poco tiempo era muy difícil de hacer de manera manual o mediante interpretación visual. Los SIG han propiciado el cambio de los procedimientos de captura, almacenamiento, análisis y despliegue de amplios volúmenes de datos, de diferentes orígenes, temporalidades, escalas, formatos, etc. (Meaden y Kapetsky, 1992; López-Blanco, 1994).

Los SIG permiten identificar, cuantificar y analizar fenómenos y procesos que se presentan en la naturaleza y obtener una visión integral para la toma de decisiones. Las ventajas de un SIG son su capacidad de almacenamiento y presentación múltiple, pero sobre todo la posibilidad de relacionar una serie de variables que explican en conjunto el comportamiento de un proceso en la naturaleza. Los SIG han sido un fenómeno reciente que ha tenido un crecimiento exponencial durante los últimos años, tanto en ambientes académicos y gubernamentales como de iniciativa privada, lo que ha propiciado la formación de una nueva disciplina. Esta sirve de apoyo fundamental para la geografía, y cada vez es mayor su utilidad para otras disciplinas (Chacón-Torres, 1996; López-Blanco, 1998).

En 1987 se inician las aplicaciones de los SIG en el campo de la acuicultura, a partir de entonces en los últimos 10 años se han realizado diversos estudios para una variedad de cultivos y especies, en distintos lugares y a diferentes escalas. Estos se han enfocado en la evaluación, localización y cuantificación de los recursos terrestres y acuáticos, los sitios potenciales y la aptitud de los usos del suelo para la selección del emplazamiento acuícola en relación a una serie de variables, principalmente ambientales. Las aplicaciones de este tipo se inician en México en la década de los 90's en estados como Yucatán, Tabasco y Sinaloa. De hecho los SIG han sido recomendados por instituciones como SEMARNAP y FAO (1995), como un medio eficiente en la planeación de proyectos de acuicultura en lagunas costeras.

Por lo anterior, y aprovechando los logros y el conocimiento de los problemas a los que se ha enfrentado la acuicultura en el Pacífico Norte, y considerando que esta práctica está aun por desarrollarse en el Pacífico Sur, existe la oportunidad de realizar una planeación adecuada de esta actividad que sea altamente eficiente, de poco riesgo ecológico y por tanto rentable y a largo plazo, aplicando para ello la metodología y las capacidades que los SIG ofrecen.

El objetivo principal de esta tesis es el de evaluar, mediante la aplicación de un SIG, el potencial de la acuicultura costera del camarón en dos estudios de caso. Esta evaluación estará dada en la determinación y búsqueda de los sitios más propicios para el establecimiento de unidades de producción acuícola de camarón en áreas específicas alrededor de dos sistemas lagunares costeros del Pacífico Sur mexicano, así como la extensión de superficie terrestre disponible para dicha actividad.

Para ello se presentan dos ejemplos de aplicación de los SIG en dos instituciones dedicadas a la investigación en algunas de las distintas ramas de la acuicultura, y que están comenzando a hacer uso de tales sistemas en sus programas de trabajo. El primero se refiere a evaluar el factor costos de producción para el desarrollo de la acuicultura costera. Este se desprende de un proyecto más general llevado a cabo por el Instituto Nacional de La Pesca (SEMARNAP) específicamente en la Dirección General de Investigación en Acuicultura, donde se evaluó el potencial acuícola costero desde el punto de vista socioeconómico en la zona de Mar Muerto,

estados de Oaxaca y Chiapas, y en el cual el autor de esta tesis colaboró durante 1997. El segundo con participación del Laboratorio de Acuicultura y Producción Acuática de la Facultad de Ciencias (UNAM), donde se evaluaron las potencialidades acuícolas, de acuerdo a ciertos factores, en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua y en el sistema lagunar costero que contiene, y donde el Laboratorio ha venido trabajando desde 1993. Es imprescindible señalar que ambos estudios no hubieran sido posible sin la participación y uso de las instalaciones, equipo y asesoría del Instituto de Geografía de la UNAM, dentro del proyecto: Geomorfología Ambiental, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección.

La estructura de esta tesis consta de 5 capítulos, los temas que se tratan en cada uno de ellos son:

En el **Capítulo 1** se hace una descripción sobre aspectos generales de la acuicultura y el cultivo de camarón, destacando el auge y potencial que esta actividad representa para México. Se hace una descripción de la importancia de los SIG en los asuntos relacionados con el medio ambiente y la planeación de los recursos naturales. Finalmente se destacan las aplicaciones de los SIG en los estudios de acuicultura.

Para la mejor comprensión de este trabajo, en el **Capítulo 2**, se describe brevemente el SIG utilizado (IDRISI), así como algunas consideraciones metodológicas para el manejo y análisis de la información dentro de IDRISI, destacando la evaluación con multicriterios, para terminar con una relación de los factores utilizados en los estudios previos con SIG en acuicultura.

El primero de los estudios de caso se presenta en el **Capítulo 3**, en el se hace una evaluación del factor costos de producción en la zona de Mar Muerto, como un criterio para la identificación de las zonas con mayor potencial para la acuicultura de camarón, es decir al responder a la pregunta dónde los costos serían menores para el desarrollo de proyectos acuícolas de acuerdo a ciertos factores y criterios. Este estudio trata de ser una propuesta de análisis y manejo a través de un SIG, para representar espacialmente algunas variables que afectan el desarrollo de la acuicultura en cuanto a costos y que tradicionalmente son interpretados en documentos y textos.

En el **Capítulo 4** se presenta el estudio de caso 2, llevado a cabo en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua y en el sistema lagunar que alberga. En este caso se integran en un SIG algunos de los factores que intervienen en el desarrollo de la acuicultura para evaluar el potencial y aptitud del terreno en la zona de estudio, así como la localización de los sitios más propicios y la superficie disponible para futuros proyectos de cultivo de camarón. Cabe señalar que dicha evaluación se llevó dentro de un marco de protección al ambiente al aplicar criterios de menor riesgo y bajo impacto a los ecosistemas, sobre todo por la circunstancia de que la zona de estudio pertenece a un área natural protegida.

Finalmente el **Capítulo 5** se destina para exponer las conclusiones generales sobre algunos aspectos relevantes que se presentan en la tesis, así como algunas consideraciones para ambos estudios sobre el uso de los SIG, y propuestas que sirvan para profundizar en el tema abordado.

## CAPITULO 1 MARCO DE REFERENCIA

### 1.1 GENERALIDADES SOBRE ACUACULTURA Y CULTIVO DE CAMARÓN

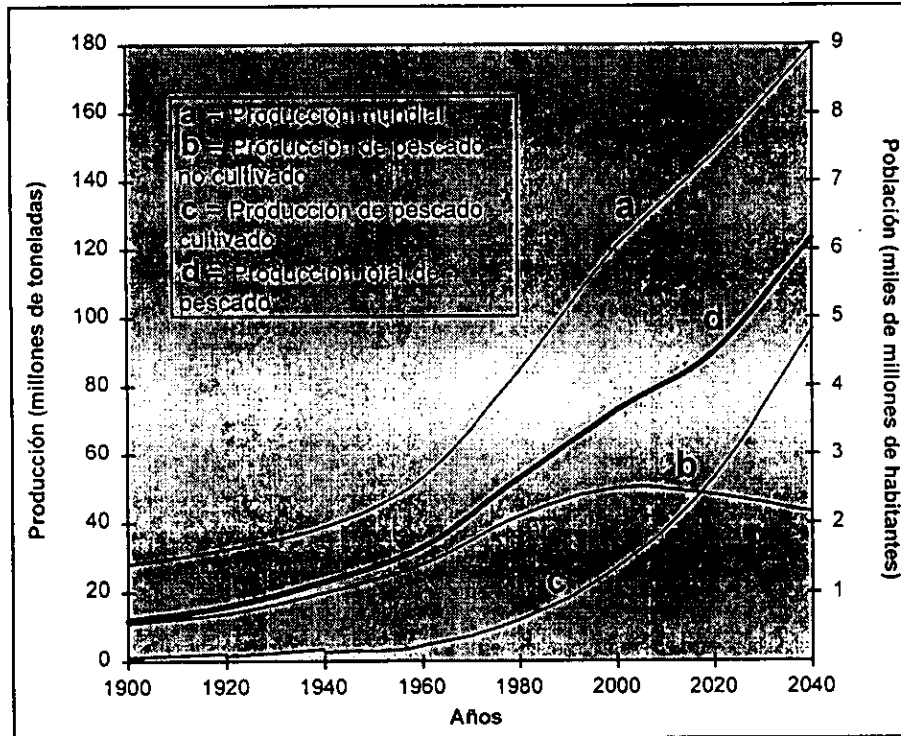
El rápido crecimiento de la población mundial (100 millones de personas por año en 1990), está originando una presión cada vez mayor sobre los recursos de tierras y aguas, a la vez que crea la necesidad de incrementar considerablemente la producción de alimentos (Meaden y Kapetsky, 1992).

Hace algún tiempo se pensó que la solución a estas demandas provendría de la cantidad espectacular de alimentos que se obtuvieron de las capturas mundiales de especies acuáticas, lo que produjo muchas esperanzas acerca de la utilización, que se pensaba inagotable, de los recursos marinos. Pero durante los últimos años el problema de la pesca excesiva, la disminución de las áreas de captura, la contaminación y los cambios climáticos han sido señalados como los responsables de la reducción de las reservas naturales de la pesca de altura, lo que ha demostrado que estos recursos tienen una capacidad limitada, sobre todo las especies que tradicionalmente se capturan (Cifuentes *et al.*, 1990; Rosas *et al.*, 1995). En algunos casos el hombre ha llegado e incluso sobrepasado el límite de producción de algunas especies, y en otros se acerca cada vez más rápidamente a él, esto evidentemente lleva consigo el peligro de un estancamiento e incluso el abatimiento de la producción (Martínez-Córdova, 1993).

Para enfrentarse a estos problemas los esfuerzos se enfocan en dos direcciones: por un lado, la detección y aprovechamiento de nuevos recursos hasta ahora poco o no explotados, y por otro, el control de la producción de ciertos organismos bajo condiciones controladas o semicontroladas, es decir, la acuicultura (Martínez-Córdova, 1993). Así como la ganadería y la agricultura vinieron a reemplazar con éxito a las técnicas de caza y recolección del hombre primitivo, del mismo modo la acuicultura es la consecuencia inevitable y potencialmente muy redituable del desarrollo pesquero y la creciente demanda alimenticia (Solís-Weiss y Méndez, 1990).

El despegue real de la acuicultura es relativamente reciente y en la actualidad está adquiriendo una importancia relevante. Actualmente se practica en mayor o menor medida en casi todos los países del mundo, aunque algunos, por su situación geográfica, socioeconómica y política están más avanzados en esta actividad. Se considera que en la actualidad el cultivo de estos organismos contribuye con más del 20% de la producción total a nivel mundial (Martínez-Córdova, 1993).

La Figura 1.1 tomada de Meaden y Kapetsky (1992) muestra que a escala mundial, la producción acuícola superará probablemente las capturas de especies no cultivadas para comienzos del próximo siglo:



**Figura 1.1 Tendencias en las pesquerías mundiales, producción y consumo (Meaden y Kapetsky, 1992).**

Las expectativas a nivel mundial es de un aumento de la actividad acuícola tanto en cantidad como en calidad. En 1980, la acuicultura representaba tan sólo el 2% de la producción pesquera mundial, mientras que en 1990 incrementó su participación al 15% del total, que fue de 102 millones de toneladas. En contraste, la pesca tendrá rendimientos cada vez menores y perderá importancia en relación a la acuicultura. Se estima que para el año 2025 la cantidad de productos suministrados por la acuicultura será semejante a la producida por la pesca. Sin embargo, debido a que la acuicultura produce alimentos de alta calidad, desde el año 2000 tendrán un valor similar a los capturados (Garduño-Argueta, 1997).

En México, la acuicultura ha adquirido gran importancia y ha arrojado beneficios sociales y económicos, lo cual se ha traducido en una fuente de alimentación de un elevado valor nutricional. Sin embargo el desarrollo de esta actividad no ha alcanzado los rendimientos proyectados o identificados como potenciales (SEMARNAP, 1996). A pesar que durante las décadas pasadas la acuicultura no creció al ritmo que se esperaba recientemente el gobierno ha puesto atención a este importante medio de producción de alimentos (y divisas) para el país. La reducción en los rendimientos pesqueros junto con los cambios en la Ley de Pesca han servido para poner atención en la acuicultura como un medio para hacer frente a los requerimientos pesqueros en muchos estados. Asimismo el papel de la acuicultura en la integración del desarrollo rural, como el de la dependencia de varias comunidades rurales en esta, como principal actividad económica, han sido reconocidos y han recibido una importante consideración. Además existe en la actualidad un plan nacional para el desarrollo del sector acuícola, así como la disponibilidad de créditos (Aguilar-Manjarrez, 1996).

De las diferentes especies que se cultivan en México el camarón es la especie que más desarrollo ha tenido y en donde están centradas grandes expectativas por parte de instituciones gubernamentales, inversionistas privados, sociedades cooperativas pesqueras y centros de investigación. La camaronicultura en México es realmente la única actividad acuícola tecnificada con productos de calidad de exportación (Martínez-Córdova, 1993).

El camarón es un recurso muypreciado a nivel mundial. De hecho, aunque este crustáceo contribuye en parte a la producción de proteína animal, su importancia principal radica en el contexto económico dado el valor que alcanza por unidad de peso. La alta demanda internacional de los países ricos (Estados Unidos, Japón y los europeos) de este recurso lo mantienen en el mercado como un producto valioso (Gracia-Gasca, 1992).

El camarón por su valor económico es el recurso pesquero más importante en nuestro país (representa el 30% del monto total del valor de producción pesquera nacional) y al igual que en la mayoría de las pesquerías mundiales la explotación de las principales especies mexicanas en ambas costas alcanzó su rendimiento máximo sostenible durante las décadas 1960-1970. La captura total durante las temporadas "buenas" ha fluctuado en alrededor de un máximo de 60-70,000 ton. Como consecuencia del excesivo esfuerzo de pesca que soporta el camarón, tanto en aguas protegidas como en altamar, se ha propiciado una disminución sostenida de la captura total en alrededor de las 75,000 ton para ambos litorales (Gracia-Gasca, 1992; SEMARNAP, 1997a).

En México las pesquerías de camarón habían mantenido importantes volúmenes de capturas, en 1987 se obtuvo una captura récord de 83,000 ton. Después la pesquería comenzó a declinar con una caída de hasta 60,310 ton en 1990. En los años siguientes se mostró una mejoría en las capturas (entre los 60 y 75 mil toneladas), alcanzándose otra captura récord de 85,000 ton en 1995, en parte favorecida por el aumento de la producción acuícola que en ese año alcanzó las 15,867 ton, sin embargo para el siguiente año nuevamente se volvió a presentar otra disminución (78,879 ton) (Tabla 1.1). Las causas de estas variaciones no son muy claras algunos especialistas consideran que los cambios climáticos pudieran ser la causa, cambios en la temperatura, bajas en la precipitación pluvial o uso de pesticidas, como consecuencia del aumento de las actividades agrícolas, esto asociado al deterioro de la flota camaronera y al incremento de la pesca ribereña, han contribuido al declinamiento de la pesquería. Es por esta razón que la camaronicultura surgió en los años ochenta, como una importante alternativa para incrementar los volúmenes de pesca ante una demanda creciente del producto (Pastor-Díaz, 1995).



**Tabla 1.1 Serie histórica de la producción de camarón en peso vivo según origen, 1990-1996 (toneladas).**

AÑO	TOTAL	ALTAMAR	ESTEROS Y BAHIAS	CULTIVO
1990	60,310	32,840	23,099	4,371
1991	62,833	34,212	23,510	5,111
1992	66,215	32,881	25,008	8,326
1993	74,361	38,364	24,151	11,846
1994	76,324	40,034	23,152	13,138
1995	85,901	44,159	25,875	15,867
1996	78,879	39,194	26,571	13,114

Fuente: SEMARNAP, 1997a.

México, es uno de los países latinoamericanos con el mayor potencial para cultivar camarón. En el contexto internacional nuestro país ha sido considerado como privilegiado para el desarrollo de la camaronicultura. Esto debido a su situación geográfica, factores ecológicos favorables, las características y lo extenso de su línea costera, el clima tropical que se presenta especialmente en los estados del centro y sur del país. Existen además las especies nativas adecuadas para el cultivo (8 especies de la familia Penaeidae), lugares idóneos para instalar cultivos, capacidad de investigación en centros de educación e institutos y técnicos de alto nivel que cuentan con una amplia experiencia en el procesamiento y comercialización del camarón. Además, socioeconómica y geográficamente, México presenta tres importantes ventajas: (1) la proximidad con el mercado norteamericano que junto con Japón y el mercado europeo constituyen los principales consumidores de camarón en el mundo; (2) el ingreso de México al Tratado de Libre Comercio que constituye el mayor mercado a nivel mundial con 360 millones de consumidores; y (3) los bajos costos de producción y mano de obra barata que se presentan en nuestro país (Cifuentes *et al.*, 1990; Gómez y De La Lanza, 1992; Aguilar-Manjarrez, 1996).

La acuicultura de camarón en México ha venido creciendo en producción en forma sostenida desde 1988 a 1995 lo que demuestra el dinamismo de esta industria. En la Figura 1.2 se puede observar que la producción por hectárea se ha mantenido por arriba de los 825 kg/ha después de 1988, hasta tener una producción por hectárea en 1995 de 1,180 ton a pesar de la presencia de enfermedades. De las 15,867 ton que se produjeron en 1995 el 97.18% corresponde al litoral del Pacífico y el 2.82% al litoral del Golfo de México y Caribe (FIRA, 1996a).

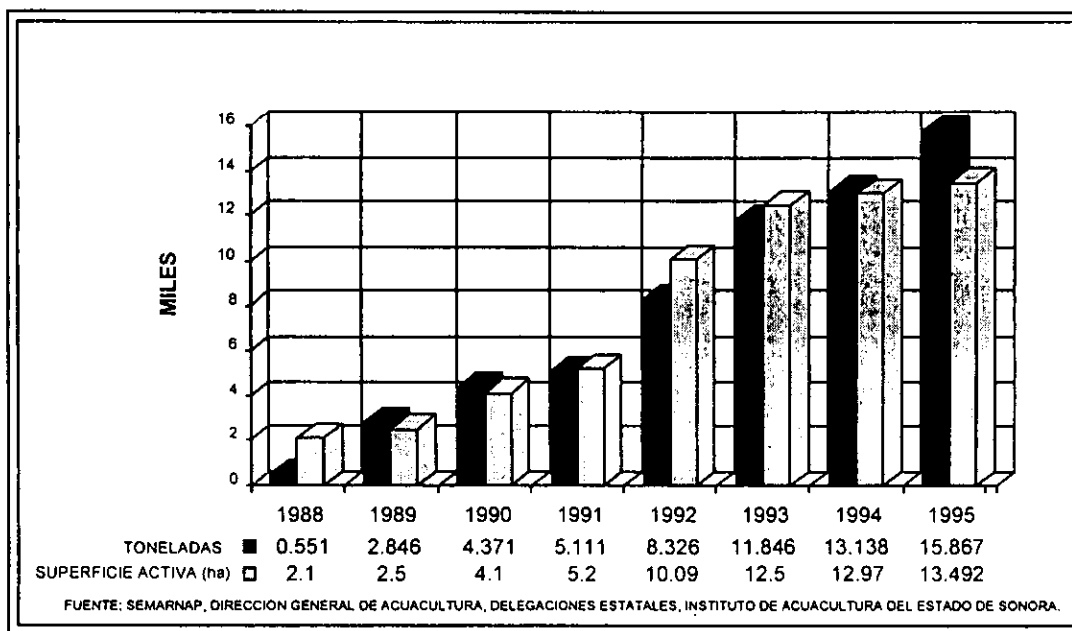


Figura 1.2 Producción de camarón de acuacultura en México (FIRA, 1996a).

México cuenta con una gran superficie de tierras aptas para la camaronicultura. Los reportes de la superficie potencialmente aprovechable difieren mucho de una fuente de información a otra. Sin embargo, en la medida que ha pasado el tiempo, estas cifras se han venido ajustando de acuerdo a investigaciones y estudios más detallados. En 1987 se reportaron 335,500 ha con potencial camaronícola (Tabla 1.2). Estos reportes se refieren principalmente a la superficie con potencial en terrenos de marismas. Por otra parte se han venido detectando terrenos que tradicionalmente se han explotado en la ganadería con pobres resultados, los cuales podrían muy bien destinarse al cultivo de camarón (FIRA, 1996).

Tabla 1.2 Superficie potencialmente disponible para la camaronicultura en México (hectáreas).

Estado	Superficie
Baja California	1,000
Baja California Sur	3,000
Sonora	40,000
Sinaloa	100,000
Nayarit	92,000
Colima	3,000
Oaxaca	50,000
Chiapas	15,000
Tamaulipas	5,000
Veracruz	15,000
Tabasco	1,500
Campeche	10,000
<b>Total</b>	<b>335,500</b>

NOTA: Datos estimados, incluyen únicamente los terrenos en óptimas condiciones. Fuente: Barrena-Vázquez (1987).

Asimismo en un reporte más reciente, citado por Pastor-Díaz (1995), se estima un área potencial para la construcción de estanquería en el país para el cultivo de camarón de 820,000 ha de tierras aptas, de las cuales aproximadamente 773,000 ha son para el Pacífico y 47,000 ha para el Golfo de México (Tabla 1.3).

**Tabla 1.3 Superficie potencialmente disponible para la camaronicultura.**

<b>COSTA PACÍFICO</b>	<b>ha (miles)</b>
Baja California	25,000
Baja California Sur	30,000
Sonora	40,000
Sinaloa	256,000
Nayarit	60,000
Colima	3,000
Oaxaca	50,000
Chiapas	309,000
<b>SUBTOTAL</b>	<b>773,000</b>
<b>COSTA ATLANTICO</b>	<b>ha (miles)</b>
Tamaulipas	15,000
Veracruz	15,000
Tabasco	2,000
Campeche	10,000
Yucatán	5,000
Quintana Roo	-
<b>SUBTOTAL</b>	<b>47,000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>820,000</b>

Fuente: Roemer, A. y J. Mercado. Evaluación Financiera, Jurídica y Económica de la Camaronicultura en México. (Citado en World Shrimp Aquaculture. 1994). Tomado de Pastor-Díaz, (1995).

Existen en el país 347 granjas de camarón con una superficie de 18,500 ha encontrándose inactivas 4,531 ha, las cuales representan el 24.5% del total de la superficie construida (Tabla 1.4). Del total de la superficie activa, aproximadamente el 80% se maneja bajo el sistema semi-intensivo, el 15% en sistema extensivo y el 5% restante en sistema intensivo. Se cuenta con 29 laboratorios de producción con una capacidad instalada de alrededor de 7,000 millones de postlarvas/anales (FIRA, 1996a).

**Tabla 1.4 Granjas camaronicolas en México (FIRA, 1996a).**

ESTADOS	Total de Granjas	Total Superficie (ha)	Granjas Operando	Superficie Operando (ha)	Granjas Fuera de Operación	Superficie Fuera de Operación (ha)	Producción de Camarón (ton)	Producción Promedio (ton/ha)
BCS	3	15.5	3	15.5	0	0	35	2.26
Sonora	17	2,135	14	2,045	3	90	3,773	1.84
Sinaloa	210	12,982	129	9,317	81	3,665	10,256	1.1
Nayarit	97	1,887	80	1,441	17	446	617	0.43
Guerrero	2	300	2	300	0	0	287	0.96
Chiapas	8	475.5	3	144.9	5	330.6	454	3.13
Tamaulipas	6	204	6	204	0	0	426	2.09
Veracruz	1	1.7	1	1.7	0	0	4	2.35
Tabasco	1	1	1	1	0	0	16	16
Campeche	2	22.2	2	22.2	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>347</b>	<b>18,023</b>	<b>241</b>	<b>13,492</b>	<b>106</b>	<b>4,531.6</b>	<b>15,868</b>	

A nivel mundial existen más de 20 especies de camarón que han sido o están siendo probadas para su utilización en cultivos comerciales. Dependiendo de las condiciones del área de cultivo y de otras situaciones específicas, cada especie puede tener ventajas sobre las otras que la haga más atractiva para el cultivo (Martínez-Córdova, 1993). En México se distribuyen varias especies de diferentes familias de camarones entre las cuales las más importantes, desde el punto de vista comercial (tanto para pesca como cultivo) son las que pertenecen a la familia Penaeidae, en particular las del género *Penaeus*. Cinco se distribuyen en la Costa del Pacífico y cuatro en el Golfo de México y el Caribe (Gracia-Gazca, 1992). En general entre las especies que se consideran potencialmente más adecuadas para cultivo son: el camarón blanco *Penaeus vannamei* y el camarón azul *Penaeus stylirostris* (Martínez-Córdova, 1993).

El ciclo de vida del camarón (Figura 1.3), pasa por varios estadios larvarios antes de alcanzar su estado de postlarva. La reproducción se efectúa en el mar, luego el animal va pasando por cada uno de sus estadios larvales planctónicos, y por efecto de las corrientes y mareas es desplazado hacia las costas. Una vez en la costa las postlarvas ingresan a los sistemas de lagunas litorales y esteros en donde encuentran una mayor disponibilidad de alimentos y protección contra innumerables depredadores. La postlarva cambia los hábitos planctónicos a semibénticos asociados al fondo de las lagunas costeras. El estado posterior es el juvenil, que ya tiene la apariencia de un camarón pequeño. Los juveniles tienen hábitos completamente bentónicos y se establecen en una amplia gama de lugares, principalmente en substratos cubiertos de vegetación ricos en detritus y sedimentos lodosos tales como zonas de manglar. En los citados sistemas lagunares permanecen por periodos aproximados de dos a cuatro meses hasta el inicio de su vida adulta. Una vez que alcanza determinada talla el camarón retorna de nuevo a aguas más profundas de los mares para continuar su ciclo de vida e incorporarse a la población adulta (Gracia-Gazca, 1992; Martínez-Córdova, 1993; FIRA, 1996a).

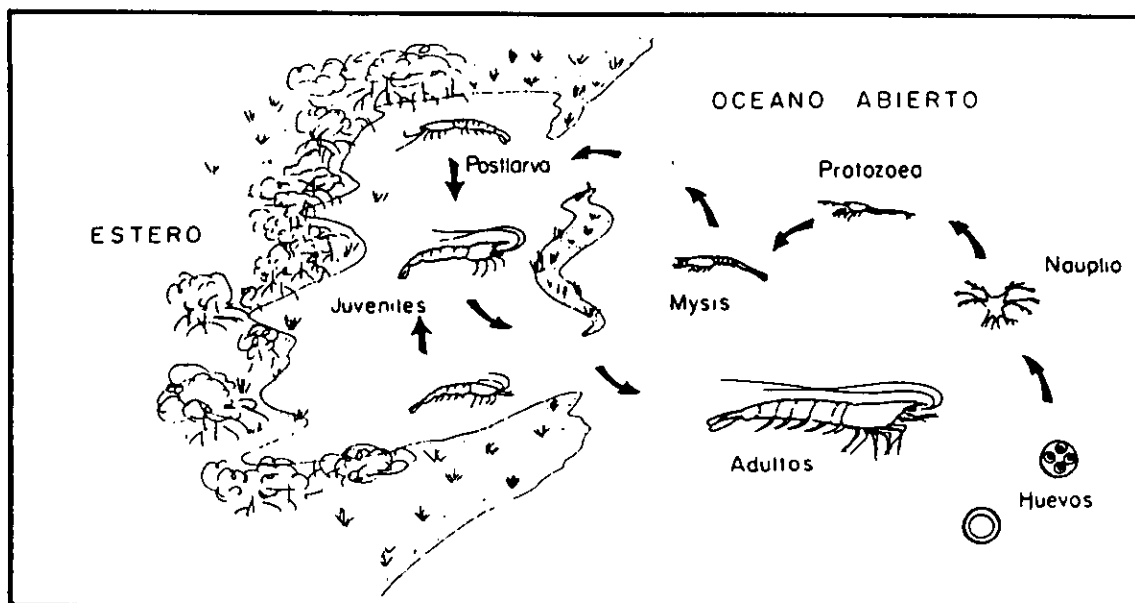


Figura 1.3 Ciclo de vida del camarón (Martínez-Córdova, 1993).

El cultivo de camarón reproduce el proceso que se efectúa en la naturaleza en condiciones artificiales. El ciclo de vida corresponde a las tres fases principales de cultivo de camarón: maduración-reproducción, y engorda. Las fases de maduración,

reproducción (larvicultura) son equivalentes al desove y desarrollo larvario que ocurre en el medio ambiente marino (Figura 1.3). Las postlarvas (de seis a diez días de edad) resultantes de las fases anteriores son dispuestas en estanques de engorda para criar a los camarones hasta tallas comerciales en periodos que varían de tres a seis meses (Gracia-Gazca, 1992). El cultivo de camarón presenta las mismas tres etapas que maneja la agricultura, es decir, la siembra, el crecimiento y la cosecha, las cuales se han logrado reproduciendo en cautiverio los procesos biológicos naturales de estos crustáceos (Cifuentes *et al.*, 1990).

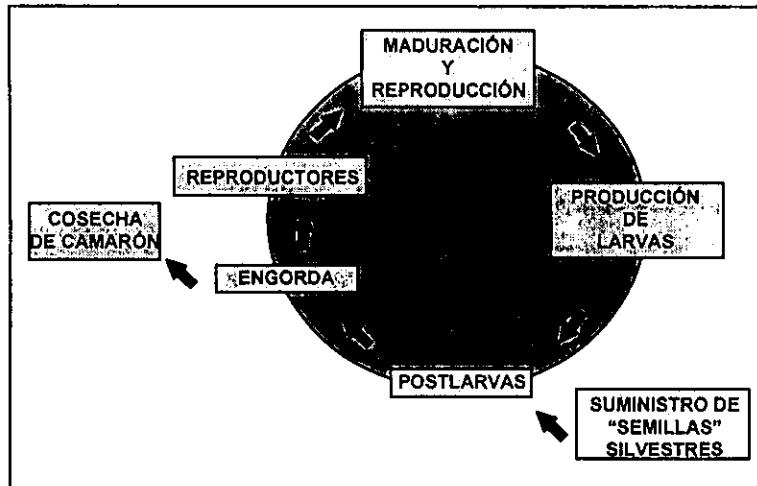


Figura 1.3 Cultivo de camarón (Gracia-Gazca, 1992).

El cultivo de camarón ha sufrido diversas modificaciones de acuerdo a los lugares y a las circunstancias en que se ha llevado a cabo. Existen una gran cantidad de sistemas de cultivo, desde los más extensivos, donde los rendimientos dependen básicamente de la productividad natural y el hombre ejerce muy poca influencia sobre el proceso productivo; pasando por el sistema semi-intensivo donde se establece un control parcial en el proceso productivo orientado a incrementar la producción natural de los estanques, a través del uso de alimentos balanceados y empleo de fertilizantes; hasta los sistemas intensivos e hiperintensivos que implican mayor control ambiental, manejo de altas densidades de población y la necesidad de alimento de excelente calidad así como de un laboratorio de producción de larvas (Figura 1.4 y Tabla 1.5), (Gómez y De La Lanza, 1992; Martínez-Córdova, 1993).

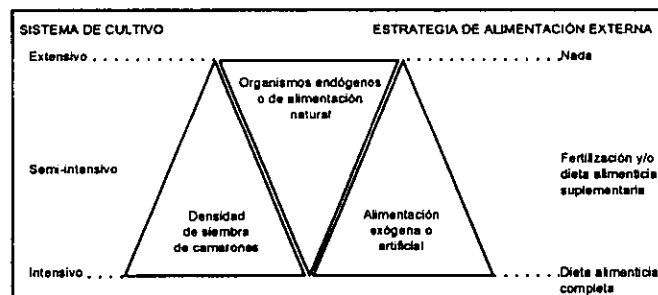


Figura 1.4 Contribución relativa de organismos y alimentación (Barg, 1994).

La Tabla 1.5 muestra de forma resumida las características de los cuatro sistemas de cultivo de camarón practicados en México.

**Tabla 1.5 Características de los cuatro sistemas de cultivo de camarón practicados en México.**

CARACTERÍSTICA	EXTENSIVO	SEMI-INTENSIVO	INTENSIVO	HIPERINTENSIVO
Infraestructura	Estanques rústicos de tierra (bordes)	Estanques rústicos	Estanques recubiertos de piedra o concreto	Estanques de concreto y cubiertos
Tamaño de los estanques (ha)	>10	5-10	1-5	<1
Densidad de siembra (postlarva/m <sup>2</sup> )	1 a 3	5 a 20	20 a 40	>40
Origen de la postlarva	Natural	Natural y/o de laboratorio	Laboratorio	Laboratorio
Fertilización	Productividad natural	Orgánica e/o inorgánica	Orgánica e inorgánica	Ninguna
Alimentación suplementaria	Poca o nula	Alimento balanceado de 5 a 10% de la biomasa	Alimento de alta calidad con 35-40% de proteína	Alimento excelente, formulado de acuerdo a la talla
Tasa de recambio diario de agua	1 a 5%	10 a 15%	25 al 30%	Agua corriente
Método de recambio de agua	Por mareas	Por bombeo	Por bombeo	Por bombeo y filtrado
Tipo de aireación	Ninguna	Mecánica o ninguna	Mecánica imprescindible	Intensiva
Rendimiento (ton/ha/año)	90 a 500 Kg	700 a 1200 Kg	6 a 26 ton	>26 ton
Número de cosechas por año	1	de 2 a 3	Hasta 3	>3
Tasa de sobrevivencia (de postlarva a cosecha)	<60%	60 a 80%	>80%	>90%
Competencia y depredación en el estanque	Altas	Medias	Muy bajas	Nulas
Control sobre los parámetros físico-químicos	Nulo	Medio	Entre medio y alto	Alto
Estanques nodriza o de preengorda	No	Opcional	Opcional	No, siembra directa

Fuente: (modificado en base a Arredondo-Figueroa, 1990; Gómez y De la Lanza, 1992 y Garduño-Argueta, 1993). Tomado de Garduño-Argueta, 1997.

Por otro lado en años recientes se ha postulado que la camaronicultura debe ajustarse a los principios de desarrollo sustentable, reduciendo la contaminación y aumentando la eficiencia. La acuicultura del camarón, al igual que otras actividades productivas, se ha desarrollado sin considerar la relación entre producción y el entorno que la soporta. Evaluaciones recientes han demostrado que el cultivo de camarón recibe una gran cantidad de subsidios externos, los cuales provocan que el valor de los camarones sea muchas veces menor que el valor ecológico-económico de estos subsidios. Se ha demostrado que el cultivo intensivo monoespecífico requiere de grandes entradas de energía industrial (combustibles, electricidad, fertilizantes, materias primas, etc.). Debido

a lo débil del equilibrio en que se encuentran, éstos sistemas de cultivo son considerados de alto riesgo y de posible fracaso económico. Por esta razón este sistema ha sido considerado como ecológicamente insostenible y por tanto económica y socialmente incosteable. Diversos autores han concluido que el sistema semi-intensivo es el más adecuado para el desarrollo de la acuacultura, pues optimiza las contribuciones del sistema natural por medio del uso de la energía de las mareas, la energía solar y la producción natural de alimento, utilizando los beneficios de la energía industrial como complemento para la producción. Así este sistema será la alternativa sustentable para el desarrollo de la acuacultura (Rosas *et al.*, 1995).

Desde 1977 en que se inicia el cultivo de camarón en México, este se concentró en regiones específicas del Pacífico Norte (sur de Sonora, Sinaloa y norte de Nayarit). Estos tres estados representan el 95% de la producción y el 92.3% de participación a nivel nacional (FIRA, 1996a). Sin embargo la experiencia productiva en esta zona ha sido poco eficiente, de alto riesgo económico, poco rentable, en resumen con un crecimiento y planeación desordenadas (Rosas *et al.*, 1995). En años recientes existen los programas y el interés, principalmente del gobierno, para el desarrollo de la camaronicultura en las costas del Pacífico Sur, como son los estados de Oaxaca y Chiapas, que presentan oferta de recursos y condiciones naturales (climáticas, fisiográficas e hidrológicas) favorables y aprovechables para esta actividad, así como la disponibilidad de postlarvas de camarón prácticamente durante todo el año, lo que permite la posibilidad de realizar un promedio de dos ciclos de cosecha por año (SEPESCA, 1990; SEPESCA, 1993; COPLADE, 1996). Aprovechando los logros y el conocimiento de los problemas a los que se ha enfrentado el cultivo de camarón en el Pacífico Norte y considerando que la camaronicultura en el Pacífico Sur está aún por desarrollarse existe la oportunidad para realizar una planeación adecuada que permite hacer esta actividad altamente eficiente, de poco riesgo ecológico y económico y por tanto rentable y a largo plazo.

## 1.2 SIG Y ACUACULTURA

El manejo productivo de las áreas costeras con fines de pesca y acuicultura y el uso de zonas aledañas para el desarrollo de actividades de producción acuícola, sigue ganando creciente interés a nivel mundial, debido esencialmente a la calidad y alto valor de los productos obtenidos. Las lagunas costeras son ambientes particularmente complejos y dinámicos. Esta dinámica ambiental está relacionada con sus aspectos físicos, que se suman a los efectos producidos por las actividades humanas, tales como urbanización, agricultura intensiva, industria, turismo, recreación y conservación del medio ambiente; introduciendo elementos de notable complejidad en relación a la planeación del manejo acuícola, por depender éste estrechamente de la calidad del ambiente y de la estabilidad de los equilibrios naturales (SEMARNAP-FAO, 1995).

Asimismo, la acuicultura es una actividad productiva compleja, los factores que intervienen en ella son amplios y muy variables dentro de una misma zona, de una región a otra entre los distintos sistemas de producción, para las diferentes especies que se producen, etc. (Meaden y Kapetsky, 1992).

La selección y decisión sobre el lugar tiene una influencia crítica en el éxito de cualquier proyecto acuícola, esto porque el lugar juega un muy importante papel en determinar los niveles de rendimiento potencial y afecta notablemente los costos de construcción y operación. Esta importancia se ha evidenciado a raíz de los muchos fracasos y el abandono de proyectos en donde la mala selección del lugar ha sido identificada como la principal razón o el factor de mayor peso a estos fracasos. Por supuesto ningún sitio puede ser completamente óptimo en todos los aspectos, pero es importante darse cuenta que algunos de los requerimientos del lugar son fundamentales para tener éxito (Muir y Kapetsky, 1988).

Las operaciones acuícolas pueden aumentar todavía en muchos países templados y tropicales por lo que es necesario consolidar los actuales esfuerzos en el desarrollo de la acuicultura para mejorar más la ordenación y la realización de nuevos proyectos con el fin de asegurar su duración y su compatibilidad con el medio ambiente. Desgraciadamente, la planificación y coordinación del desarrollo de la acuicultura sostenido por una adecuada información de base que contenga datos ambientales, tecnológicos y socioeconómicos suficientes, es todavía en la mayoría de los países una excepción más que una práctica común (Barg, 1994).

Es evidente que los asuntos relacionados con el medio ambiente y la planificación de los recursos naturales, han llegado a ser aspectos primordiales para las sociedades humanas, sobretodo en la evaluación de las perturbaciones potenciales que podemos causar y que hemos causado. Todo esto en relación al funcionamiento de los ecosistemas y a los efectos directos e indirectos de uso con respecto a las comunidades bióticas, así como a los elementos del medio físico (López-Blanco, 1994).

El interés por el desarrollo acuacultural a nivel mundial ha conducido a una serie de países a estudiar las fallas y efectos que presentan los proyectos acuícolas. A través de la experiencia se ha observado, que la planificación de esta actividad ha recibido solamente una atención superficial y que se hacen necesario estudios más profundos acerca de cuál debe ser la estrategia de desarrollo para la adecuada planificación de la acuicultura. El planificar y organizar esta actividad se convierte en un requisito previo e indispensable. Surge en consecuencia la necesidad de desarrollar una metodología que



permita cuantificar y evaluar el potencial acuícola y que el resultado de la misma sea la base para indicar las líneas del desarrollo y planificar sobre bases sólidas y congruentes (Guzmán, 1994). En países donde la acuicultura se ha desarrollado como una actividad productiva, esta se ha basado cada vez más en una planeación adecuada, como es el caso del cultivo del camarón en Japón y del cultivo de la trucha y bagre en los Estados Unidos (SEPESCA, 1993).

Teniendo en mente que el espacio de producción pesquera (y acuícola) envuelve varios y complicados ambientes, es evidente que la planificación y la toma de decisiones necesariamente requieren de una estrategia multidisciplinaria, donde varias disciplinas relacionadas como la topografía, geografía, ingeniería civil, edafología así como la planeación rural y urbana y la percepción remota, necesitan ser integradas en una estrategia coherente (Gutiérrez-García, 1995). El uso efectivo de grandes volúmenes de información espacial depende de la existencia de sistemas eficientes que puedan transformar estos datos en información utilizable. Un conocimiento amplio, exacto y preciso de localización, cantidad y disponibilidad de los recursos naturales es fundamental e indispensable para una planificación racional (López-Blanco, 1994).

Una alternativa que ofrece un respaldo tecnológico para apoyar las decisiones de carácter integral y multidisciplinario son los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que comprenden un conjunto de hardware y software integrados que permiten introducir, almacenar, manipular y presentar datos geográficos. Los datos pueden tener todas las formas textuales, cartográficas o numéricas susceptibles de ser integradas en un único sistema, además presentan diversas modalidades y ofrecen el potencial para una enorme gama de aplicaciones (Meaden y Kapetsky, 1992).

Estos sistemas permiten identificar, cuantificar y analizar fenómenos y procesos que se presentan en la naturaleza y obtener una visión integral para la toma de decisiones. Las actuales ventajas de un SIG son su capacidad de almacenamiento y presentación múltiple, su capacidad de edición y la posibilidad de asociar o relacionar una serie de variables que explican en conjunto el comportamiento de un proceso en la naturaleza. Los SIG constituyen un excelente medio y una poderosa herramienta en la planeación de la acuicultura que en la actualidad enfrenta el reto del uso eficiente, integral y sustentable tanto del agua como del medio y sistema de cultivo, como de las especies biológicas, espacios físicos y recursos que le rodean (Chacón-Torres, 1996).

La información que se utiliza en asuntos ambientales es compleja y voluminosa, e involucra la mayor parte de las disciplinas científicas. Debido a esta diversidad de disciplinas, métodos de análisis y clases de información; la integración, análisis, captura, organización de los datos, es la más compleja y en ese campo, tal vez es donde, la aplicación de los SIG es la más clara, en cuanto a las posibilidades de uso de las funciones de integración de información y análisis espacial. De acuerdo a lo anterior es evidente que la característica principal de la información que se utiliza en este campo, es su heterogeneidad, sobre todo en relación a escalas espaciales y a métodos de obtención (López-Blanco, 1994).

Para Meaden y Kapetsky (1992), la definición de SIG no es tan importante como las ideas básicas que están contenidas en la esencia del SIG, a saber:

1. *Que por ser "geográfico" contiene datos y conceptos que se relacionan con las distribuciones espaciales.*

2. Que "información" implica alguna forma de transmisión de datos, ideas o análisis, en general como ayuda para la adopción de decisiones.
3. Que por ser un "sistema" implica una secuencia de entradas, procedimientos y salidas.
4. Que los tres elementos arriba mencionados adquieren su funcionalidad en el marco de un escenario tecnológico reciente basado en las posibilidades que ofrece la alta tecnología computacional.

Los SIG han sido un fenómeno reciente de tal manera que en los últimos 30 años han tenido un crecimiento exponencial en los aspectos tecnológico, de organización y manejo de información, en el contexto de la informática. Esto ha conducido a que se reconsideren cada vez más los conceptos teóricos y las metodologías geográficas que se habían utilizado hasta ahora. Debido a que el empleo de esta tecnología permite integrar y analizar gran cantidad de información de naturaleza espacial y no espacial que hasta hace poco era muy difícil o imposible de hacer, de manera "manual" o mediante "interpretación visual" (López-Blanco, 1994).

Desde los primeros SIG que se desarrollaron en Canadá en los años 60's como una respuesta a las crecientes necesidades de información sobre el territorio, el elevado interés por la planificación y ordenación medioambiental permite que los SIG se consoliden en la década de los 70's junto con el desarrollo de la informática. En los 80's los SIG despegaron definitivamente, sobre todo en la última parte del decenio, y ahora constituyen una industria de desarrollo de grandes proporciones (Meaden y Kapetsky, 1992).

En la Tabla 1.6 tomada de López-Blanco (1994) se presentan las tres grandes categorías de los principales campos de aplicación de los SIG, clasificándolos de acuerdo a los tres principales aspectos que han desarrollado para su organización, conocimiento y manejo de los recursos de las sociedades humanas: Planeación, Medio Ambiente y Economía/Sociedad.

**Tabla 1.6 Las tres grandes categorías de campos de aplicación de los SIG.**

<p><b>1. Aplicaciones en planeación y ordenamiento territorial:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Propuestas de aprovechamiento de los recursos naturales</li> <li>- Desarrollo urbano</li> <li>- Políticas públicas, toma de decisiones, planeación integrada</li> </ul>
<p><b>2. Aplicaciones en estudios ambientales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bases de datos nacionales y mundiales de variables ambientales</li> <li>- Bases de datos específicas: suelos; erosión, degradación, vegetación, cuencas, etc.</li> <li>- Integración y análisis de variables en estudios específicos</li> </ul>
<p><b>3. Aplicaciones en estudios económicos y sociales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tenencia de la tierra, catastro rural y urbano</li> <li>- Censos económicos y de población, actividades electorales</li> <li>- Dotación y prestación de servicios urbanos</li> <li>- Análisis de mercados</li> </ul>

Fuente: basada en la Estructura Temática de Maguire *et al.*, 1991 Vol. 2; (Tomado de López-Blanco, 1994).

Para Meaden y Kapetsky (1992) los factores que han motivado la reciente expansión de los SIG quedan referidos en el Tabla 1.7:

**Tabla 1.7 Factores que han motivado la reciente expansión de los SIG.**

1. *La proliferación de datos.* Se ha registrado en los dos últimos decenios un enorme incremento del volumen de datos en forma digital aportados, entre otros, por la telepercepción, los censos y los principales organismos de cartografía. Este auge ha sido una respuesta a la clara necesidad de contar con bancos de información que sean fácilmente manipulables y que permitan sacar el máximo provecho de los datos.

2. *La reducción de los costos de computación.* Los adelantos tecnológicos en el hardware han hecho posible un asombroso aumento de la relación rendimiento/velocidad y la reducción de los costos de las computadoras. Las mejoras del rendimiento están tendiendo a desdibujar la tradicional distinción entre la jerarquía de "unidades centrales de proceso", "minicomputadoras" y "microcomputadoras", ya que éstas últimas realizan hoy lo que hace cinco años sólo podía efectuar una unidad central. La relación de tamaño del hardware ha permitido además un gran ahorro en concepto de espacio de oficina.

3. *La integración de adelantos paralelos.* Como el diseño asistido por computadora (CAD), la telepercepción, el análisis espacial, la cartografía digital, los levantamientos y la geodesia. Los SIG han surgido como una metodología central que permite, ya sea la integración o un considerable mejoramiento de la eficiencia de cada campo por separado.

4. *Mayores oportunidades para los SIG.* Los mapas en papel han constituido tradicionalmente la base para la investigación espacial, y ha sido necesario producirlos en una vasta gama de escalas. Estos mapas ocupan mucho espacio, se estropean con facilidad, se vuelven rápidamente obsoletos, son caros de producir y no permiten una rápida extracción de los datos, el nacimiento de los SIG ha cambiado mucho la situación. Por otro lado tanto las organizaciones privadas como las gubernamentales se han dado cuenta rápidamente del tremendo valor social, ambiental y comercial de los SIG para una serie de aplicaciones, principalmente en los campos del análisis del emplazamiento de mercados, la gestión de propiedad, la asignación de recursos sociales, la explotación de los recursos, el emplazamiento de las existencias y los análisis ambientales. Una de las consecuencias de esta aplicación y comercialización de los SIG ha sido la proliferación de la investigación y el desarrollo. Los SIG han permitido a las autoridades que toman las decisiones de muchas de las organizaciones explorar una serie de posibilidades o escenarios antes de embarcarse en cuantiosas inversiones o poner en ejecución sus planes y medidas.

Fuente: Meaden y Kapetsky, 1992.

A pesar de que los SIG son tan complejos y que su tecnología e infraestructura son tan recientes y han surgido con tanta rapidez, los SIG no se habrían expandido tan rápidamente si no ofrecieran un gran número de beneficios. Meaden y Kapetsky (1992), en la Tabla 1.8 enumeran (a su juicio) los 10 más importantes beneficios.

**Tabla 1.8 Los 10 beneficios más importantes del uso de los SIG.**

1. Los SIG ayudan al planificador a tomar decisiones en la asignación de los recursos al simular y manipular instantáneamente diversos supuestos y criterios con objeto de generar diferentes escenarios finales o ensayar distintas hipótesis, lo que permite adoptar su decisión sobre la base de una gama de opciones.
2. Los SIG permiten introducir una serie de datos, a veces de fuentes espaciales sumamente distintas y en buena parte de diferentes ramas del saber, en un escenario de análisis,
3. Los SIG están orientados hacia las aplicaciones. Utilizan la tecnología espacial para tratar directamente los problemas del mundo real. Pueden ilustrar en un instante el papel que desempeñan en el emplazamiento y la diferenciación espacial en la mejoría del bienestar socioeconómico.
4. Los SIG han acelerado mucho la ejecución de toda una gama de funciones. Brindan al usuario un rápido acceso a enormes volúmenes de datos que aseguran que las decisiones o resultados tengan un mayor grado de objetividad.
5. Los datos digitalizados del SIG pueden actualizarse rápida y eficientemente, lo que significa que es posible efectuar revisiones más frecuentes.
6. Los cambios en las series cronológicas pueden observarse con prontitud y los cálculos estadísticos correspondientes se pueden cuantificar, lo que permite hacer proyecciones para el futuro.
7. Su eficacia en función de los costos es tal, que el SIG contribuye a la competitividad de las empresas de distintas formas, por ejemplo, seleccionando el emplazamiento óptimo.
8. Los SIG permiten producir a bajo costo mapas especiales (a veces para un sólo propósito) y difundir una gran variedad de mapas u otros datos de salida que de otra forma no sería posible producir.
9. La tecnología de los SIG permite alcanzar y normalizar una producción de alta calidad a muchas personas que tal vez no tengan ningún conocimiento cartográfico ni de dibujo.
10. Para el usuario, el SIG no sólo aumenta las posibilidades de describir, explicar y predecir modelos y procesos espaciales, sino que también permite formular y ensayar modelos complejos y realistas.

Fuente: Meaden y Kapetsky, 1992.

En cuanto a México, los SIG se han desarrollado de manera exponencial durante los últimos años, tanto en ambientes académicos y gubernamentales, como empresas de consultoría privada. Sin embargo la mayor parte de las aplicaciones (académicas y no académicas) se ha dedicado más al almacenamiento de datos y a la producción de cartografía automatizada, que al análisis y modelamiento geográfico, objetivos de un SIG en términos genéricos. En este sentido dos grandes grupos se perfilan como diferenciados en cuanto a su vocación en el uso de esta tecnología. Por un lado, las instituciones de producción y manejo de datos (p.e., el INEGI), con aplicaciones muy complejas y voluminosas en cuanto a infraestructura de cómputo. Por otro, las instituciones académicas (del tipo Instituto de Investigación) con aplicaciones orientadas a la investigación científica. Aquí los diseños son más simples, pero los temas de las aplicaciones tienden a ser cada vez más variados y complejos (Palacio y Bocco, 1996).

Acerca de esto López-Blanco (1994) menciona los principales campos, instituciones y usuarios, en que se han aplicado los SIG en México:

1. *Los institutos de investigación científica pertenecientes a las universidades públicas principalmente, y en pocos casos las universidades privadas. En este ámbito se han aplicado particularmente en áreas relacionadas con los inventarios de recursos naturales, en evaluaciones ambientales y en la caracterización de algún tipo de infraestructura.*
2. *En las entidades gubernamentales que cumplen en algunos casos funciones de servicio como el caso del INEGI o el DDF.*
3. *Manifestaciones de impacto ambiental y estudios de ordenamiento territorial como una propuesta establecida por todas las entidades públicas y privadas las cuales hacen uso de algún tipo de recursos naturales y de elementos del medio ambiente. Este campo ha sido aprovechado por muchas compañías de consultoría, y en algunos casos con fines exclusivos de lucro.*
4. *Los institutos de investigación del sector público (gobierno), descentralizados y de iniciativa privada (principalmente empresas transnacionales).*

En cuanto a los beneficios que ha recibido la acuacultura del uso de los SIG, a pesar de ser muy recientes han sido significativos, y han mostrado sus aplicaciones en la evaluación y apreciación de sitios adecuados para una variedad de sistemas de cultivo (Gutiérrez-García, 1995). Para Barg (1994) los SIG se han revelado útiles en la evaluación de impactos en los recursos acuáticos y en el medio ambiente del desarrollo de proyectos que suponen utilización de tierra y agua, en la elección del emplazamiento de la acuacultura en relación a variables ecológicas y socioeconómicas, en la asignación de espacio y de recursos a distintas actividades de uso de suelo, en la planificación acuícola y en el seguimiento del impacto ambiental.

