

# LA EVALUACIÓN TERRITORIAL PARA LA ACUACULTURA COSTERA BAJO UN ENFOQUE DE SUSTENTABILIDAD. DOS CASOS DE ESTUDIO PARA EL PACÍFICO SUR MEXICANO

Luis Carlos Bravo-Peña, Alejandro Espinoza-Tenorio,  
Carlos E. Medina-Reyna

## Introducción

**La franja litoral del Golfo de Tehuantepec** constituye uno de los espacios costeros con más potencial para el desarrollo de la acuacultura en el Pacífico Sur Mexicano. Compartida por los estados de Oaxaca y Chiapas, presenta ambientes lagunares de gran productividad pesquera, una relativa bondad climática y extensas planicies costeras que nacen en el estado de Oaxaca y continúan hasta la frontera con Guatemala. Es una región de pobreza extrema que muestra un deterioro creciente de los recursos pesqueros, pero con numerosas comunidades ribereñas que han desarrollado proyectos rústicos de acuacultura extensiva. Dicha actividad ofrece una alternativa para aliviar las condiciones de pobreza y mitigar la presión de pesca en muchas especies.

Las dependencias gubernamentales encargadas de promover la acuacultura impulsaron proyectos locales con experiencias muy diversas. Algunos tuvieron resultados exitosos, pero la mayoría generó pérdidas que no pueden olvidarse. La ausencia de un plan rector que facilitara la selección de sitios óptimos bajo una perspectiva de sustentabilidad derivó en la disposición inadecuada de las obras acuícolas, el incremento en los costos de construcción y mantenimiento, así como la inoperatividad total de la nueva infraestructura. Además de los impactos ambientales desfavorables, el endeudamiento de algunas cooperativas y comunidades de pescadores fue bastante grave. Esta situación hoy complica la llegada de nuevos recursos, y amenaza con interrumpir el crecimiento de esta actividad.

No obstante las limitaciones anteriores, numerosas comunidades costeras han puesto sus expectativas en el desarrollo de la acuacultura como una opción plausible. El potencial es prometedor, pero requiere abordarse con mucho cuidado. La experiencia de otros países nos indica el riesgo que deriva del crecimiento de la acuacultura sin un marco de planificación ambiental claro. Contaminación de sistemas costeros,

problemas sanitarios, conflictos por el uso de la tierra, exclusión de usuarios costeros con derechos ancestrales, etc. son algunos factores que amenazan localmente la sostenibilidad de este tipo de desarrollo, si no se planea oportunamente. Esto muestra que en ausencia de regulación, el riesgo de cometer nuevos errores e impactos ambientales negativos se encuentra latente.

**La ausencia de un plan rector para la selección de sitios óptimos para la acuicultura trae como consecuencia la disposición inadecuada de las obras acuícolas, el incremento en los costos de construcción y mantenimiento, la inoperatividad total de la nueva infraestructura, así como el endeudamiento de los pescadores.**

En este trabajo se describen dos ejercicios de planificación que buscaron sistematizar el proceso de selección de sitios para acuicultura en una perspectiva de sustentabilidad. Ambos se plantearon para mejorar la toma de decisiones y la asignación de recursos públicos, en una escala que va desde el ámbito intermunicipal hasta el local. Los resultados, que ilustran un esfuerzo de acercamiento entre el sector académico y algunos municipios costeros de la zona (Figura 1), pueden integrarse en una estrategia de ordenamiento ecológico local y planes de manejo específicos, así como aportar elementos para la promoción responsable de la acuicultura costera en otras regiones del litoral mexicano.

**La selección adecuada del sitio para el desarrollo acuícola, basada en una perspectiva de sustentabilidad, es esencial para el éxito de esta actividad económica.**

**La planificación de la actividad acuícola brinda pautas para la toma de decisiones y la asignación de recursos públicos.**

### **La evaluación territorial para el cultivo de camarón en los municipios costeros del litoral del Mar Muerto**

La laguna costera del Mar Muerto forma parte del macrosistema lagunar del Istmo de Tehuantepec. Presenta una superficie aproximada de 512.3 km<sup>2</sup>, y se encuentra

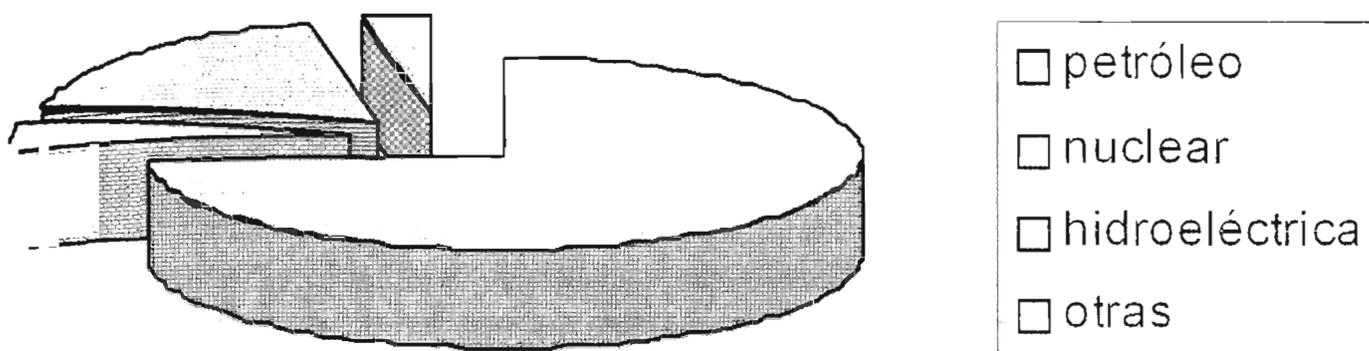


Figura 1 | Área de estudio. a) Región del Pacífico Sur Mexicano. b) Municipio de Santiago Astata: 1. Laguna Grande, 2. La Barra, 3. San Diego, 4. Salitre, 5. Copil, 6. La Colorada y 7 Zaachilac. c) Municipios costeros del litoral del Mar Muerto: 1. San Francisco del Mar, 2. San Francisco Ixhuatan, 3. San Pedro Tapanatepec, 4. Arriaga y 5. Tonalá.