Kapetsky *et al.*, (1987) hacían mención entonces de la escasez de aplicaciones de los SIG en la acuacultura. Sin embargo a partir de entonces, en los últimos 10 años, se han publicado un importante número de estudios y reportes Tabla 1.9.

Tabla 1.9 Estudios de aplicación SIG para el desarrollo de la acuicultura.

LOCALIDAD	AREA/COBERTURA	TAMAÑO DE PIXEL	ESPECIES	TIPO DE CULTIVO	AUTOR/FECHA
<b>NIVEL NACIONAL</b>					
Inglaterra, Reino Unido	244,755 Km <sup>2</sup>	10 Km x 10 Km	Trucha ( <i>Oreochromis mykiss</i> )	Estanques tierra adentro	Meaden, 1987
Ghana	238,537 Km <sup>2</sup>	-	Tilapia y bagre ( <i>Oreochromis niloticus</i> y <i>Clarias gariepinus</i> )	Estanques costeros	Kapetsky et al., 1990
Pakistán	887,750 Km <sup>2</sup>	75 Km x 75 Km	Carpa	Estanques tierra adentro	Ali et al., 1991
Noruega	1,183,167 Km <sup>2</sup>	-	Salmon y trucha arcoiris	Jaulas en la costa	Ibrekk et al., 1987
Nepal	147,181 Km <sup>2</sup>	2 Km x 2 Km	Carpa	Estanques tierra adentro	Karki 1992
Africa	30,300,000 Km <sup>2</sup>	18 Km x 18 Km	Peces de agua cálida	Estanques tierra adentro	Kapetsky 1994
<b>NIVEL REGIONAL</b>					
Golfo de Nicoya, Costa Rica	88.5 Km x 72.4 Km	-	Moluscos, camarones y peces	Estanques costeros y acuicultura en suspensión	Kapetsky et al., 1987
Condado de Franklin Parish, Luisiana, E.U.A	168 Km <sup>2</sup>	-	Bagre ( <i>Ictalurus punctatus</i> )	Estanques tierra adentro	Kapetsky et al., 1990
Estado de Johore, Malasia	23,310 Km <sup>2</sup>	-	Camarón y peces	Estanques costeros y jaulas	Kapetsky et al., 1989
Estado de Luisiana, E.U.A.	135,900 Km <sup>2</sup>	-	Bagre ( <i>Ictalurus punctatus</i> ) y Langostino ( <i>Decapoda</i> )	Estanques tierra adentro	Kapetsky et al., 1990
Estado de Yucatán, México	43,379 Km <sup>2</sup> 60 Km x 40 Km	49 Km x 49 Km	Peces ( <i>Ciclidos</i> , <i>O. niloticus</i> , <i>C. punctatus</i> , <i>C. idella</i> )	Estanques tierra adentro y jaulas	Flores-Nava, 1990
Costa este de la Isla Principe Eduardo, Canada	-	-	Mariscos (ostras, almejas y moluscos)	Costero	Legault, 1992
Estado de Tabasco, México	24,475 Km <sup>2</sup> 336.5 Km x 209.25 Km	1 Km x 1 Km	Tilapias y carpas	Estanques tierra adentro y jaulas	Aguilar-Manjarrez y Ross, 1993
Golfo Lingayen, Bahía de San Miguel y Calatrava,	-	-	Róbalo y camarón	Estanques costeros	Paw et al., 1994
Estado de Sinaloa, México	58,480 Km <sup>2</sup> 430.4 Km x 557.6 Km	250 m x 250 m	Tilapia, carpa y camarón	Estanques costeros	Aguilar-Manjarrez y Ross,
Estado de Tabasco, México	24,475 Km <sup>2</sup> 336.5 Km x 209.25 Km	1 Km x 1 Km	Tilapia y carpa	Estanques tierra adentro y jaulas	Gutiérrez-García,
<b>NIVEL DE LOCALIDAD</b>					
Bahía Yaldad, Chile	5.1 Km x 7.8 Km	-	Salmones y moluscos ( <i>Choromytilus chorus</i> )	Jaulas costeras	Krieger y Muslow, 1990
Bahía Camas Bruaich, Escocia	2 Km <sup>2</sup> 800 m x 800 m	25 m x 25 m 10 m x 10 m	Salmones	Jaulas costeras	Mendoza, Q-M, 1991; Ross et al., 1993; Beveridge et al., 1994
Bahía de Chesapeake, Maryland, E.U.A.	-	-	Ostras	Costero	Smith et al., 1994

Notas: - dato no disponible. Area= área de estudio, la Cobertura se refiere a la cobertura espacial en un formato X, Y.

Fuente: Aguilar-Manjarrez 1996.

A nivel regional la mayor superficie evaluada ha sido Africa por Kapetsky en 1994, por el contrario la menor superficie a nivel de localidad fue la Bahía de Camas Bruaich en Escocia, efectuada por Ross *et al.*, en 1993. Por otra parte la mayor escala en raster o tamaño de pixel de información espacial ha sido de 49 km x 49 km, mientras que la más pequeña ha sido de 10 m x 10 m. Estos estudios se han enfocado principalmente en la selección del lugar y la mayoría de los factores involucrados en dichas evaluaciones han sido los ambientales (p.e. suelos, agua). En cuanto al aspecto socioeconómico este sólo se ha incluido en algunos estudios, (p.e. el de Gutiérrez-García en 1995), pero su tratamiento en general aún se considera escaso y apenas comienza a ser completamente explorado (Aguilar-Manjarrez, 1996). Por otro lado los primeros trabajos se habían limitado a tratar a la acuicultura y pesquerías de tierra adentro (acuicultura continental), esto se debía a que la información era más fácilmente disponible en esta que para la acuicultura costera o maricultura además que las primeras actividades comerciales de la acuicultura se basaron en la producción realizada en agua dulce (Meaden, 1996).

A continuación se hace un breve comentario de algunos de los trabajos de la Tabla 1.9 que fue posible revisar:

Kapetsky *et al.*, (1987), utilizan un SIG para identificar áreas óptimas para tres tipos de acuicultura (cría en suspensión de moluscos, cría de peces en jaulas y cultivos de camarón en estanques) alrededor de la línea costera del Golfo de Nicoya en Costa Rica. Los criterios para la evaluación fueron principalmente de tipo ambiental y algunos de infraestructura.

Kapetsky *et al.*, (1988), integran y aplican un SIG para identificar e inventariar áreas fisiográficamente adecuadas basadas en las características de los suelos, la susceptibilidad de inundaciones y ventajas de localización tales como la proximidad a las plantas de procesamiento, como los más importantes criterios para el cultivo del bagre (*Ictalurus punctatus*). Para comprobar los resultados se compararon con los lugares donde se hallan actualmente las granjas de bagre.

Kapetsky (1989), determinó localidades apropiadas para la construcción de estanques de camarón y el establecimiento de jaulas para cultivo de peces, en el estado de Johore, Malasia. Seleccionó la infraestructura, calidad del agua, usos del suelo y del agua, precipitación y tipos de suelo, como los principales criterios para el cultivo del camarón, mientras que la batimetría, disponibilidad de áreas que ofrecen abrigo y protección y la velocidad de las corrientes fueron descritas como los criterios más importantes para el cultivo de peces.

Meaden y Kapetsky (1992), definen y describen los criterios (consideraciones físicas, económicas y sociales) que rigen la selección de lugares para la acuicultura y la pesca continental. Describen los distintos medios de adquisición de datos y levantamiento de mapas. Asimismo revisan el surgimiento y la aplicación en los últimos años de dos tecnologías (la Telepercepción y los SIG) en las decisiones sobre el aprovechamiento y planeación de los espacios para la acuicultura y pesca continental. Finalmente se presenta una selección de estudios monográficos relacionados con estas tecnologías que ilustran y amplían la visión sobre el potencial de las mismas.

Gutiérrez-García (1995), explora específicamente las variables sociales y económicas envueltas en el desarrollo de la acuicultura con el fin de diseñar un modelo

socioeconómico general. Este modelo se probó utilizando información en una base de datos dentro de un SIG en el estado de Tabasco, México.

Aguilar-Manjarrez (1996), que crea, describe y explora modelos socioeconómicos y ambientales que se implementan en un SIG para una evaluación integral y para demostrar las oportunidades de desarrollo de la acuacultura costera (destacando la actividad camaronícola) bajo dos niveles de planeación uno a nivel estatal que fue Sinaloa, y otro nivel local que fue el Sistema Lagunar de Huizache-Caimanero. Se concluye que los SIG y el modelamiento espacial proporcionan un tratamiento completo e integrado para los criterios de desarrollo acuícola, así como objetividad en la toma de decisiones.



## CAPITULO 2 MATERIALES Y ESTRUCTURA METODOLÓGICA

### 2.1 ASPECTOS GENERALES SOBRE LOS PROGRAMAS QUE CONFORMAN AL SIG

Los primeros programas o paquetes específicos para SIG fueron desarrollados a mediados de los setenta en América del Norte por diversas empresas o departamentos privados y públicos. En 1989 existían más de 50 paquetes de software de SIG legítimos en el mercado mundial, siendo en los Estados Unidos donde se originan la mayoría de los software (Meaden y Kapetsky, 1992).

El SIG utilizado en esta tesis es el IDRISI versión 1.0 para Windows. Constituye un software con base "raster" y sistema de procesamiento de imágenes sumamente barato capaz de ejecutar toda una gama de funciones. Su diseño a base de menús o comandos de líneas lo hace atractivo y fácil de manejar. Fue desarrollado por personal de la Escuela de Graduados de la Universidad de Clark, Massachusetts, E.U.A., bajo la dirección de R. Eastman, específicamente para microcomputadoras. Está concebido como un instrumento accesible de investigación y docencia, su diseño permite proveer una herramienta profesional de investigación geográfica y puede convertirse en el centro de un programa colectivo de desarrollo e intercambio de sistemas siendo muy compatible con muchos otros paquetes de SIG (p.e. Arc/Info, OSU Map, ERDAS) (Meaden y Kapetsky, 1992; Eastman, 1995; Gutiérrez-García, 1995).

Desde su nacimiento en 1987, IDRISI ha crecido hasta convertirse en uno de los mayores SIG en el mercado y líder tecnológico en el análisis funcional con base "raster". Es utilizado en más de 120 países alrededor del mundo en una variedad de investigaciones gubernamentales, de planeación local, manejo de recursos y de instituciones educativas. IDRISI es apoyado, y en sus inicios parcialmente financiado, por organizaciones como el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP/GRID), el Instituto de las Naciones Unidas para la Educación e Investigación (UNITAR), y la Agencia de las Naciones Unidas para la Educación e Investigación (USAID). Organizaciones con las que IDRISI mantiene estrechas relaciones, así como con muchas otras agencias internacionales de desarrollo, en un intento por proveer un acceso equitativo de esta poderosa herramienta de análisis geográfico (Meaden y Kapetsky, 1992; Aguilar-Manjarrez 1996).

IDRISI se encuentra disponible en versiones "amigables" para MS-DOS y Windows y aunque las dos son muy similares en cuanto a su funcionalidad analítica, el IDRISI para Windows ofrece mayores capacidades como: en el despliegue de imágenes (es posible observar una serie de imágenes simultáneamente); la relación con las bases de datos y la impresión gráfica (las imágenes pueden ser impresas directamente sin necesidad de exportarlas a otro paquete). Por otra parte en IDRISI han sido incluidas facilidades especiales para el monitoreo ambiental y el manejo de los recursos naturales, incluyendo la evolución y seguimiento de los análisis, apoyo en la toma de decisiones, análisis de incertidumbre y modelos de simulación (Aguilar-Manjarrez 1996).

IDRISI está constituido por una serie de módulos, los cuales se describen en la Tabla 2.1:

Tabla 2.1 Módulos generales disponibles en IDRISI.

Bases de datos espaciales y de atributos	En IDRISI ambos tipos de bases de datos están integradas, aunque es posible mantener por separado ciertos elementos de la base de atributos.
Sistema de despliegue cartográfico	Es una serie de módulos que permiten producir mapas en pantalla o impresos, derivados de los componentes de la base de datos.
Sistema de digitalización	Permite convertir los mapas tradicionales a formato digital. Para este fin IDRISI ofrece un programa llamado TOSCA, no obstante acepta datos de otros programas.
Sistema de análisis geográfico	Es una extensión del concepto básico de manejo de base de datos en la cual se cuenta con la posibilidad de analizar datos en función de su localización en el espacio geográfico. La información extraída de la base de datos se transforma como resultado del análisis realizado y en el proceso se generan nuevos datos, los cuales se incorporan a la base de datos.
Sistema de procesamiento de imágenes	IDRISI tiene la capacidad de analizar imágenes obtenidas por diversas técnicas de percepción remota tales como "scanners", satélite, etc. y realizar análisis estadísticos especializados con la información obtenida los cuales se pueden incorporar a la base de datos tanto espacial como de atributos.
Sistema de análisis estadístico	Además de los procesamientos estadísticos tradicionales, IDRISI ofrece algunas opciones especializadas para el análisis estadístico propiamente espacial tales como la autocorrelación espacial, además de técnicas basadas en el análisis de cuadrados y de patrones.

Fuente: Eastman, 1995 y modificado en base a McClung y Tapia, 1995.

En cuanto a la presentación visual de los datos (o salida del sistema), a diferencia de la mayoría de los sistemas, en que la salida constituye la fase final del procesamiento, en el SIG la salida (o presentación visual) puede obtenerse en cualquiera de las fases funcionales. Esta posibilidad es muy importante, porque permite el control, examen, experimentación, etc. por parte del usuario en cualquier fase del procesamiento. La presentación temporal (en pantalla) es la interfaz funcional del usuario, por cuanto éste obtiene una presentación visual de cualquier acción que efectúe, y permite la manipulación interactiva sin ningún costo material, a gran velocidad y en una variedad casi infinita de formas (Meaden y Kapetsky, 1992).

Los SIG no se distinguen por la calidad gráfica de sus productos sino más bien por su capacidad analítica. Sin embargo, algunos sistemas cuentan con facilidades gráficas que permiten, además del análisis, la confección de material de alta calidad estética. La calidad de la presentación de resultados depende en gran medida del equipo empleado. Es común el uso de impresiones en blanco y negro o en color para la presentación de los resultados tabulares o de mapas.

## 2.2 MANEJO DE LA INFORMACIÓN Y ANÁLISIS CON EL SIG

Las herramientas analíticas de un SIG pertenecen a cuatro grupos básicos (Eastman, 1995 y McClung y Tapia, 1995) :

1. *Técnicas para la selección de información contenida en la base de datos ("Query")*. Este grupo contiene las herramientas fundamentales de un SIG. Se refiere a la selección de la información en relación a la localización de algún objeto en especial, o bien en relación a los atributos. La selección de la información puede ser compleja, imponiendo varias condiciones sobre la información que se desea seleccionar. En general se realizan estas operaciones en un SIG por medio de una reclasificación (operación "RECLASS") de los datos, la cual consiste en la creación de un nuevo mapa por cada una de las condiciones especificadas. Una vez que se tiene establecida la información se puede combinar con las condiciones del problema mediante el proceso de sobreposición (operación "OVERLAY"). Una de las formas más útiles para expresar condiciones específicas en los datos es la creación de mapas mediante la aplicación de los operadores "booleanos": (intersección, unión, unión exclusiva y no pertenencia).

2. *Algebra de mapas*. Se refiere al grupo de herramientas para realizar operaciones matemáticas, involucra tres tipos de operaciones:

- a) La modificación de los valores de los atributos mediante operaciones con una constante (operación "SCALAR").
- b) La transformación de los valores de los atributos mediante operaciones comunes (tales como funciones trigonométricas, logarítmicas, exponenciales, etc.).
- c) La posibilidad de combinar valores de distintas capas de información (tales como sumar, restar, multiplicar, dividir, etc.).

3. *Operadores de distancia*. Existen técnicas para incorporar factores de distancia en un análisis, como es la creación de zonas de amortiguamiento ("buffer"), es decir áreas dentro de un perímetro especificado; evaluación de la distancia entre todas las localidades a un tipo de elemento; y efectos de fricción y barreras basados en el concepto de distancia de costo.

4. *Operadores de contexto*. Estos operadores llamados también de vecindad, crean mapas nuevos con base en la información contenida en un mapa existente, en función de los valores que caracterizan a los pixeles vecinos. Un ejemplo es la utilización de un modelo digital del terreno para crear un mapa de pendientes, con base en la comparación de las elevaciones de cada "pixel" con respecto a las elevaciones de los pixeles vecinos.

Las herramientas de un SIG descritas arriba y utilizadas en conjunto, dan lugar a un número muy amplio de operaciones analíticas; sin embargo prácticamente todas estas operaciones potenciales corresponden a una de las siguientes tres categorías:

1. *Selección a partir de las bases de datos ("Database Query")*, que consiste en el manejo de diversas combinaciones de variables o parámetros mediante las herramientas propias a las bases de datos, además del uso de procedimientos de medición y análisis estadístico. La búsqueda de patrones espaciales en los datos es uno de los objetivos comunes de este tipo de aplicación. Lo que caracteriza en general a esta categoría de análisis es que no genera nueva información, sino que utiliza únicamente aquella que se encuentra en la base de datos que se está trabajando.

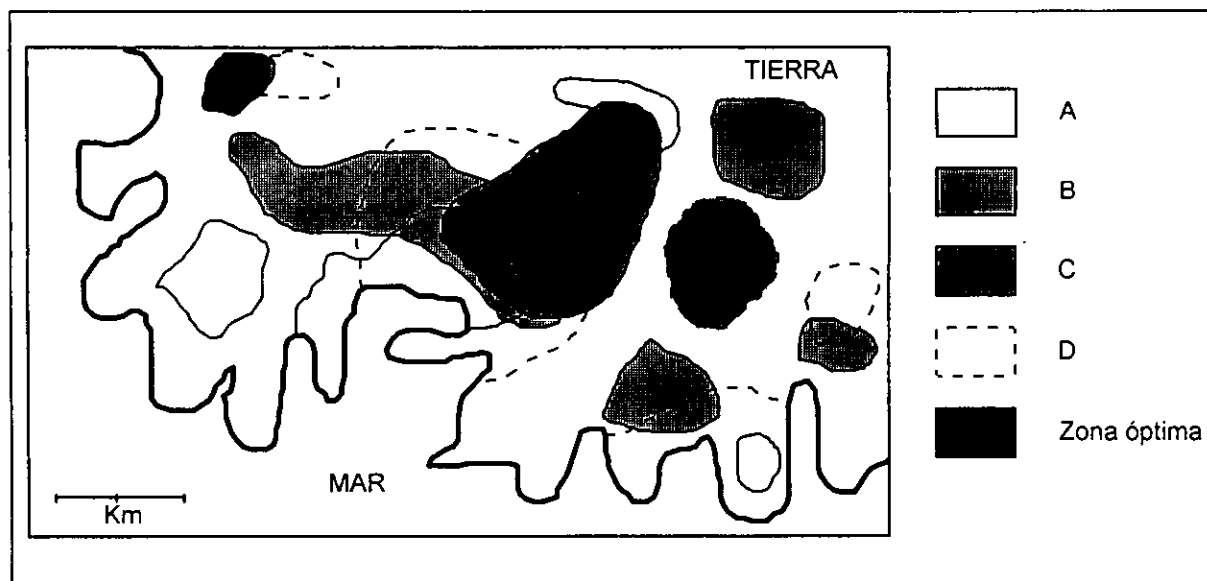
2. *Generación de nuevos datos*, que se caracteriza por la combinación selectiva de componentes de la base de datos de los cuales se derivan nuevas capas de información. Los procedimientos están fundamentados en la relación que existe entre la base de datos espaciales y los atributos, mediante la aplicación de herramientas lógicas y/o matemáticas para el desarrollo del modelo representado por la nueva capa de información.

3. *Modelación de procesos o simulación*, consiste en el desarrollo de modelos que utilizan los datos geográficos del área como una especie de laboratorio para explorar relaciones entre variables, cuya complejidad limita las posibilidades del investigador en muchas ocasiones. La capacidad de un SIG para manejar en diversas formas una cantidad tan amplia de información facilita la creación de escenarios y la manipulación de las variables para experimentar con su comportamiento bajo diferentes circunstancias, además de los efectos de su variación en el funcionamiento del sistema.

Como se ha mencionado, los SIG se han constituido como excelentes instrumentos de análisis e integración de información para evaluar y planear el desarrollo de la acuicultura como son: mapas de hidrología, suelos, vías de comunicación, líneas de energía, ubicación de comunidades, áreas de bienestar y marginación social, uso del suelo y vegetación, etc. Estos mapas pueden ser integrados y analizados por técnicas automatizadas (p.e. clasificación, sobreposición) para crear una serie de mapas útiles en la toma de decisiones como:

- Mapa de disponibilidad de recursos y ubicación de infraestructura para la acuicultura.
- Mapa de posibilidad de cambio social.
- Mapa de vulnerabilidad ambiental para la acuicultura

Para cada factor se puede establecer un criterio y darle un rango de valores. Se podrán construir mapas en los que se identifiquen las zonas óptimas de cultivo de una o distintas especies para cada factor o para la combinación de todos los factores (Figura 2.1). En una primera aproximación, la sobreposición de estos mapas permitirá definir las zonas más aptas para la ubicación de instalaciones acuícolas (Coll, 1991).



Se han supuesto las variables A (blanco), B (cuadrícula), C (rayado inclinado) y D (línea punteada). En la zona geográfica se estudian los valores de las variables construyendo un mapa con las zonas óptimas para la ubicación y para cada una de las variables. En este caso la sobreposición de los cuatro mapas nos dará una (zona en negro) o varias zonas de intersección que, por lo tanto, serán zonas óptimas para la ubicación.

**Figura 2.1 Optimización visual de la ubicación (Modificado en base a Coll, 1991).**

Introduciendo en el SIG la información contenida en mapas temáticos, así como de datos censales o estadísticos e información de campo es posible obtener productos como mapas temáticos sintéticos, bases de datos, etc. Este proceso de manejo de información puede ser resumido en la Figura 2.2, donde se presenta el flujo e integración de la información para la realización de un estudio de gran visión y programa de desarrollo de una acuicultura sustentable en el estado de Baja California, México (Lara-Vázquez, 1997).

La clasificación de la información dentro de un SIG, en cualquiera de las etapas, es crucial en este tipo de evaluaciones. En las primeras etapas, la reclasificación es generalmente utilizada y esta se repite conforme se crean nuevas capas de información. Así los mapas o productos finales dependerán fuertemente de las clasificaciones previas. Es común que una imagen final contenga un gran número de factores que fueron clasificados en números o clases menores para una mejor comprensión (Aguilar-Manjarrez, 1996).

La fusión de mapas se efectúa sobreponiendo diferentes capas y efectuando cálculos aritméticos, normalmente con los valores asignados a los polígonos, para crear automáticamente nuevas superficies cartografiadas, se puede añadir o sustraer progresivamente todos los estratos o capas que se desee, y trabajar con superficies a base de vectores o de raster.

Los mapas, como instrumentos de análisis y su sobreposición, son una forma de integración de información, es decir de los factores que afectan a la acuicultura. Así por ejemplo, en ellos se pueden definir zonas de exclusión para el desarrollo de la acuicultura en lugares donde no sea conveniente su desarrollo por las características físicas del medio, circunstancias de riesgo, afectación del hábitat de especies

amenazadas o en peligro de extinción o por ser la zona susceptible a la descarga de contaminantes, etc. Sobre los mapas se pueden manejar distancias y hacer recomendaciones de la conveniencia de elegir para la acuicultura regiones que estén cercanas a cuerpos de agua como son las lagunas costeras, esteros, bahías y zonas que estén próximas, simultáneamente, a ríos, caminos, líneas de energía eléctrica, laboratorios de producción, etc. Todas estas posibilidades de análisis de la información son más fáciles de ver con el auxilio de mapas digitales y su manejo a través de IDRISI u otro SIG (Lara-Vázquez, 1997).

Sin embargo a menudo surgirán dos o tres alternativas que habrán de considerarse en el análisis espacial. El punto más crítico es el de establecer la importancia relativa entre los distintos factores estudiados. No todos los factores tienen igual importancia y habrá que asignarles un coeficiente o peso relativo (Coll, 1991). Un camino que permite resolver este tipo de alternativas es a través de la Evaluación con Multicriterios que más adelante se detalla.

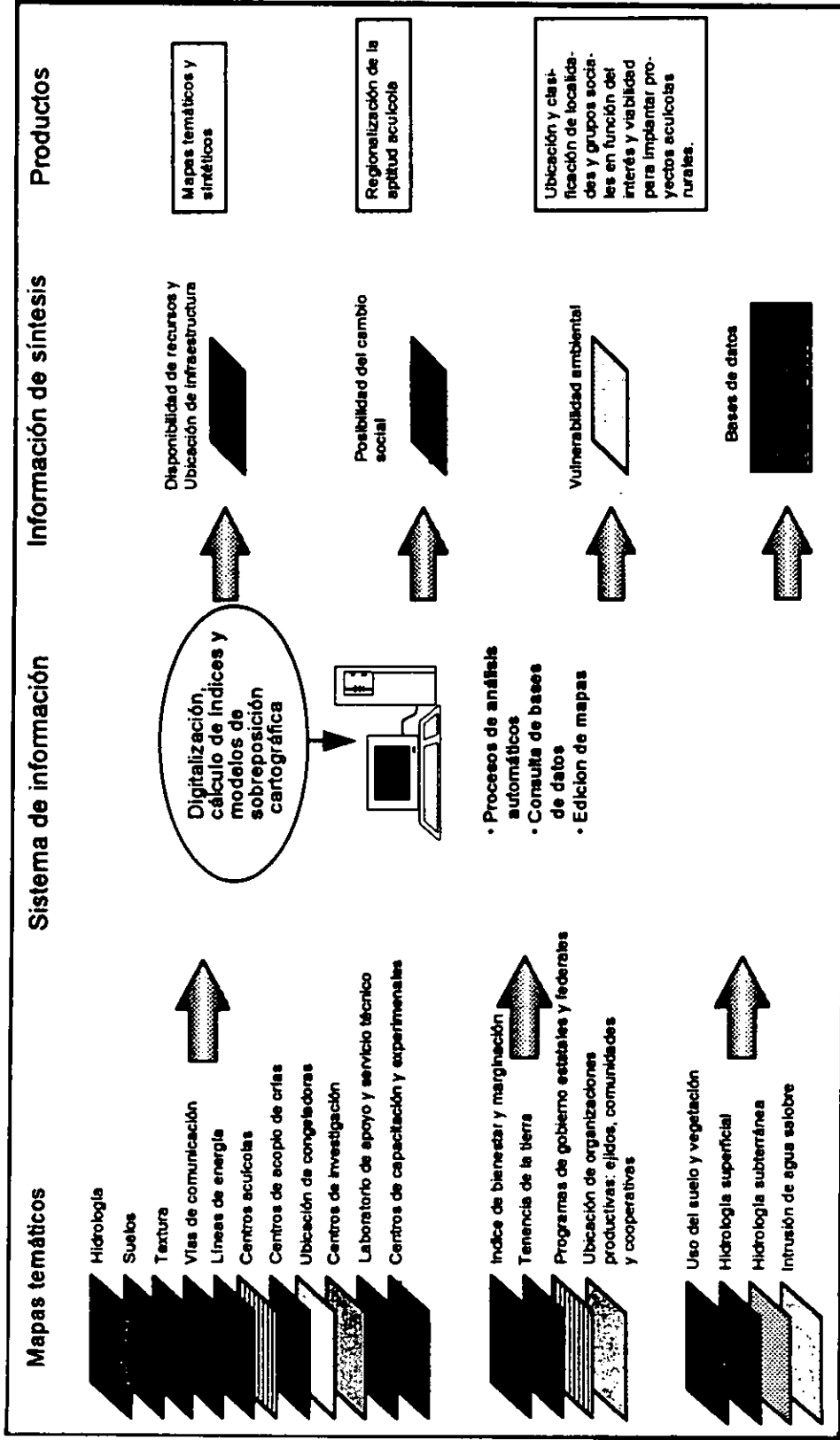


Figura 2.2 Manejo de información para definir la viabilidad de una acuicultura rural sustentable (Lara-Vázquez, 1997).

### Evaluación con Multicriterios

Es preciso señalar que un aspecto previo para poder aplicar la Evaluación con Multicriterios dentro de un SIG, y de acuerdo a lo planteado por Aguilar-Manjarrez (1996), es necesario adoptar una escala de clasificación estandar para la ponderación de los factores. Así para el caso de la zona de Mar Muerto los valores para las clases fueron tres siendo: (3) para potencial alto, (2) potencial medio y (1) potencial bajo. Para el caso del Parque Nacional Lagunas de Chacahua las clases utilizadas aumentaron a cuatro: (4) potencial alto, (3) potencial moderado, (2) potencial marginal y (1) inadecuado aunque con algún potencial.

Una vez estandarizados los factores dentro de un sistema común (escala) de clasificación o ponderación es necesario establecer la importancia relativa entre los factores asignándoles pesos que usualmente se juzgan de acuerdo a varios criterios. Para realizar y facilitar esta operación existe un módulo dentro de IDRISI llamado Evaluación con Multicriterios que como su nombre lo dice permite evaluar una serie de factores asignándoles pesos distintos, de acuerdo al objetivo del trabajo y a los criterios aplicados, facilitando el proceso de toma de decisión para la asignación de recursos, usos de suelo etc.

Mediante la Evaluación con Multicriterios, los factores (mapas temáticos) utilizados en el SIG son valorados en términos de su importancia relativa para alcanzar el objetivo propuesto. Los valores son sistemáticamente evaluados o calificados en una escala continua de 17-puntos donde 1/9 (es el menos importante) a 9 (el más importante), (ver Tabla 2.3). Por ejemplo si se considera que la proximidad de los caminos es mucho más importante que la pendiente en determinar las zonas más adecuadas para la acuicultura, uno registra un 5 en esta escala. En el caso contrario, cuando la pendiente es mucho más importante que la proximidad a caminos, uno registrará un valor de 1/5. Una descripción más a detalle de esta escala continua de valores se presenta en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2 Escala continua de valores y su descripción.**

INTENSIDAD DE SU IMPORTANCIA	DEFINICIÓN	EXPLICACIÓN
1	Igual importancia	Dos actividades contribuyen igual en el objetivo.
3	Importancia débil de una sobre la otra	La experiencia y el juicio levemente favorecen una actividad sobre la otra.
5	Importancia marcada o esencial	La experiencia y el juicio marcadamente favorecen una actividad sobre la otra.
7	Importancia demostrada	Una actividad es fuertemente favorecida y su dominancia se ha demostrado en la práctica.
9	Importancia absoluta	La evidencia favorece una actividad sobre la otra.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre los dos juicios adyacentes	Cuando se hace necesario un punto intermedio.

Fuente: Saaty, 1977, tomado de Aguilar-Manjarrez, 1996.



El procedimiento requiere que una matriz sea calculada para producir el arreglo más apropiado de las ponderaciones. Para realizar las ponderaciones se compara cada par posible de factores y se registran los valores en una matriz de comparación en pares. Como la matriz es simétrica sólo la mitad inferior necesita ser completada. Los valores son calculados utilizando el módulo "WEIGHT" en IDRISI. Para ilustrar este enfoque la Tabla 2.3, muestra cinco factores para inferir la calidad relativa del agua para la acuicultura:

**Tabla 2.3 Pesos obtenidos de la matriz de comparación en pares para valorar la importancia de cinco factores de la calidad relativa del agua para la acuicultura.**

FACTORES (MAPAS)	Temperatura*	Suelos	Bosques	Agricultura	Irrigación	Pesos
Temperatura	1					0.49
Suelos	1/4	1				0.12
Bosques	1/8	1/3	1			0.06
Agricultura	1/3	3	2	1		0.16
Irrigación	1/4	1	3	2	1	0.17
SUMA						1.00

Los números muestran el valor de la línea del factor y su comparación con la columna.

\* A la temperatura se le asignó la ponderación más alta lo que significa que fue el más importante factor.

Fuente: Aguilar-Manjarrez, 1996.

1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
extremada	muy fuerte	fuerte	moderada	igual	moderada	fuerte	muy fuerte	extremada								
MENOS IMPORTANTE								MÁS IMPORTANTE								

Escala continua de ponderación de 17 puntos (Eastman *et al.*, 1993 en Aguilar-Manjarrez, 1996).

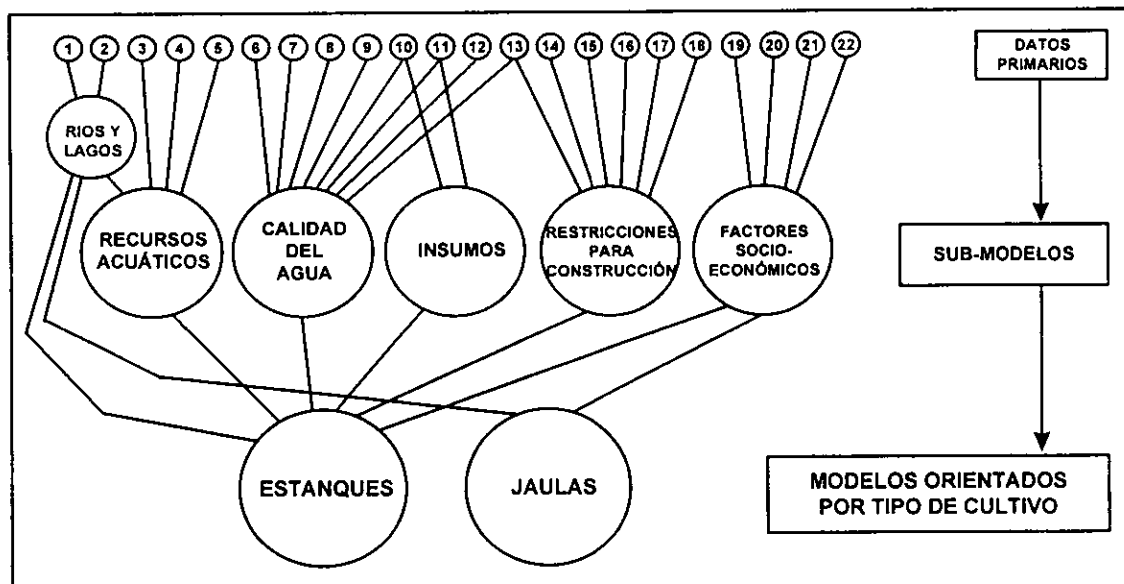
Debido a que la matriz de comparación en pares presenta muchos caminos por los cuales la importancia relativa de los factores puede ser valorada, es necesario determinar el grado de consistencia utilizado para obtener los valores (1/9 a 9). Existe un procedimiento provisto por Saaty (1977 en Aguilar-Manjarrez, 1996) por medio del cual un índice de consistencia conocido como cociente o proporción de consistencia puede ser producido. La proporción de consistencia indica la probabilidad de que los valores de la matriz sean casualmente generados. Por ejemplo la Tabla 2.3 presenta una proporción de consistencia de 0.07, los valores menores de 0.10 indican una buena consistencia que significa una probabilidad muy baja de que los pesos fueran obtenidos casualmente. Cabe señalar que asimismo dentro del módulo de "WEIGHT" de IDRISI es posible analizar dónde se presentan las inconsistencias de la matriz de comparación en pares (Aguilar-Manjarrez, 1996).

En años recientes, para poder realizar una más adecuada integración y análisis de la información, se ha aplicado un enfoque conocido como "modelo o proceso de toma de decisión". Estos han sido propuestos y se han venido aplicando en los estudios de SIG para acuicultura en México (p.e. Gutiérrez-García, 1995; Aguilar-Manjarrez, 1996 y SEMARNAP, 1997).

En este enfoque básicamente lo que se busca es que una vez seleccionados y asignados un peso relativo a los factores (datos primarios) que afectan a la acuicultura en base a criterios de ponderación o evaluación con multicriterios, estos sean integrados en un proceso, compuesto de etapas, donde los factores sean agrupados en grupos (o

submodelos) que reúnan lógicamente a los factores de acuerdo con su relación, naturaleza, similitudes, etc., (p.e. la textura y el tipo de suelo pueden integrar un grupo o submodelo de suelos; o los lagos y ríos pueden ser reunidos en un grupo de recursos acuáticos).

Para ilustrar este enfoque la Figura 2.3 muestra un diagrama esquemático de un proceso de toma de decisiones basado en el trabajo de Aguilar-Manjarrez y Ross en 1993.



Datos Primarios: 1, lagos; 2, ríos; 3, aguas subterránea; 4, precipitación; 5, evaporación; 6, pozos petroleros; 7, fábricas; 8, construcciones; 9, vegetación; 10, agricultura; 11, fertilizantes orgánicos; 12, oleoductos; 13, tipos de suelo; 14, textura del suelo; 15, silvicultura; 16, áreas de inundación; 17, relieve; 18, topografía; 19, aglomeración; 20, densidad de población; 21, poblaciones; 22, caminos.

**Figura 2.3 Representación esquemática de un proceso de toma de decisiones para la acuicultura de peces en estanques y jaulas en Tabasco, México (tomado de Aguilar-Manjarrez, 1996).**

Así, al agrupar a los factores en etapas (Figura 2.3) permite al usuario evaluar cada uno de los grupos de factores y entender mejor el papel de cada grupo. Además, si cualquiera de los datos necesitan ser modificados, actualizados o reemplazados en cualquier etapa, esto puede llevarse a cabo sin necesidad de reconstruir el proceso entero. Finalmente la tarea de manejar grandes y complejos grupos de datos se ve notablemente simplificada cuando se fragmenta la información en grupos de factores (Aguilar-Manjarrez, 1996).

Después de revisar estos antecedentes se puede concluir que el procedimiento básico para desarrollar este tipo de estudios a través de un SIG consiste en una continua identificación, manejo e integración de la información empezando con los datos o información primaria de los factores bajo criterio. La información primaria se sujeta a una serie de modificaciones, donde se aplican criterios para integrar y ponderar la información y producir los datos o variables necesarias para analizar cada aspecto. Un esquema secuencial de este procedimiento se presenta en la Figura 2.4.

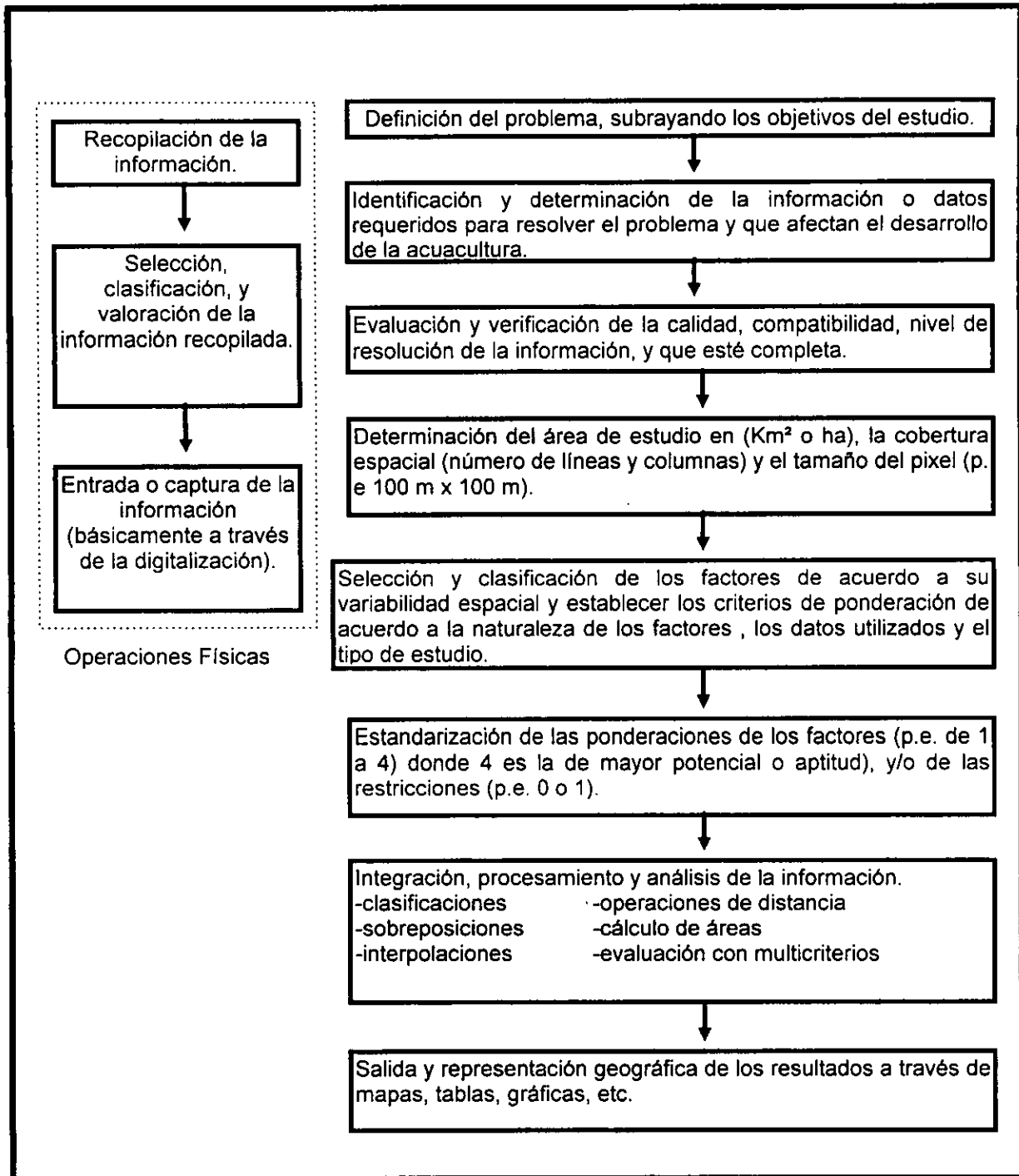


Figura 2.4 Diagrama del esquema secuencial para integrar y aplicar un SIG en la evaluación para el desarrollo de la acuicultura.

## 2.3 SELECCIÓN DE LOS FACTORES PARA LOS ESTUDIOS DE ACUACULTURA CON SIG

La selección e importancia de los distintos factores es variable, y aunque hay algunos que son universalmente importantes, no es posible establecer el peso relativo de cada uno de ellos, ya que este varía no sólo objetivamente, o sea según el tipo de unidad de producción, el tipo de sistema, etc., sino también subjetivamente de acuerdo a las condiciones de cada acuacultor, investigador o tomador de decisión: La selección definitiva de los factores pertinentes dependerá de las circunstancias exactas del estudio (Meaden y Kapetsky, 1992).

En la Tabla 2.4 aparecen algunos factores generales que presentan variabilidad espacial y que intervienen en la selección de los sitios para el desarrollo de la acuicultura:

**Tabla 2.4 Algunos factores que intervienen en la acuicultura.**

- |  |
|--|
| a) Disponibilidad de tierra  |
| b) Propiedad de la tierra  |
| c) Topografía  |
| d) Clima   |
| e) Disponibilidad de agua  |
| f) Calidad y temperatura del agua                                    |
| g) Derechos sobre el agua  |
| h) Potencial de uso competitivo del agua                             |
| i) Suelo: composición química, permeabilidad, compactación, textura  |
| j) Depredadores  |
| k) Usos de las tierras adyacentes                                    |
| l) Proximidad de infraestructura de apoyo                            |
| m) Acceso - caminos, puentes   |
| n) Potencial y gravedad de las perturbaciones climáticas importantes |
| o) Factores políticos, sociales y económicos locales                 |
| p) Arrendamientos y permisos requeridos y su situación jurídica      |
| q) Limitaciones y repercusiones ambientales                          |
| r) Susceptibilidad a la pesca furtiva, es decir, seguridad           |

Fuente: Meaden y Kapetsky 1992.

En cuanto a las variaciones espaciales de los factores a escala muy distintas, pueden predominar factores diferentes. Por ejemplo, a una escala pequeña (10 km x 10 km), las consideraciones relativas al relieve, la batimetría y los suelos pueden ser factores específicos muy pertinentes, mientras que a esa misma escala las tasas de evaporación, las distancias hasta los mercados principales o el acceso a los servicios de extensión solo tienen una importancia secundaria (Meaden y Kapetsky, 1992).

Un factor es un criterio que se acentúa o decrece de acuerdo a la aptitud de una alternativa específica para la actividad en consideración. Por ejemplo una compañía maderera determinará que mientras más empinada es la pendiente mayor será el costo de transporte de la madera. Como resultado, las mejores áreas para explotar el bosque serán aquellas de poca pendiente. La necesaria combinación de factores variará en una forma casi ilimitada, usualmente mientras más compleja sea la actividad mayores serán los factores a considerar. Sin embargo también existen factores que limitan o restringen las alternativas bajo criterio. Eastman (1995) nombra a estos factores como restricciones. Una restricción sirve para limitar las alternativas bajo criterio, en muchos casos las

restricciones se expresan en forma de mapas de Lógica Booleana como por ejemplo: A las áreas excluidas por el criterio se les asigna el valor de 0 y aquellas abiertas por el mismo criterio se les asigna el valor de 1. Otra restricción se expresa como alguna característica que los resultados deben cumplir, por ejemplo, podría requerirse que el total de las áreas seleccionadas para el desarrollo no deben ser menores a 1,000 km<sup>2</sup>. Es así que las restricciones tienen la tarea de limitar las alternativas bajo criterio.

La selección de los factores y restricciones envueltas en la evaluación con SIG es de vital importancia. La Tabla 2.5 muestra que los estudios de acuicultura utilizando SIG a la fecha han involucrado de 5 hasta 30 criterios que han variado en número y naturaleza. La mayoría de los estudios previos han incorporado principalmente criterios medioambientales, donde existen criterios comunes como los recursos acuáticos, calidad del agua, suelos, uso del suelo e infraestructura (Aguilar-Manjarrez 1996).

**Tabla 2.5 Criterios seleccionados en estudios de SIG para el desarrollo de la acuacultura (1987-1995)**  
**Estudios de planeación a nivel nacional.**

Area de Estudio	Número de Criterios	Criterios	Autor	Fecha
Inglaterra, Reino Unido	14	Calidad del agua, temperatura del agua, cantidad de agua, agua subterránea, relieve, precipitación, vías fluviales, aglomeración, costo de la tierra, caminos, mercados (de abastecimiento y al por mayor), granjas de trucha.	Meaden	1987
Ghana	15	Agua (precipitación anual, evaporación) tierra (superficie del Lago Volta y de sus lagunas, suelos, explotación del bosque, áreas de reserva), alimentos (de ganado vacuno, porcino, aves de corral y salvado de arroz), mercados, condiciones de bienestar, servicios de extensión, aglomeración y desarrollo (caminos).	Kapetsky et al.	1990
Pakistán	9	Superficie de agua disponible, precipitación, agua subterránea, temperatura del aire, tipo de suelo, pendiente, larvas de peces, mercados, caminos.	Ali, C. Q. et al.	1991
Noruega	32	Medioambiente (exposición al oleaje, áreas poco profundas, temperaturas críticas, condiciones de congelamiento climático, salinidad, contaminación), nivel de mareas, intercambios de agua, utilización de agua en corriente (para el hogar, recreación al aire libre, pesca tradicional), infraestructura (caminos, electricidad, fábricas de alimentos, facilidades para la pesca, facilidades de venta de desechos), áreas especiales (existencia de granjas de peces, zonas de protección para salmones, áreas de conservación de la naturaleza, áreas protegidas, áreas señaladas por autoridades locales), existencia (de aguas de drenaje, agricultura, industria, precipitación, bosques, montañas, llanuras), permisos para acuacultura, áreas costeras abiertas y fiordos.	lbrekke et al.	1991
Nepal	9	Precipitación anual, clima, suelo, irrigación, relieve, agricultura, comunicaciones, densidad de población, zonas de riego.	Karki	1992
África	8	Temperatura del agua, precipitación anual, arroyos y ríos, textura del suelo, pendiente, mercado, subproductos de la agricultura e infraestructura de caminos.	Kapetsky	1994

Fuente: Aguilar-Manjarrez, 1996.

Continuación, Tabla 2.5 Estudios de planeación a nivel regional.

Area de estudio	Número de criterios	Criterios	Autor	Fecha
Golfo de Nicoya, Costa Rica	23	Agua dulce y salada, salinidad, suelos, infraestructura (poblados, caminos, transbordadores marinos, industria de procesamiento, servicio eléctrico), uso del suelo (agua, bosque de coníferas, bosque deciduo, pastizal, pastura, marismas, agricultura, estanques de camarón, zonas salinas y manglares), batimetría, áreas de protección y de abrigo, áreas con postlarvas de camarón.	Kapetsky et al.	1987
Condado de Franklin Parish, Luisiana E.U.A.	15	Calidad apropiada del suelo para construcción de estanques y diques, edificios comerciales, equipo pesado y carreteras.	Kapetsky et al.	1988
Estado de Johore, Malasia	21	Calidad del agua (nitrógeno amoniacal, demanda biológica de oxígeno, pH), precipitación anual, suelos (concentración hidrogeniónica, textura), infraestructura (carreteras principales, carreteras secundarias, ciudades y pueblos), uso del suelo (agricultura, zonas urbanas, minería, límites de los distritos, límites de la cuenca de drenaje), lugares para la cría del camarón, lugares para jaulas flotantes, batimetría (bancos de lodo, isobatas), velocidad de la corriente.	Kapetsky	1989
Estado de Luisiana, E.U.A.	14	Parques nacionales y estatales, refugios de vida silvestre, áreas urbanas, cuerpos interiores de agua, distribución de suelos y topografía, características apropiadas de los suelos, duración de las estaciones de crecimiento, producción y superficies del cultivo de bagre, agricultura de sorgo y arroz.	Kapetsky et al.	1990
Estado de Yucatán, México	12	Lagunas de agua dulce, cenotes, estanques estacionales, precipitación.	Flores-Nava	1990
Costa este de la Isla del Príncipe Eduardo, Canadá	13	Línea de costa, sistemas fluviales, caminos, divisiones de condados, zonas de abundancia de mariscos, fuentes de contaminación terrestre, actividades agrícolas, conocimiento de las potenciales fuentes de contaminación, sitios de depósitos de desechos.	Legault	1992
Estado de Tabasco, México	22	Lagunas, ríos, arroyos, agua subterránea, precipitación, evaporación, clima, pozos petroleros, conductos de petróleo, fábricas y edificios, suelos, relieve, topografía, agricultura, vegetación, cría de ganado, explotación de bosques, caminos y ciudades, densidad de población y aglomeración.	Aguilar-Manjarrez y Ross	1993
Golfo de Lingayen, Bahía de San Miguel Calatrava, Filipinas	20	Textura del suelo, fisiografía (superficie inter-mareal, playas, áreas aluviales), elevaciones, uso del suelo (pastizales, marismas, plantaciones de coco, superficie agrícola improductiva, áreas degradadas de manglar, parques nacionales, poblados), carreteras (privadas, provisionales o nacionales), fuentes de agua (costera, ríos), zonas de amortiguamiento de ríos y línea costera.	Paw et al.	1994
Estado de Sinaloa, México	30	Lagunas, ríos, arroyos, precipitación, evaporación, agua subterránea, lagos, presas, temperaturas, suelos, topografía, agricultura, zonas de riego, explotación del bosque, cría de ganado, granjas de camarón, postlarvas de camarón, manglares, densidad de población, industrias, ingenios azucareros, contaminación doméstica, ciudades, poblados, carreteras pavimentadas, terracerías, ferrocarril, brechas y áreas de conservación.	Aguilar-Manjarrez y Ross	1995
Estado de Tabasco, México	15	Fuerza de trabajo, tendencias de inversión, tradiciones pesqueras, cooperativas rurales, actividades de conflicto, sistema de carreteras y tipos de transporte, granjas y laboratorios, aglomeración, industrias relacionadas, comunicaciones, insumos disponibles, consumo per capita y densidad de población.	Gutiérrez-García	1995

Fuente: Aguilar-Manjarrez, 1996.

Continuación, Tabla 2.5 Estudios de planeación a nivel de localidad.

Area de estudio	Número de criterios	Criterios	Autor	Fecha
Bahía de Yaldad, Chile	7	Batimetría, salinidad de fondo, tipo de sedimento, contenido de materia orgánica, porcentaje de conchas en el sedimento, número de especies, densidad de macrofauna.	Krieger y Muslow	1990
Camas Bruaich, Escocia	5	Ubicación, salinidad, corrientes, altura de las olas y batimetría.	Mendoza, Q-M, Ross et al.	1991 y 1993
Camas Bruaich, Escocia	7	Ubicación, salinidad, corrientes, altura de las olas, batimetría, dispersión de larvas en las jaulas y dispersión de desechos sólidos alrededor de las jaulas.	Beveridge et al.	1994
Bahía de Chesapeake, Maryland, E.U.A.	19	Desove de ostras, mortalidad, estructura y tamaño de la población, intensidad y prevalencia de enfermedades, localización y extensión de las barras trazadas de ostras, características del fondo, límites geográficos y características, batimetría, salinidad, temperatura, siembra de conchas y embriones, movimientos de embriones, cosecha, límite de zonas arrendadas y límites de áreas especiales de conservación.	Smith et al.	1994

Fuente: Aguilar-Manjarrez, 1996.



### CAPITULO 3

## EVALUACIÓN DEL FACTOR COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA EL POTENCIAL ACUÍCOLA COSTERO EN LA ZONA DE MAR MUERTO (OAXACA Y CHIAPAS) CON EL USO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

### 3.1 INTRODUCCIÓN

#### 3.1.1 Antecedentes y justificación

La Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) ha promovido y regularizado la instalación de granjas acuícolas en áreas propicias a efecto de identificar sitios y artes de cultivo, tecnologías, especies, organizaciones, usos de suelo y agua, concesiones, impacto ambiental y niveles de producción. Todo esto dentro de un marco de impulso al ordenamiento de los recursos pesqueros y marinos que regule el aprovechamiento de los recursos acuáticos mediante su adecuado fomento y administración (SEMARNAP, 1996).

Para cumplimiento de esta política, la SEMARNAP por medio del Instituto Nacional de la Pesca se ha dado a la tarea de evaluar el potencial acuícola en las zonas costeras del país, a través de una planeación previa que permita el uso ordenado de los recursos y asegure la continuidad de su aprovechamiento. Esta planeación debe estar basada en un enfoque multidisciplinario y mediante el uso de nuevos conceptos y metodologías. Para ello se ha incorporado el uso de Sistemas de Información Geográfica como herramientas de análisis, que la misma SEMARNAP ha recomendado como un medio eficiente para la planeación de proyectos acuícolas en las lagunas costeras (SEMARNAP, 1996a; Alvarez-Torres, 1997).

Por otro lado generalmente en los proyectos acuícolas se desconoce el entorno social y económico alrededor de los mismos, los cuales están generalmente basados en criterios ambientales, técnicos y de infraestructura presente. Varios autores han destacado la importancia de los aspectos socioeconómicos en el desarrollo de la acuicultura costera (Pedini, 1981; Gutiérrez-García, 1995; Aguilar-Manjarrez, 1996) y algunos ya han aplicado los SIG para el análisis de estos factores. Al respecto Schmidt (1982) señala que para la viabilidad de un proyecto que propone el desarrollo de la acuicultura costera, debe emprenderse un estudio de la dinámica socioeconómica de la población rural. Sólo el conocimiento de la actual organización social, económica y cultural de la comunidad que se verá afectada proveerá un reflejo de sus posibles impactos.

Ante este panorama, se requiere identificar en el país aquellas zonas propicias para el desarrollo de la acuicultura sustentable con un enfoque regional que responda a las necesidades económicas y sociales en regiones prioritarias del país, tomando en cuenta los factores socioeconómicos para garantizar la continuidad de los proyectos.

Como ya se mencionó este estudio se deriva del proyecto de SEMARNAP (1997) sobre: ***"Evaluación Socioeconómica del Potencial Acuícola Costero en Oaxaca y Chiapas con el uso de Sistemas de Información Geográfica"*** realizado por personal de la Dirección General de Investigación en Acuicultura del Instituto Nacional de Pesca de enero a diciembre de 1997, y en el cual el autor de esta tesis participó. Los objetivos principales del mismo fueron evaluar el potencial acuícola desde el punto de vista socioeconómico, así como el de elaborar un modelo de análisis de variables sociales y

económicas para la acuicultura, en especial enfocada hacia el cultivo de camarón, así como crear una base de datos de los municipios que rodean a la laguna de Mar Muerto (entre Oaxaca y Chiapas) utilizando para ello un Sistema de Información Geográfica (IDRISI). El esquema de los factores utilizados y su organización para el análisis espacial se muestra en la Figura 3.1.

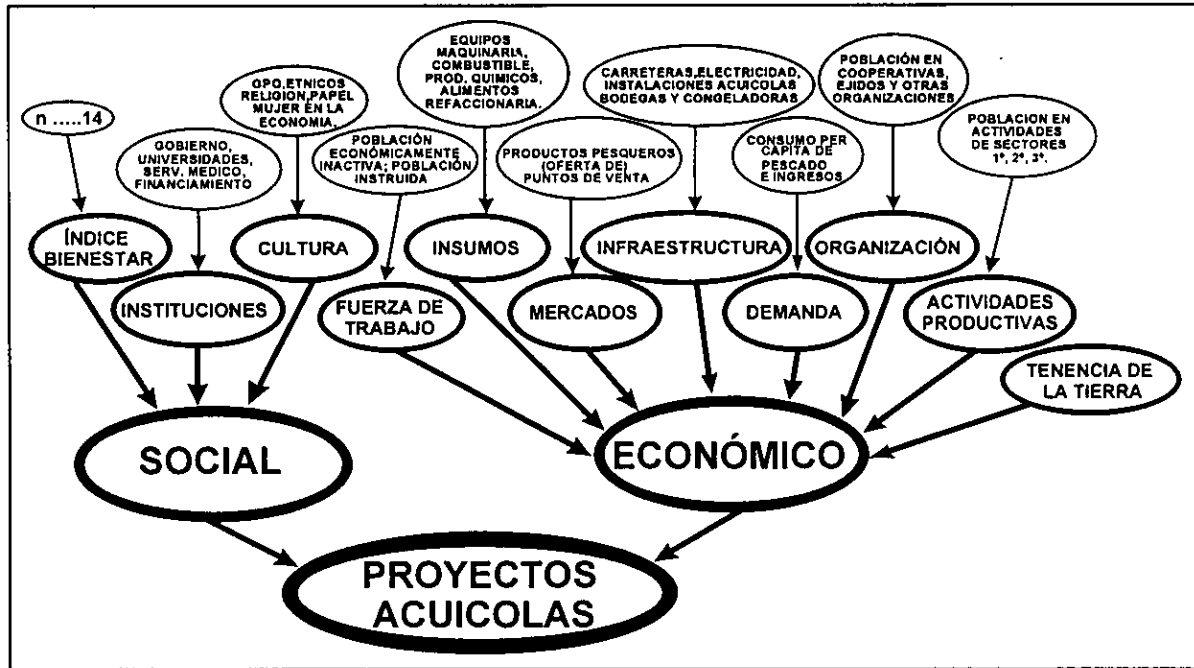


Figura 3.1 Esquema de los factores utilizados para la evaluación socioeconómica del potencial acuícola en la zona de Mar Muerto, SEMARNAP (1997).

Esta evaluación se estructuró en dos grandes grupos de factores o submodelos: el social y el económico, de acuerdo al tipo de información y su manejo conjunto. El grupo de factores sociales se enfoca específicamente a variable demográficas y sociológicas, aspectos que involucran directamente a las comunidades. El grupo de factores económicos integra las variables de producción, tanto los recursos necesarios como las formas de organización que influyen en el mismo (SEMARNAP, 1997).

Se analizaron como variables más importantes en lo social: la presencia de grupos étnicos, el papel de la mujer en la economía, el índice de bienestar y la presencia de instituciones. Y en lo económico la infraestructura, los mercados e insumos (granjas, encierros, red de frío, fuentes de combustible, refacciones y servicios), así como actividades y organizaciones productivas, uso de suelo y tenencia de la tierra. A estas variables o factores se les dio un tratamiento aritmético y su ponderación en un índice o valor. Este valor se atribuye al mapa base para evidenciar su efecto espacial y producir un mapa temático. La integración de la información se realizó en IDRISI y su representación espacial en mapas (SEMARNAP, 1997). En la Figura 3.2 se presenta el mapa final de la evaluación socioeconómica que integra todo el análisis de la información e identifica un total de 32,844 ha (11 % del total del área) como adecuadas para los proyectos acuícolas.

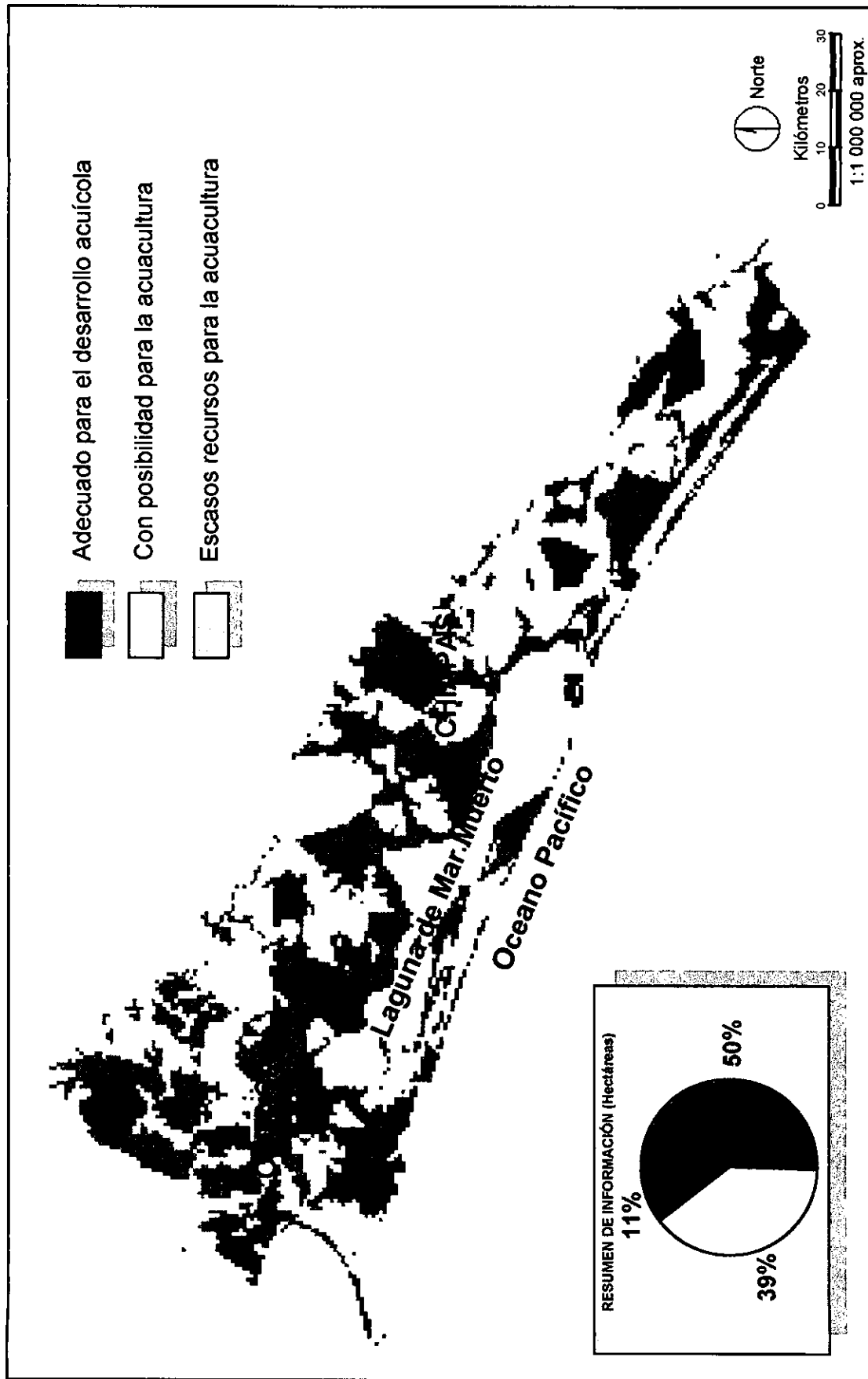


Figura 3.2 Mapa final de la evaluación socioeconómica del potencial para acuicultura en la zona de Mar Muerto, SEMARNAP (1997).

Sin embargo, relacionado con este trabajo, un factor importante para la acuicultura se refiere a los costos de producción y aunque este factor estuvo implícito en la evaluación socioeconómica, no fue del todo integrado y tratado en el análisis espacial del potencial acuícola de Mar Muerto.

La importancia de este factor en proyectos acuícolas con el uso de SIG's ha sido tratada por autores como Kapetsky *et al.*, (1987) y Kapetsky (1989), y se refiere a factores y variables espaciales y no espaciales que tienen una influencia en los gastos por adquisición, construcción, manejo y producción de una granja acuícola, y que tendrán una relación directa con la economía, la factibilidad y las facilidades para operar cualquier sistema de cultivo. Así existirán dentro del proceso de selección de un lugar una serie de factores que afectarán (elevando o disminuyendo) los costos de producción, por lo que una evaluación de ellos es importante para determinar la viabilidad de un proyecto.

Las granjas son empresas que necesitan de una inversión fuerte, ya que por sus características tan peculiares requieren de una infraestructura especial y costosa para empezar las actividades de la misma, y por algún largo tiempo no generarán ningún tipo de ingreso hasta la comercialización de la primera cosecha (Rodríguez, 1995).

A pesar de esto y según el estudio de Jiménez-Durán (1988), el cultivo del camarón presenta una mejor opción de rentabilidad económica que la captura en altamar, además de que esta última es más sensible al incremento en los costos de producción. Este resultado se obtuvo a través de la metodología de costo/beneficio que representa el beneficio o pérdida que genera el proyecto por unidad de capital empleado.

Los costos de producción son un factor importante en la selección de cualquier lugar para la acuicultura, y muchas veces serán decisivos para el buen funcionamiento y producción de las granjas acuícolas.

Muir y Kapetsky (1988) dividen a los costos de producción en capital de inversión y costos de operación. Los primeros se refieren a los gastos iniciales de adquisición del sitio, limpieza y preparación del terreno, construcción, adquisición de vehículos y lanchas, apertura de canales, equipo, servicios, etc. Los costos de operación son los gastos realizados durante el proceso de producción como la adquisición de larvas, alimentos, uso de cal, fertilizantes, gasolina, mantenimiento, contratación de un seguro, etc.

Los costos de situar una granja lejos de bienes y servicios son fácilmente identificables, pero difíciles de cuantificar. Entre ellos están los incrementos en los costos de mano de obra por el tiempo gastado en trasladarse; incremento en los gastos de combustible y el desgaste de los vehículos; incremento en los costos de entregas de insumos como alimentos para camarón, post-larvas, etc.; así como elevados gastos de operación por el uso de generadores para el abastecimiento de energía comparados con el uso de la electricidad de una fuente o línea central de energía (Kapetsky, 1989).

Por ejemplo en lo que se refiere a las distancias a los caminos y al acceso a fuentes de agua, Muir y Kapetsky (1988) encontraron que al extender el acceso a los caminos de 200 m a 2 km, y el acceso al agua de 100 m a 500 m resulta en un 7% de incremento en los costos de inversión y 3% de incremento en los costos de operación. En un caso extremo, si el acceso a los caminos se extiende a 10 y 20 km y un incremento en los costos de combustible y alojamiento de los trabajadores, los costos de inversión se vuelven 31 y 81% más elevados y los costos de operación 20 y 34% mayores

respectivamente. Si se extendiera la distancia a una fuente de agua a 1 km los incrementos de la inversión y los costos de operación serían de 9 y 4% respectivamente. Este incremento o disminución de los costos está directa o indirectamente influenciado (o incluso determinado) por los factores de selección del lugar, tales como la elevación o nivel del terreno, acceso a caminos y fuentes de agua, suelos con pobre textura, etc.

Para tal efecto, se decidió hacer uso de una serie de variables del estudio de SEMARNAP (1997) en Mar Muerto y otras que no fueron aplicadas en el mismo, así como la base cartográfica en formato digital del mapa inicial y algunos mapas finales, con el fin de poder integrarlos y realizar un análisis espacial y una evaluación cualitativa del factor costos de producción dentro de un SIG y en la misma zona de Mar Muerto. Esto también surge por la posibilidad de en un futuro poder integrar los resultados del análisis de este estudio en la evaluación socioeconómica total.

Cabe resaltar que tanto el presente trabajo, como el de SEMARNAP (1997), son estudios de investigación sobre el manejo y representación espacial de variables socioeconómicas que afectan el desarrollo de la acuicultura, y que tradicionalmente son interpretadas en documentos y textos. Se trata de una propuesta de integración y manejo a través de un SIG como herramienta de análisis e interpretación.

Esta evaluación permitirá localizar las áreas donde relativamente los costos son menores y en consecuencia las oportunidades para proyectos acuícolas serán mayores, si tomamos en cuenta los costos de producción. Cabe señalar que en este trabajo se aplicó una Evaluación con Multicriterios dentro de IDRISI (ver Apartado 2.2) para asignar un peso relativo a cada factor utilizado y apoyar la decisión sobre la selección del lugar, planteamiento que no fue aplicado en el trabajo de SEMARNAP (1997).

### **3.1.2 Objetivo**

Evaluar mediante la aplicación de un SIG las oportunidades para el emplazamiento y desarrollo de la acuicultura costera, en función de los costos de producción, en áreas o localidades con el mayor potencial o aptitud alrededor de la laguna de Mar Muerto, así como la extensión de superficie terrestre disponible para dicha actividad.

### 3.1.3 Area en estudio

La laguna de Mar Muerto se localiza a los 15° 58' y 16° 17' de latitud norte y los 93° 50' y 94° 25' de longitud oeste; forma parte de Oaxaca y Chiapas. Ocupa una superficie de 68,000 ha incluyendo 47,000 de Oaxaca y 21,000 de Chiapas. Es un sistema altamente productivo debido a la boca-barra de Tonalá, además de que recibe aportes de algunos ríos. Esto permite la entrada de postlarvas y recambios de agua en forma constante y permanente (SEPESCA, 1990a y Contreras, 1993).

La zona de estudio se circunscribe a la zona de Mar Muerto, en los municipios costeros de los estados de Oaxaca y Chiapas y la llanura costera circundante a la laguna. Esta zona presenta una complicada administración de los recursos pesqueros y económicos al involucrar dos entidades federativas, disparidades intrarregionales, bajos niveles de bienestar de la población local, presencia de grupos indígenas con condiciones de extrema precariedad (SEMARNAP, 1997). Asimismo existe una problemática en el rubro de inspección y vigilancia, principalmente por la incursión de pescadores chiapanecos en la parte de Mar Muerto correspondiente al estado de Oaxaca y al utilizar métodos y artes de pesca prohibidos (SEMARNAP-INP, 1996).

En Mar Muerto existen en la actualidad 2,482 pescadores agrupados en 14 cooperativas de producción pesquera dedicándose a la captura del camarón, de las cuales 8 cooperativas con 1,083 pescadores operan en el área oaxaqueña y en el lado chiapaneco existen 6 cooperativas con 1,399 socios. De 1977 a 1995 se capturaron 28,838.7 ton de camarón con una media anual de 1,517.8 ton. De este total, el 38.4% corresponde a las capturas oaxaqueñas y el restante 61.6% a las chiapanecas. Actualmente se ha sugerido detener la autorización de captura del camarón por parte de las cooperativas recientemente formadas hasta que no se realicen estudios más exhaustivos de los registros diarios de captura y esfuerzos por cooperativa con el fin de determinar con mayor precisión el grado de explotación en que se encuentra el recurso (Rámos-Cruz, 1996).

La Secretaría de Pesca realizó los estudios para el "*Ordenamiento Costero-Pesquero de Oaxaca y Chiapas*" que incluye esta zona de estudio (SEPESCA, 1990a). Se han efectuado otros estudios por el Instituto Nacional de la Pesca a través de su Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP-Salina Cruz) y por la Universidad del Mar en aspectos relacionados con las condiciones de la calidad del agua y del recurso camarón. Finalmente se realizó el "*Programa de Ordenamiento de la Actividad Pesquera y Acuícola en el Estado de Oaxaca, Zona Mar Muerto*", con la identificación de 9 sitios potenciales para la camaronicultura (SEMARNAP-INP, 1996), sin embargo este estudio sólo incluyó a los municipios y el área de Oaxaca.

La vocación pesquera y acuícola de la zona hace que la SEMARNAP promueva que se realicen acciones tendientes a impulsar un crecimiento ordenado y sustentable de la misma, aprovechando y asegurando la preservación de las especies, principalmente del camarón.

### **3.2 METODOLOGIA**

Para el análisis y representación cartográfica del área de estudio. Esta se delimitó sobreponiendo el mapa municipal de la Figura 3.3, que considera 8 municipios que rodean a la laguna de Mar Muerto y el mapa de la llanura costera (Figura 3.4) de la laguna hasta la curva de nivel de 100 m, y donde también se representaron las localidades de la zona. Por lo que la zona de estudio quedó delimitada al norte por la línea de cota de 100 m, al sur por la línea costera, al este por el municipio de Tonalá (Chiapas), y al oeste por el municipio de San Francisco del Mar (Oaxaca).

Se consideró a la cota de 100 m como límite tierra adentro del área de estudio por representar topográfica y altitudinalmente el área de la llanura costera y ser la zona más viable para implementar sistemas de cultivo de camarón, sobre todo por su proximidad a las fuentes de agua salada y salobre y considerar a la altitud y las pendientes del terreno como limitantes o incluso restrictivas para la acuicultura, además que tendrían una influencia en los costos de producción (p.e. transporte, bombeo, acceso, etc.).

Para representar en mapas las variables y aplicar el análisis dentro del SIG, se utilizó el mapa base de la llanura costera de Mar Muerto (Figuras 3.4 y 3.6), es decir el área que circunda a la laguna hasta la cota de 100 m y la representación espacial de las localidades en la zona de estudio, como mapa base para el vaciado de la información. La base cartográfica de este mapa está hecha en formato raster compuesto por 1,400 renglones x 1,700 columnas con una resolución de pixel de 100 m x 100 m. El área del mapa de la llanura costera comprendió 312,000 ha.

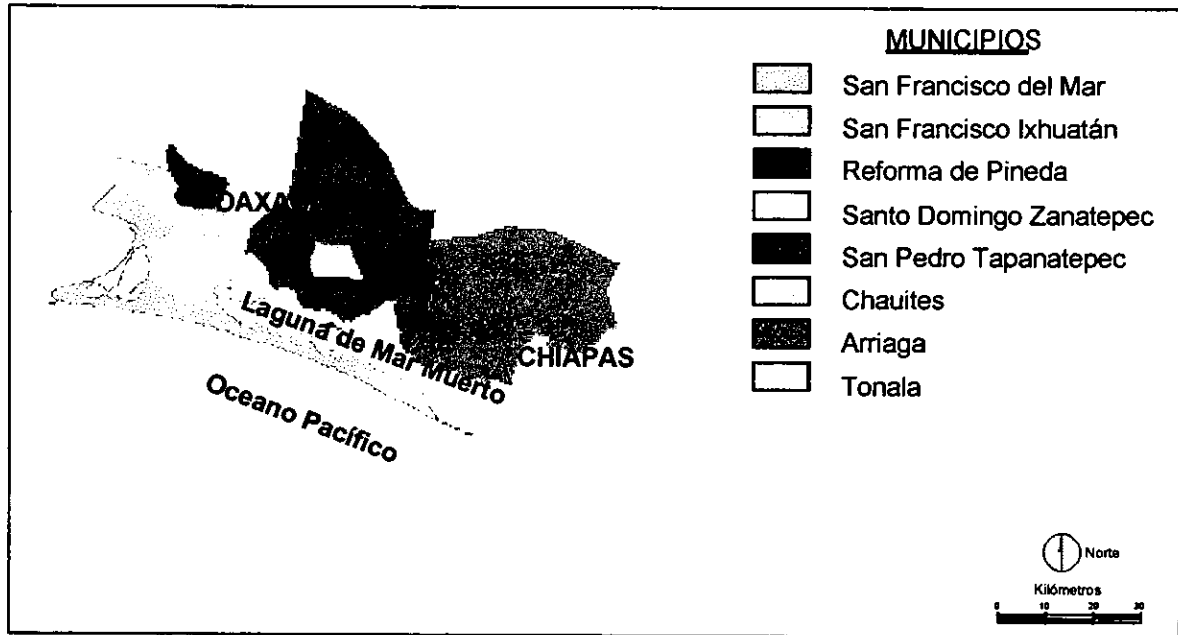


Figura 3.3 Area de estudio municipal en la zona de Mar Muerto SEMARNAP (1997).

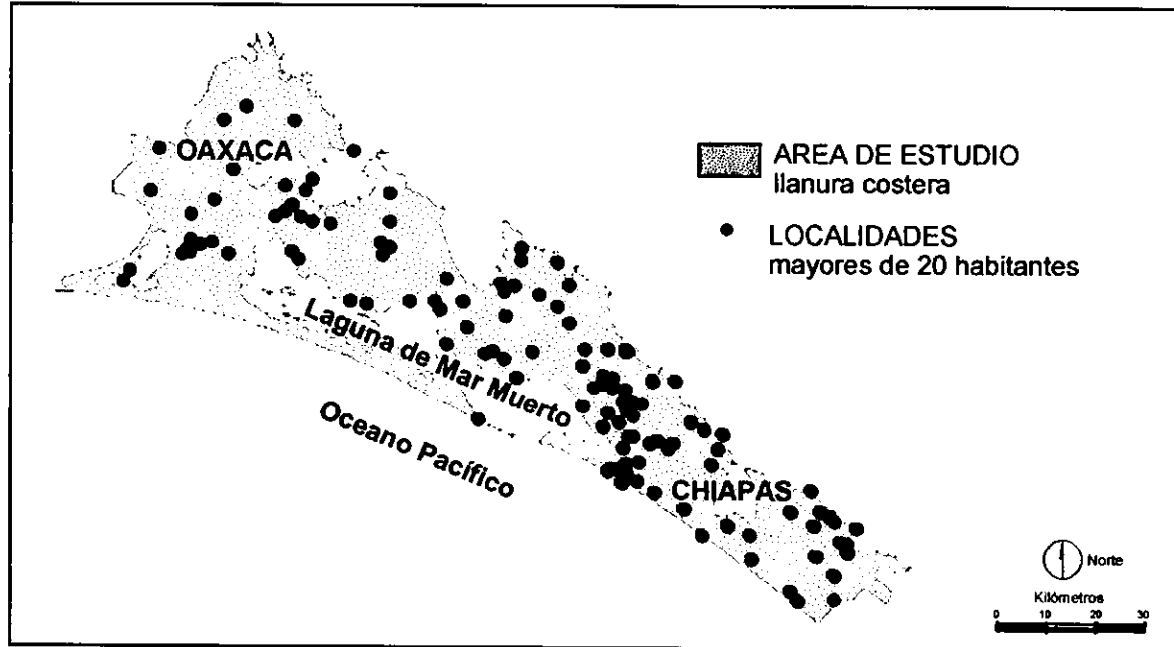
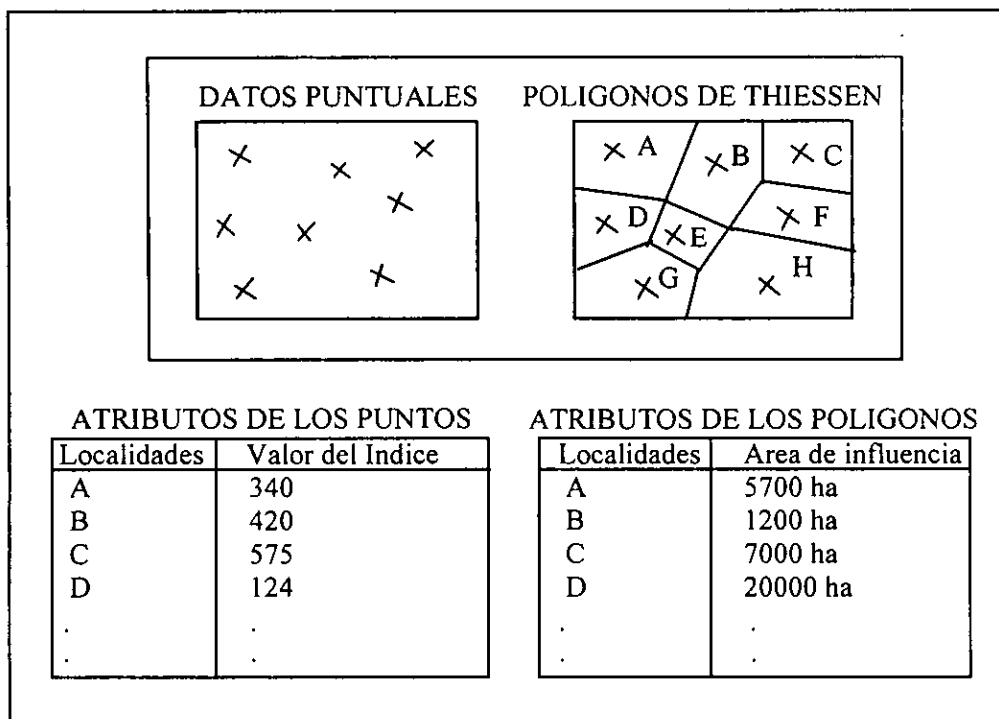


Figura 3.4 Area de estudio de la llanura costera y localidades de más de 20 habitantes en la zona de Mar Muerto (SEMARNAP, 1997).



Para poder dar un ámbito territorial a la información de cada localidad, y basado en el trabajo de Lara y Arévalo (1997), se trabajó con la técnica de Polígonos de Thiessen. Estos polígonos son trazados considerando equidistancias entre las diferentes localidades, el proceso se hace de manera automática cuando se usa un SIG como lo es IDRISI. Los Polígonos de Thiessen pueden definir áreas de influencia alrededor de cada una de las localidades. La Figura 3.5 representa este procedimiento.



**Figura 3.5 Procedimiento de definición de áreas por los Polígonos de Thiessen (Lara y Arévalo, 1997; SEMARNAP, 1997).**

Con este procedimiento fue posible darle una representación espacial a las localidades de la Figura 3.4, que para este caso se tomaron aquellas mayores de 20 habitantes ya que de acuerdo al trabajo previo de SEMARNAP (1997) es posible que 8 o 10 personas adultas que habiten estas localidades pequeñas, pueden ser sujetos para implementar un proyecto de acuicultura de carácter rural. Así la Figura 3.6 representa el mapa de las localidades mayores de 20 habitantes y su representación espacial a través de la técnica de los Polígonos de Thiessen, dando un total de 122 localidades en el área de estudio.

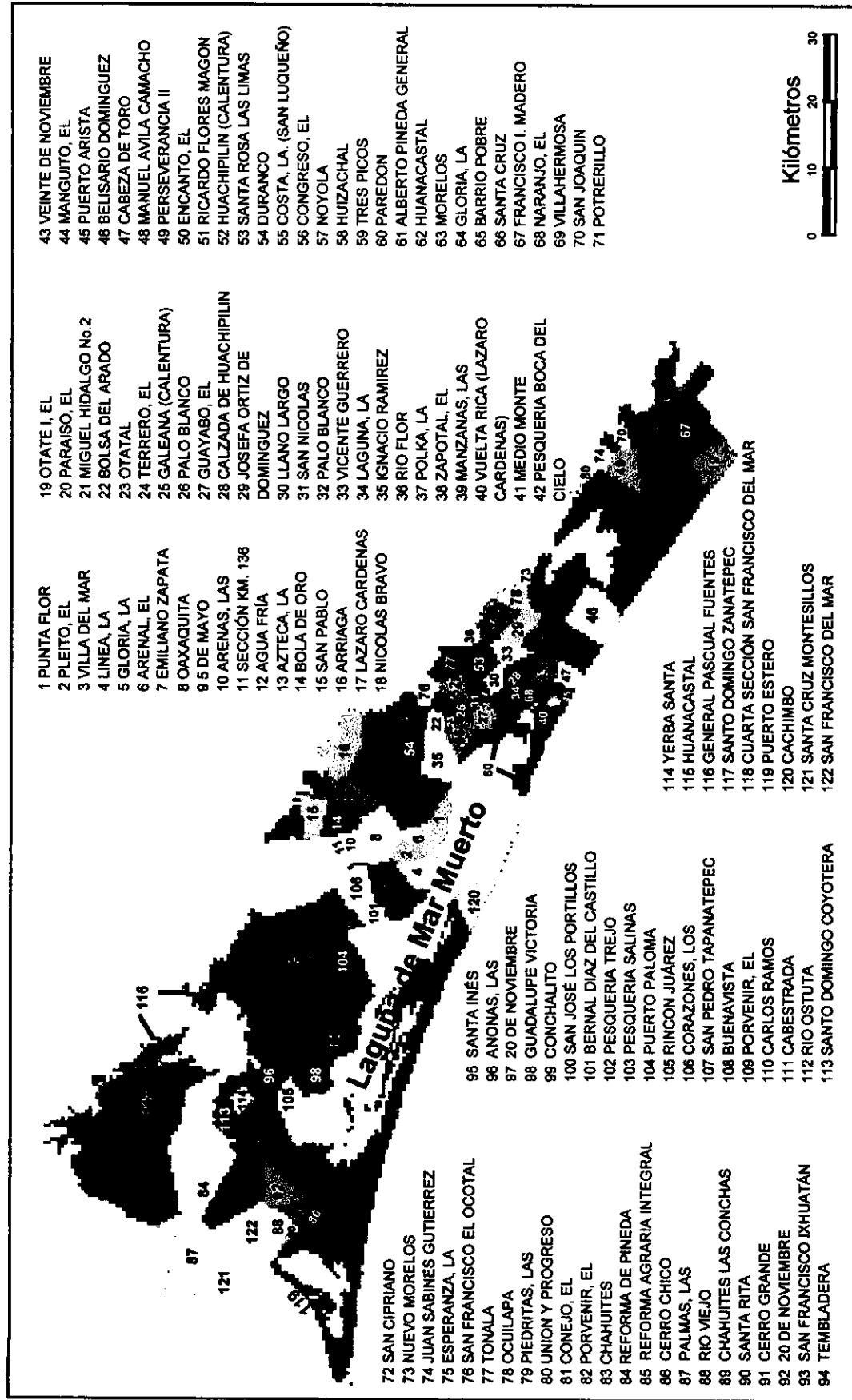
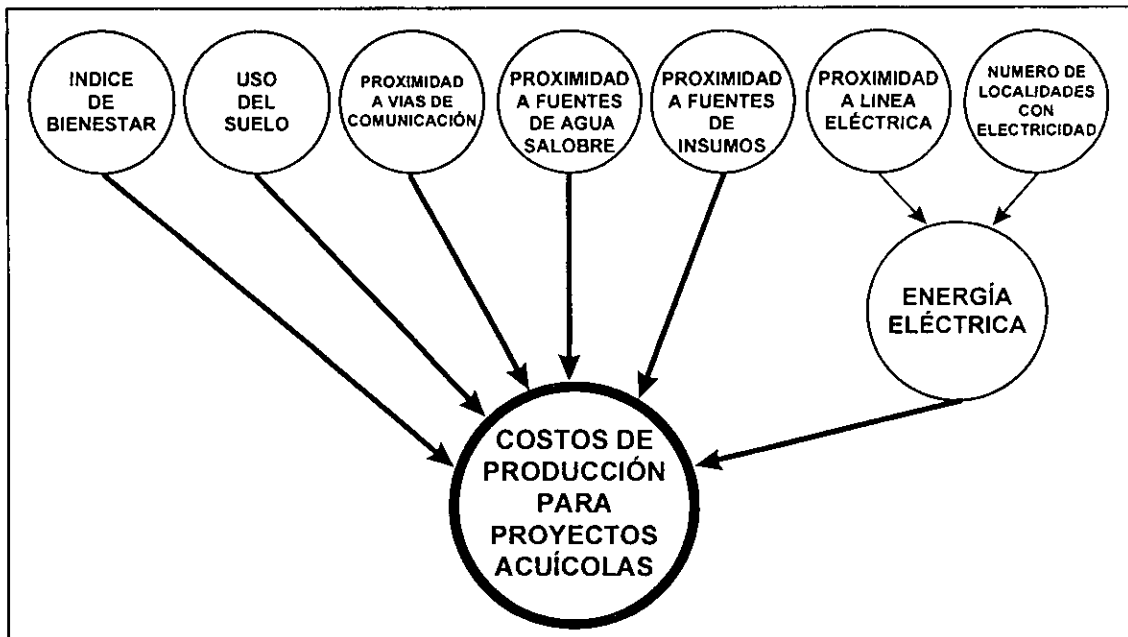


Figura 3.6 Representación espacial de las localidades mediante Polígonos de Thiessen en la zona de Mar Muerto (SEMARNAP, 1997).

Para la selección, clasificación e integración de los factores que inciden en los costos de producción se partió, como ya se mencionó, del trabajo de SEMARNAP (1997). De aquí se tomaron algunos de los factores utilizados y su representación cartográfica, así como parte de la base de datos creada. Esto permitió identificar e integrar las variables o factores que servirían para la presente evaluación (Figura 3.7).



**Figura 3.7 Esquema de factores utilizados para la evaluación de los costos de producción para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.**

Una vez identificados, reunidos y organizados los factores se procedió al procesamiento y análisis de la información (operadores de distancia, reclasificación, sobreposición etc.), para poder ponderar los factores y producir mapas con la representación espacial del criterio o de los criterios aplicados. Cuando se obtuvieron los mapas temáticos para cada factor se procedió a la Evaluación con Multicriterios para asignarle peso a los distintos factores y obtener un mapa final de sobreposición de todas las capas de información.

El resultado de este análisis de mapas temáticos es la identificación de sitios que conjunen las mejores condiciones para el desarrollo o implementación de sistemas de cultivo de acuerdo a los mejores sitios en cuanto a costos de producción. Estos sitios detectados serán la base sobre la que se pueden fundamentar las propuestas para proyectos acuícolas.

A continuación en la Tabla 3.1 se presenta la lista de factores utilizados, su descripción y su fuente de consulta, así como la cartografía básica y temática utilizada (Tabla 3.2).

**Tabla 3.1 Información utilizada en la zona de Mar Muerto.**

VARIABLE/FACTOR	DESCRIPCIÓN	FUENTE CONSULTADA
Índice de bienestar	Catorce variables socioeconómicas.	CONAPO, 1990; INEGI, Censo 1990 (Tomado de SEMARNAP, 1997).
Proximidad a las vías de comunicación	Red de carreteras pavimentadas, revestidas, terracerías y brechas; así como vía de ferrocarril.	Carta Topográfica INEGI, 1985.
Electricidad	No. de localidades con electricidad; y localización de la línea de energía eléctrica.	INEGI, Censo 1990; Carta Topográfica INEGI, 1985.
Proximidad a fuentes de agua salobre	Área de la laguna de Mar Muerto y áreas de manglar en la zona.	Carta Topográfica INEGI, 1985.
Uso del suelo y vegetación	Los distintos usos del suelo y vegetación en la zona de estudio.	Carta Uso del Suelo y Vegetación INEGI, 1985.
Proximidad a fuentes de insumos	Localidades que ofrecen establecimientos de equipos e insumos para la acuicultura.	SEMARNAP, 1997.

Fuente: modificado en base a SEMARNAP, 1997.

**Tabla 3.2 Cartografía básica y temática utilizada en la zona de Mar Muerto.**

TEMÁTICA	DESCRIPCIÓN	FUENTE DE INFORMACIÓN
División municipal	Límites municipales alrededor de la laguna de Mar Muerto. Mapa a nivel municipal (Figura 3.3).	Mapa Turístico de Comunicaciones y Transportes de los Estados de Oaxaca y Chiapas. Escalas 1:500,000 y 1:450,000 respectivamente. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1993.
Llanura costera	Área circundante a la laguna de Mar Muerto hasta la cota de 100 m. Mapa a nivel localidad (Figura 3.4).	Cartas topográficas Juchitán E15-10, D15-1; Tuxtla Gutiérrez E15-11 y Huixtla D15-2. INEGI. Escala 1:250,000.
Localidades	Georeferenciación y localización de 122 localidades mayores de 20 habitantes ubicadas en la llanura costera. Mapa a nivel localidad.	Disco compacto CONTEO'95. INEGI.
Vías de comunicación en la zona de Mar Muerto	Sistema de carreteras, caminos rurales y brechas y sistema ferroviario en la zona de Mar Muerto. Mapa municipal.	Cartas topográficas Juchitán E15-10, D15-1; Tuxtla Gutiérrez E15-11 y Huixtla D15-2. INEGI. Escala 1:250,000.
Uso del suelo y vegetación	Clasificación del uso de suelo y vegetación según INEGI, 1985. Mapa municipal.	Cartas temáticas Juchitán E15-10, D15-1; Tuxtla Gutiérrez E15-11 y Huixtla D15-2. INEGI. Escala 1:250,000.

Fuente: SEMARNAP, 1997.

### **3.4 RESULTADOS**

#### **3.4.1 Índice o nivel de bienestar**

Conocer el índice de bienestar de la población por localidad, nos aproxima a conocer las condiciones de vida que guardan. Asimismo posibilita la inferencia de lineamientos para orientar el gasto público y definir el contenido de políticas y programas de desarrollo social hacia la región. La adquisición de este índice se puede asociar con la calidad de vida de la población y así tener un elemento evaluativo de la misma para poder proyectar los planes de desarrollo de la acuicultura en la región (SEPESCA, 1990a).

El índice de bienestar se calcula con base en el índice de marginación propuesto por CONAPO (1990) y modificado por Lara y Arévalo, (1997). Su conceptualización se describe a continuación:

Un índice conjuga los datos de varios indicadores y además establece un criterio que puede calificar a un fenómeno como significativo o poco importante. El índice sobre bienestar y marginación social que aquí se obtuvo propone evaluar el grado en que la población dispone de servicios básicos, la proporción de ella que dispone de un trabajo, así como la composición de la población económicamente activa dedicada a actividades del sector primario, entre otros.

El índice de bienestar usado en el presente trabajo se deriva del índice desarrollado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO 1990), el cual aplicó un índice de marginación a cada uno de los municipios del país y catalogó a cada uno de ellos de acuerdo a su grado de marginalidad. En dicho trabajo la marginalidad se define como la proporción de la población que no ha sido incorporada a los mecanismos de distribución económica de la riqueza generada en el país, y por lo mismo carece de los medios para un desarrollo de su potencial productivo y cultural, de acuerdo con el grado de desarrollo de nuestro país en esta época.

Los indicadores socioeconómicos tomados por el estudio de CONAPO (1990) se definieron para ser aplicados a nivel municipal, y el resultado de este trabajo fueron mapas a nivel municipal donde aparecen los municipios y el grado de marginación calificado en cinco categorías: Muy Baja, Baja, Media, Alta y Muy Alta. Los indicadores considerados en dicho trabajo y su integración se describen en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Operacionalización del concepto de marginación social CONAPO, (1990).

CONCEPTO	DIMENSIONES SOCIOECONÓMICAS	FORMAS	INDICADORES PARA MEDIR LA INTENSIDAD	INDICE DE MARGINACIÓN	
Fenómeno estructural múltiple que valora dimensiones, de exclusión en el proceso de desarrollo y disfrute de sus beneficios.	Vivienda.	Vivienda sin agua entubada.	Porcentajes de ocupantes de viviendas sin agua entubada.	Intensidad global de marginación socioeconómica.	
		Vivienda sin drenaje ni excusado.	Porcentaje de ocupantes en viviendas sin drenaje ni excusado.		
		Vivienda con piso de tierra. Viviendas sin energía eléctrica.	Porcentaje de ocupantes en viviendas con piso de tierra.		
		Viviendas de tamaño inadecuado a las necesidades del hogar.	Porcentaje de ocupantes en viviendas sin energía eléctrica.		
	Ingresos monetarios.	Población ocupada que percibe hasta dos salarios mínimos.	Porcentaje de viviendas con algún nivel de hacinamiento.		Porcentaje de población ocupada con ingresos hasta dos salarios mínimos.
			Porcentaje de población analfabeta.		Porcentaje de población ocupada que percibe hasta dos salarios mínimos.
	Educación.	Analfabetismo.	Porcentaje de población analfabeta.		Porcentaje de población de 15 años y más sin primaria terminada.
		Población sin primaria completa.	Porcentaje de población de 15 años y más sin primaria terminada.		Porcentaje de población en localidades con menos de 5,000 habitantes.
	Distribución de la población.	Localidades con menos de 5,000 habitantes.	Porcentaje de población en localidades con menos de 5,000 habitantes.		

Fuente: SEMARNAP, 1997.

El trabajo anterior sirvió de base para hacer una propuesta para estimar el bienestar y la marginación social a nivel de localidades y con un procedimiento más accesible a la mayor cantidad de personas interesadas en ello. Para lograr lo anterior, en principio, se hicieron dos modificaciones al método de CONAPO, la primera modificación fue ajustar el procedimiento para trabajar a nivel localidad, la segunda fue el cambio de algunos indicadores que a este nivel podrían dar una mejor idea del bienestar y la marginación que se presenta en ellas. Los indicadores elegidos para este nivel en cada localidad son:

- . Porcentaje de población analfabeta
- . Porcentaje de población que habla alguna lengua indígena
- . Porcentaje de población con quince años o más con primaria incompleta
- . Porcentaje de población económicamente inactiva
- . Porcentaje de población económicamente activa dedicada al sector primario
- . Porcentaje de viviendas con techo de cartón
- . Porcentaje de viviendas sin agua
- . Porcentaje de viviendas sin drenaje
- . Porcentaje de viviendas sin energía eléctrica
- . Porcentaje de viviendas con uno o dos cuartos, incluida la cocina

Para obtener la información anterior se consultó el Censo de Población y Vivienda a nivel de localidad para 1990 de INEGI. Las localidades fueron aquellas mayores de 20 habitantes (el criterio para esta selección se explicó en el Apartado 3.2).

Para poder dar un ámbito territorial a la información de cada localidad, y en especial al índice aplicado a cada una de ellas la información derivada del índice de bienestar fue incorporada al mapa a nivel de localidad de la Figura 3.6, basada en la técnica de Polígonos de Thiessen.

La obtención del índice para cada localidad se realizó a través del análisis de la proporción que representó en la población cada indicador, para ello se calculó el porcentaje de cada uno de los indicadores considerados, así por ejemplo, se calculó el porcentaje de la población con respecto a la población total de la localidad, el porcentaje de las viviendas sin servicios con respecto al total de viviendas que existen en la localidad, así sucesivamente para cada indicador (ver ANEXO 1).

Los valores porcentuales de cada indicador por localidad se suman y el resultado es el valor del índice de bienestar y marginación para cada localidad considerada. El resultado es un mapa con las localidades ponderadas por el grado de bienestar clasificado en cinco categorías (Tabla 3.4). Un mapa de este tipo puede ser útil para integrar información y tomar la decisión por parte de quienes hagan la promoción de la acuacultura y decidir en donde fomentar su desarrollo.

**Tabla 3.4 Categorías del grado de bienestar y marginación en la zona de Mar Muerto**

VALOR DEL INDICE	CATEGORIA
< 150	Alto
150 - 250	Adecuado
250 - 350	Medio
450 - 550	Pobreza
> 550	Marginalidad

Como se ha explicado, este índice se fundamentó en localizar aquellas áreas (o localidades) donde existe mayor rezago socioeconómico, y así saber dónde impulsar, por parte del sector público (SEMARNAP), proyectos de desarrollo alternativos como la acuicultura, buscando contribuir con mayor eficacia a disminuir los rezagos acumulados en los segmentos más desfavorecidos de la sociedad.

Sin embargo en el análisis de los costos de producción, se observó que fue posible utilizar el índice de bienestar obtenido por SEMARNAP (1997), para detectar aquellas áreas donde los costos de producción serían mayores para iniciar proyectos acuícolas, es decir aquellas áreas donde los indicadores de bienestar muestran mayores rezagos. Y es que la escasez o ausencia de servicios básicos como son agua potable, luz eléctrica, sanidad, son factores que han afectado la promoción de inversiones en la pesca y en la acuicultura, por lo que se hace necesario la introducción de servicios en las comunidades ya que estos se concatenan y marcan hasta donde puede desarrollarse una localidad.

De la misma manera indicadores de la población como analfabetismo, población indígena y con primaria incompleta, también son indicadores que pueden afectar la fuerza de trabajo potencial para la acuicultura y que muy seguramente influirá en los costos para capacitar e integrar esta población a labores acuícolas.

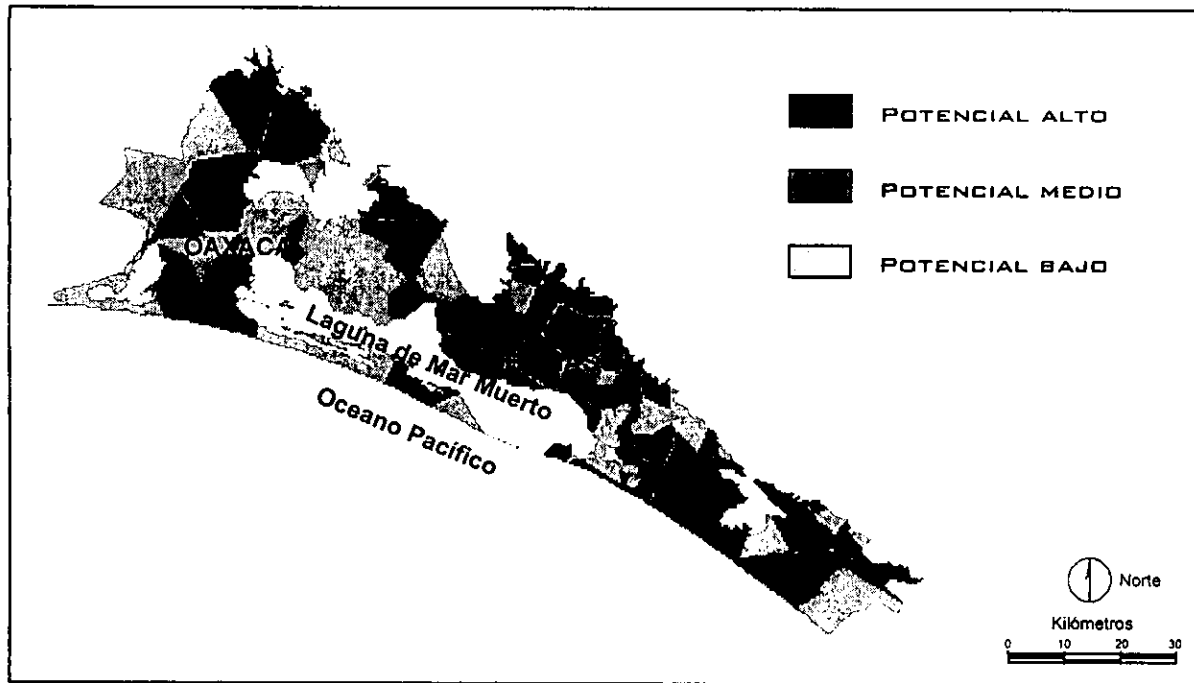
Utilizando la información de la Tabla 3.4, el valor más alto, de acuerdo a los costos de producción, fue asignado para aquellas localidades con un índice de bienestar más elevado, es decir las localidades con un índice alto y adecuado. El valor siguiente fue para las localidades con un índice medio, y el valor más bajo para las que presentan un índice de pobreza y marginalidad (ver Tabla 3.5).

**Tabla 3.5 Criterios de ponderación del índice o nivel de bienestar para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.**

INTERPRETACIÓN	VALOR
Localidades con un índice de bienestar alto y adecuado; menores costos de producción para iniciar proyectos acuícolas.	3
Localidades con un índice de bienestar medio; costos de producción relativamente altos.	2
Localidades con un índice de bienestar de pobreza y marginalidad; costos de producción altos.	1

La Figura 3.8 muestra aquellas localidades (áreas) donde se pueden presentar los costos de producción más bajos y más viables para impulsar proyectos acuícolas, así como aquellas donde los costos serían mayores.