protegida por una barra arenosa de casi 60 km. Su cuenca de drenaje tiene una superficie de 2,824.43 km<sup>2</sup>, y se encuentra poblada por 79,398 habitantes (INEGI, 2000). Comprende cinco municipios costeros (Figura 1c) que se distinguen por la presencia de numerosas comunidades ribereñas dependientes de la actividad pesquera, y por la existencia de doce encierros y proyectos acuícolas de cultivo de camarón, en distintos grados de avance. Estos municipios muestran un interés creciente por la búsqueda de nuevos espacios para la camaronicultura, pero carecen de un marco de referencia que les permita evaluar la viabilidad de los sitios en una perspectiva integral. Este estudio se planteó con el objeto de mejorar el desempeño municipal y aportar elementos para la planificación sustentable de la acuicultura de camarón que faciliten la toma de decisiones en una escala regional y local. Los criterios que guiaron el proceso de evaluación territorial se sustentaron en tres paradigmas:

1) *Equidad social*. Acceso equitativo de la población a los recursos generados por la acuicultura. Dar prioridad a los apoyos municipales hacia las comunidades con menor cobertura de necesidades básicas, mayor aceptación social de la acuicultura y menores posibilidades de impacto sociocultural desfavorable.

**La equidad social, la autosuficiencia económica y la integridad ambiental son los paradigmas fundamentales que deben guiar un proceso de planificación territorial.**

2) *Autosuficiencia económica*. Dar prioridad a la acuicultura en las localidades que garanticen la continuidad y autosuficiencia de los proyectos acuícolas. Identificación de las obras y acciones necesarias para potenciar económicamente a las comunidades costeras con menor nivel de insumos.

3) *Integridad ambiental*. Dar prioridad a la acuicultura en aquellos escenarios que tengan menos posibilidades de sufrir un impacto ambiental desfavorable.

Estos planteamientos constituyeron el punto de partida para el diseño de indicadores que integrarán submodelos de toma de decisiones en el proceso de evaluación territorial con fines acuícolas (Cuadro 1).

Cada submodelo identificó los mejores sitios para el desarrollo de la acuicultura desde una perspectiva particular, pero su sobreposición en un sistema de información geográfica (ver capítulo uno de Herramientas técnicas para la planificación en la sección cinco) permitió seleccionar sitios más apropiados para la acuicultura en una perspectiva integral (Figura 2).

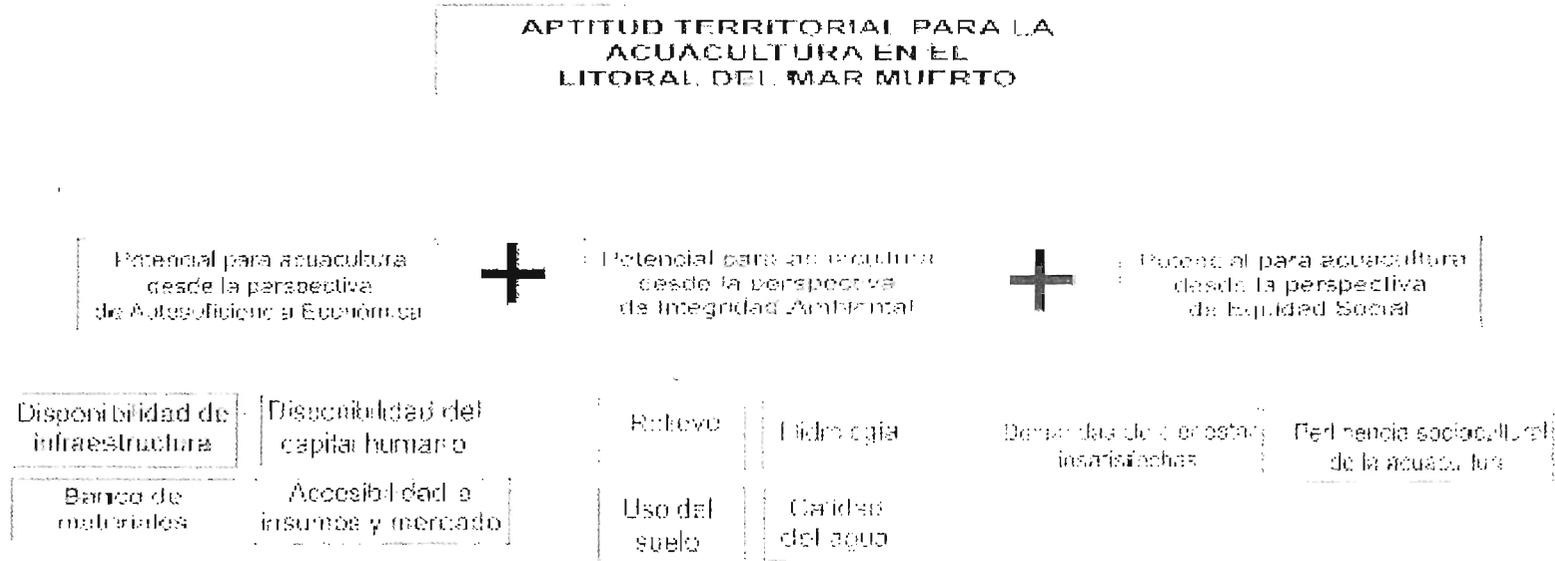
## **Construcción de los submodelos**

### **Submodelo de equidad social**

En éste se ponderaron dos dimensiones involucradas en el criterio de equidad social como premisa para la sustentabilidad: 1) marginación y pobreza de las comunidades que colindan con el Mar Muerto; 2) pertinencia cultural de actividades alternativas, en este caso acuicultura de camarón. Se incluyeron todas las comunidades situadas

SUBMODELO		INDICADORES O PARÁMETROS DE DECISIÓN
<b>Equidad Social</b>		
<b>COMPONENTE</b>		
	Demandas de bienestar insatisfechas	a) Porcentaje de analfabetismo y deserción escolar b) Porcentaje de población derechohabiente de instituciones de salud c) Cobertura de servicios por vivienda
	Pertinencia sociocultural de la acuicultura	a) Presencia de organizaciones para la actividad pesquera b) Porcentaje de personas con una actividad distinta o adicional a la pesca c) Porcentaje de personas con padre o hijos pescadores
<b>Autosuficiencia Económica</b>		
<b>COMPONENTE</b>		
	Capital humano	a) Población mayor a 15 años con primaria terminada b) Población mayor a 5 años que habla español c) Porcentaje de la población dedicada a las actividades primarias
	Accesibilidad a insumos y mercado	a) Distancia a un centro de mercadeo b) Presencia y distancia a un camino transitable todo el año
	Disponibilidad de infraestructura	a) Disponibilidad de infraestructura eléctrica b) Disponibilidad de agua potable y drenaje
	Banco de materiales	a) Presencia y distancia a un banco para el acarreo de materiales
<b>Integridad Ambiental</b>		
<b>COMPONENTE</b>		
	Calidad del agua	a) Índice agregado de calidad del agua (IIA, O D, pH, S)
	Hidrología superficial	a) Presencia y estacionalidad de ríos y arroyos b) Distancia a un río o arroyo
	Relieve	a) Pendiente b) Geomorfología
	Uso del suelo	a) Presencia de comunidades vegetales conservadas b) Distancia a comunidades vegetales conservadas c) Presencia de actividades humanas distintas a la acuicultura d) Distancia del sitio respecto a otras actividades humanas

**Cuadro 1** | Indicadores utilizados para la generación de submodelos de evaluación territorial con fines de acuicultura de camarón en el litoral del Mar Muerto.



**Figura 2** | Esquema del manejo de información para evaluar la vocación acuícola del territorio en una perspectiva de la sustentabilidad.

entre los 0 y 6,500 m de la línea de costa, pertenecientes a los municipios de Arriaga, San Francisco Ixhuatán, San Francisco del Mar, San Pedro Tapanatepec y Tonalá, en el supuesto de que sus comunidades costeras son las que ofrecerían mayores posibilidades de realizar una actividad relacionada con la pesca o acuacultura. El componente de marginación y pobreza permitió identificar las demandas de bienestar insatisfechas en materia de educación, salud y vivienda, y comparar los valores obtenidos con la media nacional y estatal. Este proceso evidenció a las comunidades de mayor rezago, con base en el método propuesto por FAO-SEMARNAP (1995). El procedimiento anterior incluyó el análisis histórico de los datos de INEGI durante el período 1990-2000.

**Los niveles de marginación y pobreza permiten identificar las demandas de bienestar insatisfechas en educación, salud y vivienda por parte de las comunidades y establecer prioridades para su atención con alternativas viables.**

1023

La pertinencia sociocultural de la acuacultura, que expresa el grado de aceptación social hacia esta actividad, se midió con base en una serie de entrevistas directas a más de 30% de los pescadores mayores de 15 años de edad. El diseño de los cuestionarios y la aplicación de las entrevistas incorporó los criterios propuestos por Espinoza-Tenorio (2001) en su exploración de indicadores para el ordenamiento de zonas costeras. Adicionalmente, se incluyó la información proporcionada por la Subdelegación Estatal de Pesca en materia de Registros de Credencialización Pesquera. Los factores a evaluar durante esta fase fueron: 1) grado de organización pesquera, 2) preponderancia de la pesca en el contexto de las actividades primarias, 3) perfil intergeneracional de la actividad pesquera, y 4) aceptación personal de la acuacultura, que mostraron tanto las comunidades que hacen de la pesca el eje fundamental de la vida económica, como las localidades donde la acuacultura tendría mayores posibilidades de aceptación social.

**El nivel de conocimiento y aceptación que tengan de la acuacultura las distintas generaciones, así como el grado de organización de la comunidad, son elementos clave que potencian el desarrollo de esta actividad en un sitio dado.**

### Submodelo de autosuficiencia económica

En éste se identifica a las comunidades costeras con mayor potencial económico para articular la producción acuícola con el mercado regional. Los factores evaluados fueron: a) accesibilidad a insumos y mercados, b) disponibilidad de infraestructura, c) disponibilidad de mano de obra y capital humano, d) presencia de bancos de materiales. Estos factores midieron la disponibilidad de algunos insumos fundamentales para integrar una cadena comercial de producción acuícola. Los datos se obtuvieron de la digitalización de información cartográfica y satelital para el área de estudio, así como de la medición del potencial económico por localidad, de acuerdo con el arreglo propuesto por UMAR (2000). El subcomponente de capital humano se obtuvo de la información publicada por el XII Censo General de Población y Vivienda (INEGI, 2000), y de los resultados obtenidos durante el levantamiento de encuestas y entrevistas de campo. Los bancos de materiales se localizaron en referencias directas de los pobladores locales y en información proporcionada por el Consejo Estatal de Pesca del Gobierno del Estado de Oaxaca. Todas las variables anteriores se expresaron en forma de mapas, y su traslape final indicó a las comunidades dónde coinciden todos los factores económicos que favorecen el éxito de la acuicultura como una actividad económica. También identificó a las comunidades con mayor rezago en la dotación de infraestructura para esta actividad productiva.

La disponibilidad de mano de obra y de infraestructura para la conservación de los productos, el acceso a rutas de comercialización, y la presencia de bancos de materiales, son factores que favorecen económicamente la actividad acuícola en un sitio determinado.

### Submodelo de integridad ambiental

Aquí se indicó la calidad de los insumos naturales disponibles para la acuicultura, así como las posibilidades de impacto ambiental negativo por el desarrollo de esta actividad. El mismo se construyó alrededor de cuatro componentes básicos: 1) calidad del agua, 2) relieve, 3) uso del suelo, 4) hidrología superficial. El primer componente se generó mediante la medición mensual de 12 variables relacionadas con la calidad del agua para camaronicultura (clorofila a, potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos en la materia orgánica particulada, alcalinidad total, nitratos, nitritos, amonio, fósforo total, fósforo

disuelto, fósforo particulado), durante el período comprendido de septiembre del 2001 a marzo del 2002. Las mediciones se realizaron en una red de diez estaciones durante los días de marea más baja de cada mes, ya que representan las condiciones más críticas (CONGEASA, 1993) y, por tanto, permiten dimensionar el potencial de la acuicultura con una perspectiva precautoria. Con estos valores se diseñó un Índice de Aptitud Acuícola (IAA) que modifica el índice de calidad de agua (ICA) propuesto por SEDUE (1986) y FAO-SEMARNAP (1995), donde se ponderan las variables muestreadas con base en los requerimientos de la especie propuesta para la acuicultura local.

$$IAA = S( S_{li} * W_i ) / S W_i$$

Donde:

IAA= índice de aptitud acuícola

S<sub>li</sub> = subíndice de calidad de agua por variable (Pineda, 1999).

W<sub>i</sub> = importancia de la variable de acuerdo con el uso.