**Figura 3.8 Factor nivel de bienestar y costos de producción para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.**

En términos generales, como lo señala SEPESCA (1997), el nivel de bienestar en la zona de estudio es bajo. Menos de un 2% de las localidades cuentan con un bienestar alto y estas correspondieron a las dos cabeceras municipales de Chiapas: Arriaga y Tonalá. Un 19% de las localidades presentan bienestar adecuado. Ambos grupos de localidades (21% del total de 122) presentan un aceptable grado de desarrollo económico y social por lo que fueron consideradas con un alto potencial para la acuicultura y donde los costos de producción serían menores para iniciar proyectos acuícolas. Cabe mencionar que todas las cabeceras municipales fueron clasificadas con un alto potencial.

Por otra parte un 45% de las localidades presentan un índice de bienestar medio en ellas los costos de producción serán relativamente más altos y un potencial acuícola medio. Finalmente un 35% restante presenta un bienestar bajo con condiciones de pobreza y marginalidad identificadas principalmente en el área de Oaxaca, en localidades adyacentes a la laguna de Mar Muerto y hacia el límite oeste del área de estudio, rumbo al las lagunas Superior e Inferior. Estas localidades, que fueron ponderadas con un potencial bajo, carecen de los medios adecuados para el desarrollo del potencial productivo por la baja incorporación de los mecanismos de distribución de la riqueza, por lo que los costos de producción para proyectos acuícolas serán los más altos.

### 3.4.2 Uso del suelo y vegetación

Este factor se interpreta por el hecho que existen áreas con usos del suelo y vegetación que son más favorables para proyectos acuícolas por disminuir los costos de adquisición y preparación de los terrenos. Para este factor se tomaron las ideas de Kapetsky *et al.* (1987) para uso del suelo y vegetación, basadas en términos de los costos de adquisición del terreno y como indicador en los costos de desarrollo de un proyecto acuícola.

En los términos de los costos de adquisición se considera, por ejemplo, que un terreno dedicado a la agricultura los costos de adquisición (o compra) serán más elevados que un terreno utilizado para pastizales. Por otro lado en lo que se refiere a los costos para el desarrollo del lugar se considera que estos serán relativamente menores en un terreno agrícola ya que no existirán árboles que derribar para despejar y limpiar el terreno. Asimismo los costos serán un poco mayores cuando se trate de un terreno utilizado para pastos ya que la cobertura vegetativa será menor y sólo existirán algunos árboles y arbustos esparcidos que será necesario despejar. Finalmente si se trata de un terreno ocupado por un bosque o selva, en ellos se presentarán los costos más elevados por la necesidad de despejar y remover una gran cantidad de troncos, ramas y raíces (Kapetsky *et al.*, 1987).

Tomando como base estos criterios se utilizaron las clases originales (22) del mapa de Uso del suelo y vegetación de INEGI, 1985 (ver Tablas 3.1 y 3.2) en la zona de estudio. Estas fueron organizadas en 5 clases: Forestal, Agrícola, Ganadero, Manglar y Otros Usos (Tabla 3.6), a las cuales se les dio también una ponderación (Tabla 3.7).

**Tabla 3.6 Reclasificación de los usos del suelo y vegetación para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.**

USOS	TIPOS DE VEGETACIÓN	CLASIFICACIÓN
Otros Usos	Áreas sin aparente vegetación Vegetación de dunas costeras	3
Ganadero	Pastizal halófilo Pastizal inducido Pastizal cultivado Sabana	2
Agrícola	Agricultura de temporal (cultivos permanentes y anuales)	2
Forestal	Selva baja caducifolia Selva baja espinosa Selva mediana superennifolia Selva alta perennifolia Bosque de encino Bosque de pino Bosque mesófilo de montaña	1
Manglar	-	1

Al Manglar se le dio una clasificación de 1 debido a la potencialidad de acidez que presentan los suelos en las zonas de manglar, una vez que este es talado para la construcción de estanques de camarón. Esta acidez puede afectar notablemente el crecimiento y sobrevivencia del camarón. De acuerdo con Muir y Kapetsky (1988), el mayor problema de situar una granja en suelos ácidos es la reducción de las cosechas. Si

se asume que la producción se reduce en 17%, y si se hace uso de cal y de bombeo adicional para superar la acidez, entonces se predice un incremento de 17% en los costos de inversión y de un 9% en los costos de operación. Otra afectación provocada por la destrucción del manglar es la disminución de la disponibilidad de postlarvas de camarón del medio silvestre que son de vital importancia para el abastecimiento de organismos a las granjas.

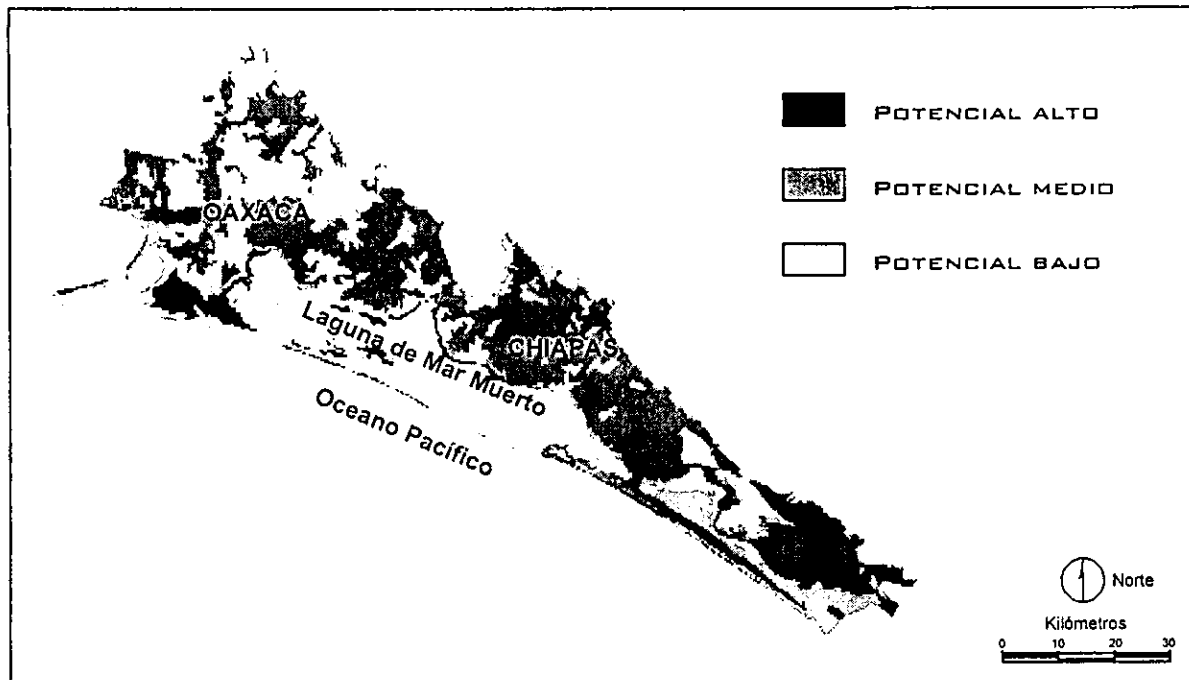
La ponderación o valor de la Tabla 3.7 está basado en los criterios de dónde serán los costos más elevados por la necesidad de adquirir, limpiar y preparar los terrenos para propósitos acuícolas.

**Tabla 3.7 Criterios de ponderación del uso de suelo y vegetación para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.**

INTERPRETACIÓN	VALOR
Áreas que no presentan desarrollo considerable de vegetación y los costos de adquisición y preparación del terreno serán bajos.	3
Áreas ocupadas por usos ganaderos y agrícolas; sus costos de adquisición serán relativamente altos, pero sus costos de preparación serán bajos.	2
Áreas que presentan desarrollo de vegetación de bosque, selva y manglar; sus costos de adquisición serán bajos pero sus costos de preparación y limpieza serán elevados.	1

El mapa de este factor (Figura 3.9) muestra las áreas que representan menores costos para la adquisición y desarrollo de los terrenos.

Es preciso señalar que los criterios arriba mencionados se basan básicamente en puntos de vista economicistas de costo/beneficio, por lo que las consideraciones ambientales y sustentables no son tomadas en cuenta. Sin embargo también se debe mencionar que estos criterios son una propuesta de apreciación indirecta para establecer las relaciones entre los costos y los usos del suelo y vegetación para desarrollar algún proyecto acuícola además de que se ha venido aplicando en los estudios de SIG para el desarrollo de la acuicultura.



**Figura 3.9 Factor uso del suelo y vegetación y costos de producción para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.**

Se presentaron zonas con un alto potencial para la acuicultura en las áreas con escaso o nulo desarrollo de vegetación. Estas se localizaron principalmente en Oaxaca en bandas que rodean a la laguna y probablemente representan zonas de salinas. Asimismo se localizó una importante franja hacia el oeste de la laguna de Mar Muerto que en el pasado servía como comunicación entre esta laguna y las lagunas Superior e Inferior. Sin embargo esta área potencial tendría que ser cuidadosamente estudiada debido a la probabilidad de ser una zona sujeta a inundaciones en la temporada de lluvias.

Se identificaron extensas zonas con un potencial medio sobretodo hacia Chiapas donde existen importantes zonas de pastizales que son aprovechadas por un uso ganadero. En Oaxaca existen algunas áreas de cultivos permanentes y anuales donde se practica una agricultura de temporal y que también presentan un potencial medio.

Finalmente y con el potencial más bajo se encuentran amplias zonas con un uso forestal hacia el oeste del área de Oaxaca constituidas por selvas bajas principalmente y áreas de bosque de manglar alrededor de la laguna, sobre todo hacia la línea de costa y la bocanara lagunar de Mar Muerto.

### 3.4.3 Proximidad a las vías de comunicación

Es vital la existencia de una adecuada infraestructura de transporte así como una red de caminos y vías de comunicación para garantizar que los productos pesqueros, por su carácter perecedero, no se estropeen o deterioren en su calidad y lleguen rápidamente a los centros de mercado local, regional y/o nacional. Estudios anteriores revelan que la falta de rutas adecuadas de caminos y transportes son una limitante importante para el desarrollo de la producción pesquera. Las ventajas relativas del acceso a las vías de comunicación ayudan a reducir las entregas de insumos y productos, aminoran los gastos en conceptos de viaje y tiempo de traslado del personal. Así los costos disminuirán mientras más cercano y más fácil acceso se tenga a servicios de transporte y vías de comunicación.

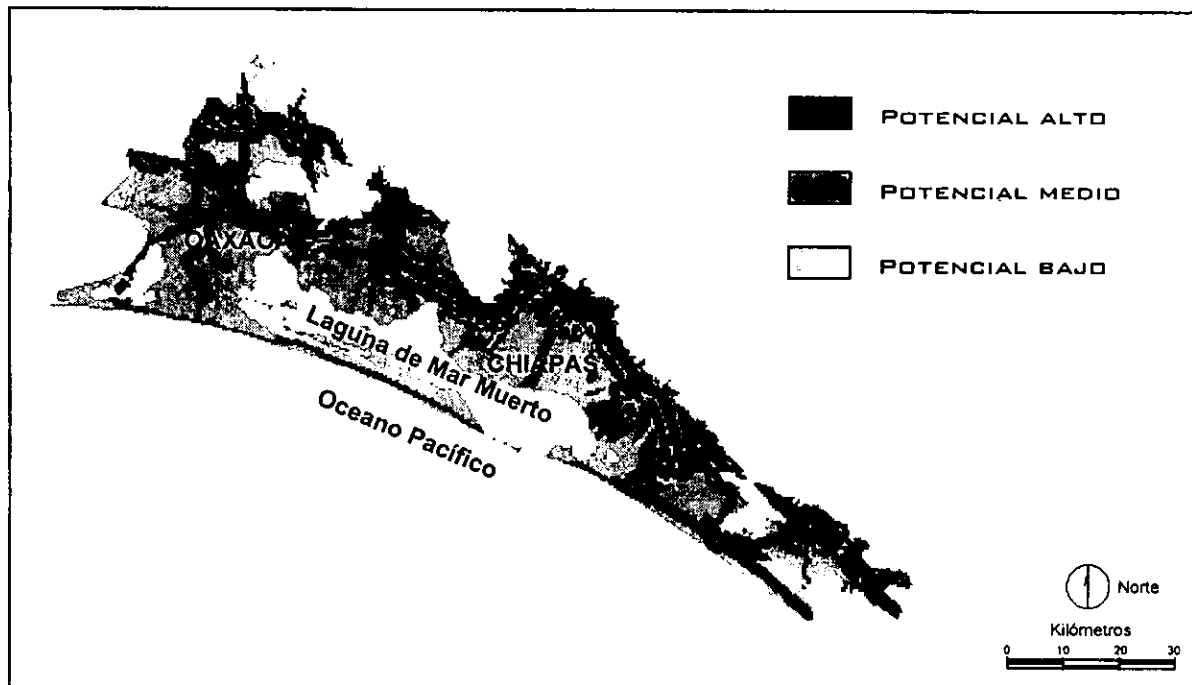
La proximidad a las vías de comunicación puede considerarse en términos de las ventajas relativas del acceso, en el sentido que la selección de los lugares con un buen acceso desde la ribera (u orilla del estanque) hasta el sistema vial público significa un ahorro. Por otro lado si un lugar adecuado para la producción requiere la construcción de una costosa conexión de transporte y vialidad, ese lugar puede simplemente no ser viable (Meaden y Kapetsky, 1992).

Para el propósito de este estudio se crearon mapas de zonas de proximidad a los distintos tipos de caminos (pavimentadas, revestidas y terracerías) y vía de ferrocarril, basados en los criterios de Aguilar-Manjarrez, 1996 (ver Tabla 3.8). Los mapas fueron sobrepuestos en un mapa final que se muestra en la Figura 3.10. Así los más altos valores fueron para aquellas áreas más próximas a las vías de comunicación, y dónde existió mayor densidad de las mismas.

**Tabla 3.8 Criterios de ponderación de la proximidad a las distintas vías de comunicación para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.**

INTERPRETACIÓN	VALOR
Proximidad alta a las vías de comunicación, buen acceso y bajos costos de transporte. Carreteras pavimentadas 0 - 2 km Vía de ferrocarril 0 - 1 km Carreteras revestidas 0 - 1 km Terracerías 0 - 500 m	3
Proximidad moderada, dificultad para el acceso, costos moderados. Carreteras pavimentadas 2 - 4 km Vía de ferrocarril 1 - 3 km Carreteras revestidas 1 - 3 km Terracerías 500 - 2 km	2
Proximidad marginal, sitios muy distantes, pobre accesibilidad y altos costos de transporte. Carreteras pavimentadas > 4 km Vía de ferrocarril > 3 km Carreteras revestidas > 3 km Terracerías > 2 km	1

La Figura 3.10 muestra el mapa resultante de este criterio.



**Figura 3.10 Factor proximidad a las vías de comunicación y costos de producción para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.**

Se presentan zonas con un alto potencial hacia la parte media del área de estudio donde se aproximan la carretera pavimentada costera y la vía de ferrocarril, uniendo además importantes localidades como Chahuites, Arriaga y Tonalá, además en algunas partes estas zonas potenciales se aproximan bastante a los límites de la laguna lo que eleva su potencialidad.

Fueron consideradas con un potencial medio generalmente aquellas áreas próximas a carreteras revestidas y a terracerías que se desprenden de la carretera pavimentada. Dentro de estas áreas destacan las que se encuentran próximas a las localidades de Puerto Arista y Paredón (al sureste de la laguna de Mar Muerto) que a pesar de haber obtenido un potencial medio son áreas donde convergen carreteras pavimentadas hasta la línea costera por lo que podrían considerarse con un alto potencial.

Como zonas con un bajo potencial se encuentran aquellas relativamente alejadas a cualquier vía de comunicación terrestre por lo que el acceso a las mismas se complica.

La carretera costera que recorre de oeste a sureste a lo largo del área de estudio es la principal vía de acceso terrestre, sin embargo lo angosto de esta y el mal estado en que se encuentra dificulta el acceso lo que repercute gravemente en el esquema económico y comercial de la región. Existe una insuficiencia de caminos y además de que son elevados el número de los de terracería y brechas, estos son destruidos por el exceso de uso, nulo mantenimiento, lluvias y tipo de automotores que por ellos transitan necesariamente.

### 3.4.4 Proximidad a fuentes de agua salobre

La proximidad a fuentes de agua salobre es fundamental para los proyectos de acuicultura de camarón. En los cultivos semi-intensivos de camarón debe existir la suficiente disponibilidad de agua que pueda ser canalizada hacia los estanques o bombeada para circularla con el fin de mantener una buena calidad de la misma.

Los costos de inversión para este tipo de factor están asociados con las distancias hacia las fuentes de agua para la construcción de canales de toma y descarga de este elemento. Los costos de operación son para el bombeo y el mantenimiento de los "canales de llamada" (Kapetsky, 1989).

Algunos de los estudios previos (Kapetsky *et al.*, 1987) sugieren que la distancia máxima económicamente práctica para transportar agua salobre hacia los estanques puede asumirse como de 1 km. Esta agua puede estar disponible para su bombeo o canalización tan lejos como la superficie interior de los manglares. El límite de los manglares sirve para indicar el límite tierra adentro de una fuente de agua salobre. Es por ello que una franja de 1 km puede crearse (dentro del SIG) tierra adentro del margen del manglar para mostrar la distancia máxima para el transporte de agua. Sin embargo Kapetsky (1989) también indica que es posible el establecimiento de una granja de camarón hasta una distancia de 2.5 km de la fuente de agua, mientras se puede transportar agua horizontalmente y no se presenten factores limitantes, como la pendiente y la elevación del terreno.

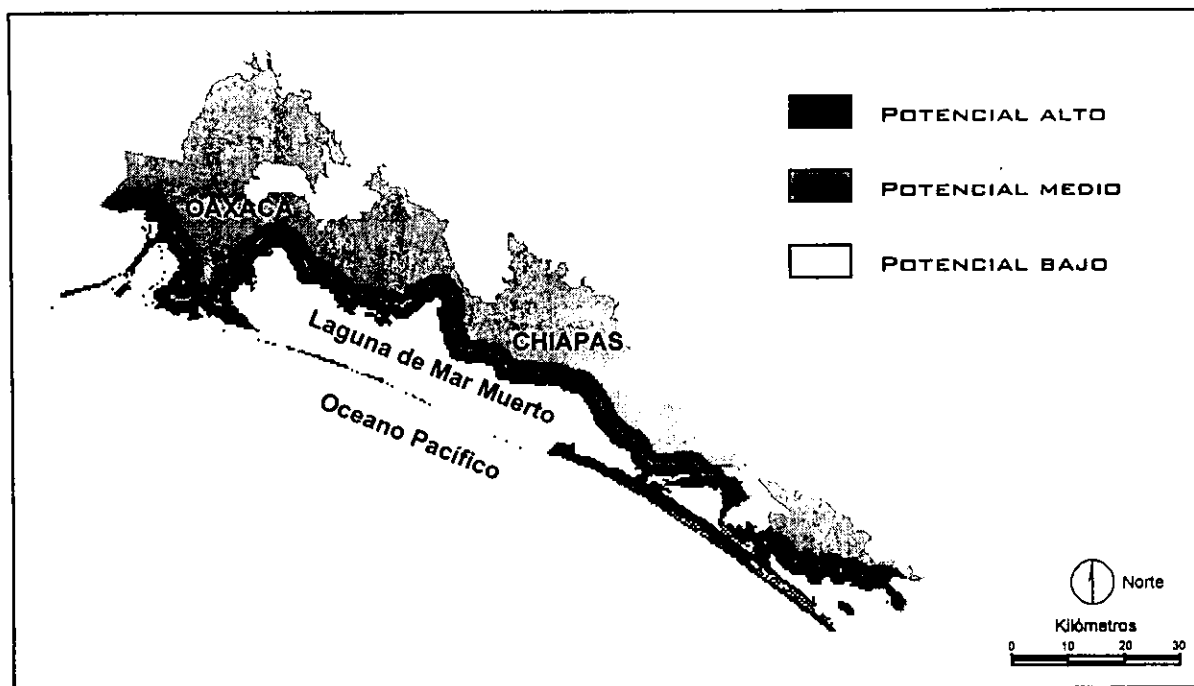
Tomando en consideración los criterios arriba mencionados, se asumió que una distancia de 2 km se presenta como la distancia más viable para la mayoría de las situaciones de cultivo de camarón, por lo que fue la utilizada para este estudio. Por ello se aprovechó un mapa que muestra la superficie de la laguna y se le sobrepuso las zonas de manglar del mapa del Uso del suelo y vegetación de INEGI. Con esto fue posible la creación de un nuevo mapa que representara el área de la laguna de Mar Muerto y las zonas de manglar. A este se le realizó una operación o "buffer" de distancia, donde las zonas con el valor más alto fueron aquellas más cercanas a las fuentes de agua salobre, es decir aquellas zonas donde los costos de producción en cuanto a bombeo y transporte de agua, así como para la construcción de canales de llamada serán menores (Tabla 3.9).

**Tabla 3.9 Criterios de ponderación de proximidad a fuentes de agua salobre para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.**

INTERPRETACIÓN	VALOR
Buena proximidad, bajos costos para la construcción de canales y/o bombeo de agua. 0 - 2 km	3
Proximidad media, costos moderados. 2 - 4 km	2
Sitios distantes, altos costos. > 4 km	1

Fuente: modificado en base a Aguilar-Manjarrez, 1996.

La Figura 3.11 muestra la representación espacial de este criterio y los sitios más propicios.



**Figura 3.11 Factor proximidad a fuentes de agua salobre y costos de producción para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.**

Las áreas con potencial alto y medio rodean en bandas a la laguna de Mar Muerto. Además estas áreas potenciales se extienden tanto hacia el noroeste de la laguna como hacia el sureste de la misma debido a la existencia de cuerpos lagunares y áreas de manglar en estas zonas, lo que extiende el efecto espacial de este factor a lo largo del área de estudio.

Asimismo la utilización de las áreas de manglar, para que a partir de ellas se realizara la operación de proximidad del acceso al agua salobre, aumentó la distancia hacia el exterior de la laguna y los límites tierra adentro de las áreas con potencialidad.

Las áreas con potencial bajo son las que ocupan la mayor extensión y a pesar de su lejanía con las fuentes de agua salobre al parecer presentan la potencialidad de ser terrenos con poca elevación y casi planos por lo que hipotéticamente sería posible (aunque muy costoso) el transporte de agua hacia estas zonas.



### 3.4.5 Proximidad a fuentes de insumos

Un factor determinante en el desarrollo de la actividad acuícola es la disponibilidad y proximidad de los insumos para la acuicultura. Gutierrez-García (1995) señala que la existencia de los insumos determinará el establecimiento de proyectos acuícolas y su operatividad. De este modo se utilizó la información de SEMARNAP (1997) donde se habían ubicado geográficamente las localidades que ofrecen establecimientos de equipos e insumos; siendo para los primeros la maquinaria, materiales de cosecha, refacciones; en tanto que los insumos incluyen alimentos balanceados, combustibles, medicamentos, harineras y fertilizantes (Tabla 3.10).

**Tabla 3.10 Localidades que ofrecen insumos para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.**

LOCALIDAD	FUENTES DE EQUIPOS	FUENTES DE INSUMOS	TOTAL DE FUENTES
Arriaga	17	30	47
Lázaro Cárdenas	0	1	1
Tonalá	15	25	40
Chahuities	0	2	2
San. Pedro Tapanatepec	4	2	6

Fuente: Sección Amarilla, 1996; SEMARNAP-Chiapas, 1996; Consejo Estatal de Pesca del Gob. Estado Oaxaca, 1997 (Tomado de SEMARNAP, 1997).

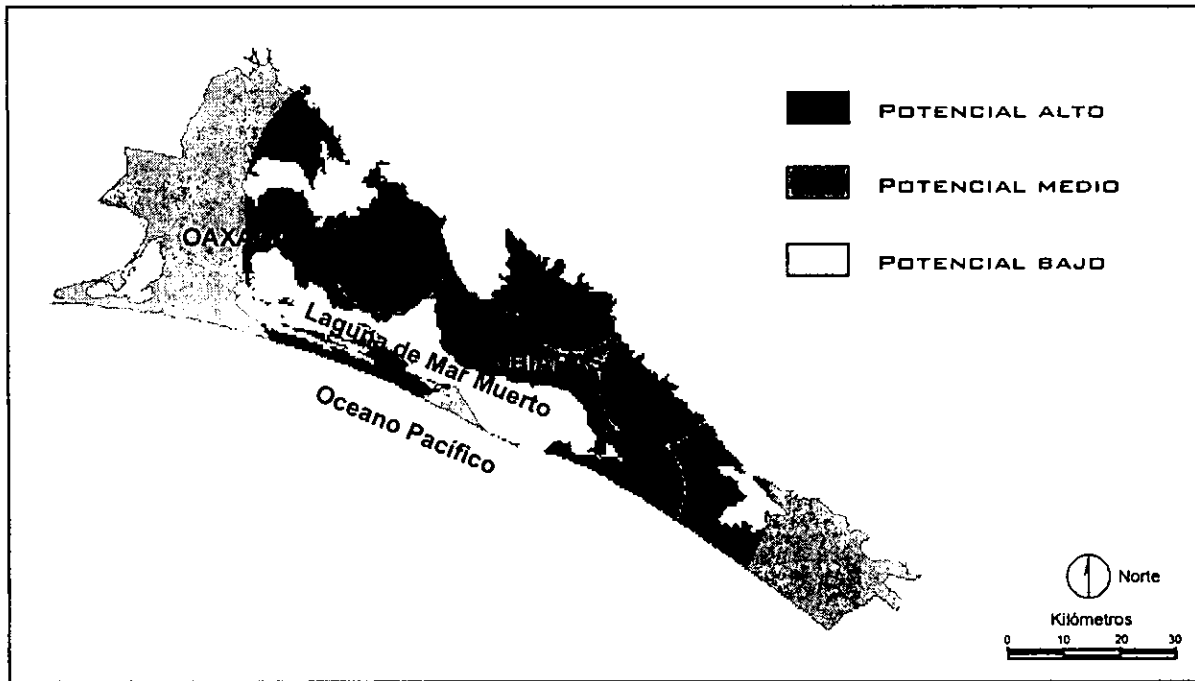
Para darle una representación espacial a la proximidad de las fuentes de insumos, se realizó dentro del SIG una operación de distancia con lo cual se obtuvieron rangos de proximidad, siendo los valores más altos para las áreas más cercanas a estas localidades y que representan menores costos para el transporte y adquisición de estos insumos (Tabla 3.11).

**Tabla 3.11 Criterios de ponderación de proximidad a fuentes de insumos para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.**

INTERPRETACIÓN	VALOR
Buena proximidad para adquisición de insumos, bajos costos. 0 - 10 km	3
Proximidad media, costos moderados. 10 - 25 km	2
Proximidad marginal, altos costos. > 25 km	1

Fuente: modificado en base a SEMARNAP, 1997.

La Figura 3.12 muestra la representación espacial de este criterio.



**Figura 3.12 Factor proximidad a fuentes de insumos y costos de producción para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.**

El mapa muestra áreas con un potencial alto y medio hacia la zona central del área de estudio y que son por supuesto las áreas más próximas a las localidades que disponen de insumos para la acuicultura.

La proximidad a estas áreas ofrecerá mayores oportunidades para la adquisición, acceso y disponibilidad de los insumos. Las áreas más alejadas de estas fuentes, hacia ambos extremos del área de estudio, seguramente presentará la problemática del transporte de los insumos y en consecuencia los costos se elevarían.

### 3.4.6 Energía eléctrica

La existencia o proximidad a una fuente de energía eléctrica es uno de los más importantes criterios para la selección de un lugar para la acuicultura. Muchos de los factores relacionados con el abastecimiento de energía eléctrica dependen de la accesibilidad que se tenga a esta. Asimismo si se toman en cuenta los costos de producción, la electricidad es un recurso mucho más barato de abastecimiento de energía para bombear agua que el uso de motores que emplean diesel o gasolina.

Por lo que, una localidad con una fuente de electricidad cercana puede representar menores costos de operación, que una localidad que dependa de motores o generadores a base de diesel para el bombeo y la circulación del agua hacia los estanques. Asimismo es importante la existencia próxima de una red central de energía que pueda proporcionar un servicio constante y sin interrupciones en el suministro.

Este factor fue evaluado en términos del número de viviendas a nivel de localidad con electricidad, basados en el supuesto que estas áreas podrán proveer de la energía requerida. Para ello se utilizó la información obtenida por SEMARNAP (1997), en donde se manejó el número y el porcentaje del total de viviendas con electricidad por localidad. La ponderación de esta información se hizo en base a la realizada por SEMARNAP (1997) y que se muestra en la Tabla 3.12. Así las localidades con el mayor porcentaje de viviendas con electricidad obtuvieron los valores más altos.

**Tabla 3.12 Criterios de ponderación del porcentaje de viviendas con energía eléctrica por localidad para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.**

INTERPRETACIÓN	VALOR
50 a 100 % de viviendas con electricidad. Localidades con adecuados servicios de fuente de poder eléctrico para el desarrollo de proyectos acuícolas.	3
30 a 50 % de viviendas con electricidad. Localidades con servicios que responden relativamente al abastecimiento eléctrico.	2
0 a 30 % de viviendas con electricidad. Localidades con servicios de poder eléctrico insuficientes.	1

Fuente: SEMARNAP, 1997.

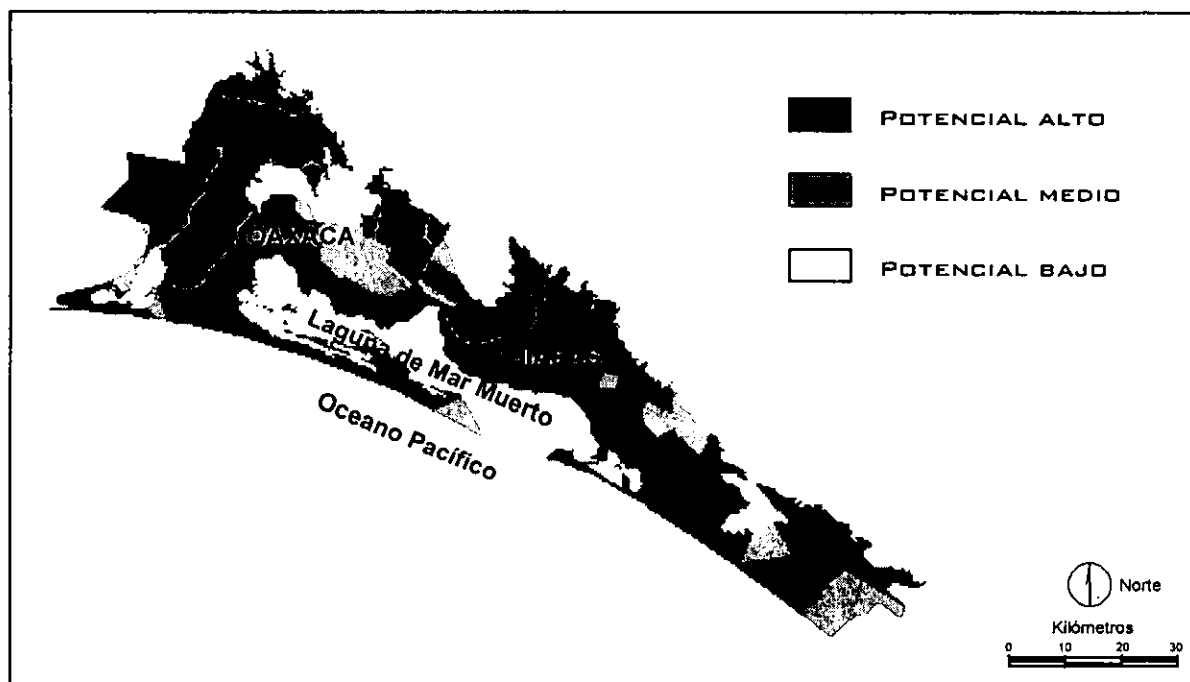
También, para este criterio se utilizó la línea de conducción eléctrica que aparece en el mapa de INEGI (1985), como fuente central de electricidad por lo que se hizo una operación de proximidad a esta línea eléctrica, siendo las áreas con mayor valor aquellas más próximas a esta fuente. La Tabla 3.13 muestra los rangos de proximidad de este criterio y su ponderación.

**Tabla 3.13 Criterios de ponderación de la proximidad a una fuente central de energía eléctrica para la acuicultura en la zona de Mar Muerto.**

INTERPRETACIÓN	VALOR
Muy buena proximidad a una línea eléctrica, la mejor localización en términos de abastecimiento de energía y bajos costos. 0 - 2 km	3
Distante de una línea eléctrica pero aun con potencial, se presentarán problemas para alcanzar la línea y los costos se elevarán. 2 - 4 km	2
Muy distante de una línea eléctrica, altos costos, requiere el uso de generadores. > 4 km	1

Fuente: modificado en base a Aguilar-Manjarrez, 1996.

Ambos mapas fueron sobrepuestos y el mapa resultante muestra las áreas con mayor posibilidad de suministro de energía eléctrica y con menores costos de adquisición de este servicio en el área de estudio. La Figura 3.13 muestra el mapa obtenido.



**Figura 3.13 Factor energía eléctrica y costos de producción para la acuicultura en la zona de Mar Muerto**

En la distribución del potencial de energía eléctrica en buena parte del área de estudio, hubo un predominio del potencial medio; sin embargo hay que destacar dos aspectos:

Por un lado la localización de áreas con potencial alto hacia la parte norte y noroeste de la laguna se debió a la presencia de una línea de conducción eléctrica en estas zonas que coincide con las principales cabeceras municipales. Sin embargo esta línea eléctrica es la única que aparece en la cartografía de INEGI (1:250,000), por lo que el uso de mapas a mayor escala y más actuales seguramente permitirían la ubicación de líneas de electricidad en zonas más próximas a la laguna de Mar Muerto.

Por otro lado hay que tomar en cuenta que las áreas con potencial bajo seguramente presentan la problemática de insuficiencia en los servicios eléctricos.

### 3.4.7 Evaluación con Multicriterios

Una vez seleccionados, reclasificados y ponderados los factores en una escala de 1 a 3 de acuerdo a su potencialidad para la acuicultura (siendo 3 la clase de mayor potencial), se procedió a realizar un análisis espacial mediante la Evaluación con Multicriterios para estimar mediante pesos, la relación entre los factores en la evaluación con SIG. Para este fin se procedió a utilizar una matriz de comparación en pares (Tabla 3.14), derivada del módulo de MULTICRITERIOS de IDRISI (ver Apartado 2.2).

Sin embargo, como lo señala Aguilar-Manjarrez (1996), cuando los factores se incrementan la elección de los pesos en la Evaluación con Multicriterios, además de que se dificulta y consume tiempo, esta se vuelve menos precisa. Una alternativa para solucionar este problema, es la de asignar puntuaciones relativas a los factores envueltos en la matriz de evaluación, en un orden decreciente de posición o categoría (p.e. de 1 a 6 sin repetición), (ver Tabla 3.15).

Con esto se logran dos objetivos: primero la elección de los pesos en la matriz de evaluación por pares se basa totalmente en las puntuaciones asignadas de la Tabla 3.15; segundo esta organización de los factores (de mayor a menor puntuación) permite el acomodo de los factores en la matriz de evaluación.

**Tabla 3.14 Pesos obtenidos de la matriz de comparación en pares de los factores para estimar el potencial acuícola en la zona de Mar Muerto.**

FACTORES	Agua	Vías de comunicación	Uso del suelo y vegetación	Energía eléctrica	Nivel de bienestar	Insumos	Peso
Agua	1						0.4074
Vías de comunicación	1/2	1					0.2792
Uso del suelo y vegetación	1/4	1/3	1				0.1452
Energía eléctrica	1/5	1/4	1/2	1			0.0863
Nivel de bienestar	1/6	1/5	1/4	1/2	1		0.0509
Insumos	1/8	1/7	1/6	1/4	1/2	1	0.0311
SUMA	-	-	-	-	-	-	1.00

Proporción de consistencia = 0.03 (Aceptable).

**Tabla 3.15 Interpretación y puntuación de los factores utilizados en el estudio de la zona de Mar Muerto para evaluar el potencial acuícola en cuanto a costos de producción.**

FACTORES	CRITERIO PARA SU PUNTUACIÓN	PUNTUACIÓN 1 - 6
Proximidad a fuentes de agua salobre	La proximidad y el acceso al agua tiene una influencia en los costos de construcción, operación y mantenimiento de canales de toma y descarga de agua y para el bombeo de la misma e instalación de tuberías.	6
Proximidad a las vías de comunicación	Influye en el acceso que se tenga a la zona de producción, el transporte del producto, la reducción en los costos y en el tiempo de entrega de insumos y provisiones, acceso del personal, así como gastos y mantenimiento de vehículos.	5
Uso del suelo y vegetación	Existen usos del suelo y vegetación más favorables para la acuicultura que disminuyen los costos de adquisición o compra del terreno y el desarrollo del proyecto en cuanto a la necesidad de despejar y limpieza del lugar para el establecimiento de granjas u otras instalaciones acuícolas.	4
Energía eléctrica	La electricidad es esencial para la operación de una granja de tipo semi-intensivo. El acceso y proximidad a esta fuente de energía representa menores costos de operación que el uso de motores o generadores a base de diesel o gasolina para el bombeo y circulación del agua.	3
Nivel de bienestar	Relacionado con aquellas localidades que presentan mejores condiciones socioeconómicas para el desarrollo de proyectos acuícolas y aquellas que muestran mayores rezagos y escasez o ausencia de servicios básicos que afectan la promoción de inversiones del sector pesquero y acuícola.	2
Proximidad a fuentes de insumos	Productos necesarios para la operación de una granja de sistemas controlados que incluye alimentos balanceados, fertilizantes, maquinaria, refacciones, combustibles, etc. La disponibilidad y proximidad a estas fuentes reduce los costos de transporte y adquisición de estos productos.	1

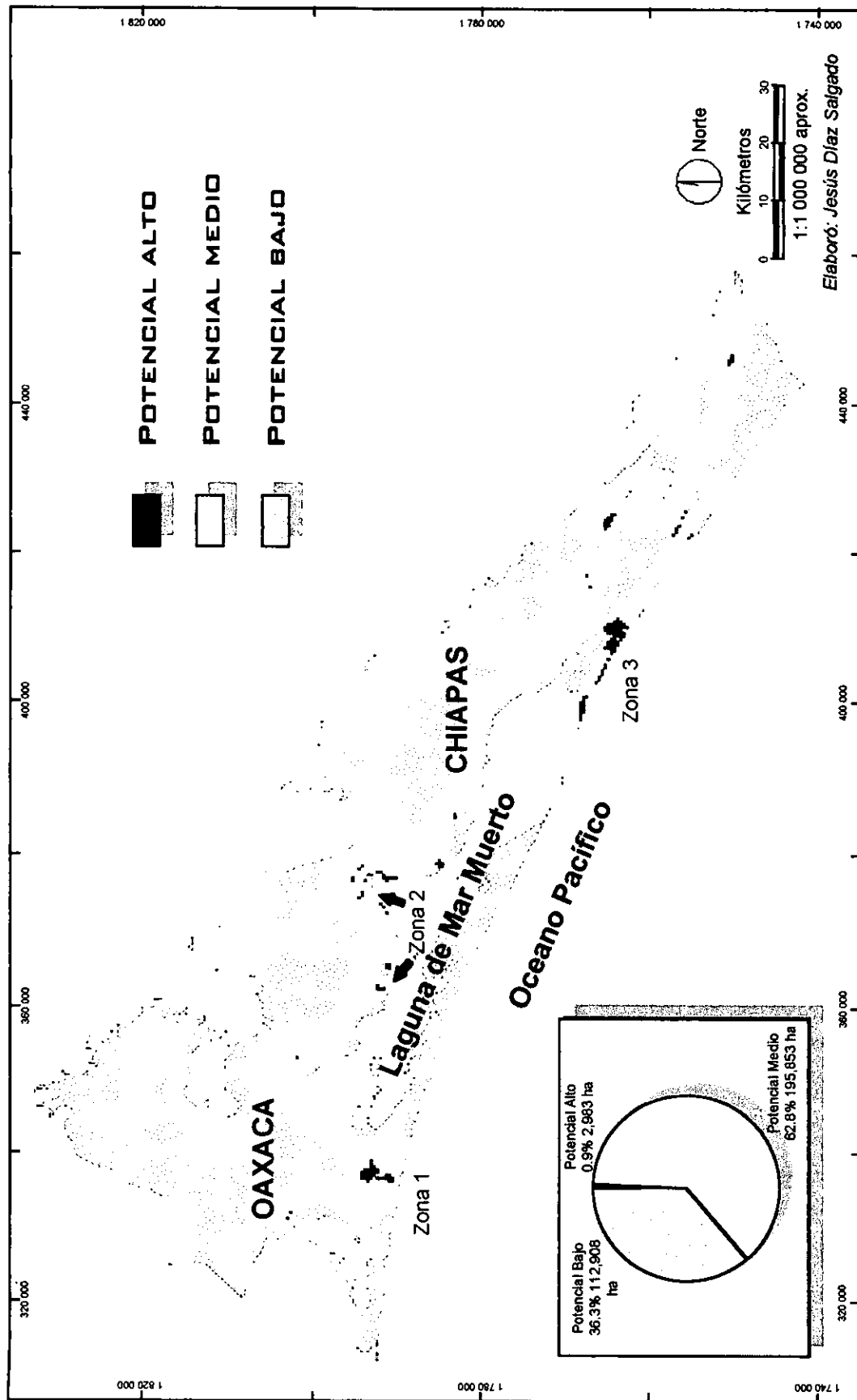
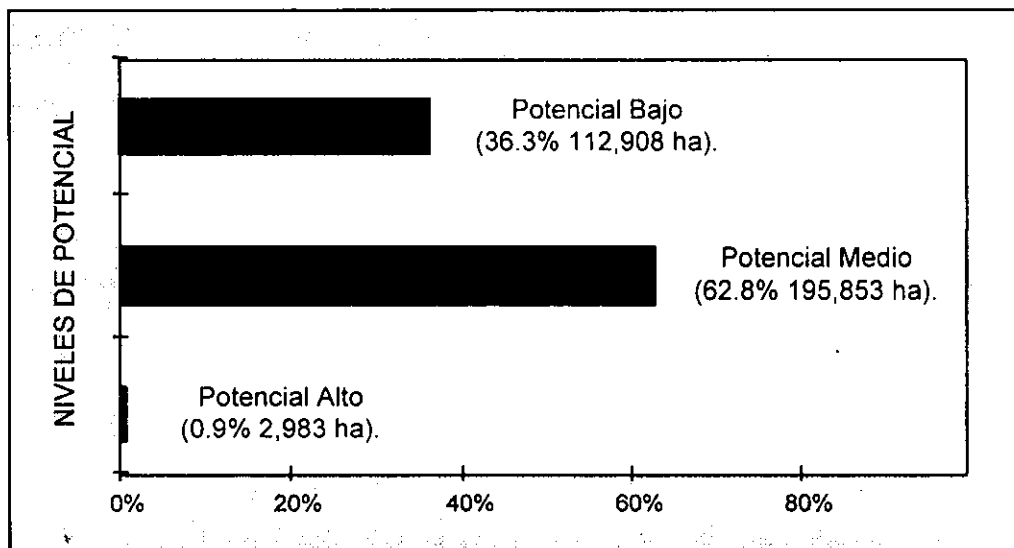


Figura 3.14 Mapa final de la evaluación del potencial acuícola en cuanto a costos de producción en la zona de Mar Muerto.



El mapa de la Figura 3.14 sintetiza todo el análisis de información llevado a cabo en este estudio, desde las clasificaciones y ponderaciones iniciales de cada factor hasta la Evaluación con Multicriterios, donde se sobrepusieron e integraron todos los mapas, después del cálculo de la matriz de comparación en pares y después de haberles dado un peso distinto a cada uno de ellos, de acuerdo a la importancia relativa de cada factor.

El análisis identifica un 0.9% (2,983 ha) del total del área de estudio como de alto potencial para la acuicultura; un 62.8% (195,853 ha) como áreas con potencial medio y finalmente un 36.3% (112,908 ha) son clasificadas con bajo potencial y donde los costos de producción serían más elevados para proyectos acuícolas (Figura 3.15).



**Figura 3.15 Clasificación y distribución de atributos del potencial acuícola en la zona de Mar Muerto.**

Haciendo referencia de los sitios con el mayor potencial, a pesar de que la superficie que ocupan es relativamente muy pequeña en comparación con las otras dos clases, se puede afirmar que son los sitios que conjuntan y presentan las mejores condiciones en cuanto a costos de producción para la acuicultura de acuerdo a los criterios aplicados y a los factores evaluados. Estos sitios se ubicaron en una serie de localidades (22 en total), 12 en Oaxaca y 10 en Chiapas como las más adecuadas (ver Figura 3.6), estas localidades son:

- **Oaxaca.-** Río Viejo, Cerro Grande, Cerro Chico, Reforma Agraria Integral, Pesquería Salinas, Pesquería Trejo, Puerto Paloma, Tembladera, Conchalito, Bernal Díaz del Castillo, La Gloria y La Línea.
- **Chiapas.-** El Zapotal, Puerto Arista, Cabeza de Toro, El Paraíso, Miguel Hidalgo, Palo Blanco, La Polka, Pesquería Boca del Cielo, Morelos y Francisco I Madero.

Cabe señalar que de estas localidades, en el caso de Oaxaca, en 5 se encontró una concordancia con las localidades en que se tienen contemplados proyectos de inversión en acuicultura impulsados por el Gobierno del Estado y que presentan vocación camaronícola (Tabla 3.16).

**Tabla 3.16 Proyectos de inversión en acuicultura en localidades con vocación camaronícola.**

MUNICIPIO	LOCALIDAD	CULTIVO SEMI-INTENSIVO (ha)	CULTIVO EXTENSIVO (ha)	TENENCIA DE LA TIERRA
San Pedro Tapanatepec	Bernal Díaz del Castillo	150	-	Comunal
San Pedro Tapanatepec	Conchalito	400	-	Federal
San Pedro Tapanatepec	Puerto Paloma	500	-	Comunal
San Francisco Ixhuatán	Reforma Agraria Integral	600	100	Comunal-Federal
San Francisco Ixhuatán	Cerro Gordo	-	100	Comunal

Nota: La extensión especificada representa el área que reúne las mejores condiciones de suelo y calidad de agua, además donde el impacto ecológico es menor (la deforestación sería mínima).

Fuente: Gobierno del Estado de Oaxaca, 1993.

Esta información no fue posible encontrarla para el estado de Chiapas, pero como lo señala COPLADE (1996) existen posibilidades importantes de explotación camaronícola en más de 8 mil ha en los municipios de Arriaga, Tonalá y Pijijiapan (municipio localizado al sur del de Tonalá) pero que se deben resolver deficiencias en la infraestructura básica y complementaria, así como en la red de conservación y comercialización de los productos pesqueros que han afectado la apertura de nuevas granjas y ha provocado que las granjas instaladas enfrenten problemas operativos y administrativos que impiden su desarrollo.

Sin embargo para realizar una mejor evaluación de los sitios que presentan el mayor potencial, se decidió dividir estos en tres zonas potenciales, numeradas de oeste a este (ver Figura 3.14) y que a continuación se detallan.

**Zona 1.-** Ubicada hacia el oeste de la laguna de Mar Muerto presenta la ventaja de la proximidad del agua salobre, tanto por el este como por el oeste, así como buena proximidad a la línea costera; presenta suficientes servicios de electricidad, pero sobre todo un adecuado uso del suelo con alto potencial para la acuicultura que disminuiría los costos de construcción y adquisición del terreno. Sin embargo es necesario considerar la probable limitante que podría presentarse al ser una zona con posibilidades a inundación. Las restricciones encontradas se refieren a la falta de adecuadas vías de comunicación ya que las actuales se componen de caminos revestidos y de terracerías; así como de un nivel de bienestar medio y una considerable lejanía hacia las fuentes de insumos (más de 35 km).

**Zona 2.-** Presenta la potencialidad de una muy buena proximidad al agua salobre, un uso de suelo con altas posibilidades y en algunas áreas una óptima proximidad a la carretera pavimentada y a la vía férrea. Además esta zona se considera particularmente muy potencial, ya que de acuerdo a SEMARNAP (1997) en ella se localiza una serie de encierros rústicos donde se han venido realizando prácticas de cultivo de camarón (particularmente en las localidades de Pesquería Trejo, Pesquería Salinas y Conchalito), la presencia de estos sistemas de cultivo

representa una fuerte promoción para la zona circundante dándole un fomento a la acuicultura y a la posibilidad de integrarse a las actividades productivas existentes. Los limitantes encontrados se refieren a que la mayoría de las vías de acceso al borde la laguna son principalmente terracerías por lo que el acondicionamiento de estas y su pavimentación debe ser una prioridad. En cuanto a los insumos, a pesar de que existe una buena proximidad a ellos, las localidades que podrían suministrarlos (Chahuities y San Pedro Tapanatepec) no representan las más equipadas fuentes de insumos (ver Tabla 3.10). Finalmente en algunas áreas se presenta un nivel de bienestar bajo, así como un potencial medio en cuanto a la energía eléctrica.

**Zona 3.-** Localizada hacia el sureste del Mar Muerto esta zona presenta condiciones de alto potencial debido a su proximidad tanto a la laguna como por estar adyacente a la línea costera. El uso de suelo y vegetación, a pesar de ser de un potencial medio, está constituido principalmente por pastizales que lo hace particularmente potencial. La zona presenta una buena proximidad a la localidad de Tonalá que constituye una de los más importantes centros de insumos del área de estudio (ver Tabla 3.10). Cabe señalar la existencia en esta zona de un tramo de carretera pavimentada hasta la localidad de Puerto Arista y que podría convertirse en una importante vía de acceso de insumos y equipos, así como de salida de productos. SEPESCA (1997) señala que en esta misma localidad se sitúa un centro de almacenaje y red de refrigeración de productos pesqueros lo que eleva la potencialidad de la zona. En cuanto a las limitaciones se observa que hacia la zona de la barra el camino que la comunica es de terracería, asimismo hay que tomar en cuenta que las áreas que rodean a esta zona presentan un nivel de bienestar bajo y acceso a los recursos eléctricos limitados.

Cabe mencionar que tanto las zonas 1 y 3 fueron también señaladas por SEMARNAP (1997) como áreas adecuadas y con el mayor potencial para el desarrollo de proyectos acuícolas (ver Figura 3.2).

En cuanto a las áreas con un potencial medio, gran parte de ellas se vio favorecida por la existencia de un uso del suelo medianamente favorable para la acuicultura como son las áreas de pastizales, sabana y agricultura de temporal; así como por una buena proximidad a las vías de comunicación y al agua salobre. Los demás factores tuvieron una importancia menor en determinar la potencialidad de estas áreas. Cabe señalar que en algunas áreas a pesar de presentar un potencial medio (como las más próximas o adyacentes a la laguna de Mar Muerto) pueden ser consideradas como áreas donde los costos no serían tan elevados y presentar cierta disponibilidad de recursos. Por otra parte en aquellas áreas más alejadas a la laguna, sobre todo hacia el norte y noreste, es posible considerar alternativamente proyectos relacionados con la acuicultura, como procesamiento para darle valor agregado a los productos pesqueros, así como la comercialización de los mismos.

Finalmente las áreas con el potencial acuícola más bajo se localizaron en algunas zonas que presentan lejanía a las fuentes de agua salobre y que se encuentran aisladas en cuanto a su proximidad y acceso a las vías de comunicación. Esto mismo se presentó donde el uso del suelo y vegetación resultó menos potencial, como en zonas con vegetación de selvas bajas caducifolias, así como de manglares. Es importante señalar que respecto a las áreas de manglar, a pesar de no haber sido consideradas como restrictivas para el desarrollo acuícola, la evaluación llevada a cabo presenta a estas

áreas como de bajo potencial, lo que de algunas manera favorece que se afecte lo menos posible a estas importante áreas por futuros proyectos acuícolas. SEMARNAP (1997) también buscó excluir a los manglares dándoles el potencial más bajo. Es importante señalar que en general en las áreas con el potencial más bajo no se recomienda promover la acuacultura, sobre todo en aquellas donde se presentarían conflictos con actividades por el uso del suelo y tenencia de la tierra. Esto podría provocar enfrentamientos con otras actividades productivas tradicionales, como la pesca y la agricultura, por lo tanto se debe considerar su interacción con ellas, ya que la introducción de la acuacultura no debe ser impositiva.