1025

El Índice de Aptitud Acuícola (IAA) involucró la construcción de subíndices característicos por cada uno de los parámetros evaluados. Sus fórmulas, y los pesos relativos de cada variable se muestran en el cuadro 2. Este describe los rangos ideales de cada subíndice, de acuerdo al comportamiento que toma el IAA respecto a concentraciones hipotéticas de los parámetros evaluados. El valor máximo es 100 cuando las condiciones son ideales, pero este valor decrece si los registros del parámetro son menos favorables para la especie propuesta. En las referencias de SEDUE (1986) y FAO-SEMARNAP (1995) podrá encontrarse una descripción más detallada del proceso de obtención de los rangos de cada subíndice, ya que este varía en función de la especie que se elija como objeto de cultivo. En este caso, los pesos relativos se obtuvieron con base en consultas a personal experto en el cultivo y reproducción de camarón y de acuerdo a lo sugerido por Boyd y Fast (1992) respecto a los parámetros de calidad del agua en acuicultura

Las barras costeras, marismas inundables, canales de marea, dunas y albuferas son formas del relieve incompatibles con la actividad acuícola.

Los valores obtenidos se interpolaron entre sí por el método Kriging (Bonham, 1994; Eastman, 1999), para simular el comportamiento espacial de la calidad de agua e identificar aquellas zonas con mayor potencial de uso.

Parámetro:	Subíndice de calidad del agua	Peso para el cultivo
Oxígeno disuelto (OD mg/l)	$IOD = (100(OD)/(14.1492 - 0.364T + 0.006T^2))$ Donde T= temperatura.  Si $OD \geq 8$ entonces $IOD=100$	3
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO mg/l)	$IDBO = 120(DBO)^{-0.673}$  Si $DBO \leq 1.311$ entonces $IDBO=100$	3
Salinidad (CE mmho/ch)	$ICE = 540(CE)^{-0.379}$  Si $CE \geq 85.5$ entonces $ICE=100$	3
Potencial de hidrógeno (pH)	$pH < 6.68$ entonces: $IpH = 10^{0.2335pH + 0.440}$ $pH > 7.56$ entonces: $IpH = 10^{4.22 - 0.293pH}$  Si $pH > 6.68$ y $< 7.56$ entonces $IpH=100$	2
Nitrógeno amoniacal ( $NNH_3$ mg/l)	$I NNH_3 = 45.8(NNH_3)^{-0.343}$  Si $NNH_3 \leq 0.102$ entonces $INNH_3 = 100$	2
Nitratos ( $NNO_3$ mg/l)	$INNO_3 = 162.2(NNO_3)^{-0.343}$  Si $NNO_3 \leq 4.1$ entonces $INNO_3 = 100$	1

**Cuadro 2** | Subíndices e importancias relativas de los parámetros que componen el IAA.

El componente de relieve se integró mediante dos elementos: pendiente y geomorfología. Ambos se generaron con un modelo digital de elevación de terreno para la cuenca del Mar Muerto, a escala 1: 50,000 y su superposición con una imagen de satélite para la misma zona. Las geoformas se ordenaron en clases de fragilidad o estabilidad natural, frente a los procesos modeladores del paisaje (SEMARNAP, 1999). Las barras costeras, marismas inundables, canales de marea, dunas y albuferas constituyeron las formas del relieve que se calificaron con menor aptitud para acoger actividades humanas, mientras que las planicies costeras y llanuras salinas tienen un alto potencial acuícola. Otro componente calificado con base en el criterio de fragilidad fue el uso del suelo, pues los paisajes con vegetación conservada son menos recomendables para la instalación de infraestructura que otros espacios costeros ya perturbados. La cobertura vegetal se obtuvo mediante el procesamiento de una imagen de satélite para la zona de estudio, con el auxilio de 120 puntos de verificación en campo.

Las clasificaciones anteriores también resultaron útiles para una perspectiva económica, pues los espacios con restricción absoluta, bajo una óptica de fragilidad natural, imponen mucho más trabajo y requerimientos de ingeniería que otros de menor fragilidad. Además de los impactos ambientales, los costos de construcción de infraestructura acuícola se incrementan considerablemente (Figura 3).

Debido a que tampoco es recomendable la instalación de infraestructura en unidades que presentan usos conflictivos (incompatibles) con la acuicultura, en este trabajo se generó una franja de seguridad de 400 metros de ancho alrededor de las zonas agrícolas o ganaderas, así como de los espacios que presentan comunidades vegetales bien conservadas. Con esta distancia se evita la salinización de terrenos con importancia económica y la instalación de infraestructura acuícola en la cercanía de ecosistemas o comunidades clave.

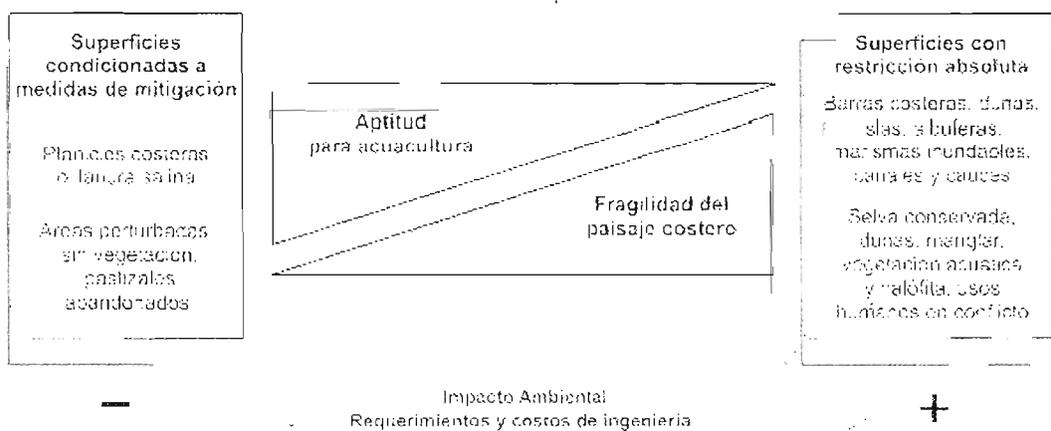


Figura 3 | Aptitud para acuicultura de los componentes del paisaje costero.

Es recomendable definir franjas de seguridad alrededor de zonas agropecuarias, de vegetación conservada, así como de los ríos y arroyos, para disminuir los riesgos por salinización, contaminación, inundación, entre otros.

Asociado a los componentes anteriores, y con la información sobre ríos y arroyos de los mapas de INEGI a escala 1:50,000, se generó la capa de hidrología superficial. Con ella, y los escurrimientos mensuales durante un período de diez años (IMTA,

1997), se identificaron las corrientes pluviales más importantes para el funcionamiento hidrológico del Mar Muerto. Estos datos permitieron generar una franja de seguridad a los ríos y arroyos con más peligrosidad por inundaciones. Aquellos que no fueron peligrosos sólo tuvieron una superficie de restricción de 10 metros de ancho, ya que esta distancia identifica los terrenos de propiedad nacional a lo largo de estos cuerpos de agua (DOF, 1992).

#### Integración de los submodelos de equidad social y potencial económico

Las localidades analizadas en este trabajo mostraron diferencias en la tendencia de crecimiento poblacional respecto a los totales municipales. Arriaga, en el estado de Chiapas, y San Pedro Tapanatepec, en Oaxaca, fueron los municipios que presentaron comunidades costeras con un marcado decremento poblacional durante el período 1990-2000. El caso más grave correspondió a San Pedro Tapanatepec, pues disminuyó 31.25% respecto al total poblacional de 1990. Muchas de las localidades costeras se encontraron en las categorías de alta o muy alta insatisfacción en requerimientos de salud, educación y vivienda; pero las localidades del municipio anterior mostraron niveles de insatisfacción cercanos a 94%. Este resultado sugirió a San Pedro Tapanatepec como una de las localidades más urgentes de atender en una perspectiva de equidad social. Presentaron organizaciones productivas para la actividad pesquera, familias enteras dedicadas a esta actividad, y varios encierros rústicos para cultivo de camarón, que son operados casi empíricamente por los pescadores locales. La promoción de la acuicultura en sus comunidades costeras podría mitigar las condiciones de pobreza local, y tendría coherencia con la memoria y preferencias colectivas de los pobladores. Este factor constituye un elemento que facilita el éxito de los proyectos pesqueros (Kurien, 1989).

Muchos poblados mostraron capital humano para la acuicultura, pero no todos tuvieron la infraestructura suficiente para insertar su producción en el mercado regional. Tres desventajas recurrentes fueron el mal estado de los caminos, la ausencia de bancos para el acarreo de materiales y la escasez de infraestructura que facilite la

**Las principales desventajas encontradas para la actividad acuícola fueron el mal estado de los caminos, la ausencia de bancos para el acarreo de materiales y la escasez de infraestructura**

conservación de los productos pesqueros. Estas carencias disminuyeron el número de comunidades costeras viables para la acuacultura, desde una perspectiva económica. Pero desde una óptica de equidad social, sólo requieren fortalecerse con recursos adicionales para la construcción de infraestructura que permita asegurar la comercialización y el valor agregado de los productos acuícolas. En el litoral oaxaqueño, destacaron siete comunidades del municipio de San Pedro Tapanatepec y una del municipio de San Francisco Ixhuatán.

#### Integración del submodelo de integridad ambiental

El traspase de la información correspondiente a este submodelo permitió identificar 695 ha de aptitud alta, y 10,638 de aptitud media para la acuacultura de camarón. También, se identificaron espacios costeros donde es imposible realizar acuacultura debido a las limitantes que impone el relieve o la hidrología, zonas no recomendables por la presencia o cercanía de comunidades frágiles (manglares, vegetación de dunas) o superficies con actividades humanas incompatibles con esta actividad.

1029

Algunos de los sitios con alto potencial, identificados gracias a la realización de este trabajo, fueron coincidentes con la ubicación de varios de los encierros acuícolas que se manejan hoy por los pescadores locales. Esta coincidencia, que validó de manera empírica los resultados de este ejercicio, también demostró que algunas de las obras acuícolas enfrentan limitantes de espacio o se han ubicado en sitios altamente riesgosos frente a la crecida de los ríos. Dos de los sitios identificados por su alto riesgo presentan encierros que sufren daños de manera recurrente. Fue el caso de los encierros rústicos localizados en las comunidades de Guadalupe y Pesquería Trejo, en el litoral municipal de San Pedro Tapanatepec.

**Al interior de los cuerpos lagunares existen diferencias en cuanto a la calidad del agua, por lo que deben considerarse estas variaciones en el desarrollo de proyectos acuícolas.**

Los resultados de este submodelo también indicaron que la calidad del agua al interior del Mar Muerto presenta diferencias apreciables en un gradiente longitudinal. La región más alejada de la boca, cuyo recambio parece depender casi de forma exclusiva de los escurrimientos pluviales, presentó valores de salinidad, oxígeno disuelto, amonio y

materia orgánica muy fluctuantes durante todos los meses de muestreo. En algunos casos, sus valores indicaron niveles ligeramente superiores al mínimo necesario para la sobrevivencia de las especies acuáticas. Por el contrario, la zona colindante con el mar, o la boca de la laguna, dependió estrechamente del recambio por mareas, y sus valores de calidad del agua fueron mucho más estables y favorables a lo largo de todo el período de estudio. Este hallazgo resulta relevante para la planificación de la acuicultura en los municipios costeros circundantes, pues aunque demandan la apertura de nuevos espacios e intensificación de los cultivos rústicos que ya están operando, las posibilidades de crecimiento y tecnificación acuícola no son las mismas a lo largo de todo el cuerpo lagunar. En una perspectiva precautoria, los municipios de la región colindante con la boca sólo podrán tecnificar sus cultivos hasta una modalidad semiintensiva (Páez-Osuna, 2001), mientras que los de la región colindante con la cabeza no deberán superar la modalidad extensiva. A reserva de contar con un estudio posterior de balance de masas que indique lo contrario, los planes y proyectos municipales de crecimiento acuícola tendrán que dimensionarse sobre esta realidad.

1030

### **La identificación de sitios con potencial acuícola en el municipio costero oaxaqueño**

Santiago Astata es un municipio de 12,436 ha, ubicado en la franja costera oaxaqueña, entre Huatulco y Salina Cruz, de alta marginación y que pertenece políticamente al distrito de Tehuantepec, aunque respecto a lo cultural se encuentra inmerso en la zona étnica conocida como Chontal baja. Su cabecera municipal lleva el mismo nombre y posee aproximadamente 82% de la población local. El resto de los habitantes se distribuye en las poblaciones de Zaachilac y La Tortolita (INEGI, 2000).