## CAPITULO 4

### APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EVALUAR EL POTENCIAL ACUÍCOLA EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNAS DE CHACAHUA, OAXACA

#### 4.1 INTRODUCCIÓN

##### 4.1.1 Antecedentes y justificación

Este trabajo está inserto en un proyecto más general intitulado "*Estudios Fisiológicos de Camarones Peneidos del Golfo de México y el Litoral del Pacífico*", de acuerdo a la línea de investigación del Laboratorio de Acuicultura y Producción Acuática de la Facultad de Ciencias de la UNAM. El objetivo del mismo se aboca al conocimiento del desempeño de las poblaciones naturales de las diversas especies de camarones *Penaeus* de ambos litorales y al estudio de sus respuestas fisiológicas en el laboratorio, con la finalidad de "conocer el porqué del éxito o fracaso" de estas especies en su hábitat natural y a través de esta retroalimentación perfeccionar y/o generar la biotecnología del cultivo de las mismas, e incidir en el manejo y uso sustentable de este recurso pesquero que incluye la acuicultura (Latournerié, 1996).

Para tal efecto se trabaja en un frente amplio en cuanto a diversas ciencias y/o disciplinas. Entre las que se pretende la caracterización ecológica e hidrológica del hábitat acuático; el análisis de los factores del hábitat que modulan la abundancia y disponibilidad de los estados larvales y postlarvales de las diversas especies de camarón; así como la ubicación de sitios potenciales para uso acuícola en las diversas localidades de trabajo y las oportunidades de desarrollo de la acuicultura de camarón, tomando en cuenta el marco ambiental y socioeconómico del área geográfica correspondiente (Latournerié, 1996).

Por tal motivo se ha comenzado a promover en el Laboratorio de Acuicultura este tipo de acciones a través de trabajos interdisciplinarios en zonas como el Sistema Lagunar Costero de Chacahua-Pastoría, localizado en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua, Oaxaca y donde desde 1993 el Laboratorio ha venido realizando las actividades de investigación arriba mencionadas. Cabe señalar que estas acciones han sido apoyadas por dos organizaciones pesqueras dentro del parque nacional: la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera "Zapotalito" y la Sociedad de Solidaridad Social "Buzos de Cerro Hermoso"; ambas han promovido en la zona la implementación de sistemas semi-intensivos de camarón como alternativa productiva (Biología de Campo, 1996).

El camarón, por su valor comercial, es la principal especie que se captura en el sistema lagunar. Sin embargo en los últimos años la pesca de camarón y de otras especies ha disminuido a causa del cierre en forma permanente (desde 1985) de la boca-barra que comunica a la laguna de Chacahua con el mar por lo que la única entrada de agua salada y organismos acuáticos se realiza por la boca-barra de Pastoría. La principal causa de este cierre ha sido la disminución de la avenida del Río Verde debido a la construcción de una presa y sistemas de riego que no permiten que el agua llegue con la fuerza y volumen que lo hacía anteriormente, lo que ha provocado la falta de aporte de agua dulce a la laguna, limitando la apertura de la boca-barra de manera natural (SEPESCA, 1993; SERBO, 1997).

Esta situación está ocasionando la disminución del nivel de la laguna, la falta de circulación de masas de agua y oxígeno, la falta de aportes de nutrientes y el intercambio de agua dulce y salada, lo que a su vez genera una alta putrefacción de materia orgánica, que provoca una disminución en la biodiversidad y la producción de camarón. Lo anterior también se refleja en la alta tasa de mortalidad de los manglares, con lo cual se rompe uno de los elementos primarios de varias cadenas alimenticias en las que se encuentra involucrada fauna subacuática, acuática y terrestre, y en consecuencia los pobladores del lugar que basan su sustento en alguno o varios de estos elementos (SEPESCA, 1993; SEDESOL, 1995).

La perturbación en las condiciones naturales del sistema lagunar se hace evidente con el agotamiento de los recursos pesqueros, siendo estos medios sobre los cuales giran la mayor parte de las actividades de los pobladores del área. La gente al ver casi agotada su principal fuente de ingresos, se encontró con la necesidad de buscar otros medios de subsistencia en detrimento del parque. Los factores de disturbio más importantes son los relacionados con el cambio de uso del suelo, ya que a pesar de ser un parque nacional, el mismo ha venido perdiendo paulatinamente terreno debido a la apertura de áreas a la agricultura, fruticultura y ganadería, actividades que surgen de los habitantes por conseguir su sustento diario (SEDESOL, 1995).

Ya Madrigal (1986), hacía referencia de la problemática grave del parque debido a diversos factores como la presión económica existente en la región, y la población que habita dentro del parque, cuya trayectoria histórica y actual tiende a la ocupación del espacio potencial que representa el lugar. Esta problemática se agrava por la mala estructuración, funcionamiento y administración del parque desde su designación, al no contemplar que ya existían poblaciones en el área. Gran parte de los habitantes son originarios del lugar, y como tal siguen una serie de actividades tradicionales de antaño, aprovechando los recursos de la zona, motivados por la necesidad de satisfacer sus requerimientos mínimos de sustento.

En cuanto a la pesca, la problemática se presenta cuando los pobladores no respetan las vedas ni las tallas de las especies que pescan, esto porque sus artes de pesca no son las adecuadas, al pescar con redes cuyo diámetro no permite que escapen las crías de especies que la comunidad no utiliza y cuyos restos son arrojados indiscriminadamente a las lagunas (SERBO, 1997). La pesca, si se realiza en forma desmedida, es un riesgo para la estabilidad de los ecosistemas naturales del área, sobre todo si esta actividad es llevada a cabo dentro de las lagunas, ya que se provoca un fuerte impacto sobre la fauna acuática afectando la cadena trófica. Para ello se ha propuesto regular la actividad pesquera dentro de las lagunas y fomentar la creación de viveros de peces, así como cultivos acuícolas de camarón como una alternativa de sustento a los habitantes del área (SEDESOL, 1995).

Un criterio evidente que puede limitar la realización de este estudio, es que la zona pertenece a un parque nacional, y que está contemplado, por parte del gobierno, el que sea nombrado como reserva de la biosfera en los próximos años.

La SEPESCA (1990) había concluido que el sistema lagunar presentaba vocación para el desarrollo de proyectos acuícolas de camarón, pero que se debía resolver el problema de que se encontraba dentro del parque nacional. Sin embargo en años más recientes la misma SEPESCA (1993), a través de la Dirección General de Acuicultura, promovió el diagnóstico, evaluación y ordenamiento ecológico territorial de la Región Costa de

Oaxaca, involucrando proyectos acuaculturales que incluyen cultivos de camarón, y donde está inmerso el Sistema Lagunar Chacahua-Pastoría así como el Parque Nacional de Lagunas de Chacahua.

Por otro lado se han desarrollado en otros lugares de México proyectos recientes como el de Hirose-López, 1995 enfocados en la promoción de la camaronicultura sustentable en áreas protegidas de la costa de Yucatán (Reservas Especiales de la Biosfera "Río de Lagartos" y "Río Celestún"). Con esto se pretende justificar que es posible llevar a cabo este tipo de estudios en áreas naturales protegidas, mientras se busque el desarrollo de una acuacultura congruente con las necesidades sociales, los procesos ecológicos y haciendo uso eficiente e integrado de los recursos del ecosistema.

#### **4.1.2 Objetivo**

Como una propuesta que contribuya a fomentar y aprovechar los recursos naturales del parque y en especial del recurso camarón, y dentro de la línea de investigación del Laboratorio de Acuacultura y Producción Acuática de la UNAM, se plantea la evaluación de las potencialidades y aptitud del territorio para el desarrollo de la acuacultura del camarón en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua a través de un SIG, que permita aportar información para la planeación y desarrollo de cultivos semi-intensivos de camarón en áreas específicas dentro del mismo parque.

Esta evaluación y localización de los sitios más propicios para la acuacultura se plantea que sea dentro de un marco de protección al ambiente, es decir aprovechar aquellas oportunidades que ofrece el parque y el sistema lagunar en cuanto a especies y recursos, y utilizar criterios de menor riesgo y bajo impacto ambiental, sobre todo por la circunstancia de estar localizada la zona dentro de un área natural protegida.

## **4.2. DESARROLLO METODOLÓGICO**

### **4.2.1 Localización y aspectos generales**

El Parque Nacional Lagunas de Chacahua (Figura 4.1), se localiza en la parte suroeste del Estado de Oaxaca, en el Municipio de San Pedro Tututepec, entre los 15° 57' 30" y los 16° 02' 00" de latitud norte y 97° 32' 00" y 97° 47' 00" de longitud oeste. Sus límites son la Bahía de Chacahua y Playa San Juan (Océano Pacífico) al sur, el Río Verde al oeste y con estribaciones de la Sierra Miahuatlán al norte y este. Se encuentra aproximadamente a 57 km al este de la ciudad de Pinotepa Nacional, a 26 km de la cabecera municipal y a 68 km de la localidad de Puerto Escondido (Madrigal, 1986 y SEPESCA, 1990). El Parque Nacional Lagunas de Chacahua fue decretado como tal en 1937 y tiene una superficie de 14,187 ha (3,525 correspondiendo a lagunas y 10,662 a tierras). Es el área natural protegida más importante de las cinco que se localizan en el estado de Oaxaca, presenta la característica de albergar el Sistema Lagunar Chacahua-Pastoría que lo hace especial y que por su diversidad de flora y fauna lo colocan dentro de los parques más importantes del país (SEDESOL, 1995).

La región registra un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, presenta una media anual sobre 26° C y media del mes más frío sobre 18° C. La época de calor se registra principalmente en los meses de mayo a septiembre. La temporada de lluvias está comprendida de junio a mediados de octubre. En general en la zona la precipitación es menor de 1,200 mm al año (SEPESCA, 1990; SEDESOL, 1995).

Fisiográficamente la zona presenta dos tipos de relieve, el de llanura costera que presenta pequeñas ondulaciones y lomas bajas de hasta 60 m.s.n.m. en promedio; y el de lomeríos de 120 m.s.n.m. en promedio. La región presenta dos tipos de sedimentación, una de origen aluvial procedente del efecto de la erosión y escurrimientos de los ríos y, el segundo, hacia la costa de arena y cantos rodados que conforman el cordón litoral (SEDESOL, 1995).

La vegetación circundante que predomina en el sistema son las comunidades de manglar que bordean a las lagunas. Posterior a estas áreas existen comunidades de selvas, y áreas de vegetación de dunas hacia la línea costera (SEPESCA, 1990).

Al sistema lagunar llegan los escurrimientos de ríos y arroyos, que en época de estiaje prácticamente permanecen secos. Los principales son el Río San Francisco y el Río Chacalapa. Destaca también el Río Verde que constituye el límite oeste del parque.

Dentro del parque existen seis cuerpos de agua que integran el sistema lagunar los cuales se encuentran comunicados con el mar, y entre sí, aspecto que le confiere un carácter salobre al agua de dichos cuerpos. De estos los principales son la laguna de Chacahua, laguna de Pastoría y laguna de Salina Grande o Tianguisto, y otras tres lagunas de menor tamaño (Poza de Corraleños, La Palizada y Poza del Mulato) localizadas al norte de la laguna de Chacahua y comunicadas todas ellas por canales angostos que varían entre 2 y 10 m aproximadamente (SEDESOL, 1995).



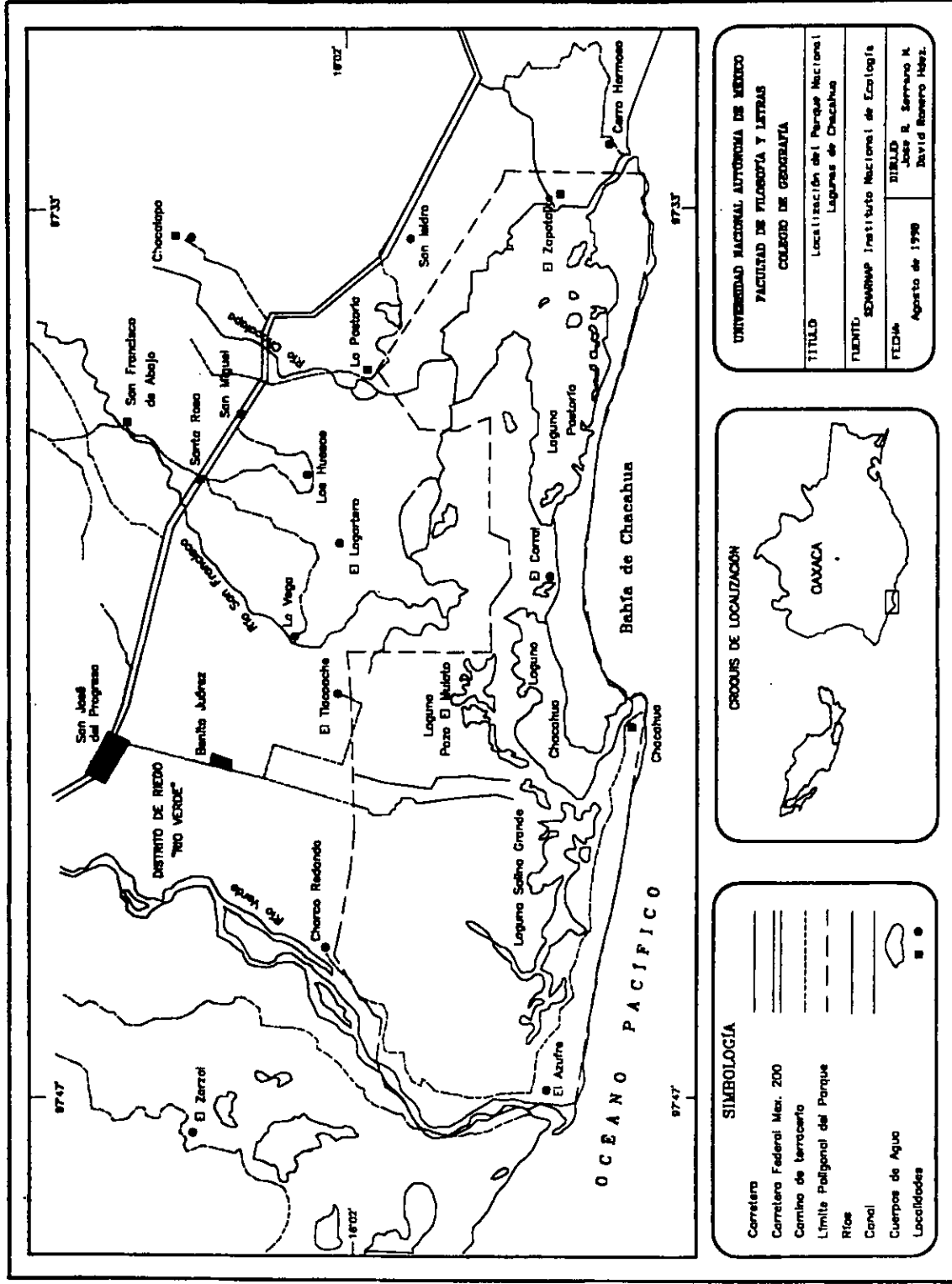


Figura 4.2 Area de estudio del Parque Nacional Lagunas de Chacahua y áreas adyacentes.

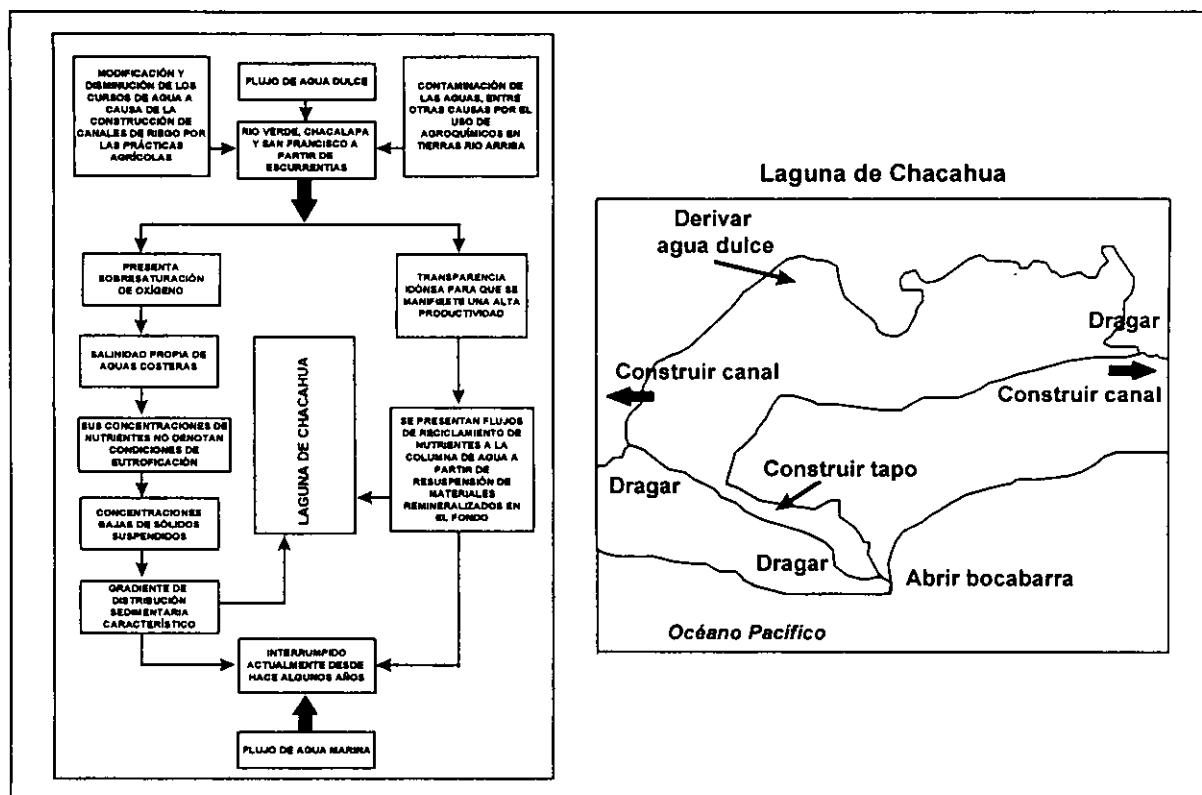
A continuación se detallan algunos aspectos de las tres lagunas principales, acompañadas por un modelo diagramático donde se describen las principales características del diagnóstico obtenido por SEPESCA (1993); así como un esquema donde se detallan las acciones a seguir para el mejoramiento hidrológico de las lagunas con vías hacia un mejor aprovechamiento acuacultural y pesquero.

Es preciso señalar que el diagnóstico de SEPESCA (1993), fue realizado por un equipo multidisciplinario de investigadores, y se basó en trabajo de gabinete y de campo. Para este último se hizo una salida en febrero de 1994, donde fueron muestreadas para el Sistema Lagunar de Chacahua-Pastoría 9 estaciones (3 en cada una de las lagunas). Los parámetros estimados *in situ* fueron: Salinidad, conductividad, Oxígeno disuelto, transparencia, profundidad, corrientes, pH, temperatura ambiente y del agua. En laboratorio se determinaron otra serie de parámetros como: Coliformes, sedimentos, clorofila, nutrientes, materia orgánica, etc. Asimismo se colectó un número de ejemplares de distintas especies acuáticas, y donde fue posible se realizó un recorrido de todo el entorno lagunar, observando las condiciones de las bocas y/o las barras.

El diagnóstico de SEPESCA (1993) en general concluye que las tres lagunas presentan valores y asociaciones comunes en lagunas costeras en condiciones naturales, las condiciones hidrológicas presentan rangos típicos para estos ecosistemas. Aunque hay que señalar que algunos autores, como Contreras (1993), han señalado que Chacahua se encuentra en vías de eutroficación y debido a su pobre hidrodinámica y al cierre de su boca-barra se tiende a una acumulación de nutrimentos que ocasiona el florecimiento de algas verde-azules las cuales flotan en la superficie. Por su parte Pastoría presenta condiciones muy adecuadas para el desarrollo de diversas especies, esto aunado a su comunicación con el mar, sitúa a esta laguna como muy productiva.

La laguna de Chacahua tiene 5.3 km de largo y 2.25 km de ancho y abarca una superficie de 631 ha aproximadamente. Limita al norte con la laguna Poza del Mulato, al este está la laguna de Pastoría con la que se comunica por un canal denominado El Corral, de 2.5 km de largo y 20 m de ancho. Al oeste se localiza la laguna Salina Grande, por el sur desemboca en el Océano Pacífico por un canal de 2 km de largo, cuya barra se abre por temporadas, en forma natural, dependiendo principalmente de la precipitación pluvial pero que actualmente se encuentra cerrada. La profundidad oscila entre 0.98 m y 2.24 m, con excepción de la boca la cual presenta una profundidad de 6 y 7 m (Tellez, 1995).

Para SEPESCA (1993), Chacahua no manifiesta deterioro ambiental, por lo que se considera que esta laguna se ha mantenido en buen estado debido a la circulación que prevalece a través de Cerro Hermoso y de Salinas, no obstante la apertura de la boca-barra de Chacahua, favorecerá sus condiciones, permitiendo incrementar su productividad al ingresar huevecillos, larvas y juveniles de especies marinas, así como su autodepuración.



**Figura 4.2 Modelo diagramático del diagnóstico de la laguna de Chacahua y acciones a seguir para un mejoramiento hidrológico y aprovechamiento pesquero-acuícola (SEPESCA, 1993).**

La laguna de Pastoría es la más grande del sistema lagunar, tiene una superficie aproximadamente de 2026.60 ha, una longitud de 9.903 km y un ancho de 4.928 km. En ella existen varias islas, algunas de ellas de gran importancia ecológica y de conservación para la fauna silvestre principalmente de aves. Esta laguna en su parte oriental, al norte de Cerro Hermoso, se comunica en forma permanente con el mar por medio de un canal más o menos profundo de aproximadamente 1.5 km de longitud dragado por la Secretaría de Marina en 1972, con el fin de mantener la comunicación durante todo el tiempo y evitar el azolvamiento de la boca-barra por el acarreo de arenas (SEDESOL, 1995).

Para Pastoría, su comunicación directa con el Océano Pacífico ocasiona que mantenga altos valores de salinidad (polihalinos). Esta laguna, en general, presenta mejores condiciones ecológicas que Chacahua, por su profundidad (de 3 a 5 m) y por el efecto de la circulación de las aguas y del viento sobre una mayor superficie. Sin embargo es necesario realizar obras de mantenimiento de la boca-barra para evitar el azolvamiento de la misma y coadyuvar a la conservación de una hidrodinámica adecuada de la laguna que proporcione una circulación y depuración eficiente (SEPESCA, 1993).

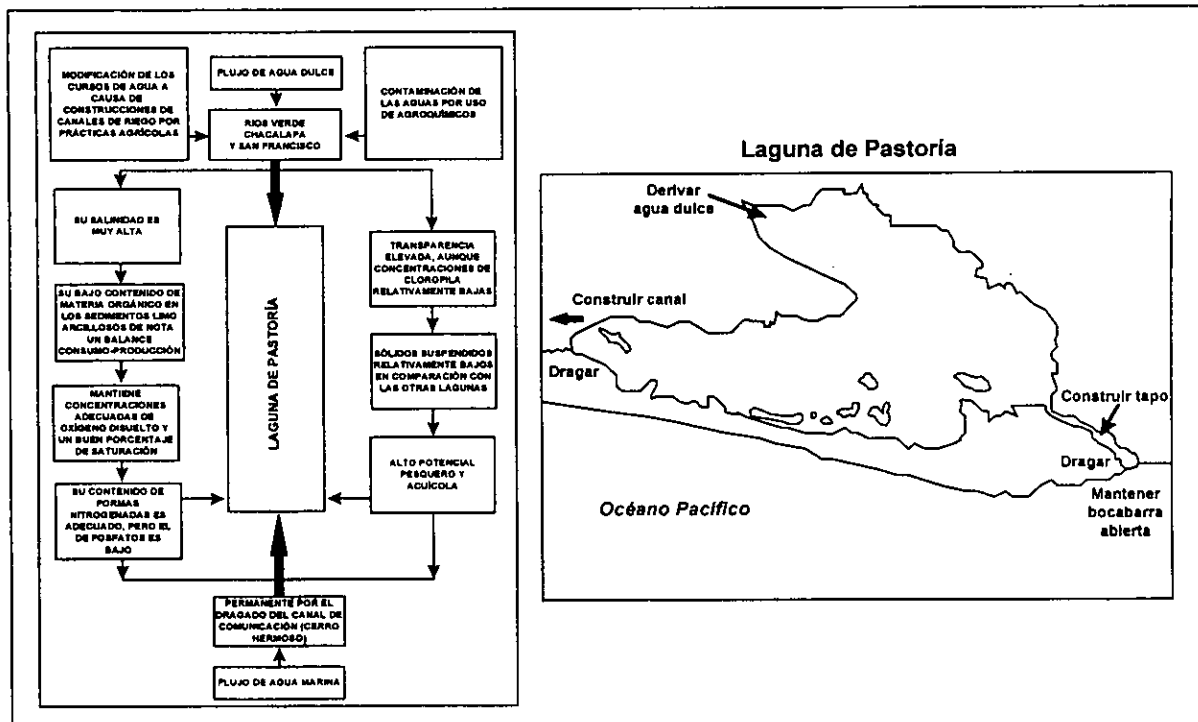


Figura 4.3 Modelo diagramático del diagnóstico de la laguna de Pastoría y acciones a seguir para un mejoramiento hidrológico y aprovechamiento pesquero-acuícola (SEPECSA, 1993).

La laguna Salina Grande tiene una superficie aproximada de 305.21 ha, con una longitud de más de 6 km y anchos que van desde unos metros hasta 1 km. Esta laguna varía mucho en extensión en la época de lluvias y secas. Tanta es su variación que en algunos períodos fuertes de secas la laguna pierde agua paulatinamente hasta desecarse casi en su totalidad, permitiendo el tránsito a través de la misma (SEDESOL, 1995). El lecho lagunar de Salina Grande es somero e irregular. La laguna presenta altos valores de salinidad, influenciados principalmente por aguas de origen marino que se introducen por el canal de la laguna de Pastoría, ya que Salina Grande no tiene comunicación directa con el mar. Su salinidad es adecuada para el desarrollo de flora y fauna, asimismo presenta una alta transparencia y concentraciones adecuadas de nutrientes (SEPECSA, 1993).

En cuanto a la actividad pesquera en el Sistema Lagunar de Chacahua-Pastoría, esta se ha realizado durante mucho tiempo empleando procedimientos rudimentarios, la actividad consiste en la captura de la presa, la aplicación de sal a fin de conservar el producto y posteriormente su venta en el mercado (SEDESOL, 1995).

La pesca artesanal de las lagunas es limitada en cuanto a calidad y cantidad de la producción. Esta es practicada por pescadores individuales que utilizan fuerza de trabajo familiar, embarcaciones pequeñas de madera ("pangas") y artes de pesca rudimentarias como las atarrayas, esta pesca es considerada como de autosubsistencia. Sin embargo existe también la pesca comercial que se practica en forma legal, tanto en las lagunas como en el mar, y que es incompatible con los objetivos del parque. Esta pesca está representada por las Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera (ver ANEXO 2),

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

y los dueños de pesquerías que utilizan trabajo asalariado. Ambos grupos utilizan embarcaciones de fibra de vidrio con motores fuera de borda (Madrigal, 1986; SEPESCA, 1990).

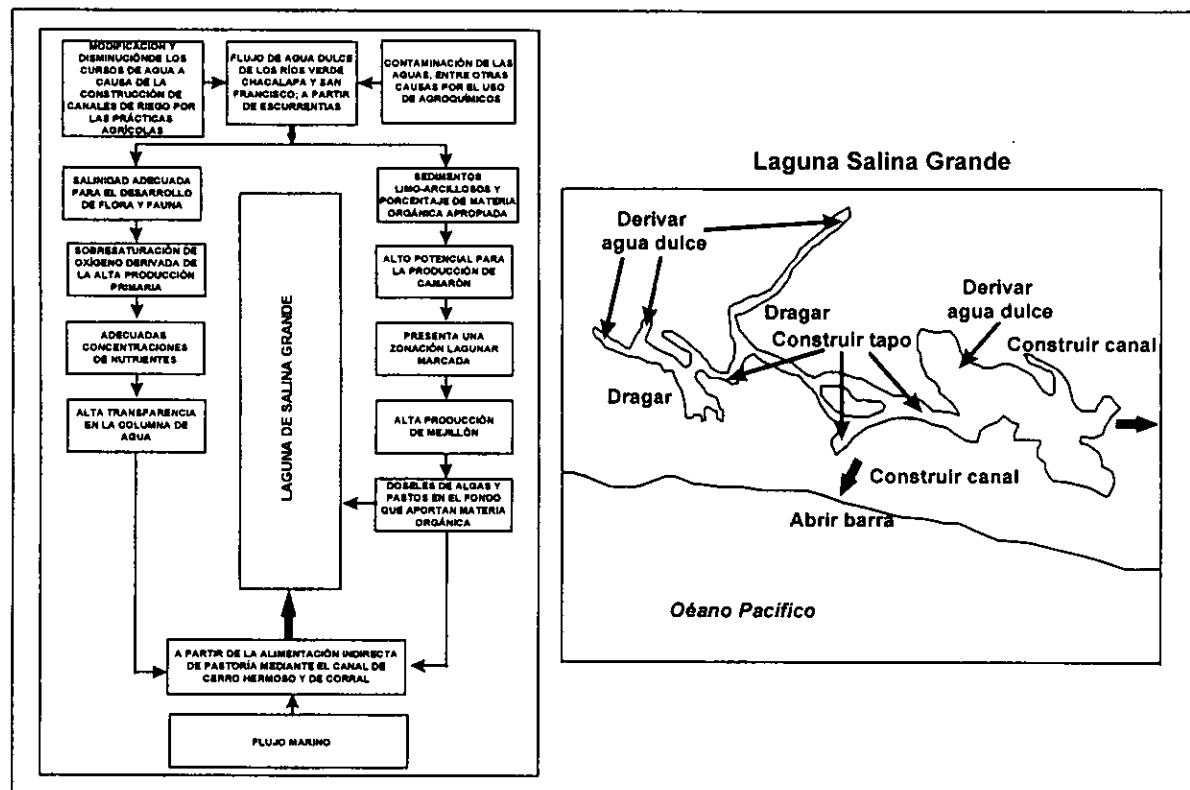


Figura 4.4 Modelo diagramático del diagnóstico de la laguna Salina Grande y acciones a seguir para un mejoramiento hidrológico y aprovechamiento pesquero-acuícola (SEPESCA, 1993).

La principal especie que se captura es el camarón, que constituye una de las principales fuentes de ingresos de la población y que se realiza dentro de las lagunas durante la temporada de agosto a noviembre. Sin embargo esta pesca se ha visto disminuida debido a la variación de las condiciones del sistema lagunar, por la falta de aporte de agua dulce y el cierre de la boca-barra de Chacahua, por lo que la única entrada de postlarvas de camarón es a través de la boca de Pastoría (SEPESCA, 1993; SEDESOL, 1995).

Además del camarón se capturan otros recursos pesqueros cuya importancia comercial se refleja a nivel local. Estas especies son: el bagre, corvina, lisa, mojarra, robalito y peje lagarto (SEPESCA, 1990). También se capturan algunos moluscos tales como mejillones, ostión de mangle, así como jaibas y cangrejos, estos últimos también representan un valor comercial para la población (SEDESOL, 1995). En la región donde se ubica el sistema lagunar no existe infraestructura pesquera bien desarrollada para la recepción, conservación, manejo y transportación del producto pesquero.

### **4.2.3 Estudios previos y selección de factores**

#### **a. Estudios en la zona del Parque Nacional Lagunas de Chacahua**

En la región correspondiente al Parque Nacional Lagunas de Chacahua y al sistema lagunar que lo integra, se han llevado a cabo varios estudios de diferente índole. De esta variedad de trabajos, algunos de los cuales se refieren en Contreras (1993), fueron considerados como antecedentes, aquellos con una relación más próxima con esta tesis.

En primer término se tiene el trabajo interdisciplinario de las Biologías de Campo (1980) de la Facultad de Ciencias, UNAM, enfocado a hacer un diagnóstico y análisis de los recursos naturales y socioeconómicos del parque nacional, para la conservación y aprovechamiento de los mismos. De este trabajo se desprende el de Madrigal (1986) que hace una revisión del grado de deterioro y estado de los recursos naturales del parque, así como una propuesta de zonificación en base a los usos de suelo con el fin de encauzar estrategias de manejo. Tellez (1995), se refiere a aspectos ecológicos del fitoplancton, y realiza una caracterización hidrológica del sistema en un ciclo anual (1982-83), es decir antes del cierre de la boca-barra de Chacahua.

Acerca de trabajos relacionados con la pesca y acuicultura, está el de SEPESCA (1990) que publica una evaluación del sistema lagunar (hidrología, productividad y deterioro) y su área circundante, pretendiendo con esto hacer un diagnóstico para efectuar actividades como la camaricultura. SEPESCA (1993), realiza el "*Ordenamiento Ecológico de la Costa de Oaxaca*" (Figura 4.5), que involucra proyectos de acuicultura y donde queda incluida la zona de estudio de esta tesis. En el, se propone un modelo de ordenamiento ecológico para incorporar a la acuicultura a las actividades productivas de la zona costera dentro de un marco de desarrollo sustentable.

En trabajos más recientes referidos al parque y al sistema lagunar, destaca el de SEDESOL (1995), financiado por el Banco Mundial, donde se realiza el "Plan de Manejo Integral" del mismo parque, y en donde se sientan las bases para el manejo, recuperación, conservación y protección de los recursos naturales y buscar compatibilizarlos con las actividades económicas de los pobladores.

Existe también el trabajo de la Biología de Campo (1996) de la UNAM, donde se realiza una evaluación de la abundancia y algunos índices fisioecológicos de las postlarvas y juveniles de camarón y su aplicación en el desarrollo de un cultivo semi-intensivo en áreas aledañas al parque. SERBO (1997) actualiza la cartografía de uso del suelo y vegetación del parque, y hace una breve revisión de la problemática del mismo.



Figura 4.5 Zona de estudio incluida en el trabajo de SEPESCA, 1993

De la misma forma se han venido realizando en el Sistema Lagunar Chacahua-Pastoría evaluaciones fisioecológicas para entender el desempeño de las especies de camarones peneidos de interés comercial en su ambiente natural y conformar aspectos básicos de la biología de estos organismos para fundamentar las bases de una tecnología de cultivo más firme (Miguel *et al.*, 1996 y Pacheco, 1998).

Calderón *et al.*, (1997), realizan una caracterización de la dinámica ambiental del sistema lagunar en cuanto a variables promedio de temperatura, salinidad, pH, Oxígeno disuelto y sedimentos en la época de lluvias y secas, con miras al aprovechamiento de sus recursos.

Finalmente Huerta (1998), evalúa la problemática pesquera y la disminución de la producción en el Sistema Lagunar Chacahua-Pastoría, provocada por factores físicos y socioeconómicos de la zona como son el cierre de la boca-barra de Chacahua y el abuso de los acaparadores. Asimismo realiza una serie de propuestas prácticas para impulsar el sector pesquero en la zona de estudio y propuestas metodológicas para estudios integrados de la dinámica pesquera desde el punto de vista geográfico.

**b. Aplicaciones con SIG en desarrollo de la acuicultura del camarón**

Se presentan trabajos y los criterios utilizados relacionados con la aplicación de los SIG en la evaluación de las oportunidades e identificación de sitios potenciales para la acuicultura de camarón en zonas costeras.

El trabajo de Kapetsky *et al.*, (1987) realizado en Costa Rica donde se demostró que los datos de un número de parámetros ambientales y económicos pueden ser recopilados de diversas fuentes, introducidos en un SIG e interpretados para evaluar las oportunidades para el desarrollo de la acuicultura e identificar áreas óptimas para cultivos tanto extensivos como semi-intensivos de camarón, así como la cantidad de agua y tierra disponible para dicha actividad. A continuación la Tabla 4.1 muestra los criterios utilizados para estimar el potencial acuícola del cultivo de camarón, las X's indican el criterio individual que fue aplicado para los dos tipos de cultivo:

**Tabla 4.1 Criterios para el cultivo de camarón utilizados por Kapetsky *et al.*, (1987).**

<b>Criterio principal y Subcriterio</b>	<b>Cultivo Extensivo</b>	<b>Cultivo Semi-Intensivo</b>
<b>Salinidad</b>	X	X
<b>Infraestructura</b> - Poblados - Caminos - Ferries (Transbordador) - Plantas de procesamiento - Servicio eléctrico	X	X
<b>Usos del suelo</b> - Calidad del agua - Costos para la adquisición del lugar - Costos para el desarrollo del lugar - Manglares	X	X X X X
<b>Densidad de postlarvas de camarón</b>	X	X
<b>Proximidades</b> - A ríos perennes - A fuentes de agua salada		X
<b>Suelos</b>		X

Fuente: Kapetsky *et al.*, 1987.

El trabajo de Kapetsky (1989) realizado en Malasia, identificó las oportunidades para la cría de camarón en estanques. Los criterios para la ubicación se establecieron con arreglo a las demandas conocidas de la industria. Los datos relativos a cada criterio se obtuvieron de varias fuentes y se introdujeron, integraron y analizaron utilizando un SIG disponible en el mercado. Los criterios aparecen resumidos en la Tabla 4.2.



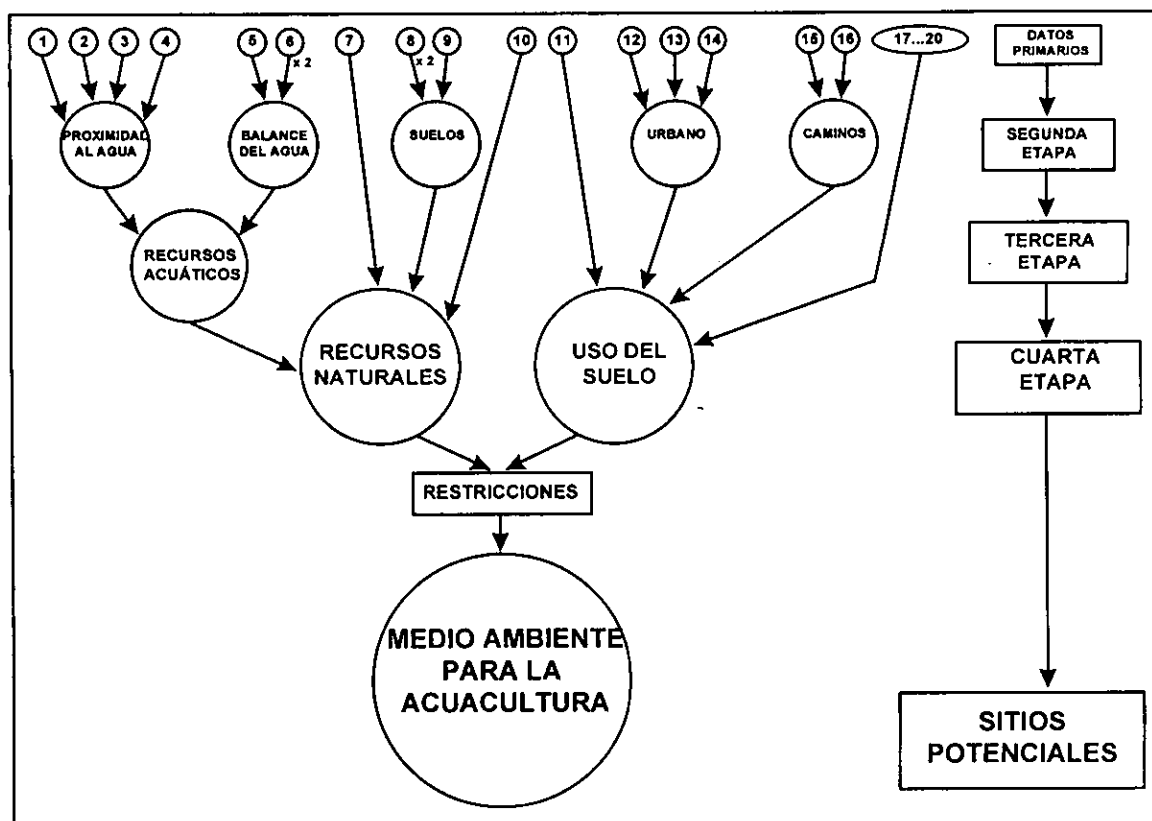
**Tabla 4.2 Principales criterios y subcriterios utilizados para identificar las oportunidades del cultivo de camarón en estanques utilizados por Kapetsky (1989).**

<u>Infraestructura</u> - Carreteras principales - Carreteras secundarias - Ciudades y pueblos
<u>Serie cronológica de la calidad del agua</u> - Nitrógeno amoniacal - Demanda biológica de oxígeno - pH
<u>Calidad del agua y formas de uso del suelo</u> - Usos del suelo - Agricultura - Minería - Límites de los distritos - Límites de las cuencas hidrológicas
<u>Precipitación anual</u> - Isoyetas
<u>Suelos</u> - Concentración hidrogeniónica - Textura
<u>Lugares para la cría de camarón</u>
<u>Datos digitales del SPOT</u>

Finalmente se presenta del trabajo de Aguilar-Manjarrez (1996), los factores seleccionados para la evaluación ambiental del cultivo semi-intensivo de camarón en el Sistema Lagunar Huizache-Caimanero, Sinaloa, México (Tabla 4.3). Asimismo se muestra el esquema de los factores utilizados para dicha evaluación donde los factores fueron agrupados por su naturaleza para facilitar el proceso de análisis (Figura 4.6).

**Tabla 4.3 Factores para la evaluación ambiental del cultivo semi-intensivo de camarón aplicados por Aguilar-Manjarrez (1996).**

RECURSOS NATURALES	CALIDAD DEL AGUA	USOS DEL SUELO
Lagunas Línea costera Ríos y arroyos Agua subterránea Balance anual del agua Balance mensual del agua Temperatura ambiental Textura del suelo Tipos de suelo Topografía	Batimetría Temperatura del agua Oxígeno disuelto Salinidad	Densidad de población Poblados principales Localidades menores Carreteras pavimentadas Vías de ferrocarril Caminos de terracería Brechas Caminos intransitables Agricultura Ganadería Silvicultura Acuicultura

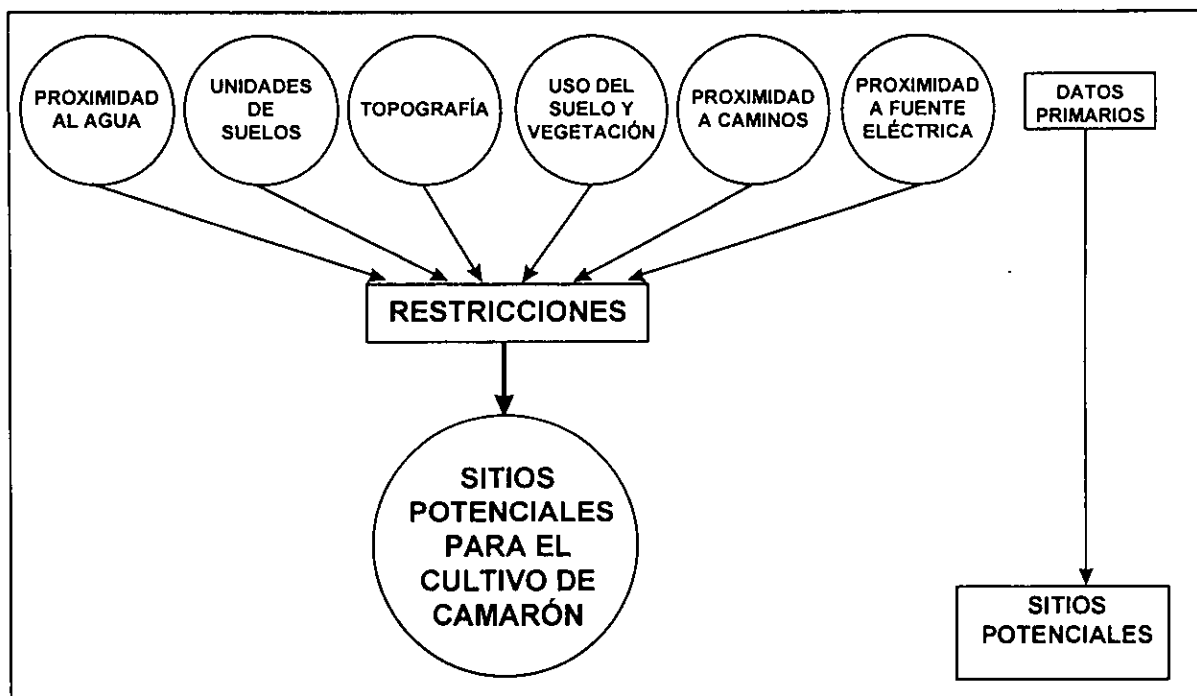


Datos primarios: 1, lagunas; 2, proximidad a la línea costera; 3, ríos y arroyos; 4, agua subterránea; 5, balance anual del agua; 6, balance mensual del agua; 7, temperatura; 8, textura del suelo; 9, tipos de suelo; 10, topografía; 11, densidad de población; 12, poblados principales; 13, otros poblados, 14, localidades menores; 15, carreteras pavimentadas; 16, vías de ferrocarril; 17, agricultura; 18, ganadería; 19, silvicultura; 20, granjas de camarón. Nota: Solo una línea es utilizada de los valores 17-20 para evitar confusiones entre las líneas.

**Figura 4.6 Factores ambientales para el cultivo semi-intensivo de camarón aplicados por Aguilar-Manjarrez (1996).**

Con la revisión de estos antecedentes y de los factores y criterios utilizados por otros autores, así como con la información cartográfica y bibliográfica que fue posible recopilar se hizo la selección de factores (Figura 4.7) para integrarlos dentro de un SIG y realizar un análisis espacial que permitiera localizar y cuantificar los sitios más propicios y que conjunten las mejores condiciones para el desarrollo de proyectos acuícolas, así como los sitios de exclusión o restricción para esta actividad. Asimismo la Tabla 4.4 presenta una relación de la información seleccionada para este estudio.

El área de estudio se circunscribe al Parque Nacional Lagunas de Chacahua, Oaxaca, la base cartográfica creada en formato raster para el vaciado de la información está integrada por 500 filas o renglones x 1,550 columnas con una resolución de pixel de 20 m x 20 m. El área de la zona de estudio comprendió 14,245 ha. El tamaño de pixel elegido fue el apropiado para el análisis este tamaño se basó en los estudios previos (p.e. Aguilar-Manjarrez para el Sistema Lagunar Huizache-Caimanero utilizó un tamaño de 20 m x 20 m); así como en la cartografía digitalizada que fue de 1:100,000 y de 1:50,000.



**Figura 4.7** Esquema de los factores utilizados para la evaluación del potencial para el desarrollo de la acuicultura del camarón en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.

**Tabla 4.4** Información seleccionada para la evaluación del potencial acuícola en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.

VARIABLE/FACTOR	DESCRIPCIÓN	FUENTE DE CONSULTA
Proximidad a recursos acuáticos	Fuentes de agua dulce, salobre y salada de lagunas, ríos y línea costera.	Carta Topográfica 1:50,000 INEGI, 1988.
Unidades de suelos	Tipos de suelos y texturas de las unidades de los suelos.	Mapa de Suelos 1:100,000 de SEDESOL, 1995.
Topografía	Curvas de nivel cada 20 m para crear mapa de elevaciones y pendientes.	Carta Topográfica 1:50,000 INEGI, 1988.
Uso del suelo y vegetación	Distintos tipos de uso del suelo y vegetación natural.	Mapa de Vegetación y Uso del Suelo 1: 100,000 de SEDESOL, 1995.
Proximidad a caminos	Distintos tipos de caminos (pavimentados, terracerías y veredas).	Carta Topográfica 1:50,000 INEGI, 1988.
Proximidad a fuentes de energía eléctrica	Localización de las poblaciones dentro y próximas al parque, que pueden proveer de energía eléctrica.	Carta Topográfica 1:50,000 INEGI, 1988.

NOTA: La Carta Topográfica de INEGI (1988) se refiere a tres cartas (San José del Progreso, E14D84; Río Grande, E14D85 y El Zapotalito, D14B15).

## 4.3 RESULTADOS

### 4.3.1 Proximidad a los recursos acuáticos

El agua en cantidad y calidad apropiada es importante para todos los sistemas de acuicultura. En muchos casos puede considerarse como el factor clave en determinar el sitio a elegir para su desarrollo.

Las causas que hacen variar la cantidad de agua en un determinado lugar son muchas ya que son una función de las particularidades temporales y espaciales del ciclo hidrológico de ese lugar en donde el agua es evaporada de las superficies terrestres y marinas (Meaden y Kapetsky, 1992). Sin embargo en algunas ocasiones esta variación puede deberse no sólo a cuestiones naturales, ya que el hombre también puede influir por los distintos usos que hace del recurso como en la instalación de presas reguladoras o sistemas de riego.

En general existe una clara tendencia a que mientras más cerca se esté de la costa mayor será la cantidad de agua disponible. Lógicamente los ríos aumentan de tamaño a medida que se acercan al litoral, y la precipitación suele ser mayor en las zonas costeras, donde además las tierras son más bajas, y con frecuencia más planas. Esto propicia la existencia de pantanos y lagunas, y una variada gama de ambientes donde es posible la acuicultura (Meaden y Kapetsky, 1992).

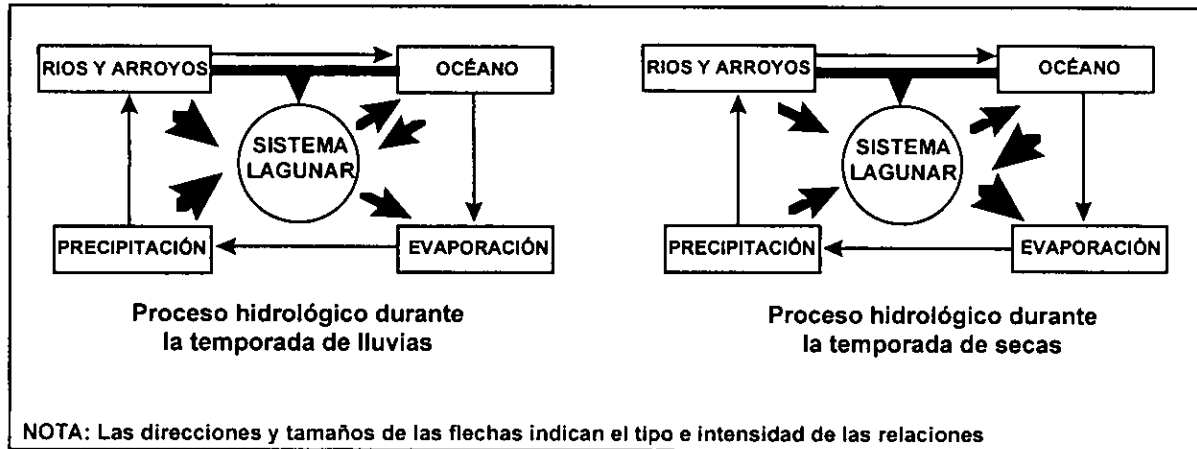
Las fuentes de donde puede provenir el agua son diversas, sin embargo el agua superficial de ríos, arroyos, presas y lagunas son el recurso más accesible. Por su parte el agua subterránea, a pesar que su cantidad es más o menos regular a lo largo del año, es más difícil de obtener. Además esta agua presenta desventajas para la acuicultura como la limitación en el volumen de extracción, alto contenido de sólidos en suspensión y la escasa concentración de oxígeno (FIRA, 1996a).

En el caso del cultivo de camarón el agua puede utilizarse de muchas maneras, ya sea emplazando un cultivo extensivo en un área abrigada adyacente o dentro de una laguna costera; cultivos semi-intensivos que requieren la construcción de canales y estanques que transporten y almacenen el agua; hasta cultivos intensivos que requieren de sistemas de bombeo del recurso. Así en México según FIRA (1996a) los proyectos que se observan con mayor frecuencia, son aquellos que suministran agua de esteros y del mar por medio de "canales de llamada", es decir canales que comunican a la granja con fuentes de agua salada y salobre.

Por esto es importante localizar un sistema de cultivo lo más próximo a una fuente de agua. Esto facilitaría el suministro y utilización del recurso, y por otro lado disminuiría costos de transportación del agua y mantenimiento de los canales y/o tuberías, además se evitarían conflictos por la propiedad de la tierra, y disminución de los impactos que se puedan provocar al medio por el derribe de la vegetación natural.

El Sistema Lagunar Chacahua-Pastoría, constituye como todas las lagunas costeras una frontera ecológica donde los ambientes marino y de agua dulce confluyen. El proceso hidrológico de este sistema lagunar es complejo ya que envuelve una serie de interacciones entre cuatro factores principales: los escurrimientos superficiales, la precipitación local y regional, el ambiente oceánico adyacente, y el aire como medio para transferir calor a través de la evaporación.