La población municipal, en su mayoría indígena, se caracteriza por un fuerte arraigo en el conocimiento tradicional. Ello se refleja en la observancia de rituales y costumbres

**Factores físicos como el relieve, la hidrología, los escurrimientos pluviales y el tipo de comunicación con el mar determinan una gran diversidad de ambientes en el espacio y el tiempo, desde los hipersalinos hasta los dulceacuícolas. Esta diversidad debe ser considerada en las modalidades y épocas de aprovechamiento de los recursos acuícolas.**

sociales que se mantienen vigentes desde tiempos prehispánicos (Bartolomé y Barabas, 1999). En la localidad, se organizan y rigen por usos y costumbres, distinguiéndose por utilizar de forma cuidadosa los recursos naturales, con base en un conocimiento empírico que data de siglos. Observan autovedas para el manejo de ciertos recursos pesqueros, zonifican espacialmente los lugares de pesca, realizan rotación de cultivos agrícolas, etc.; y sus patrones de aprovechamiento de recursos reflejan una economía poco diversificada y tendiente al autoconsumo. Alternan la agricultura de temporal con el manejo y aprovechamiento de siete lagunas costeras (Figura 1b), de tamaño y condiciones variables, donde combinan la extracción de sal con la actividad pesquera. En estas lagunas ocurre buena parte del aprovechamiento pesquero local, aunque la comunidad también tiene acceso a las pesquerías de mar abierto.

Las lagunas anteriores se distinguen entre sí por características topográficas e hidrológicas particulares y diversas. El régimen de escurrimientos pluviales, así como el tipo de comunicación con el mar, origina una diversidad de ambientes que va, dependiendo de la época del año, desde un tipo hipersalino hasta el dulceacuícola. Esta dinámica, que repercute en las características biofísicas de cada cuerpo de agua, favorece tiempos y modalidades de aprovechamiento, los cuales se han intensificado en los últimos años. Una de las opciones productivas que ha cobrado un interés reciente por los habitantes del municipio es la acuacultura rústica. Esta modalidad de aprovechamiento es de tipo extensivo y artesanal y requiere niveles mínimos de tecnificación, muy poca asesoría externa, favorece la participación comunitaria e incorpora muchos de los atributos ambientales locales como un insumo de producción.

Se han emprendido esfuerzos previos de acuacultura extensiva en las lagunas del municipio, pero los resultados obtenidos no han sido satisfactorios. Las agencias gubernamentales encargadas de financiar inicialmente esta actividad no tuvieron criterios claros para la selección de sitios, y llegaron a implementar la acuacultura en una laguna costera que presentaba una temporalidad muy reducida. El proyecto emprendido no ha tenido continuidad, y se carece de evaluaciones posteriores que midan su eficiencia. Las expectativas se mantienen, pero la ausencia de un procedimiento riguroso y sistemático para la selección de sitios es, en este momento, una de las carencias más evidentes.

En este apartado se describe un ejercicio académico que evaluó las posibilidades de uso acuícola en las lagunas costeras del municipio de Santiago Astata, el cual constituye un ejemplo local que puede servir como marco de referencia claro para explorar la vocación del territorio en otras lagunas costeras de la región con condiciones hidrológicas y topográficas parecidas.

La secuencia del trabajo (Figura 4) se dividió en dos partes: a) evaluación de la aptitud territorial, mediante el uso y diseño de indicadores ambientales, y b) evaluación de sus posibilidades de realización a través de la consulta pública. De estas dos partes, los pasos o fases clave que se pueden distinguir son: acopio de información, regionalización, diseño de indicadores ambientales, evaluación de aptitud de uso y evaluación de las posibilidades de instrumentación.

**La evaluación del potencial acuícola de las lagunas costeras se basó en la aptitud ambiental del territorio, así como en las posibilidades de disponer de un proyecto de desarrollo de este tipo.**

#### Acopio de información y descripción del área de estudio

El acopio de información, componente clave del proceso de evaluación, incluyó un esfuerzo de identificación y selección de datos, discriminándose los distintos tipos de información disponible. Esta recopilación incorporó la búsqueda de datos sobre el medio biofísico y socioeconómico, tanto en fuentes de información locales (archivos del municipio, cooperativas, etc.), regionales (dependencias, secretarías de gobierno, organizaciones no gubernamentales, etc.) e internacionales (artículos publicados, universidades, etc.). Otra fuente para obtener información fue la consulta a informantes clave, personas o funcionarios de la región que se distinguieron por su conocimiento de las actividades locales, o por su prestigio y peso local en la toma de decisiones.

#### Regionalización

Esta fase, que comprende la delimitación de unidades que comparten rasgos biofísicos o socioeconómicos homogéneos, identificó a las subcuencas hidrológicas como el rasgo topográfico que define el área donde los procesos ambientales repercuten sobre las lagunas del municipio. Aunque en este caso sólo se consideró un factor

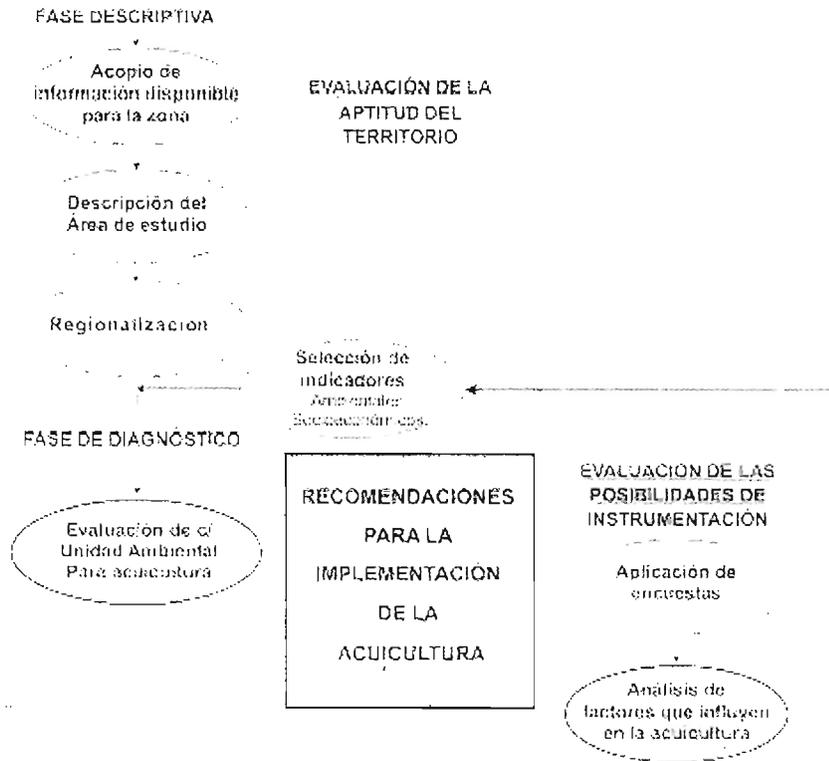


Figura 4 | Esquema metodológico de las dos etapas empleadas y la manera en cómo se integran en la propuesta de recomendaciones para su implementación.

hidrográfico, otros trabajos también han incluido distintos rasgos socioeconómicos como un criterio de regionalización (Gutiérrez-García, 1995).

### Indicadores ambientales

Se seleccionaron y evaluaron aquellas características biofísicas y socioeconómicas localmente relevantes para el desarrollo de la actividad acuícola de bajo impacto en el territorio municipal. Los atributos considerados durante esta fase cumplieron con criterios de sensibilidad, amplia cobertura, representatividad, etc. de acuerdo con el marco provisto por Ahumada (2000) en su propuesta de indicadores ambientales. Aspectos importantes en el proceso de selección de los rasgos a medir fueron la carencia de información sistemática en esta región del Pacífico Sur mexicano, la ausencia de fondos municipales para emprender un programa consistente de monitoreo y evaluación de los recursos locales y la relativa facilidad para generar información

operativa de nivel paisaje mediante el uso de sensores remotos y sistemas de información geográfica. El componente biofísico está integrado por tres descriptores generales que identifican aspectos de interés acuícola, así como el grado de conservación de los recursos naturales (Cuadro 3). El componente socioeconómico tiene cinco descriptores que evalúan la pertinencia social de la actividad propuesta (Cuadro 4).

**La mezcla de aguas marinas y continentales en las lagunas costeras permite su limpieza, así como la entrada de nutrientes y de organismos, lo cual favorece la actividad acuícola.**

### Indicadores biofísicos

a) *Procesos físicos de los sistemas lagunares.* En este descriptor se incluyeron parámetros a nivel de paisaje que permiten establecer la dinámica de mezcla entre aguas marinas y continentales. Su consideración obedece a que los recambios de las masas de agua en los sistemas costeros son un atributo que define la capacidad de limpieza ante aportes externos (Gopal, 1992), favorece la disponibilidad de nutrientes e identifica procesos biológicos como reclutamiento de organismos (Hambrey *et al.*, 1999). Estos factores condicionan cualquier posibilidad y modalidad de uso en una laguna costera.

b) *Parámetros de interés para la acuicultura.* En este grupo se incluyeron indicadores que orientan sobre los atributos físicos y biológicos que debe poseer un sitio recomendable para proyectos acuícolas de baja intensidad. Debido a que el modelo de acuicultura propuesto por este trabajo incorpora las variables naturales como un insumo de producción, este ejercicio consideró la evaluación de parámetros que distinguen la dinámica del sitio y su viabilidad para la acuicultura extensiva.

c) *Presión antrópica sobre los ecosistemas.* Este descriptor se integró por indicadores que establecen el grado de deterioro de la cobertura vegetal y sus posibles efectos sobre la calidad de las lagunas costeras con potencialidad acuícola. Su consideración obedece a un claro enfoque ecogeográfico y reconoce que el uso de suelo predominante determina las condiciones y alteraciones ambientales en un cuerpo costero (De la Lanza, 1994; Bravo-Peña, 2000). Los factores aquí evaluados también distinguen prioridades de conservación en la microcuenca de cada laguna costera.

INDICADOR	POR QUÉ ES INDICADOR	ASPECTOS QUE SE RELACIONAN CON LA ACUACULTURA	CÓMO SE MIDE
<b>I. PROCESOS FÍSICOS DE LOS SISTEMAS LAGUNARES</b>			
a) Tipo de afluente	Los aportes continentales determinan la dinámica de mezcla lagunar	La acuacultura propuesta está en función del volumen y calidad del agua continental ingresada a las lagunas	Temporalidad y volumen del afluente
b) Comunicación con el mar	Refleja la interacción del sistema lagunar con el mar	El tipo de Interacción determina la dinámica de nutrientes y remoción de materiales externos	Sistemas cerrados o abiertos
<b>II. PARÁMETROS DE INTERÉS PARA LA ACUACULTURA</b>			
a) Productividad natural de las lagunas	La riqueza biológica es determinante para la acuacultura.	i) Vegetación propicia para la acuacultura. ii) Productividad pesquera	i) Mangle / espejo de agua. ii) Diversidad de pesca
b) Área disponible para cultivo	Muestra el área útil para la acuacultura	Área mínima disponible para la acuacultura	Área del espejo de agua en temporada de estiaje
c) Temporalidad de la laguna	La permanencia del área disponible determina tiempos y factibilidad de cultivos	La altura y temporalidad de la columna de agua define el sistema de cultivo a proponer	Profundidad y permanencia de la laguna
<b>III. PRESIÓN ANTRÓPICA SOBRE LOS ECOSISTEMAS</b>			
a) Estado de conservación	La presencia de actividades humanas puede utilizarse como parámetro de calidad ambiental	i) Estado de conservación de comunidades vegetales en superficies de drenaje ii) Efectos potenciales de la transformación de hábitats lagunares	i) Presencia / ausencia de agricultura nómada ii) Presencia / ausencia de salineras
b) Uso de suelo	El uso de suelo predominante determina las condiciones ambientales locales	i) Origen y tipo de los aportes ii) La tasa de cambio del uso de suelo indica la tendencia de deterioro en la superficie de drenaje a la laguna costera	i) Presencia / ausencia de agricultura intensiva ii) Incremento histórico de la superficie agrícola

Cuadro 3 | Indicadores biofísicos seleccionados para evaluar el potencial acuícola del territorio.