La Figura 4.8, basada en el trabajo de Aguilar-Manjarrez (1996), muestra que el Sistema Lagunar Chacahua-Pastoría recibe agua de tres fuentes principales (ríos y arroyos, precipitación y del océano). El flujo oceánico es positivo o negativo dependiendo de las condiciones prevalecientes dictadas por los otros componentes. Asimismo el nivel del agua, así como la cantidad y calidad de la misma, dependen de la prevalescencia de uno o de otro de estos componentes.



**Figura 4.8 Proceso hidrológico del Sistema Lagunar Chacahua-Pastoría.**

Los cuerpos lagunares que integran el sistema ya han sido explicados en el Apartado (4.2.1), a continuación se describen los escurrimientos superficiales y su influencia sobre el sistema.

El Sistema Lagunar Chacahua-Pastoría se ubica en la Subcuenca (d) Río San Francisco, correspondiendo a la Cuenca (C) Río Colotepec dentro de la Región Hidrológica RH-21 llamada Costa de Oaxaca (Puerto Angel) (SEPESCA, 1990). La red hidrológica de la Región 21 se compone de escurrimientos que tienen su origen en las partes altas de la Sierra Madre del Sur, al norte de la región de estudio y su desarrollo es perpendicular a la línea de costa. Los ríos de esta región cumplen dos funciones importantes: la primera se refiere al aporte de sedimentos y a la conformación del relieve que se inicia en las planicies aluviales y termina en la planicie costera; y la segunda, al aporte de agua a las lagunas costeras y a las partes más bajas (SEPESCA, 1993).

Dentro de los principales escurrimientos del área de estudio se encuentra el Río Verde, mismo que es el límite del parque nacional en su parte oeste. Su cuenca de captación es muy amplia (18,464 Km<sup>2</sup>), además de que posee un gran caudal y capacidad de carga. Tiene sus orígenes en la Sierra Madre del Sur, a 2,400 m.s.n.m. La influencia de este río en el sistema lagunar es indirecta, ya que desemboca en el Océano Pacífico (al oeste de Chacahua). Sin embargo en la época de lluvias se desbordaba a la altura del parque y aún más hacia el norte, lo que significaba un aporte importante de agua dulce a las lagunas. Pero con la construcción de un bordo paralelo a dicho río, la derivación de canales agrícolas los cuales escurren en la parte norte del sistema lagunar, así como por un flujo relativamente constante del caudal, se ha evitado de cierta forma dicho desbordamiento, lo que significa menor volumen de agua captado por las lagunas.

Actualmente las lagunas son alimentadas por el drenaje del sistema agrícola Río Verde ubicado al noroeste de Chacahua (SEPESCA, 1993; SEDESOL, 1995).

Por otro lado se tienen los Ríos San Francisco y Chacalapa, ambos nacen fuera del parque desembocando en la parte norte de las lagunas. Los dos ríos son de tipo intermitente y aportan, junto con una serie de pequeños escurrimientos efimeros de menor importancia, agua dulce a las lagunas así como nutrientes.

Así pues la relación que existe de las lagunas con el agua dulce es básicamente a través de la lluvia propiamente dicha y los escurrimientos superficiales a través de los Ríos San Francisco y Chacalapa, los cuales en la época de estiaje permanecen secos, esto debido a que se encuentran afectados por las condiciones climáticas locales y lo reducido de sus cuencas de captación.

El Río Chacalapa desemboca en la parte norte de la laguna de Pastoría. Por su parte el Río San Francisco parte de su caudal desemboca en la laguna Poza de Corraleños (a 4 km del mar aprox.) misma que posteriormente se suma a las aguas de las otras lagunas colindantes (SEDESOL, 1995).

Para evaluar la disponibilidad del agua para proyectos acuícolas se realizó la proximidad a las fuentes que pueden proveer del recurso, tanto de agua dulce, salobre, como salada, es decir proximidad a ríos, lagunas y línea costera.

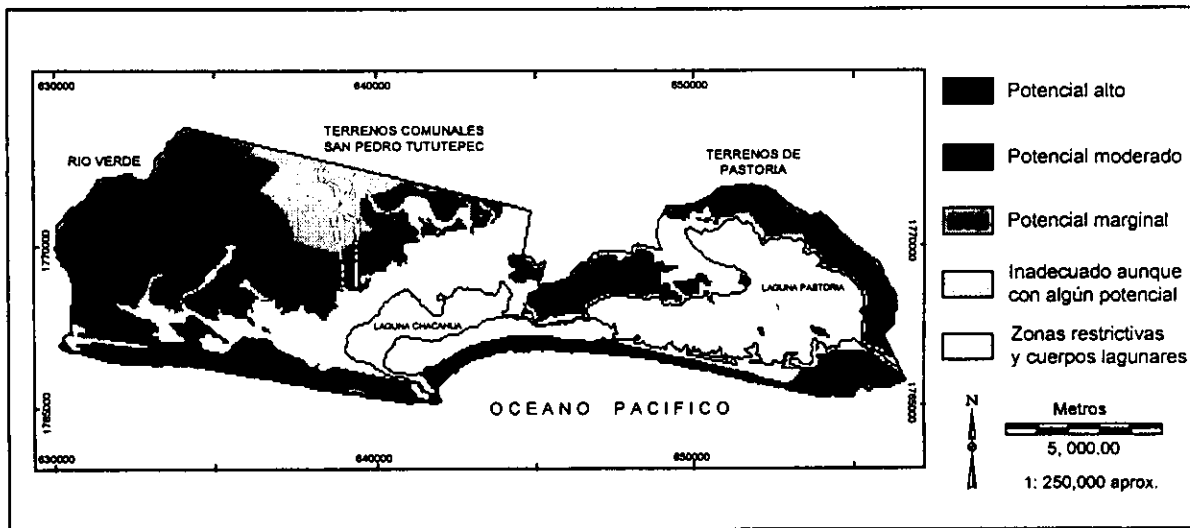
En base a esto se utilizaron los criterios de proximidad aplicados por Aguilar-Manjarrez (1996), que buscan la cercanía con las fuentes de agua (lagunas, mar y ríos) y así tener una mejor oportunidad de obtenerla (Tabla 4.5).

**Tabla 4.5 Criterios de ponderación de la proximidad a los recursos acuáticos para la acuacultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.**

INTERPRETACIÓN	VALOR
Muy adecuado, bajos costos y poco daño al ambiente (p.e. en la construcción de canales de llamada para los estanques).	4
Proximidad de: 0 - 1 km a lagunas perennes, línea costera y Río Verde 0 - 250 m a lagunas y ríos intermitentes	
Moderadamente adecuado, algunos costos y daño al ambiente.	3
Proximidad de: 1 - 2 km a lagunas perennes, línea costera y Río Verde 250 - 500 m a lagunas y ríos intermitentes	
Proximidad marginal, altos costos y daño al ambiente.	2
Proximidad de: 2 - 3 km a lagunas perennes, línea costera y Río Verde 500 - 750 m a lagunas y ríos intermitentes	
Sitios distantes, altos costos, daño al ambiente.	1
Proximidad: > 3 km a lagunas perennes, línea costera y Río Verde > 750 m a lagunas y ríos intermitentes	

Fuente: modificado en base a Aguilar-Manjarrez, 1996.

Para esta operación se utilizó una operación de distancia del SIG. Así, aquellos sitios más cercanos a la fuentes de agua fueron considerados con mayor potencial porque los costos serían menores (p.e. para bombeo e/o instalación de tuberías) y los canales de llamada para los estanques serían más cortos con lo que se causaría menos daños al ambiente. Asimismo (como se observa en la Tabla 4.5) se utilizó una proximidad mayor a lagunas y ríos intermitentes ya que estos al perder su aporte y volumen de agua durante la temporada de secas el acceso al recurso en estas áreas se dificulta, por lo que la proximidad debe ser mayor. La Figura 4.9 muestra la localización de los lugares para este criterio.



**Figura 4.9 Factor proximidad a los recursos acuáticos y su potencial para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.**

Se presentan áreas con un potencial alto hacia la parte sur del área de estudio a todo lo largo de la línea costera, así como en áreas contiguas a la misma, esto favorecido por la proximidad de la costa y de las lagunas. Sin embargo estas áreas podrían presentar la problemática de carecer de fuentes de agua dulce, a excepción de las áreas próximas a la desembocadura del Río Verde. Por ello, es necesario investigar la posibilidad de extracción de agua subterránea que podría abastecer de agua dulce a estas áreas tomando en cuenta el volumen de extracción posible y los peligros de intrusiones de agua salina.

En cuanto a las áreas con potencial moderado y marginal, cabe destacar algunas de ellas que presentan ventajas. Las áreas localizadas al norte de la laguna Salina Grande y próximas al Río Verde presentan la posibilidad de acceso al agua dulce y salobre, lo mismo sucede con las áreas al norte de la laguna de Pastoria próximas a las desembocaduras de los Ríos Chacalapa y San Francisco con la limitante de ser corrientes intermitentes por lo que el acceso al agua dulce sería irregular.

Finalmente el área con el potencial más bajo y localizada al noroeste de la laguna de Chacahua presenta las limitantes de encontrarse distante a cualquier fuente de agua y por otro lado próxima a los canales de desagüe agrícola del distrito de riego, que como se ha mencionado, presentan el inconveniente y la posibilidad de transportar residuos de agroquímicos por lo que el uso de esta agua podría no ser adecuado.



### 4.3.2 Unidades de suelos

La identificación y evaluación de los suelos es un aspecto muy importante para el desarrollo, manejo y selección del lugar para la acuicultura. Esto es de particular importancia para el caso de las granjas basadas en estanquería, donde el tipo y la calidad del suelo tiene una gran influencia en los costos de construcción, mantenimiento, y en la productividad de los estanques (Aguilar-Manjarrez, 1996). Es importante para ello identificar las propiedades físicas de los suelos como tamaño de partículas, dureza, plasticidad, permeabilidad y composición, que determinan las alternativas de calidad de los estanques. Así como las propiedades químicas que regulan la reacción del suelo con el agua, determinando el pH, que a su vez favorece al limitar las condiciones de vida de microorganismos que pueden ser aprovechados como alimento para los organismos cultivados, lo que permite disminuir o incluso eliminar la alimentación externa en la producción de camarón (Meaden y Kapetsky, 1992; FIRA, 1996a).

En la Tabla 4.6 aparecen resumidas las propiedades más importantes de los suelos para la acuicultura.

**Tabla 4.6 Propiedades más importantes de lo suelos para la acuicultura.**

PROPIEDADES FÍSICAS	PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	PROPIEDADES BIOLÓGICAS
Dureza y capacidad de retención del agua	Intercambio iónico	Presencia de materia orgánica
Estructura adecuada del suelo para los requerimientos físicos	Capacidad de los elementos del suelo	Presencia de nutrientes asimilables que transformen la biomasa
Substrato biológico	Reacción ácida/alcalina	
	Presencia y posible lavado de los iones y componentes químicos	
	Adsorción y capacidad de cohesión de la estructura del suelo	

Fuente: Coche y Laughlin, 1985; tomado de Aguilar-Manjarrez, 1996.

Una de las más importantes características del suelo es su capacidad de retención del agua. Un buen suelo debe contener materiales impermeables lo suficientemente gruesos para impedir una excesiva infiltración. Las arcillas y limos son usualmente adecuados para este fin. Asimismo los bordes u orillas de los estanques y los cimientos de los diques deben ser levantados con material lo suficientemente compacto para soportar la estructura y resistir el movimiento del agua. Los materiales que proveen una buena cimentación se basan en la mezcla de suelos con textura finas y gruesas tales como grava-arena-arcilla, grava-arena-limo, arena-arcilla y arena-limo (Wang y Fast, 1992 en Aguilar-Manjarrez, 1996).

Para la evaluación de los suelos se utilizó la información y cartografía de SEDESOL (1995) basada en las cartas edafológicas editadas por INEGI (1981) escala 1:1,000,000 y 1:250,000; así como en la interpretación de fotografías aéreas y muestreo de 11 pozos pedológicos, con el fin de establecer unidades de vegetación, uso del suelo y topografía y su relación con el tipo de suelo. Con esto se definieron 11 grupos edáficos (Tabla 4.7), utilizando para ello la nomenclatura de la FAO/UNESCO.

**Tabla 4.7 Grupos de suelos y clases texturales del Parque Nacional Lagunas de Chacahua (SEDESOL, 1995).**

Grupos de suelos	Clases texturales
Solonchak takríco Regosol éutrico Gleysol mólico Gleysol calcárico Fluvisol calcárico Fluvisol tiónico Feozem calcárico Feozem gleyico Feozem háplico Litosol	1. Textura gruesa (arena, arena-migajosa, migajón -arenoso)  2. Textura media ( franca, migajón-limoso, limo-migajón, arcillo-arenoso migajón-arcilloso)  3. Textura fina (arcilla-arenosa, arcilla-limosa, arcilla-media, arcilla-fina)

Sin embargo algunos de estos grupos están representados en complejos de suelos que están asociados dentro de una condición del parque, es decir asociaciones de suelos. Estos grupos y asociaciones de suelos conforman las diversas unidades de suelo que son representadas en el mapa de SEDESOL (1995); en este mapa también se agregó la principal clase textural de la unidad edafológica cartografiada.

Para realizar la clasificación y el mapa de unidades de suelos de acuerdo a sus características y aptitud para el desarrollo de la acuicultura, fue utilizada la información de SEDESOL (1995) y los criterios de Aguilar-Manjarrez (1996) para texturas (Tablas 4.8 y 4.9) y tipos de suelo (Tabla 4.10). El autor considera en su trabajo a la textura como la principal característica para proyectos acuícolas, donde los suelos con texturas finas son considerados como los más apropiados.

**Tabla 4.8 Criterios de clasificación de Aguilar-Manjarrez (1996) para texturas de suelos y su potencial acuícola.**

INTERPRETACIÓN	VALOR
Textura fina, muy útil para la construcción de estanques.	3
Textura media, útil para los estanques.	2
Textura gruesa, presentan dificultad para la construcción de estanques.	1

**Tabla 4.9 Resumen de las principales características texturales y permeabilidad de los tipos de suelo del Parque Nacional Lagunas de Chacahua, información basada en SEDESOL (1995) y clasificación basada en Aguilar-Manjarrez (1996).**

TIPO DE SUELO	CARACTERÍSTICA TEXTURAL Y PERMEABILIDAD	CLASIFICACIÓN
Gleysol mólico y calcárico	El drenaje de estos suelos es deficiente, esto es debido principalmente a la textura fina que poseen formando una estructura masiva y de poca porosidad no permitiendo la infiltración del agua hacia el subsuelo.	3
Solonchak takirico	La permeabilidad está fuertemente relacionada con la textura de sus horizontes. En los primeros 30 cm de profundidad predomina la clase textural arcillo-limosa, lo cual ocasiona una estructura laminar masiva de consistencia firme que hace difícil la filtración del agua de lluvia o la proveniente de las lagunas. Esto ocasiona, durante un prolongado periodo, la presencia de un manto freático de varios centímetros de espesor. Lo anterior a pesar del drenaje rápido del subsuelo que presenta una textura de migajón arcillo-arenosa desde los 60 cm de profundidad.	2
Feozem háplico, calcárico y gléyico	Las primeras capas tienen texturas medias como el migajón arcillo-arenoso a migajón arcillo-limoso; al menos en los primeros 10 cm de profundidad, presentando una estructura desarrollada con una permeabilidad moderada. Posteriormente presentan capas arcillosas de textura fina con una permeabilidad generalmente lenta entre los 30 y 85 cm y muy lenta después.	3
Fluvisol calcárico y tiónico	Presentan capas alternadas de arena, arcilla o grava, que son producto del acarreo de dichos materiales por inundaciones o crecidas no muy antiguas, ya que tanto el Río Verde y el Chacalapa llegaban a desbordarse frecuentemente en la temporada de lluvias, cubriendo una buena parte del terreno firme. El fluvisol calcárico, que es el predominante, presenta una textura en los primeros 40 cm de arcillo-limosa, sin embargo el drenaje es moderado. Conforme se descende la textura se va haciendo más arenosa (de arcillo-arenosa hasta areno-migajosa) proporcionándole al subsuelo una filtración muy rápida.	2
Regosol eútrico	Tiene texturas gruesas; la permeabilidad es lo suficientemente rápida para evitar inundaciones de los mismos, esto es gracias a la textura gruesa que predomina con numerosos poros intersticiales entre los granos de arena. Las texturas que dominan van desde arenosa a migajón-arenoso y no varían en gran medida con la profundidad.	1
Litosol	Su textura es generalmente de arena-migajosa a migajón-arenoso.	1

Fuente: modificado en base SEDESOL (1995), información basada en la Carta Edafológica del INEGI, 1981 1:250,000.

**Tabla 4.10 Resumen de las principales características de los tipos de suelo del Parque Nacional Lagunas de Chacahua, información basada en SEDESOL (1995) y clasificación basada en Aguilar-Manjarrez (1996).**

TIPO DE SUELO	CARACTERÍSTICAS	CLASIFICACIÓN
Gleysol mólico y calcárico	Son los predominantes de las áreas cubiertas por bosques de manglar. Se caracterizan por ocurrir en situaciones de constante humedad, saturación o inundación, siendo que están sujetos a periodos largos de anaerobismo. Abarcan aproximadamente 2,667 ha, representando el 19% de la superficie total del parque. A diferencia de los Solonchak, estos suelos no llegan a presentar una salinidad elevada, esto es porque generalmente permanecen húmedos, de esta manera no se permite una acumulación excesiva de sales.	4
Solonchak takínico	Ocupan el 3% de la superficie total del parque. Su principal característica es la alta salinidad que presenta en los horizontes superiores y en menor grado en las capas del subsuelo. Por consecuencia, se les puede identificar por la existencia de una costra delgada de sal sobre su superficie, producto de las prolongadas inundaciones de agua salobre que provienen de las lagunas del parque. Esta agua en la época de sequía llega a evaporarse depositándose las sales que se hayan disueltas en ella. Estos suelos se localizan en las zonas aledañas de las lagunas sobre terrenos completamente planos formando casi un continuo que separa al bosque de mangle con los demás tipos de vegetación.	3
Feozem háplico, calcárico y gléyico	Ocupan, donde son principales dentro de diversas asociaciones con otros grupos, una superficie aproximada de 3,768 ha del parque (26.6%). Se encuentran distribuidos principalmente en las planicies del sistema y en los bajos de los cerros, sustentando diversos tipos de vegetación. Se caracterizan por presentar una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes que se satura periódicamente con agua y prácticamente no se erosionan.	2
Fluvisol calcárico y tónico	Este grupo se localiza en los terrenos de las márgenes del Río Verde y Chacalapa, y se caracteriza por estar formado por materiales acarreados por agua, son suelos aluviales muy poco desarrollados. Se encuentran estrechamente asociados con feozems cuya dominancia de estos últimos crece hacia el interior del parque, tierra adentro. El fluvisol calcárico es altamente calcáreo presentando una buena fertilidad por lo que son aprovechados por la agricultura y ganadería.	2
Regosol eútrico	Predomina sobre la costa del parque abarcando la playa y la zona de vegetación de dunas costeras. También se encuentran asociados con litosoles y feozems en los cerros con vegetación de selva baja caducifolia. Cuando son dominantes ocupan el 25% de la superficie del parque. Son característicos por presentar material no consolidado y llegan a ser someros, no obstante los regosoles de las playas y dunas son profundos y su superficie es arenosa. Existe una alta pedregosidad de ladera con rocas derivadas de gneis y esquists en los cerros del área.	1
Litosol	Estos suelos se caracterizan por tener una profundidad menor de 10 cm hasta la roca. Se localizan en las áreas rocosas de los cerros. Para el caso del parque, los suelos de litosol generalmente se encuentran asociados a regosoles, sustentando vegetación de selva baja caducifolia principalmente. Estos suelos presentan una fuerte susceptibilidad a la erosión.	1

Fuente: modificado en base a SEDESOL (1995), información basada en la Carta Edafológica del INEGI, 1981 1:250,000.

Con esta información fue posible realizar la clasificación de las unidades de suelo, que a continuación se presenta (Tabla 4.11), así como la interpretación de la misma (Tabla 4.12).

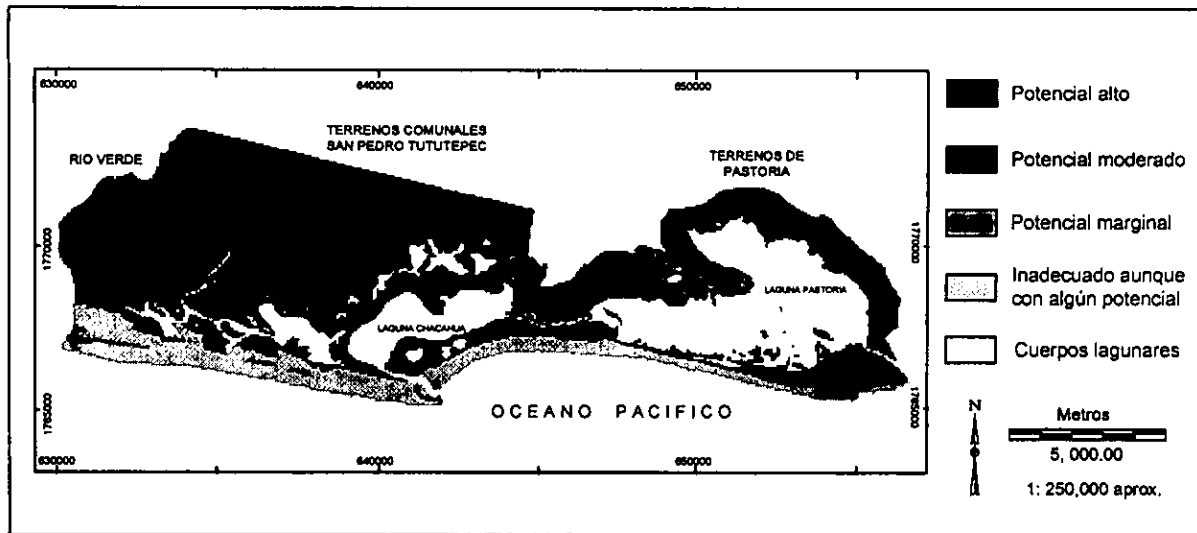
**Tabla 4.11 Clasificación de las unidades del suelo de acuerdo a su aptitud para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.**

Unidades del suelo	Clasificación
Gleysol calcárico y Gleysol mólico (Textura Fina)	4
Gleysol mólico y Gleysol calcárico (Textura Fina)	4
Solonchak takírico (Textura Fina)	3
Feozem gléyico (Textura Fina)	3
Feozem calcárico y Feozem háplico (Textura Fina)	3
Feozem calcárico y Fluvisol calcárico (Textura Fina)	3
Feozem háplico y Regosol eútrico (Textura Fina)	3
Fluvisol tiónico (Textura Fina)	2
Fluvisol calcárico y Feozem calcárico (Textura Media)	2
Regosol eútrico, Feozem háplico y Litosol (Textura Media)	2
Regosol eútrico (Textura Gruesa)	1
Litosol (Textura Gruesa)	1

**Tabla 4.12 Criterios para la ponderación de las unidades del suelo para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.**

INTERPRETACIÓN	VALOR
Suelos arcillosos, con baja permeabilidad. Textura fina muy útil para la construcción de estanques.	4
Suelos con moderada capacidad de drenaje. Textura fina a media útil para la construcción de estanques.	3
Suelos que presentan cierta dificultad para construir estanques. Suelos aluviales, suelos pegajosos. Textura media a gruesa.	2
Suelos con alta permeabilidad, muy inadecuados para la construcción de estanques. Textura gruesa.	1

La Figura 4.10 muestra la distribución de las áreas encontradas por este criterio para el desarrollo de la acuicultura.



**Figura 4.10** Factor unidades de suelos y su potencial para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.

Las unidades de suelos con el mayor potencial se localizan prácticamente alrededor de las lagunas costeras. Son suelos que presentan adecuadas propiedades y composición para la acuicultura, pero sobre todo una textura fina muy útil para la construcción de estanques. Sin embargo se deben tener presente algunas limitantes que podrían afectar el desarrollo de proyectos acuiculturales. En primer lugar estos suelos son los predominantes de las áreas cubiertas por bosques de manglar, por lo que en caso que se talaran, se podrían generar condiciones de acidez en los suelos, que afectarían al cultivo de camarón. Así mismo estos suelos ocurren en zonas que están permanente o constantemente sujetos a periodos largos de inundación, que podrían afectar la construcción de estanques.

Los suelos con potencial moderado ocupan una considerable extensión hacia la parte oeste y noroeste de la zona, son suelos favorecidos por presentar una textura fina primordialmente y una permeabilidad de moderada a lenta, además de localizarse en las planicies del sistema y en las partes bajas de los cerros. Sin embargo se debe considerar que estos suelos sustentan diversos tipos de vegetación algunos de los cuales con estratos arbóreos bastante desarrollados. Para algunos de estos suelos se deben revisar las posibles limitantes en los horizontes superiores como la alta salinidad y la presencia de capas ricas en materia orgánica.

En cuanto a los suelos con potencial marginal, presentan limitantes como un drenaje que va de moderado a rápido y una textura que se va haciendo más arenosa conforme se descende en los horizontes. Se debe considerar que algunos de estos suelos se desarrollan en los cerros y en algunos casos presentan una alta pedregosidad. Por otra parte las unidades de suelos que se desarrollan en las márgenes de los Ríos Verde y Chacalapa presentan el inconveniente de estar constituidos por materiales aluviales acarreados y de ser poco desarrollados por lo que se hacen inconvenientes para la construcción de estanques.

Por último las áreas consideradas inadecuadas aunque con algún potencial se localizan en la parte sur del área del parque, adyacente a la línea costera. Son suelos que presentan como principal limitante la de estar constituidos por materiales no consolidados y por presentar una textura gruesa que va de arenosa a migajon-arenosa por lo que la permeabilidad es alta y las filtraciones son muy rápidas.

### **4.3.3 Topografía**

Este factor determina qué tanto el proyecto se puede integrar o acondicionar al terreno natural. El proyecto debe adecuarse a los niveles del terreno, procurando respetar las pendientes naturales y almacenar el mayor volumen de agua. Conviene recordar que la altura de las elevaciones y valles ubicados en el terreno o fuera de él influyen en el viento, las precipitaciones, la radiación solar y la temperatura. Asimismo en el diseño de los estanques es más importante la adecuación a las condiciones topográficas, que el trazo de líneas ortogonales y figuras geométricas que no toman en cuenta la curvatura ni las condiciones del terreno (FIRA, 1996a). Por lo anterior el principal objetivo fue el de identificar áreas adecuadas para la construcción de estanques, siendo las consideraciones básicas la elevación y la pendiente del terreno.

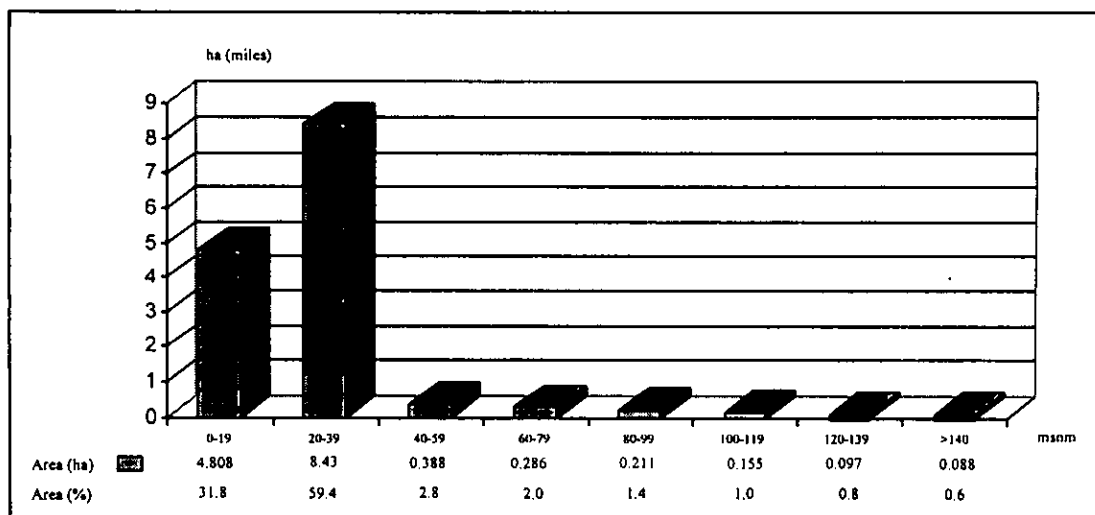
Una pendiente suave menor del 2% es altamente deseable para la acuicultura. Tal pendiente permite el transporte por gravedad del agua, de y hacia los estanques y provee de un eficiente drenaje. Las áreas costeras donde la acuicultura del camarón es practicada usualmente tienen una pendiente mucho menor a 1% (Meaden y Kapetsky, 1992).

El relieve de la zona de estudio es en general plano, dado que corresponde a la llanura de inundación del Río Verde, a la de los Ríos San Francisco y Chacalapa y a las riberas de las lagunas y cordón litoral, sin embargo existen una serie de elevaciones. Hacia el oeste el relieve es montañoso, al igual que hacia el este y noreste, correspondiendo a estribaciones y pequeños valles intermontanos de la Sierra Madre del Sur (Madrigal, 1986).

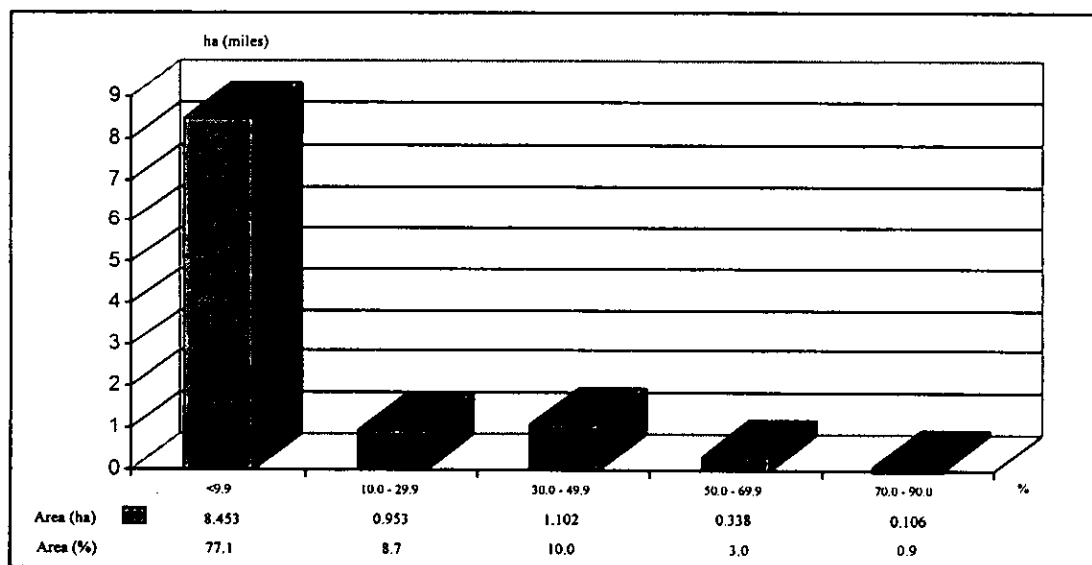
Fisiográficamente, la zona en que se localiza el parque es de llanura costera asociada con lagunas costeras con fase inundable, y con lomeríos bajos de pendientes suaves y cerros de mediana altura en las que se incluyen los cerros Hermoso, Zapotalito y Pastoría. La elevación del terreno en el parque va desde el nivel del mar hasta la cima más alta, que es la de Cerro Hermoso con 240 m.s.n.m. Asimismo, existen varias elevaciones que van desde lomas bajas de 40 a 60 m.s.n.m. y cerros de 120 m.s.n.m. en promedio (SEDESOL, 1995).

En la Figura 4.11 se puede observar como casi el 90% del terreno se ubica entre el nivel del mar y los 40 m.s.n.m. En lo que respecta a la pendiente (Figura 4.12) en general el terreno es casi plano con pendientes menores del 10% en su mayoría. La pendiente que presentan los cerros en promedio va de moderada a fuerte (60%).





**Figura 4.11 Intervalos de altitud del Parque Nacional Lagunas de Chacahua (SEDESOL, 1995).**



**Figura 4.12 Intervalos de pendiente del Parque Nacional Lagunas de Chacahua (SEDESOL, 1995).**

Para la integración de este factor se digitalizaron las curvas de nivel del área del parque a escala 1:50,000 basado en el mapa editado por INEGI (1988), para obtener mediante el modulo de SLOPE dentro de IDRISI el mapa de pendientes. El mapa fue entonces reclasificado basado en los rangos determinados por Kapetsky en 1994 y tomados de Aguilar-Manjarrez (1996) (Tabla 4.13).

**Tabla 4.13 Criterios de clasificación de los rangos de pendiente para la acuicultura.**

PENDIENTE DOMINANTE (%)	INTERPRETACIÓN	VALOR
0 - 2	Adecuado para la construcción de estanques.	4
2 - 5	Moderadamente adecuado.	3
5 - 8	Marginalmente adecuado.	2
8 - 30	Inadecuado, muy empinado para los estanques.	1

Fuente: Basado en Kapetsky 1994, tomado de Aguilar-Manjarrez 1996.

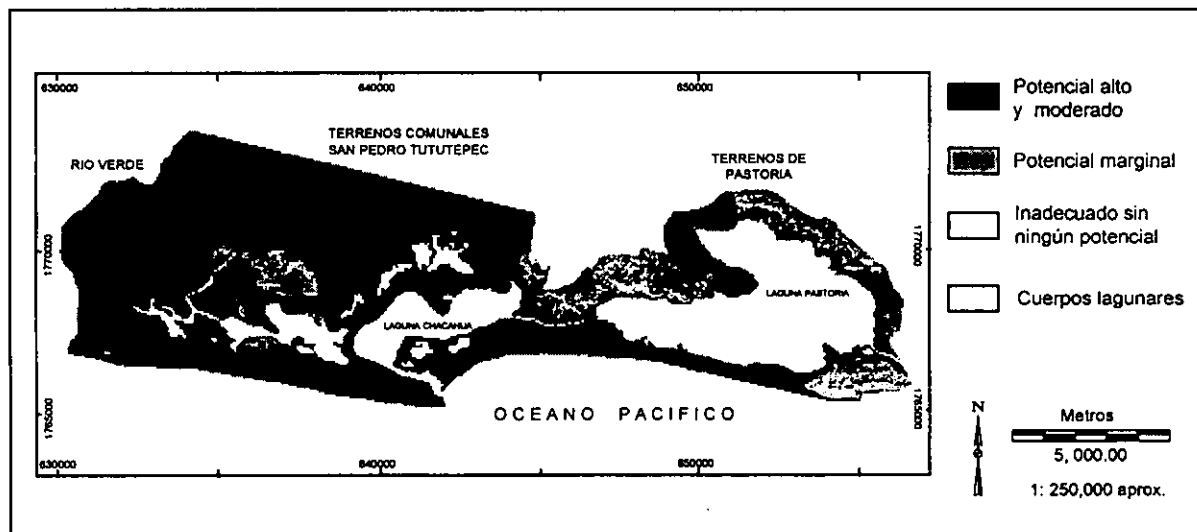
Sin embargo al desplegar en pantalla el mapa de pendientes resultante con la clasificación de la Tabla (4.13) se observó que presentaba una serie de datos incorrectos que no mostraban realmente los datos de pendiente sobre el terreno. Esto se debió a que por ser el área una zona casi plana (la mayor parte con altitudes menores de 40 m.s.n.m. ver Figura 4.11) se presentó una carencia de información de alturas del relieve (curvas de nivel) que no permitió una apropiada interpolación de las mismas y la confección de un adecuado mapa de pendientes.

Debido a lo anterior se decidió por utilizar el mapa de altitudes, donde se observó que la mayoría de las pendientes con baja clasificación para la acuicultura (desde valor 3 a 1 en la Tabla 4.13) se encontraban en el área de los lomerios por arriba de los 20 m.s.n.m. y hasta las cimas máximas (240 m.s.n.m.). Estas áreas fueron consideradas con bajo potencial para la acuicultura e inclusive algunas de estas como restrictivas. Además se asumió que las áreas más aptas para la acuicultura se encuentran por debajo de los 20 msnm y que presentaban en su mayoría pendientes del 0 al 2%.

Esto llevó a conjuntar el mapa de pendientes, con el de altitudes para obtener un mapa donde las áreas con mayor potencial fueron para aquellas por arriba de los 0 m.s.n.m. y por debajo de los 20 m.s.n.m. y que presentaban pendientes del 0 al 2%. Asimismo se definió otra clase para las áreas por arriba de los 20 m.s.n.m. y hasta los 240 m.s.n.m. y con pendientes que van desde el 2 al 30%. Finalmente una tercera clase para las áreas por arriba de los 20 m.s.n.m. y que presentaban pendientes mayores al 30% (Tabla 4.14). La Figura 4.13 muestra los distintos tipos de potencial para acuicultura de acuerdo a este criterio.

**Tabla 4.14 Criterios de ponderación de altitudes y pendientes para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.**

INTERPRETACIÓN	VALOR
Áreas con altitudes menores a 20 m.s.n.m. y que presentan pendientes del 0 al 2%.	3
Áreas con altitudes por arriba de los 20 m.s.n.m. hasta los 240 m.s.n.m. (altitud máxima del área de estudio), y con pendientes de 2 al 30%.	2
Áreas con altitudes por arriba de los 20 m.s.n.m. hasta los 240 m.s.n.m. y con pendientes mayores al 30%.	1



**Figura 4.13 Factor topografía y su potencial para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.**

El área de llanura costera asociada con lagunas en la que se encuentra el parque, favorece el predominio de los potenciales alto y moderado en él. La expresión del relieve la constituyen las áreas con lomeríos bajos y los cerros donde las pendientes y la altitud del terreno aumentan hasta ser considerados como áreas inadecuadas e inclusive restringidas para el desarrollo de la acuicultura.

Aunque no fue posible hacer la distinción entre las áreas de alta y moderada potencialidad se puede afirmar que en estas áreas se reúnen las condiciones más adecuadas de pendiente y altitud para el transporte y desalojo del agua. Sin embargo es muy importante revisar aquellas áreas, que a pesar de ser considerados con alto potencial, permanecen permanentemente inundadas ya que el drenaje que presentan es deficiente lo que acarrearía problemas para el adecuado movimiento del agua.

En lo que se refiere a las áreas con potencial marginal e inadecuadas, además de los evidentes limitantes de altitud y pendiente que presentan, se puede afirmar que prácticamente serían inviables los proyectos de acuicultura (no sólo del camarón sino de otras especies) en estas áreas, tanto por la misma naturaleza física de estos terrenos, como por cuestiones técnicas y los elevados costos de producción que se presentarían para el desarrollo de proyectos.

#### 4.3.4 Uso del suelo y vegetación

La estimación de los usos del suelo es importante a fin de establecer dónde las actividades acuícolas son probablemente las más compatibles con otros usos (Aguilar-Manjarrez, 1996).

El estudio del uso del territorio para la acuicultura debe considerarse como una unidad compleja integrada por características interconectadas de orden natural y antropogénico. Por lo anterior, es necesario otorgar una cuidadosa atención a aquellas actividades cuyos límites son colindantes con los de los cuerpos acuáticos como la agricultura de riego o temporal, la ganadería, la silvicultura, los asentamientos humanos, las vías de comunicación, etc. Por supuesto no todas las actividades humanas tendrán la misma influencia en los usos u ocupación del territorio. Característicamente en la zona costera, la agricultura, ganadería, silvicultura, pesca, turismo, acuicultura, industria y asentamientos humanos son los de mayor relevancia, pero según la región específica de que se trate, algunos tendrán mayor presencia que otros (SEPESCA-FAO, 1995).

Por ejemplo, la acuicultura es particularmente vulnerable a los efectos de los contaminantes (p.e. herbicidas, pesticidas) que se introducen en el agua a través de los procesos agrícolas. Estos contaminantes pueden causar la reducción en las funciones de los organismos, así como mortalidades repentinas. Muchos contaminantes remueven el oxígeno del agua lo que puede provocar la sofocación de las especies acuáticas. Las actividades ganaderas, al contrario de las agrícolas, generalmente tienen una influencia positiva en la acuicultura debido al uso del estiércol animal como fertilizante orgánico y alimento acuícola. Por su parte la explotación de los bosques puede tener un substancial impacto en la calidad y cantidad de agua, ya que dicha explotación puede tener efectos indirectos como la erosión del suelo y la depositación de los sedimentos en los cuerpos de agua, así como acidificación, contaminación y cambios en el hábitat acuático (Kapetsky *et al.*, 1987; Aguilar-Manjarrez, 1996).

En el caso del Parque Nacional Lagunas de Chacahua a pesar de tener un uso de parque nacional, es decir de conservación, recreación y divulgación, por diversos factores que se han referido con anterioridad, esto no se llega a cumplir. En la Tabla 4.15 se presenta la superficie de la vegetación y uso reciente del suelo del parque.

**Tabla 4.15 Distribución de la superficie por uso del suelo en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.**

USO DEL SUELO	AREA (ha)	AREA (%)
Agricultura de temporal	610.00	4.31
Cultivos perennes	420.60	2.97
Pastizal inducido	113.56	0.80
Zona urbana	62.67	0.44
Cuerpos de agua	3217.06	22.70
Vegetación natural	9311.99	65.71
Vegetación secundaria	434.46	3.07
TOTAL	14170.35	100

Fuente: SEDESOL, 1995.

El uso del territorio del parque puede dividirse en tres: (1) en áreas que conservan su vegetación natural; (2) áreas con vegetación natural afectadas y que presentan vegetación secundaria y (3) áreas que están siendo aprovechadas por el hombre donde aparentemente se ha alterado y modificado la vegetación natural. En las siguientes tablas quedan resumidas las características generales de los tipos naturales de vegetación (Tabla 4.16), y las actividades económicas que se practican y hacen uso del suelo dentro del parque (Tabla 4.17).

Tabla 4.16 Tipos de vegetación natural en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Selva mediana subperennifolia	Cubre un área de 200.89 ha, se localiza en una región plana con suelos del tipo Feozem háplico y calcáico que se caracterizan por ser profundos y presentar una capa de materia orgánica rica en nutrientes. La característica que define este tipo de vegetación es principalmente la altura del estrato dominante que va de 15 a 30 m, ya que la humedad y profundidad del suelo se los permiten. Asimismo algunos de los árboles (25 a 50%) pierden sus hojas en lo más acentuado de la época seca. Existen tres estratos bien definidos, uno superior de 15 a 25 m de altura, otro intermedio de 5 a 14 m, y el inferior de menos de 5 m. Esta vegetación está constantemente amenazada por la presión de la agricultura de temporal principalmente, y por la explotación forestal y la ganadería.
Selva mediana subcaducifolia	Cubre un área de 209.41 ha, se desarrolla principalmente en cañadas y declives de los cerros, sobre suelos del tipo Feozem háplico. El estrato superior de 15 a 20 m de altura forma un dosel uniforme. El estrato intermedio e inferior está formado por numerosos árboles así como por varias trepadoras, herbáceas y lianas. Este tipo de vegetación está muy perturbado debido a que se encuentra cercano a dos centros poblacionales, como son El Zapotalito y La Pastoria. Está siendo desplazado rápidamente para establecer cultivos permanentes y agricultura de temporal.
Selva baja subperennifolia	Esta vegetación está muy relacionada con la selva mediana subperennifolia y con las sabanas, donde se encuentran los árboles típicos de esta última. Cubre una superficie de 497.06 ha, los árboles que la constituyen alcanzan hasta 15 m de altura o menos, también se encuentran eminencias aisladas de hasta 20 m. Asimismo se caracteriza porque alrededor de 25 a 50% de los árboles pierden las hojas en la época de secas.
Selva baja caducifolia	Cubre 1,999.26 ha, en la mayor parte de su distribución se desarrolla sobre las laderas de los cerros con pendientes medias y pronunciadas. La constituyen árboles de 15 m de altura o menos, y se caracteriza porque todos o la mayoría de los árboles tiran sus hojas en la temporada de secas, no son espinosos por lo común y poseen ordinariamente bejucos. Es un tipo de vegetación muy extendido en el parque, pero por diversas presiones presenta muchas características de vegetación secundaria.
Selva baja espinosa	Cubre 86.59 ha del parque, está estrechamente relacionada con la selva baja subperennifolia y la sabana, ya que alberga varias especies comunes. El estrato dominante tiene una altura de 6 a 11 m, asimismo se encuentra un estrato menor de 4 m y uno herbáceo.
Selva mediana y baja inundables	Se presenta en zonas bajas con suelos tipo Feozem calcáreo, que son muy arcillosos y se encuentran con frecuencia saturados de agua provocado por el desbordamiento periódico del Río Verde; o en zonas arenosas cerca de la orilla del mar con agua freática muy superficial. La selva baja inundable cubre un 426.98 ha. El estrato superior de 17 a 25 m de altura es uniforme, existe un estrato intermedio de 7 a 14 m, un estrato inferior menor de 4 m donde son abundantes las palmas, el estrato herbáceo no está presente. La selva baja inundable ocupa 1,271.55 ha, en esta domina un estrato menor de 14 m y se encuentra más relacionada con la selva baja subperennifolia y la sabana. El estrato herbáceo se encuentra poco desarrollado pero existen abundantes bejucos y epifitas.

Fuente: modificado en base a SEDESOL, 1995 (información basada en la Carta de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI, 1:250,000) y Madrigal, 1986.

Continuación Tabla 4.16 Tipos de vegetación natural en el Parque Nacional Lagunas de Chachahua.

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Vegetación de dunas costeras	Cubre un área de 739.56 ha, se desarrolla sobre la línea de costa que forman los cordones litorales, barras arenosas de ríos y lagunas. Su composición florística y estructura varían según la distancia al mar, el cual determina un gradiente de salinidad y humedad; además de la influencia del viento con respecto al transporte de sales, la abrasión y la movilidad y estabilidad de las dunas, al igual que el desarrollo del substrato edafológico. Se presenta en forma de matorrales con alturas entre 1 y 4 m, y algunos árboles aislados que llegan a medir hasta 7 m.
Vegetación halófila	Cubre un área de 432.57 ha, desarrollándose en terrenos planos con suelos del tipo Solonchak taklirico de origen lacustre. Algunas de las especies que forman este tipo de vegetación se caracterizan por ser suculentas.
Sabana	Cubre un área de 407.54 ha, se desarrolla en terrenos planos con suelos del tipo Feozem gléyico, con drenaje deficiente, profundos y arcillosos. En la época de lluvias se inunda y en la de estiaje se secan de manera pronunciada. Está constituida por gramineas amacolladas, ásperas y resistentes a las quemadas periódicas. Asimismo es común encontrar herbáceas, los árboles están ausentes, encontrándose muy dispersas algunas palmas.
Vegetación de galería	Cubre un área de 46.46 ha, se desarrolla a lo largo de la corriente del Río Chachalapa en suelos del tipo Fluvisol calcárico de origen aluvial. Este tipo de vegetación es diferente a los demás, ya que se desarrolla en condiciones favorables de humedad local en el suelo, abastecido por una corriente intermitente de agua dulce. Está formado por un bosque homogéneo de árboles de hasta 16 m de altura, con un estrato herbáceo.
Palmar	Cubre un área de 11.3 ha, se desarrolla en suelos del tipo Feozem háplico. El palmar que se encuentra en la zona, está formado por la Palma real que llega a alcanzar hasta 15 m de altura y tiene hojas pinnadas, se cree que este tipo de vegetación es una comunidad secundaria originada por el desmonte.
Tular y carrizal	Este tipo de vegetación es cosmopolita y cubre un área de 5.45 ha esta formado por comunidades herbáceas de 1 a 3 m de altura, en masas densas que cubren las partes poco profundas en las orillas de las lagunas y de los canales tanto de tipo permanente como intermitente.

Fuente: modificado en base a SEDESOL, 1995 (información basada en la Carta de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI, 1:250,000) y Madrigal, 1986.



**Tabla 4.17 Actividades económicas que se practican y hacen uso del suelo dentro del Parque Nacional Lagunas de Chacahua.**

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Agricultura	<p>Los antecedentes de las actividades agrícolas de los que ahora es el parque, datan desde 1909, hasta la fecha que fue decretada el área como parque nacional en 1937. Sin embargo en la actualidad se continúan realizando desmontes por parte de los pobladores de la región, con fines de integrar nuevas áreas a la actividad agrícola con carácter de temporal, ocasionando con ello una fuerte perturbación a la condición natural de la vegetación. Dichas actividades se han concentrado en aquellas áreas cercanas a los centros de población, siendo más intensas en las riveras del Río Verde donde las condiciones de topografía, accesibilidad y fertilidad de los suelos permiten el desarrollo. Otras áreas afectadas con cierta intensidad por el cambio de uso de suelo es la comprendida en los cerros del Corral, Escorpión y El Camote. Existen otras áreas que han sido desmontadas con este fin, distribuidas por todo el parque. Los principales cultivos en el área del parque son el maíz, ajonjolí, cacahuete, frijol y sandía.</p>
Fruticultura	<p>Esta actividad dentro del parque, inició su desarrollo antes de su decreto, representada inicialmente por el cultivo de la palma de coco, la cual se realiza principalmente en las franjas terrestres que se localizan entre la laguna de Chacahua y el Océano Pacífico regularmente cercanas a la población de Chacahua. En la actualidad además de la palma se cultivan algunos cítricos como el limón y en áreas restringidas el plátano y el mango. Los frutos de coco se venden en forma esporádica a los turistas, sin embargo el principal mercado es la comercialización de cocos para la copra.</p>
Silvicultura	<p>La explotación forestal en la región no es una actividad organizada desde el punto de vista económico. Por el contrario responde a necesidades de tipo particular tales como la construcción de las casas, como postería para establecer cercos, como leña combustible y ocasionalmente para comercializar fuera del parque. Esta situación es provocada por el tipo de recursos disponibles, ya que la vegetación de la zona no posee individuos de gran tamaño o de gran calidad en cuanto al tipo de madera. Existe una fuerte demanda de materiales residuales (ramas, cortezas, astillas, etc.) para la combustión doméstica, como para la preparación de alimentos, el proceso de ahumado del pescado, etc. En términos generales esta forma de explotación es más constante, y a larga igualmente perjudicial.</p>
Pastoreo	<p>La actividad de pastoreo se ha extendido fuertemente en la mayor parte del parque consistiendo ésta fundamentalmente de ganado bovino. La práctica se realiza en forma extensiva en la mayor parte de tipos de vegetación, siendo más intensa en la selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia y los palmares inducidos. Asimismo, en áreas localizadas existen potreros exclusivos para el desarrollo de esta actividad, mismos que han sido totalmente desmontados soportando en la actualidad pastizales inducidos. El pastoreo resulta un factor sumamente importante en la competencia por alimento con la fauna silvestre. En la actualidad existen más de 4,000 cabezas de ganado, lo que representa un fuerte impacto negativo hacia los ecosistemas naturales del parque.</p>
Explotación de sal	<p>Debido a las características naturales de las lagunas así como por su contacto directo con el mar, adquieren un carácter salobre el cual se manifiesta por la presencia de abundante salinas en la margen norte de las lagunas, de las cuales es posible extraer sal de buena calidad, misma que luego será comercializada en los pueblos cercanos al parque y en Oaxaca. Esta actividad es realizada por pobladores del mismo parque, así como por gente ajena al mismo.</p>

Fuente: modificado en base a SEDESOL, 1995 y Madrigal, 1986.

Tomando en cuenta la información y las consideraciones anteriores y basados en los mapas de vegetación y uso del suelo de SEDESOL (1995) escala 1:100,000 se realizó la clasificación (Tabla 4.18) de los tipos de vegetación y uso del suelo que son más compatibles con proyectos de acuacultura. Esta clasificación se fundamentó en criterios de aprovechamiento de aquellas áreas naturales que están ya abiertas y siendo utilizadas por actividades antrópicas, y el de conservar y proteger aquellas áreas que aún mantienen vegetación natural.

**Tabla 4.18 Clasificación de los distintos usos de suelo y vegetación de acuerdo a su aptitud con la acuacultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.**

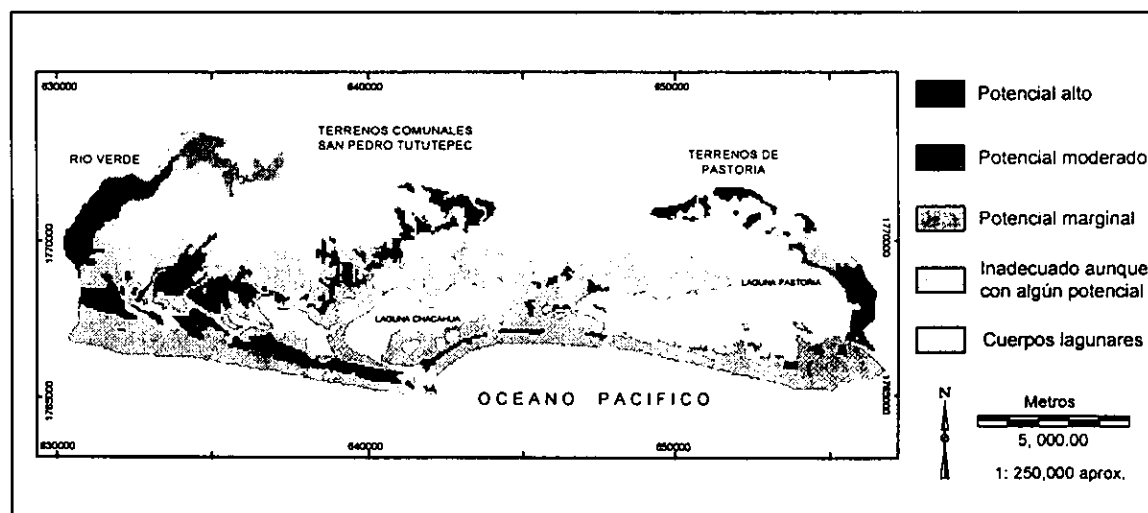
TIPO DE VEGETACIÓN	CLASIFICACIÓN
Agricultura de temporal Cultivos permanentes Pastizal inducido	4
Vegetación de sabana Vegetación halófito Vegetación de palmar	3
Vegetación secundaria de Selva baja caducifolia Vegetación secundaria de Selva baja subperennifolia Vegetación secundaria de Selva mediana subcaducifolia Vegetación secundaria de Selva mediana subperennifolia	2
Vegetación de manglar Selva baja caducifolia Selva baja subperennifolia Selva baja inundable Selva baja espinosa Selva mediana subcaducifolia Selva mediana subperennifolia Selva mediana inundable Dunas costeras Vegetación de galería Vegetación de tular	1

La clase 3, a pesar de estar conformada por vegetación natural, debido a sus características (desarrollarse en terrenos planos, tipos de suelos, drenaje, y en el caso del palmar ser considerada una vegetación secundaria por desmontes anteriores) esta fue considerada con un moderado potencial para proyectos acuícolas. La interpretación de la Tabla 4.18 se muestra en la Tabla 4.19.

**Tabla 4.19 Criterios de ponderación de la clasificación del uso del suelo y vegetación para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.**

INTERPRETACIÓN	VALOR
Áreas abiertas por actividades humanas donde ya ha sido alterada la vegetación natural, y que su uso por la acuicultura generaría menor impacto al parque.	4
Áreas con vegetación natural, pero debido a sus características muestran mucha afinidad y potencial para proyectos acuícolas.	3
Áreas con vegetación natural pero afectadas por desmontes y otros impactos, y que en la actualidad presentan el desarrollo de vegetación secundaria.	2
Áreas que mantienen la vegetación natural original y que no presentan afectaciones.	1

La Figura 4.14 muestra las áreas encontradas por este criterio de acuerdo a su aptitud para la acuicultura.



**Figura 4.14 Factor uso del suelo y vegetación y su potencial para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.**

Las áreas con el potencial más alto se localizan en una especie de franja que va rodeando el área del parque si consideramos que también hacia el norte se localiza el distrito de riego. Esto nos indica una forma de ocupación y desmonte provocada por la población que se extiende de fuera hacia dentro del parque. Sin embargo, a pesar de que estas áreas presentan esta potencialidad, es imprescindible que los estudios futuros consideren el hecho de los probables conflictos que se generarían con las otras actividades antrópicas (como agricultura, ganadería y fruticultura) al buscar la ocupación de estos espacios por la acuicultura.

Las áreas con potencial moderado que se extienden al norte de las lagunas de Salina Grande y Chacahua, bien podrían ser consideradas por otros criterios como las de mayor aptitud para el desarrollo de la acuicultura ya que por sus características son áreas muy compatibles para establecer dichos proyectos.

En cuanto a las áreas con potencial marginal, su potencial se podría elevar si se considera que algunas de ellas se localizan próximas a algunas de las localidades del parque como la de El Zapotalito (al este de la laguna de Pastoría), así como fuera de él, tal es el caso de Charco Redondo (en la esquina noroeste de la zona).

Finalmente las áreas con el potencial más bajo ocupan el mayor porcentaje del área de estudio, y a pesar de ser consideradas como inadecuadas por albergar vegetación que no ha sufrido alteraciones, su potencialidad se podría elevar hacia las áreas próximas a la laguna mientras no sean consideradas como zonas restrictivas.

#### 4.3.5 Proximidad a los caminos

Para la acuicultura es necesario una buena proximidad a un camino de acceso al área de producción. En especial en zonas costeras de escasa altura sobre el nivel del mar, donde las condiciones climáticas y fisiográficas dificultan la operación de los caminos durante todo el año. El camino debe ser capaz de resistir las condiciones climáticas, lo que permitirá el suministro de larvas, fertilizantes, alimento, combustible, refacciones, recursos humanos, hielo y maquinaria, así como el tránsito para la comercialización del producto, que por ser un producto pesquero, es súmamente perecedero (Lee y Wickins, 1992; FIRA, 1996a).

Las ventajas relativas al acceso de los caminos ayudan a reducir los gastos en vehículos, aceleran las entregas de insumos y productos, y aminoran los gastos en concepto de viaje y tiempo de transporte del personal (Meaden y Kapetsky, 1992).

Las principales vías de comunicación con las que cuenta el área del parque son las siguientes: Se cuenta con un camino de terracería que parte de la población de Chacahua pasando por El Azufre y Charco Redondo hasta llegar al poblado San José del Progreso, lugar donde se une con la Carretera Federal No. 200 a Acapulco. La distancia aproximada de este camino es de 28 km de los cuales 20.3 km se recorren dentro del parque. No existe un servicio de transporte formal permanente para la población a través de esta vía de acceso, ya que el camino no se encuentra en condiciones adecuadas para transitarlo en forma continua debido a que en época de lluvias no es transitable, y gran parte del camino se inunda y se vuelve poco accesible (SEDESOL, 1995). Por otra parte existe otra vía de acceso al parque, a través de un camino pavimentado que comunica las poblaciones de El Zapotalito y Cerro Hermoso con la Carretera Federal a Acapulco, uniéndose con esta, a una altura muy cercana a la población de Río Grande. En la Tabla 4.20 se muestran los tipos de caminos existentes dentro del parque, así como la longitud de cada uno de ellos.

**Tabla 4.20 Principales caminos y veredas dentro del Parque Nacional Lagunas de Chacahua.**

TIPO DE CAMINO	LONGITUD (km)
Carretera pavimentada	0.1
Caminos transitables en la época de secas	31.5
Caminos transitables todo el año	27.3
Veredas	13.7
<b>TOTAL</b>	<b>72.7</b>

Fuente: SEDESOL, 1995.

Como se observa la red de caminos de acceso al área es bastante irregular y deficiente. No se cuenta con una buena infraestructura y la influencia de factores climáticos afectan el acceso durante la época de lluvias (y aún después de esta), por lo que se requieren constantes reparaciones después de pasada esta temporada.

Por otro lado es también necesario evitar la construcción de más caminos que puedan afectar el patrón hidrológico del sistema lagunar. La construcción de un camino puede interrumpir el flujo de las mareas a un área de manglar, puede desviar el flujo natural de un río y provocar problemas de contaminación, sobre todo si se trata de caminos pavimentados y vías de ferrocarril, como lo señala Aguilar-Manjarrez (1996).

Asimismo la construcción de nuevos caminos provocaría la apertura de nuevas áreas naturales, así como la tala de arboles. Por todo esto se considera que lo más adecuado es utilizar la red de caminos existente, tomando en cuenta que estos pueden en un futuro remodelarse y pavimentarse lo que evitaría que se impacten nuevas áreas.

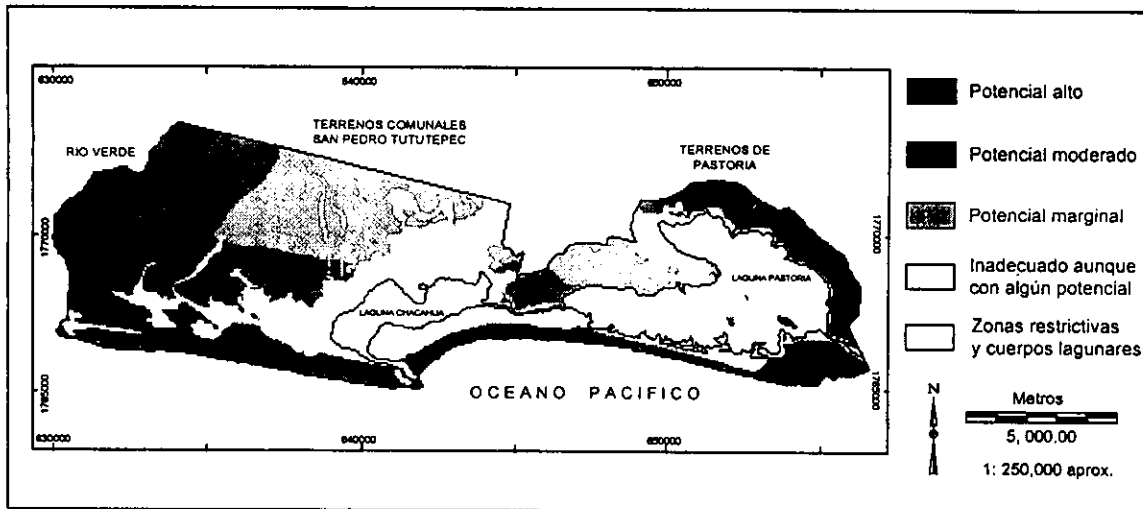
Para los propósitos de este criterio se digitalizó la red de caminos existente en el área de estudio en base al Mapa Topográfico 1:50,000 del INEGI (1988), y se utilizó una clasificación de proximidad a caminos, basada en Aguilar-Manjarrez (1996) (Tabla 4.21) donde los valores más altos comprendieron los lugares con mayor proximidad a los distintos tipos de caminos: Camino pavimentado, terracería y vereda.

**Tabla 4.20 Criterios de ponderación de la proximidad a los caminos para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.**

INTERPRETACIÓN	VALOR
Mayor proximidad, muy buen acceso y bajos costos de transporte.	4
Camino pavimentado   0 - 2 km	
Terracería            0 - 1 km	
Vereda                 0 - 500 m	
Proximidad moderada, buen acceso y bajos costos.	3
Camino pavimentado   2 - 3 km	
Terracería            1 - 2 km	
Vereda                 500 m - 1 km	
Proximidad marginal, alguna dificultad de acceso, altos costos.	2
Camino pavimentado   3 - 4 km	
Terracería            2 - 3 km	
Vereda                 1 - 1.5 km	
Sitios más distantes, pobre accesibilidad y altos costos.	1
Camino pavimentado   > 4 km	
Terracería            > 3 km	
Vereda                 > 1.5 km	

Fuente: modificado en base a Aguilar-Manjarrez, 1996.

La Figura 4.15 muestra las áreas más próximas a los caminos de acceso y por consiguiente con mayor potencial acuícola.



**Figura 4.15 Factor proximidad a los caminos y su potencial para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.**

Se puede afirmar que las áreas localizadas hacia el oeste y norte de la laguna de Pastoría son las de mayor potencial tanto por la existencia de caminos de terracería, como por el tramo pavimentado que comunica a la localidad de El Zapotalito. Además esta potencialidad aumenta notablemente por la proximidad a la Carretera Federal No. 200, que aunque no fue considerada directamente en el análisis dentro del SIG por estar ubicada fuera del área del parque, su influencia y beneficios en esta área son considerables.

Se presenta también un potencial alto hacia el sureste de la laguna de Pastoría, precisamente en el área de Cerro Hermoso, sin embargo esta zona presenta un relativo aislamiento por la parte este del parque al carecer de una vía de acceso terrestre ya que se encuentra separada por la boca-barra de Pastoría. Por otro lado la potencialidad alta de la zona localizada al oeste de la laguna Salina Grande podría aumentar si se considera el acondicionamiento y pavimentación de el camino de terracería existente, tomando en cuenta la proximidad del Río Verde y las potenciales inundaciones que esto representa.

La potencialidad de las áreas, de acuerdo a este factor, va disminuyendo hacia el interior del parque ya que los caminos se extienden principalmente a lo largo de los extremos de este, por lo que se puede considerar que este factor es una importante limitante hacia las áreas al interior del parque.

#### 4.3.6 Proximidad a fuentes de energía eléctrica

La proximidad a fuentes de energía eléctrica constituye un criterio de infraestructura particularmente importante para la localización de granjas de tipo semi-intensivo de camarón. Su importancia radica en que la electricidad es una fuente de energía más barata y menos contaminante para bombear agua y hacerla circular hacia la granja, que el uso de generadores o motores que requieren de diesel para su funcionamiento. Asimismo un sitio con una fuente de energía eléctrica cercana representa una ventaja y menores costos de operación, tanto para el bombeo, como para el mantenimiento de otros servicios como el de refrigeración, y en general de las instalaciones de la granja (Kapetsky *et al.* 1987; Aguilar-Manjarrez, 1996).

Estudios previos que han utilizado este criterio lo han hecho en base a las proximidades de las líneas eléctricas de conducción que aparecen en los mapas. Otros estudios se basaron en el porcentaje de casas habitación con electricidad en cada municipio o área administrativa, dato que utilizó Aguilar-Manjarrez (1996) para los municipios de Sinaloa y que es posible obtener en el Censo de Población y Vivienda del INEGI. Sin embargo para la zona de Chacahua-Pastoría no fue posible adquirir un mapa que mostrara las líneas eléctricas cartografiadas en la zona de estudio. Únicamente el mapa de INEGI, (1988) escala 1:50,000 muestra una de estas líneas (fuera del área del parque) que se extiende paralela a la Carretera Federal No. 200 a Acapulco, de la cual se desprende una línea derivada de la primera hacia la localidad de El Zapotalito. En cuanto al porcentaje de viviendas con electricidad por municipio, este dato nos dice muy poco, ya que la totalidad de la zona de estudio pertenece administrativamente a un solo municipio.

Esto condujo a revisar el dato por localidad del número de viviendas particulares con electricidad; información provista por el INEGI (1990), y que a continuación se presenta en la Tabla 4.22. En este caso se tomaron en cuenta las localidades dentro del área del parque, y algunas localidades adyacentes a los límites del mismo, pero que se consideraron importantes para este criterio, por colindar con el límite norte del parque.

**Tabla 4.22 Viviendas particulares por localidad con electricidad en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua y áreas adyacentes.**

LOCALIDADES	TOTAL DE VIVIENDAS	VIVIENDAS CON ELECTRICIDAD
El Azufre	55	48
El Corral	14	1
El Zapotalito	162	140
El Tlacoache*	36	6
Cerro Hermoso	6	-
Chacahua	139	126
Charco Redondo*	105	86
La Pastoría*	113	99

\* Localidades fuera de los límites del Parque Nacional Lagunas de Chacahua.  
Fuente: INEGI, 1990.

Esta información indica que existe instalado un servicio que provee de energía eléctrica a la mayoría de las localidades consideradas. Al no contar con información más precisa, se asumió que la fuente más viable para acceder a las fuentes de energía eléctrica es la proximidad a las localidades de la zona (a excepción de Cerro Hermoso donde el servicio



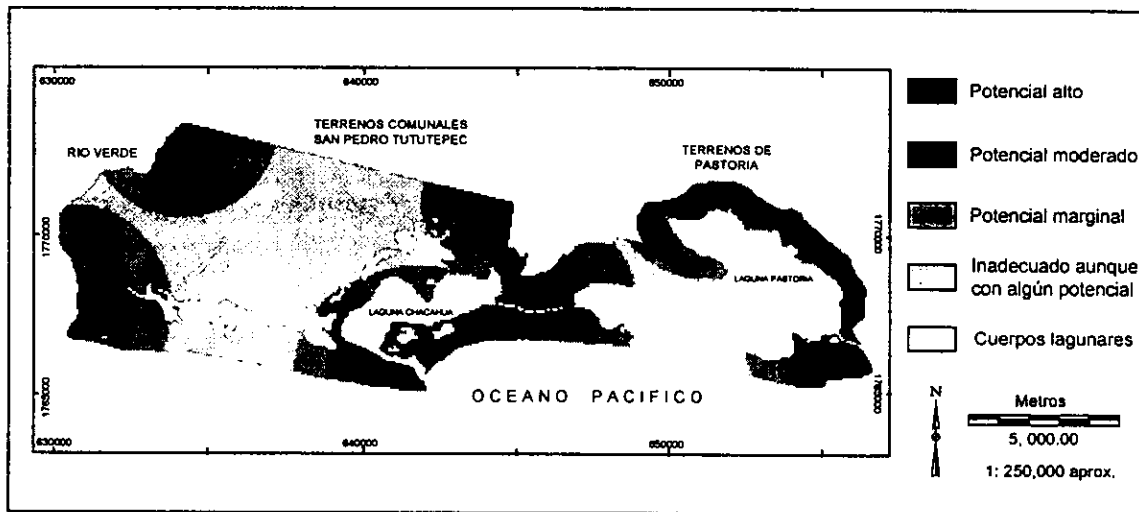
de electricidad es inexistente). Con estos argumentos y con los criterios de Aguilar-Manjarrez (1996), fue posible incluir este importante criterio en el estudio y clasificarlo como se muestra en la Tabla 4.23.

**Tabla 4.23 Criterios de ponderación de la proximidad a fuentes de energía eléctrica para la acuicultura en y próximas al Parque Nacional Lagunas de Chacahua.**

INTERPRETACIÓN	VALOR
(0 - 1 km) Muy buena proximidad a una fuente de electricidad. Buena localización en términos de abastecimiento de energía.	4
(1 - 2 km) Buena proximidad a una fuente de electricidad. También con alto potencial.	3
(2 - 3 km) Cierta lejanía a una fuente de electricidad, pero aún con potencial, presentándose dificultades para alcanzar dicha fuente.	2
(> 3 km) Demasiado lejos de las fuentes de energía, altos costos. Es necesario el uso de generadores para el bombeo.	1

Fuente: modificado en base a Aguilar-Manjarrez, 1996.

La Figura 4.16 muestra el mapa obtenido de la clasificación de este criterio.



**Figura 4.16 Factor proximidad a fuentes de energía eléctrica y su potencial para la acuicultura en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.**

La evaluación permite inferir que las áreas con el potencial más alto y localizadas hacia los extremos del parque serían considerados como las de mayor aptitud para la acuicultura. Esto porque las localidades que se encuentran en estas áreas muestran el mayor desarrollo de dotación de servicios eléctricos en las viviendas.

En cuanto a la parte central del área de estudio se puede considerar en su mayoría de potencial moderado y marginal ya que a pesar de mostrar áreas con potencial alto estas no son del todo apropiadas debido a que las localidades presentan servicios eléctricos poco adecuados, a excepción de la población de Chacahua, ya que el número de viviendas con electricidad es muy bajo en comparación con el total de la localidad.

Finalmente se debe tener en cuenta que las áreas consideradas como inadecuadas se encuentran muy distantes a las localidades que podrían abastecer de electricidad por lo que se deben buscar otras fuentes de energía eléctrica hacia estas zonas.

### 4.3.7 Restricciones

Para este estudio las restricciones fueron un factor de suma importancia ya que buscaron prevenir o minimizar los posibles problemas de contaminación y el proteger área sensitivas a impactos por proyectos acuícolas. Esto se acrecenta al considerar el marco de protección y conservación del medio ambiente de este estudio.

Las restricciones tuvieron una ponderación de cero y fueron de dos tipos: (1) áreas que fueron consideradas permanentemente inadecuadas para la acuicultura o con peligro a que se impactaran por cualquier desarrollo acuícola, por ejemplo zonas de manglar o zonas ocupadas por poblados; y (2) áreas determinadas por restricciones de proximidad de acuerdo a la importancia del factor, tales como proximidad a fuentes de contaminación provenientes de las localidades o canales de desagüe agrícola. La Tabla 4.24 resume las restricciones consideradas en este estudio.

**Tabla 4.24 Restricciones utilizadas para la acuicultura y criterios para su representación espacial.**

<b>RESTRICCIONES</b>	
<b>1. Restricciones de áreas inadecuadas</b>	
Áreas de manglar	Total
Áreas de desove de tortugas marinas	Total
Áreas con pendientes mayores a 30%	Total
Áreas de anidación de aves	Total
Zonas rocosas	Total
Zonas con poblaciones	Total
<b>2. Restricciones de proximidad a:</b>	
Localidades	50 m
Canales de desagüe agrícola	20 m

A continuación se detallan las restricciones utilizadas.

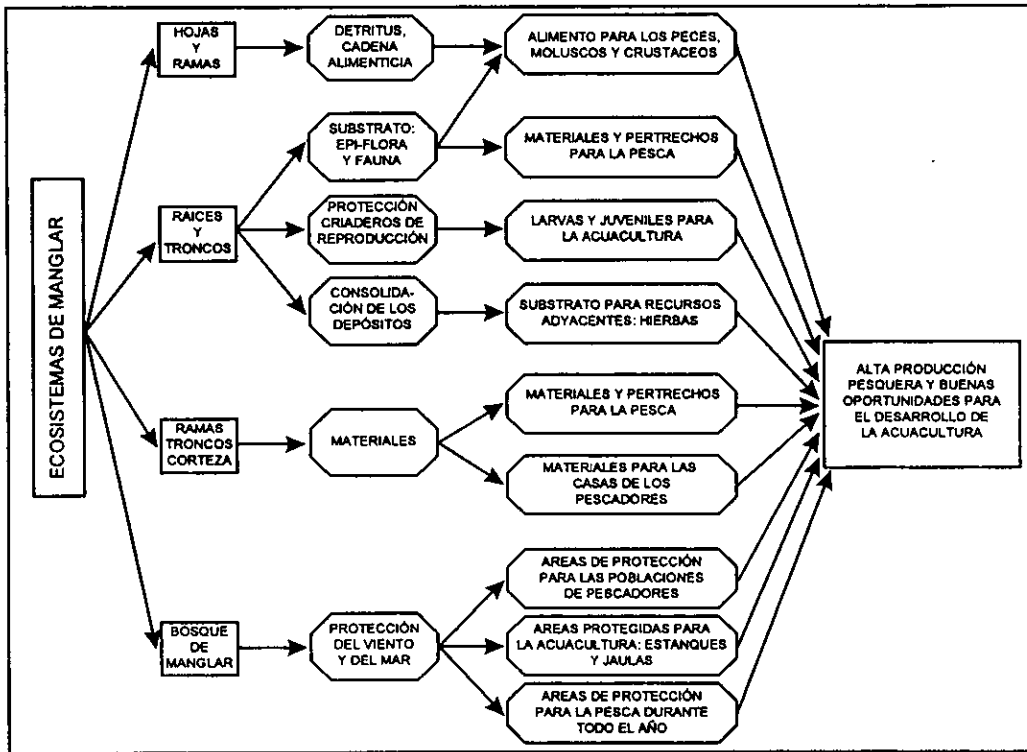
#### Restricciones de áreas inadecuadas

##### **a. Manglares**

El manglar es un tipo de vegetación característico de las regiones tropicales y subtropicales del mundo. La importancia de esta comunidad queda demostrada por su valor económico y ambiental que tiene para las poblaciones humanas y el propio ecosistema costero, a través de su aprovechamiento y servicios que proporciona, tales como combustible, madera para construcción, resinas, medicamentos, etc. (Sólis-Weiss y Méndez, 1990).

La actividad del hombre con respecto a los manglares ha variado a través de los años. Anteriormente se les consideraba como altamente perjudiciales a la salud por ser criaderos de mosquitos, focos de malaria y otras enfermedades, además de ser considerados como terrenos improductivos. No ha sido sino hasta hace poco que se ha logrado entender y aceptar más el papel natural de los manglares, su capacidad

productiva y su estrecha relación con numerosas especies marinas y terrestres, así como los múltiples impactos que ponen en riesgo su existencia (Figura 4.17).



**Figura 4.17 Algunas relaciones funcionales de los manglares con la pesca artesanal, la acuicultura y los recursos pesqueros (Kapetsky, 1987).**

Para las pesquerías y acuicultura, los manglares proporcionan materiales, sustrato, protección y alimento para numerosos organismos marinos en etapas juveniles como el camarón (ver Figura 1.3), que les garantiza un rápido crecimiento y una más exitosa sobrevivencia. Estos organismos quedan protegidos por la gran cantidad de raíces del manglar que les sirve de refugio. Asimismo existe un importante flujo de energía que va del manglar hacia las zonas costeras, en forma de detritus orgánicos derivados de las hojas caídas de los manglares, que garantiza a las especies un amplio recurso alimenticio rico en proteínas (D' Croz y Boydan, 1980).

La eliminación de los manglares para el cultivo de camarón en estanques puede afectar de manera significativa la configuración de la línea de costa a causa de la erosión, la generación y el ciclo de nutrientes en las zonas costeras, así como los hábitats de muchas especies acuáticas, aspecto importante desde el punto de vista comercial (Kapetsky, 1987; Barg, 1994).

El manglar interviene en mantener la concentración de ácidos y sales estables para proporcionar el pH adecuado para el camarón. Se debe tener en cuenta que se pueden generar condiciones de acidez (ácido sulfhídrico) cuando se "alteran" o dejan al descubierto los suelos de manglar durante la construcción de los estanques lo que produce la liberación del ácido sulfhídrico en el agua del estanque y en las masas de agua adyacentes y en consecuencia disminuye el crecimiento y sobrevivencia del

camarón (Webber y Webber, 1978; Barg, 1994). La tala del manglar podría provocar un aumento en la materia orgánica en descomposición lo que provocaría falta de oxígeno y aumento de bióxido de carbono y esto traería una mortalidad masiva de camarones (Cifuentes *et al.*, 1990).

Otra limitación hacia la acuicultura del camarón provocada por la destrucción de las áreas de manglar, es la disminución de la disponibilidad de postlarvas del medio silvestre que son de vital importancia para abastecer de organismos a la mayoría de las granjas. Casos como el de Ecuador, y más recientemente el de México se enfrentan a una carencia de postlarvas para abastecer a las granjas. En el caso de nuestro país en 1991, el 77% del suministro de postlarvas hacia las granjas provenía del medio natural (Kapetsky, 1987; Gómez y De la Lanza, 1992). Asimismo existe en México una importante presión por parte de los grupos ambientalistas y ecologistas por conservar las áreas de manglar. Esta situación es también el resultado de presiones internacionales por conservar la biodiversidad (De la Lanza, 1997).

Existe un número de casos de degradación de bosques de manglar por las prácticas de cultivo de camarones en el Sudeste Asiático (Cholik y Poernomo, 1987; Mahmood, 1987). Por su parte en América Latina es alarmante la destrucción ocurrida en Ecuador, y la que se ha presentando en otros países como Venezuela, Colombia y México (Pedini, 1981; Bailey, 1988; Mena-Millar, 1989; Mirady *et al.*, 1994 y Ramírez-García *et al.*, 1998).

Por todo lo anterior se asumió que existe la restricción para la construcción de granjas de camarón dentro de las áreas de manglar, y más si se trata de un parque nacional, como es el caso, y donde se encuentra una comunidad de manglar que está sometida a una fuerte presión.

Kapetsky *et al.* (1987) en el trabajo para Costa Rica, utilizaron como una de las principales restricciones para el desarrollo camaronícola que este se llevara fuera de los bosques de manglar, tanto por la política del gobierno por conservar estas áreas, como por los beneficios de los manglares hacia las pesquerías. Incluso Flores Verdugo *et al.* (1992) en Aguilar-Manjarrez (1996) sugieren que los estanques de camarón deben situarse por lo menos a 50 metros fuera de las áreas de manglar, y que por cada área de manglar afectada el área de conservación debe ser el doble.

Tomando en consideración lo anterior y para representar esta restricción se le asignó al área de manglar un valor de 0, es decir toda el área quedaría restringida a proyectos acuícolas.

#### ***b. Areas de desove de tortugas marinas***

En el estado de Oaxaca existen dos playas que han sido destinadas para el refugio de tortugas marinas ya que es en estos lugares donde año con año llegan a desovar. Una de estas playas está localizada en la zona de estudio, en ella arriban especies de tortugas marinas, algunas en peligro de extinción (Tortuga carey, Tortuga laud y Tortuga golfina). Esta área se encuentra bajo un régimen de protección por instituciones como la SEMARNAP, Secretaria de Marina, PROFEPA y PRONATURA, que realizan el transplante de nidos, la recolecta y siembra de huevos y la vigilancia, con el fin de mejorar la población de tortugas. Esto se hizo debido a la captura de tortugas, así como la recolección de huevo realizada por los pobladores de la región con fines comerciales y al margen de la ley.

### ***c. Areas de anidación de aves***

Las zonas de humedales costeros de Oaxaca constituyen espacios para la anidación de un gran número de aves tanto acuáticas como no acuáticas (p.e. patos, aves de playa y garzas). Este uso frecuentemente hace que estos hábitats sean importantes para la conservación biológica. Además, la abundancia y visibilidad de las aves hacen de estos sistemas muy atractivos para actividades de investigación y turismo.

Se puede mencionar que dentro del parque, la mayor parte de las especies de aves requieren de un hábitat silvestre sin perturbaciones, y que su presencia en el parque depende del grado de perturbación que existe (SEDESOL, 1995).

En general las zonas más evidentes para la anidación de estas aves son los manglares (que ya han sido consideradas como áreas restrictivas). Sin embargo existen ciertas áreas definidas que albergan esta avifauna, tales como las islas que existen en la laguna de Pastoría (Isla del Venado, de Las Culebras, Tijerillas, de Las Garzas, entre otras). Estas islas fueron consideradas como restrictivas para proyectos acuícolas, por su importancia ecológica y de conservación para la avifauna.

### ***d. Otras restricciones***

Otras restricciones consideradas fueron las zonas con pendientes mayores a 30%, que harían imposible la edificación de infraestructuras acuícolas, impedidas para almacenar y conducir agua, e inclusive bombearla.

Las áreas pobladas por albergar a la población existente y ser un espacio que ya tiene un uso, es decir que está ocupado por viviendas y otras infraestructuras.

Finalmente las áreas rocosas que se encuentran adyacentes a la playa al sur del Cerro Hermoso. Estas áreas hacen imposible la construcción de estanques debido a las características litológicas.

## **Restricciones de proximidad**

### ***a. Poblaciones***

Las localidades en el área fueron consideradas como zonas restrictivas. Sin embargo estas áreas pueden representar fuentes de contaminación para proyectos acuícolas. El servicio de drenaje es inexistente en los poblados, por lo que las aguas residuales se vierten directamente a los terrenos y pueden provocar la contaminación superficial y subterránea de los recursos acuáticos. Por tal motivo se creó un área de restricción de 50 m de los poblados hacia zonas aledañas.

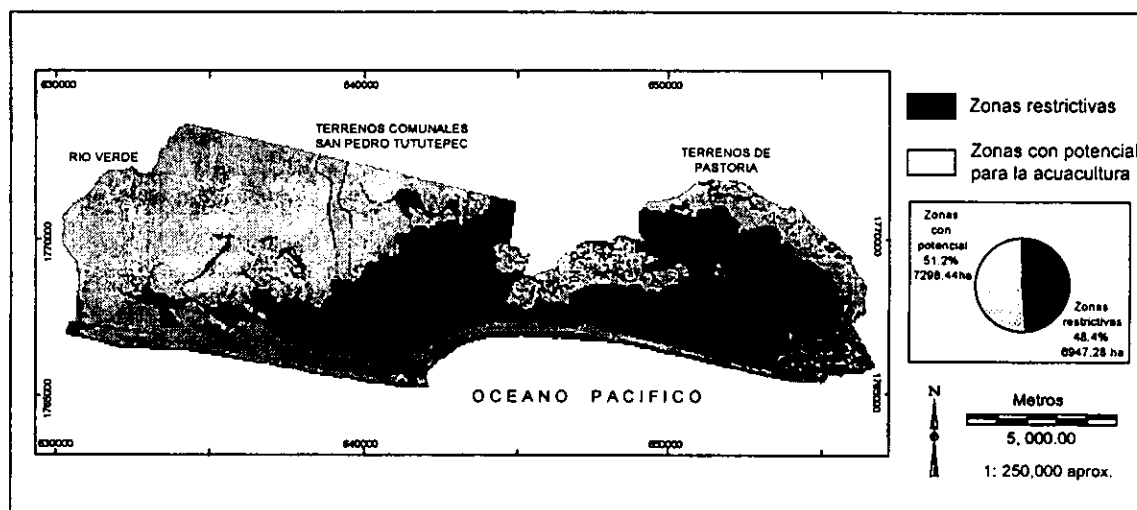
### ***b. Canales de desagüe agrícola***

Las lagunas son alimentadas durante todo el año por el drenaje del sistema agrícola Río Verde, localizado al norte de la laguna de Chacahua. Estas aguas de retorno tienen el inconveniente de que son un vehículo para transportar hacia las lagunas residuos de los agroquímicos y pesticidas utilizados por los campesinos locales. Estos canales y el uso

de sus aguas representan probables fuentes de contaminación, por tal motivo un área de restricción de 10 m hacia estos canales fue utilizada para prevenir este efecto.

El total de restricciones se integraron en un mapa Booleano en donde las áreas restrictivas se les asignó un valor de cero y las áreas abiertas para proyectos acuícolas un valor de uno.

La Figura 4.18 muestra la síntesis de las áreas consideradas como restrictivas para proyectos acuícolas.



**Figura 4.18 Restricciones para proyectos acuícolas en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.**

Del total del área de estudio 14,245.72 ha, el 51.2% (7298.44 ha) fueron consideradas como áreas con algún potencial o que muestran aptitud para el desarrollo de la acuicultura. En cuanto a las áreas restrictivas, en donde los proyectos acuícolas estarían restringidas o limitadas por los criterios manejados en este estudio, constituyen el restante 48.7% (6947.28 ha).

El mapa presenta una mayor proporción de zonas restrictivas hacia la parte este y el centro de la zona de estudio. Esto nos indica que la principales restricciones se van extendiendo del área que ocupan las lagunas hacia cada uno de los extremos, provocada por la presencia de los manglares a excepción del área de Salina Grande donde el desarrollo del manglar es menor o este ha sido talado.

Se debe de tener mucho cuidado con estas zonas restrictivas, ya que si no se toman en cuenta o estas se violan, podrían generarse conflictos sociales, perdidas económicas, impactos o alteraciones al ecosistema y que incluso cualquier proyecto acuícola se abandonara.

#### 4.3.8 Evaluación con Multicriterios

Del mismo modo que en el estudio de Mar Muerto una vez que se han integrado, analizado y ponderado los factores para determinar distintas clases de potencialidad para la acuicultura (en este estudio fue en una escala de 1 a 4, siendo 4 la clase de mayor potencial, a excepción del factor de Topografía donde sólo fue posible utilizar 3 clases), se procedió a la evaluación con multicriterios dentro del SIG para estimar mediante distintos pesos la relación y la importancia entre los seis factores considerados.

Para tal efecto se creó la matriz de evaluación por pares (Tabla 4.25) para estimar estos pesos, y la tabla de puntuaciones de los distintos factores (Tabla 4.26).

**Tabla 4.25 Pesos obtenidos de la matriz de comparación en pares de los factores para estimar el potencial acuícola en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.**

FACTORES	Uso del suelo y vegetación	Agua	Suelos	Topografía	Caminos	Energía eléctrica	Pesos
Uso del suelo y vegetación	1						0.2977
Agua	1	1					0.3001
Suelos	1/2	1/2	1				0.2075
Topografía	1/5	1/3	1/3	1			0.1217
Caminos	1/4	1/8	1/8	1/7	1		0.0400
Energía eléctrica	1/5	1/8	1/5	1/5	1/2	1	0.0330
SUMA	-	-	-	-	-	-	1.00

Proporción de consistencia = 0.09 (Aceptable).



**Tabla 4.26 Interpretación y puntuación de los factores utilizados en el estudio del Parque Nacional Lagunas de Chacahua para evaluar el potencial acuícola.**

FACTORES	CRITERIO PARA SU PUNTUACIÓN	PUNTUACIÓN 1 - 6
Uso del suelo y vegetación	Es importante a fin de establecer dónde las actividades acuícolas son probablemente las más compatibles con otros usos y dónde existirá un menor impacto hacia la vegetación natural circundante más tratándose de un área natural protegida.	6
Proximidad a los recursos acuáticos	La disponibilidad del agua es importante para todos los sistemas de acuicultura. La proximidad a este recurso tendrá una influencia en los costos y en el menor daño al ambiente que pueda provocar la construcción de canales de llamada y demás instalaciones.	5
Suelos	Son de suma importancia para los sistemas de cultivo de estanques. Las características del suelo influyen en los costos de construcción, mantenimiento y en la productividad de los estanques. Se prefiere aquellos suelos que no son susceptibles a la acidez, sean impermeables y fáciles de compactar.	4
Topografía	Determina la integración del proyecto al terreno natural por lo que una pendiente menor al 2% es conveniente para el transporte de agua de y hacia los estanques. Lo que además provee de un eficiente drenaje.	3
Proximidad a los caminos	Una permanente accesibilidad a las áreas potenciales de desarrollo se considera de suma importancia. Asimismo la proximidad a los caminos de acceso y el aprovechamiento de los ya existentes evitará mayores impactos, por la construcción de nuevas vías, hacia las áreas naturales y alteraciones del flujo hidrológico de los ríos y/o interrupción del flujo de las mareas hacia las áreas de manglar.	2
Proximidad a fuentes de energía eléctrica	Es necesario una buena proximidad y acceso para requerimientos como el bombeo, aireación, refrigeración y el mantenimiento de otras instalaciones de una granja. Además constituye una fuente más barata y menos contaminante que el uso de generadores a base de diesel.	1

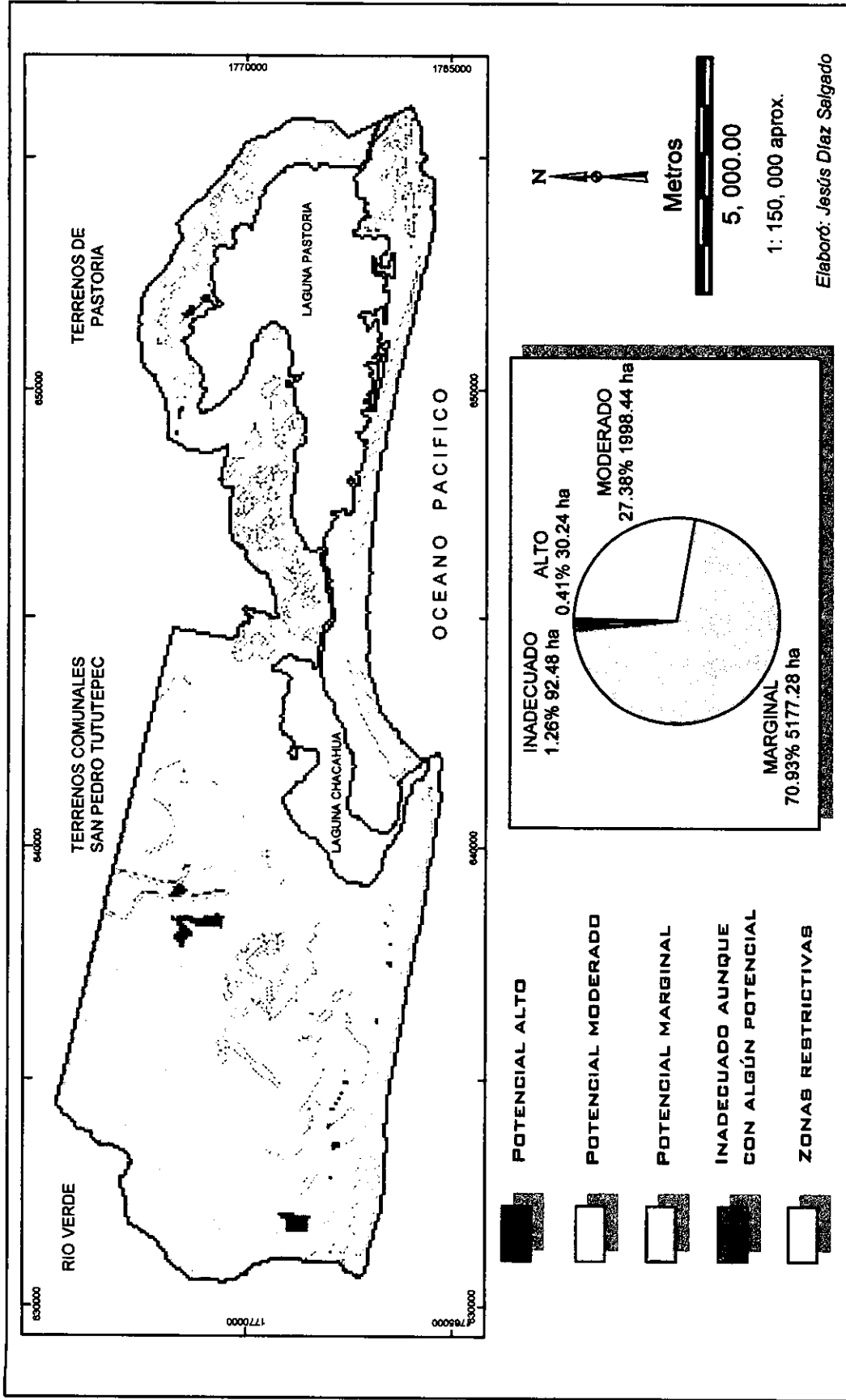
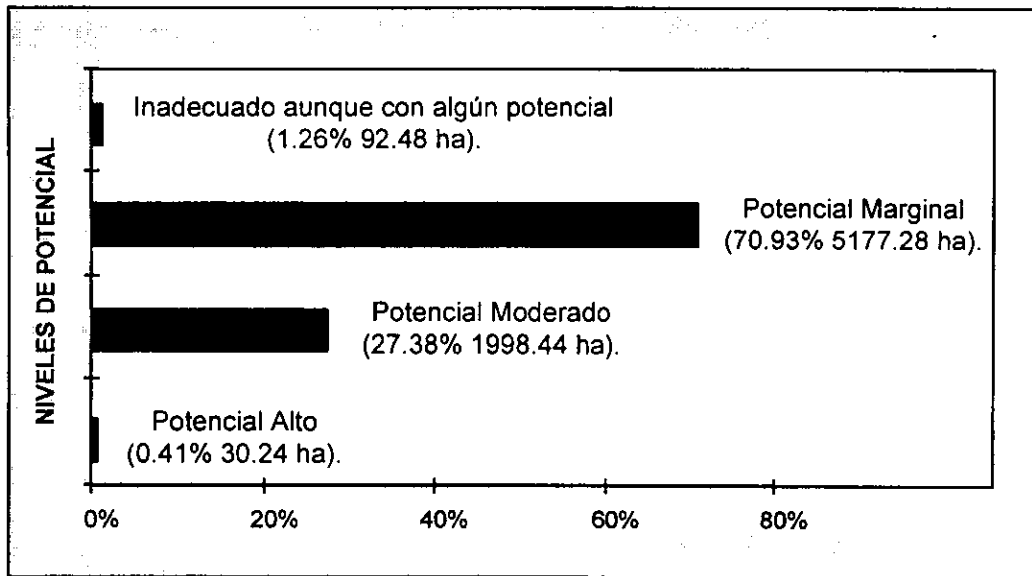


Figura 4.19 Mapa final de la evaluación del potencial acuícola en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.

La síntesis de este análisis y Evaluación con Multicriterios en el SIG se presenta en el mapa de la Figura 4.19. Esta evaluación indica que tan solo un 0.41% (30.24 ha) del total del área de estudio es considerada de alto potencial para el desarrollo de proyectos acuícolas; el 27.38% (1998.44 ha) con potencial moderado; 70.93% (5177.28 ha) con potencial marginal y sólo el 1.26% (92.48 ha) fueron consideradas inadecuadas aunque con algún potencial (ver Figura 4.20).



**Figura 4.20 Clasificación y distribución de atributos del potencial acuícola en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.**

Haciendo una revisión de estas clases y respecto a las áreas con el mayor potencial se pueden identificar dos zonas para esta clase. La primera de ellas se localiza al oeste y sur de la laguna Salina Grande, y está compuesta por una serie de pequeñas áreas (a excepción de la más próxima al Río Verde) que se extienden de oeste a este en una especie de franja discontinua. La segunda de estas zonas se refiere a un grupo de pequeñas áreas localizadas al norte de la laguna de Pastoría muy próximas a las desembocaduras de los Ríos Chacalapa y San Francisco.

Refiriéndonos a la primera de estas zonas, ésta presenta una muy buena proximidad a la línea costera y a la laguna Salina Grande, además que el área de mayor extensión se encuentra con buena accesibilidad al agua dulce del Río Verde. Sin embargo hay que tomar en cuenta que la disponibilidad de agua salobre proveniente de Salina Grande es irregular ya que durante la época de secas la laguna pierde agua en una buena parte de su superficie. La topografía y los usos del suelo y vegetación son los de mayor potencial para ésta zona, no así las unidades de los suelos que en algunas áreas llega a ser de potencial moderado. En lo que se refiere a los caminos, éstos presentan un potencial alto en las áreas próximas al Río Verde hasta moderado en las áreas opuestas (hacia Chacahua). Para el acceso a la electricidad, éste va de moderado hacia la parte oeste hasta inadecuado en el área sur de Salina Grande. Las principales limitantes para esta zona son como ya se ha señalado el irregular acceso al agua salobre así como al agua dulce ya que para esta última, algunas áreas se encuentran muy distantes, además existe cierta inaccesibilidad en cuanto a caminos y proximidad a la energía eléctrica.

Para la segunda de éstas zonas con el potencial más alto, presenta entre sus principales ventajas una buena proximidad al agua salobre de la laguna de Pastoría así como el agua dulce proveniente de los Ríos San Francisco y Chacalapa, aunque para estos últimos hay que tomar en cuenta lo intermitente de estas corrientes y el déficit e incluso la desaparición de su caudal durante el estiaje. El suelo en esta zona es de potencial moderado, no así la topografía y el uso del suelo que presentan un potencial elevado para la acuicultura. En cuanto a los caminos éstos presentan un potencial que podría aumentar si se acondicionaran las veredas y caminos de terracería de la zona y que parten del poblado de La Pastoría así como de la Carretera Federal No. 200 que se encuentra muy próxima a esta zona, lo que elevaría considerablemente la potencialidad de la misma. Para el acceso a la electricidad este es de un potencial muy alto influenciado por su proximidad a la localidad de La Pastoría que ofrece una muy buena oferta y disponibilidad de energía eléctrica. Las principales limitantes en esta zona son provocadas por la falta de agua dulce a lo largo del año, así como la necesidad de acondicionar y pavimentar los caminos existentes.

En cuanto a las zonas con potencial moderado estas fueron delimitadas principalmente por los factores de uso del suelo y vegetación, así como por la proximidad a los recursos acuáticos, los restantes factores tuvieron una importancia menor en determinar la potencialidad de estas áreas. En conjunto estas áreas presentan un uso del suelo y vegetación del más alto potencial así como una muy alta accesibilidad a los recursos acuáticos. Sin embargo para éstos últimos se debe tener en cuenta la problemática de encontrar una zona que reúna la accesibilidad y proximidad a los distintos tipos de agua (salobre, dulce y salada) por lo que se deben considerar de mayor potencialidad aquellas áreas que conjunten tres o dos de los tipos de agua. La topografía es la adecuada en estas zonas no así las unidades de suelos donde en algunos casos su potencial llega hasta ser inadecuado (sobre todo en las zonas próximas a la línea costera). Por otra parte es necesario considerar que algunas áreas presentan una muy baja accesibilidad a los caminos y a la electricidad sobre todo aquellas ubicadas al norte y noroeste de la laguna de Chacahua, así como las áreas próximas a la localidad de El Corral (al centro de la zona de estudio) y en la ladera norte del Cerro Hermoso. Cabe mencionar, sin embargo, que algunas de las áreas que presentan este potencial se encuentran próximas a las localidades consideradas en este estudio lo que favorece a estas áreas al aumentar su potencialidad.

En cuanto a las áreas con potencial marginal, básicamente se presentaron en los lugares donde el uso del suelo y vegetación resultó inadecuado para proyectos acuícolas, así como aquellas áreas donde resulta evidente que la topografía tuvo una influencia importante. El factor suelo, así como la inaccesibilidad a los caminos y a la energía eléctrica, también tuvieron su efecto en determinar estas zonas y su bajo potencial.

Finalmente para las áreas consideradas como inadecuadas, a pesar de ser relativamente pocas, presentan la más alta coincidencia de factores con potenciales marginales e inadecuados. Bajo estos criterios cualquier proyecto acuícola en estas áreas se enfrentaría con grandes limitantes lo que lo harían inviable, lo mismo se puede decir para aquellas áreas con potencial marginal y ubicadas en las zonas de cerros y lomeríos.

## CAPITULO 5 CONCLUSIONES GENERALES

A manera de conclusiones generales se mencionarán algunos aspectos relevantes que se presentaron en esta tesis, se establecerán algunas consideraciones sobre el uso de los SIG a futuro dentro de cada caso de estudio, así como algunas propuestas finales para ser tomadas en cuenta en relación al tema abordado.

Se puede concluir que son dos los principales aportes de esta tesis:

El primero ha sido el conocimiento nuevo sobre las dos zonas de estudio en si mismas en cuanto a cuestiones de acuacultura y manejo del territorio. Este conocimiento se generó mediante la determinación y localización de los sitios más propicios (con el mayor potencial) para el establecimiento de unidades de producción acuícola de camarón en áreas específicas alrededor de dos sistemas lagunares costeros, así como la superficie terrestre disponible para dicha actividad.

El segundo se refiere a cuestiones metodológicas, en cuanto a la manera en como se proceso la información fuera y dentro del SIG. Así una serie de variables importantes que intervienen en la selección del lugar para el desarrollo de la acuacultura, pudieron ser recopiladas, integradas, analizadas, representadas e interpretadas con la ayuda de un SIG. La utilización de un SIG facilitó el manejo y la interpretación visual y espacial de la información para la identificación de áreas óptimas y la evaluación sobre las distintas potencialidades, así como la generación de cartografía que sirva de apoyo para la toma de decisiones sobre el lugar.

Del mismo modo este trabajo trata de contribuir en reafirmar lo expresado por otros autores como: (Meaden y Kapetsky, 1992; Barg, 1994; Aguilar-Manjarrez, 1996, así como organismos como SEMARNAP y FAO, 1995), en el sentido de que los SIG pueden ser utilizados para acelerar y aumentar la eficiencia de los procesos de aprovechamiento óptimo de los lugares para la acuacultura, y las posibilidades que ofrecen para examinar cabalmente las numerosas variables espaciales y no espaciales que pueden afectar o controlar la producción y el desarrollo acuícola. Ya que como lo señala Aguilar-Manjarrez (1996), quizá el mayor beneficio del uso de los SIG en la acuacultura es que un número de escenarios de planeación pueden ser investigados antes de que se emprenda el desarrollo de esta actividad.

Es preciso señalar que los resultados de ambos estudios de caso, son indicativos de algunas oportunidades para el desarrollo de la acuacultura y son para propósitos de una planeación general. Es necesario llevar a cabo estudios más específicos, en campo y a mayor detalle, para verificar las áreas identificadas como potenciales.

Se puede decir, sin temor a equivocarnos, que los SIG han venido a revolucionar los estudios de planeación y gestión de proyectos para el desarrollo de la acuacultura, ya que han permitido la organización, manejo y representación de la información de una manera mucho más apropiada que con la tradicional confección manual de mapas y la interpretación visual de los datos. De la misma forma el análisis mediante la fusión de diversas capas de información, la extracción de información relevante (superficies, distancias, etc.), y la actualización y ampliación de la misma, muestran la enorme capacidad y flexibilidad de los SIG.

Los SIG se han constituido como una poderosa herramienta para el establecimiento de formas de aplicación del análisis espacial y de los medios tecnológicos necesarios para su realización. Asimismo esta herramienta sirve de apoyo fundamental para la Geografía y cada vez es mayor su utilidad para otras disciplinas en las cuales las dimensiones de espacio y tiempo se agregan como elementos importantes de sus métodos de análisis (López-Blanco, 1998).

El hecho de haber presentado dos estudios de caso distintos se fundamentó en buscar documentar de una manera más amplia una gama de aplicaciones y manejo de información que posibilita el uso de un SIG. De la misma forma, aunque algunos factores fueron similares, las escalas espaciales, el tratamiento de la información y de las variables y criterios aplicados fueron distintos para ambos estudios, además que a uno de ellos se le dio una orientación más socioeconómica, y el otro hacia cuestiones de carácter medioambiental y de aptitud del territorio.

Un aspecto importante fue el hecho de asignar ponderaciones o calificaciones "subjetivas" a las distintas potencialidades de los factores. Se podría sin embargo afirmar que estas asignaciones son más bien "semi-subjetivas", ya que están basadas en la experiencia y en los criterios de expertos que han venido aplicando sus investigaciones en instituciones como la FAO, en sus Departamentos de Pesca y Acuicultura; la Universidad de Stirling en Escocia, con su Instituto de Acuicultura y la Dirección General de Investigación en Acuicultura, del Instituto Nacional de la Pesca (SEMARNAP). Por lo que los criterios aplicados en esta tesis están sostenidos por información de publicaciones (tesis, artículos e informes), que hacen que la asignación de ponderaciones y los resultados tengan mayor solidez. Claramente mientras más gente haya manejado y aplicado dichos criterios y asignado valores, las posibilidades de incertidumbre en la jerarquización de los factores se reduce, por lo que la probabilidad de acierto o de acercarse al mundo real aumenta.

Otra cuestión importante, es que no fue objeto de este trabajo el de proponer una lista de factores o criterios generales para evaluar el potencial en la selección del lugar para la acuicultura en otros sitios y bajo otras condiciones, en una especie de modelo general. Para ello existen trabajos previos que han integrado un mayor número de variables, tanto ambientales como socioeconómicas, y la creación y aplicación de modelos para la toma de decisiones (p.e. Gutiérrez-García, 1995; Aguilar-Manjarrez, 1996). Lo que si es un hecho es que no se puede hablar de una regla o receta de factores que se adapten a todas las condiciones o casos de selección del lugar. Sin embargo, se debe tener claro que si existen una serie de factores que son muy importantes para cualquier estudio de este tipo tales como: Temperatura ambiente, cantidad y calidad del agua, acceso a los mercados y al transporte, entre otros.

Ya que como lo señala Lara-Vázquez (1997), se debe considerar que hoy en día, desde el punto de vista de la tecnología acuícola, podría ser posible producir cualquier especie en casi cualquier parte del mundo; sin embargo, desde el punto de vista económico y ambiental, entre mayores dificultades físicas o biológicas se tengan que vencer, el trabajo de producir organismos acuáticos será mayor. A mayor trabajo, mayores serán los costos y el valor del producto obtenido puede llegar a ser más alto que su precio en el mercado, sobre todo si se compara con lo que se produce en otras regiones o pesquerías.

La aplicación de operadores de distancia dentro del SIG en varias de las operaciones llevadas a cabo en ambos estudios demostró que esta técnica es muy útil cuando existen huecos en los grupos de datos disponibles y se requiere crear capas de información. Sin embargo se debe tener en cuenta que para esta técnica o función de interpolación siempre existe cierto grado de inexactitud ya que este operador sólo crea bandas o "buffers" circulares que, en muchos de los casos, no dan una muy realista representación de los factores envueltos en el análisis.

Así mismo la aplicación de la técnica de Polígonos de Thiessen fue muy importante para el caso del Mar Muerto, ya que permitió evaluar a mayor detalle información socioeconómica para cada localidad, que el haber utilizado información a nivel municipal con muy poca representatividad y un nivel de detalle inadecuado para los propósitos que se perseguían en el trabajo de SEMARNAP (1997). Sin embargo un aspecto que se debe considerar en futuros análisis que apliquen esta técnica, es que los polígonos son trazados automáticamente considerando equidistancias entre las diferentes localidades asumiendo que todas las localidades tienen la misma importancia e influencia espacial, hecho lejano de la realidad. Es por ello necesario distinguir la importancia de cada localidad a partir de algunas variables, antes de la creación de los Polígonos de Thiessen, para obtener una más real distribución y expresión espacial de cada localidad. Se recomienda para dicha operación utilizar el mismo índice de bienestar obtenido en donde quedan involucradas algunas variables socioeconómicas. Otra opción es utilizar el método aplicado por Kunz y Valverde (1994) para determinar la importancia económica de las ciudades mexicanas a partir de 29 variables, sin embargo este tratamiento se debe adaptar para evaluar localidades considerablemente menores y en ámbitos rurales.

Debido al tipo de SIG utilizado en este trabajo, de base raster fue de crucial importancia seleccionar la escala apropiada de trabajo, es decir el formato mínimo de pixel, de acuerdo a los objetivos de cada estudio. Para el caso de Mar Muerto el tamaño de 100 m x 100 m del pixel fue apropiado, sobretodo para realizar las evaluaciones de distancia en al área y por la escala en que fue digitalizada la información base (1:250,000; 1:450,000 y 1:500,000). En el caso del estudio del parque nacional, el tamaño de pixel de 20 m x 20 m fue el adecuado ya que permitió una representación más precisa de los factores ambientales tales como suelos y topografía, así como por la información cartográfica que se digitalizó a escalas (1:50,000 y 1:100,000).

La aplicación en ambos estudios de la técnica de Evaluación con Multicriterios y la matriz de comparación en pares, permitieron definir y estimar mediante pesos la importancia relativa y la relación entre los distintos factores incluidos en la evaluación dentro del SIG. El haber ordenado los factores en una escala de orden decreciente (p.e. de 6 a 1) de acuerdo a su jerarquía permitió el acomodo de los factores en la matriz de comparación, además de que facilitó la asignación de valores.

La Evaluación con Multicriterios permitió la evaluación de todos los factores a la vez, sin necesidad de realizar varias operaciones de sobreposición de mapas (OVERLAY), modificación de los valores de los atributos por un valor constante (SCALAR), y una reclasificación final (RECLASS) del mapa resultante del proceso de combinación de todas las capas de información. Los mapas resultantes de la Evaluación con Muticriterios muestran la importancia que tuvieron los factores a los que se les asignaron los pesos más altos, ya que fueron ellos los que tuvieron la mayor influencia en determinar las áreas con el mayor potencial.

Es evidente que mediante el uso de Multicriterios es posible obtener diferentes resultados en la etapa de asignación de pesos a los factores en consideración. La asignación de pesos y el orden de los factores, de mayor a menor importancia, dependerá subjetivamente de los criterios de cada individuo o grupo de individuos involucrados en el proyecto, y de acuerdo a los objetivos del mismo.

En la Evaluación con Multicriterios aplicada por Aguilar-Manjarrez (1996), además de haberse basado en sus propios criterios para la asignación de pesos de los distintos factores, incluyó a través de cuestionarios la opinión de algunos investigadores, expertos en acuicultura y en la toma de decisión, para comparar estadísticamente los resultados de los pesos asignados por ellos con sus propias asignaciones. Se encontró que los resultados basados en los pesos del autor concordaron y se vieron reforzados cuando se compararon con los resultados de los cuestionarios respondidos por el grupo de expertos.

Para la Evaluación con Multicriterios aplicada en esta tesis, se buscó una asignación de pesos de los factores basado en criterios y experiencia personal del autor. Asimismo se hizo una revisión de algunos estudios previos que asignaron pesos a los distintos factores evaluados: (Gutiérrez-García, 1995; Aguilar-Manjarrez, 1996 y SEMARNAP, 1997), así como la consulta con un experto del Instituto Nacional de la Pesca (SEMARNAP).

Sin embargo, la Evaluación con Multicriterios aún se considera "semi-subjetiva" ya que la selección final de los pesos para cada factor depende casi en su totalidad de los pesos inicialmente asignados por el autor o autores de la evaluación. En un futuro se debe implementar y reforzar la selección y ajustes de los pesos mediante un enfoque cuantitativo en lugar de uno cualitativo. La técnica de Multicriterios tiene un enorme potencial sobretodo en aspectos de la asignación de los recursos, usos del suelo, aptitudes del terreno y en general en cualquier proceso de toma de decisión que involucre la planeación y manejo de los recursos naturales. En un futuro esta técnica se vería enormemente reforzada si se logra reunir en un grupo, a los expertos y a los tomadores de decisión para discutir los resultados de dicha evaluación y conjuntar la opinión de los mismos para realizar los ajustes finales de los pesos asignados a los factores.

Cabe mencionar, que tanto la aplicación de la técnica de Polígonos de Thiessen para la representación espacial de las localidades, como la Evaluación con Multicriterios para la asignación de pesos a los distintos factores, son dos metodologías que apenas comienzan a ser aplicadas en cuestiones de asignación del emplazamiento y desarrollo de la acuicultura.

Por otro lado, en lo que respecta al SIG utilizado, es muy importante señalar que IDRISI ha sido considerado como un SIG accesible, tanto para su adquisición, aprendizaje y utilización, como por su bajo costo y que la metodología generada es posible transferirla a cualquier otro proyecto, grupo de trabajo o institución, para ser utilizada tanto en equipos modestos de computadoras personales o transferida a equipos más sofisticados como las estaciones de trabajo en ambiente UNIX.

Un problema a resaltar y que se presentó durante este trabajo fue el de la accesibilidad para la adquisición de la información. Frecuentemente gran parte de la información requerida por varios usuarios está en manos de dependencias gubernamentales, sin embargo no existe un enfoque por compartir la misma, ni siquiera entre las mismas dependencias del gobierno (u otras privadas) ya que debido a la confidencialidad que se guarda (muchas veces innecesaria) y la falta de comunicación entre las organizaciones,



constituye, como lo señala Aguilar-Manjarrez (1996), una de las principales razones por las que se ha presentado una pobre planeación y manejo de proyectos en México. La insuficiente participación interinstitucional origina una duplicación de esfuerzos y gastos innecesarios, falta de coordinación y consenso de criterios y políticas, así como la falta de difusión de los trabajos existentes o en proceso.

Es importante mencionar que debido a la complejidad y naturaleza dinámica de los ambientes costeros es una necesidad incorporar nuevas tecnologías como son el uso de información de percepción remota satelital, las imágenes digitales de video (videografía) y más recientemente las imágenes digitales de alta resolución. Son, sin embargo, la videografía y la imágenes digitales de alta resolución las herramientas que permitirán tener información fidedigna, actualizada, de bajo costo y con suficiente detalle para el conocimiento de los ecosistemas costeros y para apoyar su aprovechamiento óptimo. La información que generan puede ser usada tanto para los procesos de seguimiento como para los de actualización.

Entre otras aplicaciones, pueden utilizarse para estudios de impacto ambiental, degradación del medio, uso del suelo, desarrollos turísticos, formación y erosión de playas, caracterización de sistemas lagunares y manglares, transporte de sedimentos, efecto de ciclones y monitoreo de planes de manejo, y por supuesto para la acuacultura.

Las imágenes digitales de alta resolución pueden ser utilizadas de inmediato, procesadas, analizadas y transferidas a otros medios. En un sólo disco compacto (CD-ROM) es posible almacenar levantamientos completos de grandes áreas, y pueden realizarse copias múltiples para ser aprovechadas por varias instituciones, o para su procesamiento en paralelo. En general estas herramientas pueden convertirse en una importante fuente de información temática en las zonas costeras, sobretodo cuando se requieren análisis temporales de alta resolución.

Para ambos estudios los factores evaluados pueden servir de base para integrar otros criterios y propuestas, así como realizar una más adecuada definición de variables, con el fin de enriquecer futuras evaluaciones. Claramente mientras más sea el número de factores evaluados, será más completa la evaluación del potencial de desarrollo acuícola. López-Blanco (1994) señala que la utilidad de un SIG se hace más importante conforme el volumen de datos y variables a considerar es más amplio y heterogéneo, así como el conjunto de funciones que necesitan ser aplicados, son cada vez más complejas.

En relación a la evaluación de los costos de producción en la zona de Mar Muerto, es necesario considerar en futuros estudios lo siguiente:

- Estimar los costos de adquisición de la tierra y para los distintos usos del suelo (cultivos, pastizales, etc.) en las zonas identificadas con el potencial más alto a través de una visita a la zona de estudio.
- Se requiere información más precisa sobre la Tenencia de la Tierra, ya que la información de este factor utilizada en SEMARNAP (1997) se representó en un mapa municipal. Por ello se requiere información a mayor detalle y más actual que puede proporcionar, por ejemplo, el programa PROCEDE en el área. Se considera que la Tenencia de la Tierra es un factor de suma importancia para los costos de adquisición de los terrenos y el desarrollo de la acuacultura.

- Es muy importante incorporar la información de una imagen de satélite y/o de fotografías aéreas lo más recientes posible, con el fin de identificar, de manera más precisa, los distintos tipos de uso del suelo y vegetación, ya que la información proporcionada por INEGI, se encuentra desactualizada, pues se generó hace más de diez años. De la misma forma es importante establecer los límites precisos y recientes de las áreas de manglar, pues se piensa que este tipo de vegetación ha sido impactada, y algunas áreas que se consideraron en este estudio posiblemente han sido taladas. Del mismo modo también se podría actualizar la información de las vías de comunicación.
- Relacionado con las vías de comunicación, sería importante estimar para cada localidad con alto potencial el factor costos de operación para el transporte basados en tiempos y distancias de recorrido. Además sería muy conveniente aplicar otros operadores de distancia en el SIG como el de distancias de costo, donde se contemplan barreras de fricción al movimiento de un lugar a otro (p.e. habrá más fricción en un camino de terracería que en uno pavimentado); así como el operadores para localizar la ruta más corta entre uno o más puntos específicos y un destino elegido como el punto más bajo en una superficie de costo.
- Obtener información mas detallada de los servicios eléctricos, en especial de las líneas eléctricas que aparecen cartografiadas en los mapas de INEGI, 1:50,000. Así las líneas eléctricas (vectores) se podrían insertar en el mapa 1:250,000, con el fin de tener información más completa y veraz de este factor.

Hay que tener en cuenta que este trabajo al igual que el de SEMARNAP (1997), pretenden ser una evaluación de "gran visión" con un enfoque social y económico, con información cartográfica a escala 1:250,000 y el uso de información estadística del Censo General de Población y Vivienda 1990 a nivel de localidad, por lo que las variables y criterios técnicos y ambientales aún no han sido considerados. Sin embargo a pesar de que en algunos casos el tipo y la calidad de la información no permitió realizar análisis muy precisos, se logró visualizar espacialmente el factor costos de producción y cómo este puede repercutir en la evaluación y situación socioeconómica del potencial acuícola en la zona de Mar Muerto, y sirve como antecedente para futuros análisis de costo/beneficio que ayudarían a considerar la posibilidad de una inversión inicial.

En el caso del estudio del Parque Nacional Lagunas de Chacahua se debe considerar lo siguiente:

- En este estudio se tenía contemplado dentro del SIG una evaluación de la calidad del agua de las lagunas de Chacahua y Pastoria tanto de la temporada de lluvias como de secas, para determinar las áreas lagunares donde las condiciones serían las más favorables para el desarrollo de cultivos semi-intensivos de camarón, así como para la instalación de cultivos en corrales dentro de las lagunas. Se tenían ya considerados algunos factores físicos e hidrológicos como: Batimetría, Sedimentos, Temperatura, Salinidad y Oxígeno Disuelto para dicha evaluación, e incluso se tenía la representación cartográfica en formato digital de algunos de estos factores. Sin embargo, por diversas razones, entre las que destacan la falta de información actual, veraz, completa y precisa de dichos factores, las fluctuaciones espacio-temporales de estos cuerpos de agua y la falta de tiempo, impidieron que dicha evaluación se completara.

- Un aspecto importante, es investigar la distribución y profundidad del agua subterránea con el fin de determinar la posibilidad de aprovechar las capas de agua dulce o salada para la acuacultura. El caso del agua dulce es significativo ya que al parecer existe un déficit de este recurso en el área de estudio, que se intensifica durante el estiaje, por lo que la localización de los pozos abiertos y su potencial deben ser verificados. Del mismo modo es necesario investigar la presencia de un canal derivador de agua dulce proveniente del Río Verde hacia la laguna de Chacahua, así como la posibilidad de construcción de otros canales. Ambos aspectos permitirán la instalación de cultivos aún distantes de los ríos.
- Se requiere investigar, en campo o por otro medio, las áreas de manglares que presentan impacto, ya que como lo señala SEDESOL (1995), este tipo de vegetación se ha visto fuertemente afectada por la disminución gradual del nivel del agua, la concentración de sales en la misma así como por la variación de la temperatura del agua, a grado tal que poco a poco ha ido muriendo. Por ello se requieren localizar aquellas áreas que presentan mortandad de los árboles de manglar, ya que si no se pueden recuperar o reforestar, podrían ser aprovechadas por la acuacultura. Se recomienda aplicar la metodología de Ramírez-García *et al.*, (1998) donde se hace una evaluación multitemporal de la vegetación de manglar en el Occidente de México, se evalúan la composición y estructura de las plantas de manglar, así como la amplitud de su deforestación mediante un análisis de la cobertura espacial a través de una imagen Landsat TM, fotografías aéreas pancromáticas e imágenes de video oblicuas, en color.

Se debe considerar que existen límites en la precisión de los resultados, como en cualquier otra clase de estudio. Los mapas y la información utilizadas para integrar el SIG han venido de una variedad de fuentes basadas en datos no del todo recientes y además no todos con la misma proporción de detalle y precisión de localización. En conjunto con esto y como lo señala López-Blanco (1994), es fundamental un asunto que tiene que ver con lo bien o mal que se haya aplicado el SIG y es el causado por el desconocimiento de algunos usuarios, sobre aspectos básicos de cartografía. Particularmente en los asuntos relacionados con el tamaño más apropiado de las celdas o píxeles a emplear, en función de la escala original de la información; los problemas inherentes a la integración de información cartográfica de diferentes escalas, el problema- de las sobreposiciones y las posibilidades de tener certeza en este tipo de análisis.

Es muy importante promover el uso de la metodología SIG así como presentar estos resultados a especialistas de diversas disciplinas relacionadas con el medio ambiente y la planeación, para su discusión y enriquecimiento, con el fin de que aporten su experiencia y propongan enfoques metodológicos más consistentes para definir más adecuadamente las variables que se manejan e impulsar una interdisciplinariedad de estas evaluaciones, así como la creación de escenarios resultantes de la aplicación de modelos geográficos predictivos.

Finalmente, y como lo señala López-Blanco (1994), hay dos posiciones equivocadas en relación a establecer juicios acerca de los SIG. La primera es dada por personas que piensan que van a tener resultados inmediatos, baratos y sin ningún esfuerzo al emplearlos. En la segunda posición se piensa que el usar un SIG es algo costoso, inútil y poco científico. Evidentemente estas son las dos posiciones extremas, ninguna de las dos es correcta.

**Bibliografía**

Aguilar-Manjarrez, J. (1996). **Development and evaluation of gis-based models for planning and management of coastal aquaculture: a case study in Sinaloa, México.** Thesis Doctor of Philosophy. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland U.K. 375 pp.

Alvarez-Torres, P. (1997). Aprovechamiento de los sistemas costeros en el cultivo de especies de interés comercial. *En: Resúmenes del II Foro Técnico de Protección Ambiental, Sistemas Acuáticos: Manejo y Conservación en México.* Instituto Mexicano del Petróleo y Petróleos Mexicanos. 15-16 Octubre, 1997. México. pp. 9-10.

Bailey, C. (1988). The social consequences of tropical shrimp mariculture development. *Ocean and Shoreline Management*, 11, 31-44.

Barg, U.C. (1994). *Orientaciones para la promoción de la ordenación medioambiental del desarrollo de la acuicultura costera.* FAO Documento Técnico de Pesca, No. 328. FAO, Roma, Italia. 138 pp.

Barrena-Vázquez, B. (1987). La camaronicultura, práctica reciente en México. *Acuavisión* 2 (8), 4-7.

Biología de Campo. (1980). **Estudio interdisciplinario sobre la conservación y aprovechamiento de un parque nacional "Lagunas de Chacahua, Oaxaca", con una población humana establecida.** Biología de Campo. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Biología de Campo. (1996). **Evaluación de la abundancia y algunos índices fisiocológicos de las postlarvas y juveniles de camarones peneidos y su aplicación en el desarrollo de un cultivo semi-intensivo en áreas aledañas al Sistema Lagunar Chacahua-Pastoría, Tututepec, Oax.** Biología de Campo. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Calderón, F.C., J.R., Latournerié C., Ma. L. Barbosa S. y J. Díaz S. (1997). Aspectos de la dinámica de dos lagunas costeras del edo. de Oaxaca con miras al aprovechamiento de sus recursos. *En: Memorias del XIV Congreso Nacional de Zoología.*

Cifuentes, L.J., P. Torres-García y M. Frías. (1990). **El Océano y sus Recursos. Tomo XI Acuicultura.** Colección: La Ciencia Desde México. Fondo de Cultura Económica. México. 160 pp.

Coll, M.J. (1991). **Acuicultura Marina Animal.** Mundi-Prensa. Madrid, España. pp 55-58.

CONAPO. (1990). **Indicadores socioeconómicos e índice de marginación municipal.** Comisión Nacional del Agua. México. 304 pp.

Contreras, E.F. (1993). **Ecosistemas Costeros Mexicanos.** Comisión Nacional de Biodiversidad y Universidad Autónoma Metropolitana. México. pp. 138-140.

COPLADE. (1996). **Programa de Ecología, Recursos Naturales y Pesca 1995-2000, Chiapas**. México.

Chacón-Torres, A. (1996). Los sistemas geográficos de información en la acuicultura. *En: Memorias Reuniones Técnicas de la Red Nacional de Investigación para Acuicultura en Aguas Continentales (REDACUI)*, México. Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca. pp. 41-44.

Chollik, F. y Poernomo, A. (1987). *Development of aquaculture in mangrove areas and its relationship to the mangrove ecosystem*. **FAO Fisheries Report No. 370**, 93-104.

D'Croz, L. y Boydan K. (1980). Contribución de los manglares a las pesquerías de la Bahía de Panamá. *Rev. Biol. Trop.* 28 (1), 13-29.

De La Lanza-Espino, G. (1997). Programa de evaluación de los sistemas costeros nacionales. *En: Resúmenes del II Foro Técnico de Protección Ambiental, Sistemas Acuáticos: Manejo y Conservación en México*. Instituto Mexicano del Petróleo y Petróleos Mexicanos 15-16 Octubre, 1997, México. pp. 13.

Eastman, J.R. (1995). **IDRISI for Windows User's Guide, Version 1.0**. Clark Laboratories for Cartographie Technologie and Geographic Analysis. Clark University, Worcester, MA, USA. 120 pp.

FIRA. (1996). **Diseño de una explotación camaronícola, criterios generales**. Documento Técnico No. 284, Vol. 29. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura en el Banco de México. México. pp. 3-14.

FIRA. (1996a). **Elementos de análisis de cadenas productivas**. Documento Técnico. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura en el Banco de México. México. 44 pp.

Garduño-Argueta, H. (1997). **Apuntes del curso Camaronicultura**, dentro de la materia: Temas Selectos de Biología Acuática, correspondiente a la Maestría en Ciencias de la División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias (UNAM).

Gómez, E.S. y De La Lanza, E.G. (1992). **Análisis del Estado de la Camaronicultura en México hasta el año de 1991**. México. 48 pp.

Gracia-Gasca, A. (1992). Explotación y manejo del recurso camarón, *Ciencia y Desarrollo* Vol. XVIII, No. 106 sept./oct., pp. 82-95.

Gutiérrez-García, A. (1995). **Development of a GIS-based socio-economic model for aquaculture development in Tabasco State, Mexico**. M. Sc. Thesis. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland U.K. 83 pp.

Guzmán, A.M. (1994). **Los Recursos Pesqueros de la Laguna del Tecuan, Jalisco, México**. Instituto de Limnología, Universidad de Guadalajara. México. 45 pp.

Hirose-López, J. (1995). Camaronicultura sustentable proyectos en áreas naturales protegidas del estado de Yucatán. *En: Memorias de la Reunión Técnica sobre Cultivo de Camarón en El Golfo de México y Mar Caribe*, Campeche, México, 23-24 Noviembre 1994. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca. pp. 22-27.

Huerta, M.A. (1998). **Dinámica espacial de la pesca en el Sistema Lagunar Chacahua-Pastoría, Oaxaca**. Tesis Licenciado en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México. 128 pp.

INEGI. (1988). **Carta topográfica**. Esc. 1:50,000. San José del Progreso, Oax. E14-D84. México.

NEGI. (1988). **Carta topográfica**. Esc. 1:50,000. Río Grande, Oax. E14-D85. México.

INEGI. (1988). **Carta topográfica**. Esc. 1:50,000. El Zapotalito, Oax. D14-B15. México.

INEGI. (1990). **Resultados definitivos. XI Censo general de población y vivienda, 1990**. México.

Jiménez-Durán, U. (1988). **Análisis y evaluación de alternativas para incrementar la producción de camarón en México**. Tesis Licenciado en Economía. Universidad Nacional Autónoma de México. 204 pp.

Kapetsky, J.M., McGregor, L. y Nanne, H. (1987). *A geographical information system and satellite remote sensing to plan for aquaculture development: FAO-UNEP/GRID cooperative study in Costa Rica*. **FAO Fisheries Technical Paper No. 287**. FAO, Roma, Italia. 51 pp.

Kapetsky, J.M. (1987). *Conversion of mangroves for pond aquaculture: some short-term and long-term remedies*. **FAO Fisheries Report No. 370**, 129-141.

Kapetsky, J.M., J.M. Hill, y L.D. Worthy. (1988). A geographical information system for catfish farming development. *Aquaculture*, 68, 311-320.

Kapetsky, J.M. (1989). **Malaysia - A geographical information system for aquaculture development in Johor State**. FI:TCP/MAL/6754. FAO, Roma, Italia. 62 pp.

Kunz, B.I. y Valverde, V.C. (1994). Determinación y análisis de la importancia económica de las ciudades mexicanas. *Geografía y Desarrollo*. Año 6, Vol. 1, No. 10. Abril, 1994, pp. 11-28.

Lara-Vázquez, A. (1997). **Síntesis ejecutiva de la propuesta para la realización del estudio de gran visión y programa de desarrollo de una acuacultura sustentable en el estado de Baja California**. (Reporte Interno de la Dirección General de Investigación en Acuacultura). Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. 13 pp.

- Lara Vázquez, A. y Arévalo G.G. (1997). Características Sociales y Económicas de la Cuenca Alta del Río Lerma. *En: Atlas Ecológico de la Cuenca Hidrográfica del Río Lerma*, Tomo III, Atlas de Ecosistemas Productivos. Comisión Coordinadora para la Recuperación Ecológica de la Cuenca del Río Lerma, Gobierno del Estado de México, 25-46 pp.
- Latournerié, C.J. (1996). **Apuntes del seminario: Proyecto general de estudios fisioecológicos de camarones penidos en Oaxaca**. Laboratorio de Acuicultura y Producción Acuática de la Facultad de Ciencias (UNAM), 10 Noviembre 1996.
- Lee, D.O'C. y Wickins, J.F. (1992). **Crustacean Farming**. Blackwell Scientific Publications. U.K. 392 pp.
- López-Blanco, J. (1994). **Evaluaciones geomorfológicas y de recursos naturales aplicando un sistema de información geográfica (ILWIS)**. Tesis Doctoral en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México. 221 pp.
- López-Blanco, J. (1998). Sistemas de información geográfica (SIG): conceptos, definiciones y contexto metodológico que involucra su uso. *Quivera*. Año 1, No. 0. Junio 1998, pp. 27-38.
- Madrigal-Urbe, D. (1986). **Hábitat y uso del suelo como indicadores de la problemática del Parque Nacional Lagunas de Chacahua, Oax.** Tesis Licenciado en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México. 180 pp.
- Mahmood, N. (1987). *Effects of shrimp farming and other impacts on mangroves of Bangladesh*. **FAO Fisheries Report No. 370**, 46-66.
- Martínez-Córdova, L. (1993). **Camaronicultura. Bases Técnicas y Científicas para el Cultivo de Camarones Penidos**. AGT Editor. México. 233 pp.
- McClung de Tapia, E. y H. Tapia Recillas. (1995). **Introducción a los Sistemas de Información Geográfica, Manejo Básico de IDRISI**. Universidad Nacional Autónoma de México e Instituto de Investigaciones Antropológicas. México. 83 pp.
- Meaden, G.J. (1996). Potential for geographical information systems (GIS) in fisheries management. *En: Megrey B.A. y Moksness E. (eds.). Computers in Fisheries Circular Research*. London, U.K. pp. 42-79.
- Meaden, G.J. y Kapetsky, J.M. (1992). *Los Sistemas de Información Geográfica y la Telepercepción en la Pesca Continental y la Acuicultura*. **FAO Documento Técnico de Pesca No.318**. FAO, Roma, Italia. 266 pp.
- Mena-Millar, A. (1989). La explotación del camarón en América Latina y el Caribe. *FAO Circular de Pesca (820)*, 30-35.

Miguel, G.F., M.L. González y C.J. Latournerié. (1996). Efecto del estrés de salinidad sobre el consumo de oxígeno en juveniles de camarón blanco *Penaeus vannamei*; de la laguna de la Pastoría, Tututepec, Oax. **En: Memorias Primer Encuentro Regional sobre Investigación y Desarrollo Pesquero Costero: Guerrero, Oaxaca y Chiapas.** Universidad del Mar, Puerto Angel, Oaxaca, pp. 23.

Mirady, S. *et al.* (1994). Large-scale shrimp farming in coastal wetlands of Venezuela, South America: Cause and consequences on land use conflicts. ***Environmental Management*** Vol.18, No.5, sept/oct.

Muir, J.F. y Kapetsky, J.M. (1988). Site selection decisions and project cost: The case of brackish water pond systems. **Institution of Chemical Engineers, Symposium Series No. 111.** Aquaculture Engineering Technologies for the Future. EFCE Publication Series 66, 45-63.

Pacheco, T.J. (1998). **Efecto del estrés de salinidad en los requerimientos de energía de tres especies de camarones peneidos en el estado juvenil de los sistemas lagunares Corralero-Alotengo y Chacahua-Pastoría, Oaxaca: diferencias estacionales.** Tesis de Biólogo. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Palacio-Prieto, J.L. y Bocco, G. (1996). Presentación del Boletín del Instituto de Geografía. ***Investigaciones Geográficas.*** Número Especial 4, pp. 9-12.

Pastor-Díaz, M.G. (1995). Algunas consideraciones sobre el cultivo de camarón en México. **En: Memorias de la Reunión Técnica sobre Cultivo de Camarón en El Golfo de México y Mar Caribe,** Campeche, México, 23-24 Noviembre 1994. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca. pp. 35-37.

Pedini, M. (1981). *Penaeid shrimp culture in tropical developing countries.* **FAO Fisheries Circular No. 732.** FAO, Rome, Italy. 14 pp.

Ramírez-Gasca, P., J. López-Blanco y D. Ocaña. (1998). Mangrove vegetation assesment in the Santiago River Mouth, México, by means supervised classification using Landsat TM imagery. ***Forest Ecology and Management*** 105 (1998), pp. 217-229.

Rámos-Cruz, S. (1996). Análisis de la situación pesquera en la laguna Mar Muerto Oaxaca-Chiapas, México. **En: Memorias Primer Encuentro Regional sobre Investigación y Desarrollo Pesquero Costero: Guerrero, Oaxaca y Chiapas.** Universidad del Mar, Puerto Angel, Oaxaca, pp. 8.

Rodríguez, C.L. (1995). **Sistema contable para una granja camaronícola.** Tesis Contador Público. Escuela Bancaria Comercial, México.

Rosas, C., A. Sánchez, G. Gaxiola, y G. Taboada. (1995). Proyecto para la instalación del centro de maricultura del sureste. **En: Memorias de la Reunión Técnica sobre Cultivo de Camarón en El Golfo de México y Mar Caribe,** Campeche, México, 23-24 Noviembre 1994. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca. pp. 47-57.



Schmidt, U.W. (1982). Selected socio-economic aspects of coastal aquaculture in tropical regions with respect to planning and implementation. *CIFA Technical Paper 9*, 129-141.

SEDESOL. (1995). **Plan de Manejo Integral Parque Nacional Lagunas de Chacahua, Oaxaca**. Secretaría de Desarrollo Social y Técnica Informática Aplicada (TIASA). 249 pp.

SEMARNAP y FAO. (1995). **Guía 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. México. 76 pp.

SEMARNAP y FAO. (1995a). **Estudio para un plan de desarrollo acuícola en el Sistema Lagunar Teacapán-Agua Brava, Nayarit**. Proyecto: UTF/MEX/035/MEX. México. 161 pp.

SEMARNAP. (1996). **Programa de Pesca y Acuicultura 1995-2000**. México. 96 pp.

SEMARNAP. (1996a). **México, Hacia el Desarrollo Sustentable (Base de la Transición)**. México. 79 pp.

SEMARNAP. (1997). **Evaluación socioeconómica del potencial acuícola costero en Oaxaca y Chiapas con el uso de Sistemas de Información Geográfica (Reporte Interno de la Dirección General de Investigación en Acuicultura)**. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca.

SEMARNAP. (1997a). **Anuario Estadístico de Pesca 1996**. México. 232 pp.

SEMARNAP e INP. (1996). **Programa de Ordenamiento de la Actividad Pesquera y Acuícola en el Estado de Oaxaca, Zona Mar Muerto**. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca. México.

SEPESCA. (1990). **Sistema Lagunar Chacahua-La Pastoría, Oaxaca**. México.

SEPESCA. (1990a). **Bases para el ordenamiento costero-pesquero de Oaxaca y Chiapas (Aspectos Generales)**. Secretaría de Pesca. 1ª edición, 1990, 219 pp.

SEPESCA. (1993). **Estudios Especializados de Acuicultura y de Ordenamiento Ecológico en el Estado de Oaxaca**. Contrato No. DGA-EP-43-93. Secretaría de Pesca y Ecoplaneación Consultores. México.

SERBO. (1997). **El Parque Nacional Lagunas de Chacahua, actualización de la carta de uso de suelo y vegetación**. Sociedad para el Estudio de los Recursos Bióticos de Oaxaca. Oaxaca, México. 10 pp.

Solís, W.J. y Méndez, U.M. (1990). Los recursos naturales de las lagunas costeras. *En: Medio Ambiente y Desarrollo en México*. Leff E. (coord.), Vol. 2. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 766 pp.

Tellez, V.M. (1995). Aspectos ecológicos del fitoplancton en el sistema lagunar Chacahua-La Pastoria Oaxaca, en un ciclo anual (1982-1983). Tesis de Biólogo. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Webber, R. J. y Webber, H. H. (1978). Management of acidity in mangrove sited aquaculture. *Rev. Biol. Trop.*, 26 45-51.

**ANEXO 1 Índice de bienestar por localidad en la zona de Mar Muerto.**

LOCALIDAD	POB. TOTAL	POB. MASC.	POB. FEM.	POB. ANAUF.	POB. INDIG.	% POB. INDIG.	POB. ANAUF. >14 AÑOS	POB. ANAUF. 5-14 AÑOS	% POB. ANAUF. 5-14 AÑOS	POB. CI PRINA INCOMP.	% POB. CI PRINA INCOMP.	POB. ECON. INACT. V.	POB. ECON. INACT.	% POB. ECON. INACT.	POB. EN SECTOR 1º	% POB. EN SECTOR 1º	NUM. TOTAL VIVEND. A	VIVIEND. C/1 Y 2 HABIT.	% VIV. C/1 Y 2 HABIT.	VIVIEND. CON TECHO LÁMINA	% VIVIEND. CON TECHO LÁMINA	VIVIEND. SIN AGUA	% VIVIEND. SIN AGUA	VIVIEND. SIN DRENAJE	% VIVIEND. SIN DRENAJE	VIVIEND. SIN OREN.	% VIVIEND. SIN OREN.	VIVIEND. SIN ELECT	% VIVIEND. SIN ELECT	INDICE BIENESTAR.
PUNTA FLOR	780	406	374	109	14	16	2	55	7	206	26	239	264	34	214	27	151	73	48	9	6	16	11	120	78	19	13	268		
PLEITO, EL	113	67	46	20	18	1	1	24	21	19	27	31	27	24	21	17	12	12	71	0	0	0	0	0	17	100	0	0	278	
VILLA DEL MAR	477	232	245	66	14	7	1	20	4	124	26	133	192	40	98	21	102	50	49	0	0	15	15	68	67	12	12	248		
LINEA, LA	1048	546	500	155	15	3	0	105	10	205	20	292	320	31	267	26	198	135	70	0	0	55	28	106	94	40	20	312		
GLORIA, LA	1343	720	623	179	13	28	2	100	7	345	26	403	372	28	319	24	240	128	53	0	3	33	7	156	65	27	11	245		
ARENAL, EL	203	106	97	40	20	0	0	15	7	43	21	61	60	30	58	29	45	28	84	3	7	3	7	45	100	11	24	309		
E. ZAPATA	2647	1541	1406	377	13	96	3	135	5	719	24	803	1148	39	663	20	580	311	54	7	1	182	31	270	47	55	9	247		
OXAQUITA	218	118	100	32	15	0	0	10	5	81	28	57	68	39	56	26	42	24	37	0	0	7	7	24	57	8	18	282		
5 DE MAYO	287	153	134	37	13	0	0	12	4	85	30	94	88	34	84	28	61	24	59	0	0	34	56	25	41	13	21	287		
ARENAS, LAS	335	175	160	46	14	0	0	16	5	77	23	113	117	35	81	24	66	33	50	1	2	13	20	46	70	12	18	260		
SECCION KM. 136	73	39	34	7	10	2	3	6	8	16	22	24	30	41	7	10	23	16	70	0	0	10	43	22	96	2	9	311		
AGUA FRIA	107	54	53	22	21	1	1	3	3	27	25	44	35	33	38	36	20	6	30	0	0	20	100	9	45	5	25	318		
AZTECA, LA	1821	910	911	264	14	14	1	48	3	375	21	407	789	43	223	12	401	151	38	2	0	261	65	172	43	29	7	247		
BOLA DE ORO	58	24	34	12	21	0	0	1	2	14	24	13	22	38	12	11	7	64	1	9	5	45	11	100	3	27	351			
SAN PABLO	278	148	130	33	12	6	2	5	2	65	24	74	114	41	56	21	50	22	44	1	2	50	100	44	68	4	6	344		
ARRIAGA	21849	10435	11364	1844	6	250	1	488	2	3410	16	6315	8714	40	509	2	4687	1408	30	130	3	1001	21	779	17	221	5	145		
L. CARMENAS	1005	534	471	90	6	2	0	26	3	267	27	314	393	39	218	22	198	65	33	3	2	17	9	93	47	19	10	200		
NICOLAS BRAVO	797	421	376	60	6	0	0	26	3	214	27	231	305	38	136	17	142	77	54	0	0	0	0	68	48	11	8	293		
OTATE, EL	21	8	13	5	24	0	0	0	0	3	14	4	11	52	4	3	1	33	0	0	0	3	100	3	100	3	100	443		
PARAISO, EL	253	139	114	31	12	0	0	14	6	77	30	87	76	30	63	25	44	23	52	1	2	44	100	42	95	44	100	483		
M. HIDALGO NO. 2	433	232	201	52	12	0	0	18	4	125	29	116	131	30	111	26	74	39	53	0	0	72	97	41	55	30	41	347		
BOLSA DEL ARADO	82	42	40	10	12	0	0	6	10	21	26	25	36	44	25	30	17	5	29	5	0	17	100	9	53	10	59	383		
OTITAL	177	97	80	22	12	1	1	4	2	47	27	51	76	43	47	27	33	16	48	0	0	32	97	6	18	2	6	281		
TERRERO, EL	268	94	112	28	13	0	0	6	3	54	26	49	94	48	28	14	41	16	39	0	0	41	100	12	29	7	17	288		
GALEANA (CALENTURA)	275	134	141	29	11	0	0	6	2	70	25	74	126	46	60	22	46	19	41	0	0	46	100	15	33	16	35	316		
PALO BLANCO	579	307	272	68	15	1	0	18	3	148	26	148	272	47	114	20	111	59	53	2	2	74	87	42	38	39	35	308		
GUAYABO, EL	382	175	187	48	13	0	0	19	5	110	30	100	141	39	87	24	65	32	48	0	0	65	100	57	68	10	25	373		
CALLAZADA DE HUACHIPILIN	429	222	207	38	9	1	0	24	6	129	30	125	155	36	120	28	68	39	57	0	0	1	1	30	44	24	35	247		
J. ORTIZ DE DOMINGUEZ	481	248	233	50	10	2	0	19	4	155	32	144	206	43	124	26	83	44	53	0	0	31	37	40	48	14	17	271		
LLANO LARGO	528	268	260	61	12	0	0	30	6	164	31	131	173	33	120	23	78	51	65	1	1	77	99	66	85	23	29	383		
SAN NICOLAS	578	305	273	77	13	1	0	49	8	150	26	155	232	40	76	13	91	38	42	0	0	91	100	70	77	28	31	351		
PALO BLANCO	349	176	173	36	10	0	0	15	4	113	32	99	141	40	81	23	64	27	42	0	0	51	80	1	2	5	8	242		
V. GUERRERO	642	336	306	54	8	0	0	7	1	165	29	177	312	49	152	24	116	37	32	0	0	49	42	14	12	4	3	200		
LAGUNA, LA	685	355	330	96	14	0	0	36	5	220	32	201	232	34	190	28	115	59	51	0	0	109	85	87	76	14	12	347		
IGNACIO RAMIREZ	1351	701	650	178	13	3	0	39	3	317	23	320	361	42	259	19	255	101	40	2	1	161	63	108	42	114	45	291		
RIO FLOR	139	74	65	10	7	0	0	7	5	38	27	40	44	32	31	22	25	16	64	0	0	25	100	24	96	24	96	450		
POLKA, LA	863	499	454	74	6	1	0	23	2	226	24	263	353	37	220	23	171	115	67	4	2	166	97	50	28	27	16	306		
ZAPOTAL, EL	24	14	10	3	13	0	0	0	0	6	25	8	9	38	5	21	5	1	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	116	
MANZANAS LAS	78	40	38	3	4	2	3	4	5	34	44	22	30	38	21	27	13	7	54	1	8	9	89	12	92	11	85	428		
VUELTA RICA (L. CARMENAS)	165	94	71	27	16	1	1	10	6	36	22	45	50	30	45	27	30	21	70	2	7	30	100	28	63	19	63	436		
MEDIO MONTE	204	107	97	31	15	0	0	11	5	38	19	71	81	40	68	33	34	8	24	1	3	34	100	22	65	10	29	333		
PESO BOCA DEL CIELO	261	142	118	32	12	10	4	13	5	63	24	73	98	36	62	24	49	21	43	0	0	48	98	34	69	15	31	347		
VEINTE DE NOVIEMBRE	396	201	195	44	11	0	0	17	4	124	31	107	157	40	96	24	70	44	63	2	3	35	50	66	94	13	19	339		

Fuente: SEMARNAP, 1997.

Continuación. ANEXO 1 Índice de bienestar por localidad en la zona de Mar Muerto.

LOCALIDAD	POB. TOTAL	POB. MASC.	POB. FEM.	POB. ANAUF. >14 AÑOS	POB. ANAUF. >14 AÑOS	POB. ANAUF. >14 AÑOS	% POB. ANAUF. >14 AÑOS	POB. PRIM. INCOMP.	% POB. PRIM. INCOMP.	POB. ECON. ACTI V.	POB. ECON. INACT	% POB. ECON. INACT	POB. SECTOR. 1	% POB. SECTOR. 1	NUM. VIVIEND. A	VIVIEN. D. C/1 Y 2 HABIT.	% VIV. C/1 Y 2 HABIT.	VIVIEN. CON TECNO LÁMINA	% VIVIEN. CON TECNO LÁMINA	VIVIEN. SIN N AGUA	% VIVIEN. SIN N AGUA	VIVIEND. SIN DRENAJE	% VIVIEND. SIN DRENAJE	VIVIEND. SIN ELECT. DREN.	% VIVIEND. SIN ELECT. DREN.	VIVIEN. D SIN ELECT.	% VIVIEN. D SIN ELECT.	INDICE BESTAR.
MANQUITO, EL	621	329	292	77	12	6	1	135	22	37	224	36	125	20	106	83	59	2	2	100	51	48	15	14	320			
PUERTO ARISTA	656	327	329	76	12	2	0	125	19	172	255	39	50	8	127	44	35	2	2	74	56	21	17	9	202			
BELESARIO	752	394	356	94	13	1	0	181	21	206	288	36	172	23	141	61	43	2	1	139	99	63	45	16	238			
DOMINGUEZ	606	364	242	135	12	2	0	303	26	348	451	39	280	22	205	79	39	5	2	89	43	60	28	38	234			
CABEZA DE TORO	1061	600	801	216	13	0	0	381	23	429	605	36	368	22	322	198	61	1	0	319	96	206	84	64	20	346		
M. AVILA	21	11	10	0	0	0	0	9	43	10	6	29	10	48	8	2	25	0	0	0	0	1	13	1	13	163		
PERSEVERANCIA II	23	10	13	3	13	0	0	4	17	5	13	57	4	17	4	1	25	0	0	2	50	0	0	0	0	188		
ENCANTO EL	207	106	101	34	16	0	0	45	22	59	72	35	40	18	39	15	38	0	0	18	46	13	33	1	3	217		
RICARDO FLORES MAGON	272	149	123	51	19	0	0	61	22	83	126	46	61	22	46	22	48	2	4	46	100	18	39	10	22	328		
HUACHIPILIN (CALENTURA)	460	242	218	83	18	0	0	87	19	126	158	34	106	23	77	50	85	0	0	77	100	63	82	70	91	440		
SANTA ROSA LAS LIMAS	610	320	290	95	16	1	0	134	22	155	287	47	128	21	130	75	58	1	1	130	100	56	43	15	12	323		
DURANGO	882	358	334	116	17	1	0	150	22	154	209	30	150	22	109	86	79	7	6	109	100	103	94	37	34	418		
COSTA LA. SAN LUCIGERIO	738	379	359	114	15	4	1	187	25	192	287	39	153	21	129	50	39	1	1	114	88	48	37	15	12	281		
CONGRESO, EL	788	419	368	117	15	0	0	195	25	207	269	34	192	24	132	81	61	0	0	131	99	73	55	35	27	348		
MOYOLA	1117	583	534	182	15	2	0	253	23	281	421	38	210	19	198	100	51	0	0	197	99	181	91	1	1	342		
HUZACHAL	4008	1888	2020	492	12	13	0	714	18	868	1817	40	597	15	751	458	61	20	3	414	55	204	27	63	8	246		
TRES PICOS	5319	2711	2608	828	12	50	1	1001	21	1289	2284	43	843	16	868	409	47	15	2	387	42	431	50	73	8	246		
PAREDON	359	183	176	38	57	0	0	81	23	98	133	37	74	21	64	27	42	0	0	62	97	29	45	1	2	280		
A. PINEDA GRAL	449	233	216	57	13	0	0	123	27	109	182	41	94	21	82	25	30	1	1	28	35	45	55	8	10	238		
HUANACASTAL	918	484	434	148	16	2	0	222	24	220	373	41	170	19	184	91	48	1	1	96	52	106	58	16	9	277		
MORELOS	14	6	4	17	0	0	0	5	22	7	6	26	7	30	4	3	75	0	0	1	25	1	25	2	50	287		
GLORIA LA	33	20	13	5	15	0	0	1	3	12	11	33	12	36	8	6	75	0	0	8	100	6	100	7	88	486		
BARRIO POBRE	85	42	43	14	16	0	0	5	24	28	22	35	41	21	25	18	5	31	0	15	94	3	19	3	19	278		
SANTA CRUZ	192	93	99	39	20	0	0	31	16	42	63	33	38	20	32	24	75	0	0	32	100	26	81	32	100	483		
FCO. I. MADERO	397	215	182	41	10	1	0	121	30	113	138	35	107	27	68	34	50	0	0	67	99	37	54	21	31	343		
NARANJO EL	328	308	82	13	13	2	0	160	25	157	193	30	150	24	92	32	35	0	0	91	99	64	91	12	13	338		
VILLAHERMOSA	31	14	17	5	16	0	0	6	19	8	9	29	8	26	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	184	
SAN JOAQUIN	30	20	10	7	23	0	0	7	23	9	8	27	9	30	5	4	80	0	0	5	100	5	100	5	100	593		
POTRERILLO	60	33	27	7	12	0	0	17	26	15	26	43	11	18	11	7	64	0	0	11	100	4	36	0	0	368		
SAN CIPRIANO	144	79	65	19	13	0	0	37	26	43	42	29	42	29	31	21	68	1	3	31	100	31	100	31	100	471		
NUEVO MORELOS	237	118	119	37	16	0	0	56	24	44	96	41	26	11	40	26	65	1	3	38	95	36	90	6	15	364		
JUAN SABINES GUTIERREZ	280	152	128	40	14	1	0	76	27	86	107	38	77	26	54	32	59	0	0	48	89	41	76	7	13	351		
ESPERANZA LA	422	207	215	50	13	1	0	80	21	102	169	40	70	17	78	48	62	2	3	78	100	41	53	11	14	376		
SN. FCO. EL OCOYAL	26919	12656	14263	2251	8	242	1	3774	14	7807	11134	41	879	3	5706	2217	39	200	4	1079	19	732	13	319	6	149	618	
TOMALA	77	37	40	13	17	0	0	16	21	28	30	39	25	32	15	6	40	0	0	2	13	11	73	0	0	238		
OCUILAPA	143	78	67	17	12	0	0	31	22	50	56	39	43	30	30	25	83	0	0	21	70	26	87	3	10	364		
PIEDRITAS LAS UNION Y PROGRESO	157	81	76	23	15	0	0	35	22	37	55	35	35	22	31	16	52	0	0	3	10	29	94	3	10	248		
CONEJO, EL	101	50	51	20	20	4	4	9	9	26	33	33	23	23	19	29	153	2	11	19	100	15	79	19	100	538		
PORVENIR, EL	175	83	82	48	27	0	0	35	20	47	63	36	45	26	36	9	25	0	0	36	100	33	92	34	94	432		
CHARUITES	8846	4384	4462	1274	14	668	8	1712	19	2468	3297	37	1449	16	1229	804	52	129	7	557	32	792	45	298	17	252	187	
REFORMA DE PINEDA	2826	1425	1401	508	18	114	4	624	22	899	1373	48	442	16	690	267	39	11	2	64	9	196	28	54	8	197	187	

Fuente: SEMARNAP, 1997.



**ANEXO 2**  
**RELACIÓN DE SOCIEDADES COOPERATIVAS PESQUERAS DEL SISTEMA**  
**LAGUNAR CHACAHUA-PASTORÍA, OAXACA.**

Nombre de la Cooperativa	Localidad/Domicilio	Año de Formación	No. de Socios	Infraestructura Pesquera	Artes y Equipos de Pesca
Paraíso Escondido	El Zapotalito	24/5/97	18	No	atarraya, red agallera, lancha fibra de vidrio y pangas
Pescadores de Lagartero	Lagartero	1997	17	No	atarraya, red agallera y pangas
Pescadores del Corral	El Corral	Sin/Acta	-	No	-
La Gaviota	El Zapotalito	Sin/Acta	-	No	-
Estrellas del Mar	El Zapotalito	Sin/Acta	13	No	pangas, atarrayas
Pescadores de Río Grande	Río Grande	Sin/Acta	150	No	atarrayas, embarcaciones fibra de vidrio 27 fts.
Estrellas del Pacífico	La Pastoría	Sin/Acta	16	No	atarrayas, pangas
Pueblo Unido de Chacahua	Chacahua	1997	29	No	red agallera, pangas, lanchas fibra de vidrio
El Zapotalito	El Zapotalito	Sin/Acta	32	No	atarraya, pangas, lanchas fibra de vidrio
Mar Profundo	El Zapotalito	Sin/Acta	27	No	red agallera, pangas
Agua Azul	El Zapotalito	26/6/96	12	No	atarraya, red agallera, pangas de madera
Cerro Hermoso	Cerro Hermoso	Sin/Acta	13	No	red acmadraba, atarraya, red agallera, lancha fibra de vidrio 27 fts.
La Pastoría	La Pastoría	Sin/Acta	16	Si Cuarto frío de conservación (sin funcionar)	red agallera, pangas y lanchas
Chacahua-Pastoría	El Zapotalito	19/11/95	19	No	atarrayas, lanchas fibra de vidrio
Parque Nacional	El Zapotalito	15/6/75	-	No	pangas, atarrayas

Fuente: Oficina Federal de Pesca Pinotepa Nacional, Oaxaca.



**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS**  
**COLEGIO DE GUADALUPE**