INDICADOR	POR QUÉ ES INDICADOR	ASPECTOS QUE SE RELACIONAN CON LA ACUACULTURA	CÓMO SE MIDE
<b>I. PERFIL DE LA POBLACIÓN</b>			
a) Población con actividades afines a la acuicultura	Indican el desarrollo de actividades afines a la acuicultura, orientando sobre sus posibilidades de implementación	La acuicultura propuesta está en función del volumen y calidad del agua continental ingresada a las lagunas	a. Porcentaje de la población total que se dedica temporal o permanentemente a la pesca
b) Población dedicada constantemente a la pesca	Reflejan el grado de involucramiento potencial en una actividad como la acuicultura		b. Porcentaje de la población que depende de la pesca como actividad fundamental
c) Mano de obra susceptible de ser capacitada		c. Indica los recursos humanos con mayores posibilidades de aprender nuevas técnicas acuícolas	c. Población adulta alfabeta
d) Disposición de realizar actividades acuícolas		d. Considera la opinión de los habitantes hacia la acuicultura	d. Porcentaje de la población dispuesta a hacer acuicultura
e) Consenso comunitario en la administración de recursos		e. Indica el poder resolutivo de sus instancias administrativas internas	e. Porcentaje de la población que acepta al consenso comunitario para la administración de los recursos naturales
<b>II. ESTRUCTURA DE LA PROPIEDAD</b>			
Tenencia de la tierra	El régimen de propiedad motiva o inhibe actividades económicas	El tipo de organización probable para la producción acuícola	Superficie propiedad comunal / privada
<b>III. ORGANIZACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN PESQUERA</b>			
a) Capacidad de organizarse para la pesca	La presencia y experiencia de organizaciones pesqueras operando orientará sobre las posibilidades de éxito en proyectos relacionados	Detecta aquellas localidades donde existe mayor capacidad de organización para trabajos de índole acuícola	a. Pescadores organizados / pescadores no organizados
b) Organizaciones pesqueras			b. Presencia / ausencia de organizaciones pesqueras
<b>IV. ACCESIBILIDAD</b>			
Vías de comunicación	Indica la accesibilidad al cultivo	La comunicación con las lagunas y la permanencia de los caminos facilita las operaciones acuícolas	· Distancia a la carretera · Caminos permanentes o intermitentes
<b>V. ATRIBUTOS DE INTERÉS GENERAL</b>			
Escenarios de importancia cultural	Identifica sitios con vocación distinta a actividades productivas	Previene conflictos de la actividad acuícola en espacios de importancia cultural	Previene conflictos de la actividad acuícola en espacios de importancia cultural

Cuadro 4 | Indicadores socioeconómicos seleccionados para evaluar el potencial acuícola del territorio

## Indicadores socioeconómicos

a) *Perfil de la población.* Este descriptor, integrado por indicadores que buscan caracterizar las posibilidades de participación comunitaria en un proyecto de acuicultura extensiva, pondera en especial la participación social como un rasgo que define la sustentabilidad del uso propuesto. Incorporó la medición de variables que distinguen la afinidad de los usos actuales con la nueva actividad propuesta.

b) *Estructura de la propiedad.* Este descriptor involucró la medición de un parámetro económico que favorece estructuras de organización social (sociedades comunales, cooperativas, productores privados, etc.) para la producción (Hanneson, 1989). Aspectos que motivan o inhiben la participación en nuevas actividades productivas.

**El perfil de la población, el tipo de propiedad, la organización para la producción, el acceso a los mercados regionales, así como los usos y costumbres influyen significativamente en el éxito de un proyecto acuícola.**

1037

c) *Organización para la producción pesquera.* Éste midió la experiencia administrativa y de organización social respecto al aprovechamiento de recursos acuáticos. Supone que un grupo bien organizado tiene más posibilidades de éxito en el manejo de un recurso pesquero que grupos sociales dispersos o poco organizados. En este caso, se consideró la presencia o ausencia de grupos pesqueros o sociedades comunales dedicadas a esta actividad.

d) *Accesibilidad.* En este rubro se consideró una variable económica que identifica las posibilidades de articular la producción acuícola con un mercado regional, a través de la infraestructura de carreteras y caminos existentes en la zona. Debido a que la accesibilidad garantiza una comunicación permanente con las lagunas, puede significar la diferencia entre un proyecto exitoso y uno no sustentable en términos económicos.

e) *Escenarios de importancia cultural.* En este descriptor se incluyó la medición de variables que evalúan la viabilidad del sitio propuesto para acuicultura en una perspectiva histórica y sociocultural. El indicador sugerido aproxima la proposición de un proyecto acuícola con la memoria cultural de un grupo social.

### Ponderación de indicadores

Los indicadores anteriores se ordenaron en un arreglo conforme a su peso, según su importancia, que denota su papel dentro del modelo de acuacultura propuesto. El peso de cada uno de ellos se estableció con base en preguntas que tuvieron una secuencia lógica, necesaria para establecer la potencialidad de uso acuícola en las lagunas costeras de la zona (Figura 5).

### Evaluación de la aptitud acuícola

La evaluación de la aptitud acuícola en las distintas lagunas consideró el esquema para evaluaciones de aptitud territorial por medio del método peso-valor, sugerido por Gomez-Morín (1994) para otros escenarios de la costa mexicana. En este caso, la evaluación de la aptitud acuícola de cada laguna costera requirió la integración de una ficha descriptiva que resume los rasgos bióticos y abióticos para cada cuerpo de agua, distinguiendo la presencia o ausencia de los factores considerados como indicador en las fases anteriores. Para cada laguna se obtuvo una sumatoria de pesos que, al reflejar la condición de presencia o ausencia de cada variable, permitió discriminar los cuerpos de agua con mayor oportunidad para el desarrollo de la acuicultura extensiva. Sumatorias mayores indican condiciones más favorables, mientras que sumas menores indican poco potencial de uso para esta actividad. Los valores obtenidos de esta forma se estandarizaron y agruparon por categorías en cuatro grupos de potencial (Cuadro 4).

Para garantizar el éxito de un proyecto debe considerarse la participación comunitaria en todas las etapas del mismo, la cual permitirá tener acceso al conocimiento empírico de los pobladores locales, sus preferencias, valores y cosmovisión, permitiendo integrarlo a la cultura local.

### Posibilidades de instrumentación

La medición de las posibilidades de instrumentación de la acuicultura fue un componente clave desde el inicio del trabajo. La identificación de las lagunas costeras que se sometieron a este proceso de evaluación territorial incluyó desde el principio un ejercicio de planificación participativa que incorporó las preferencias, valores y cosmovisión locales respecto al potencial y tradición de uso en cada cuerpo de agua. Debido a la ausencia de datos previos sobre las lagunas costeras de estudio,

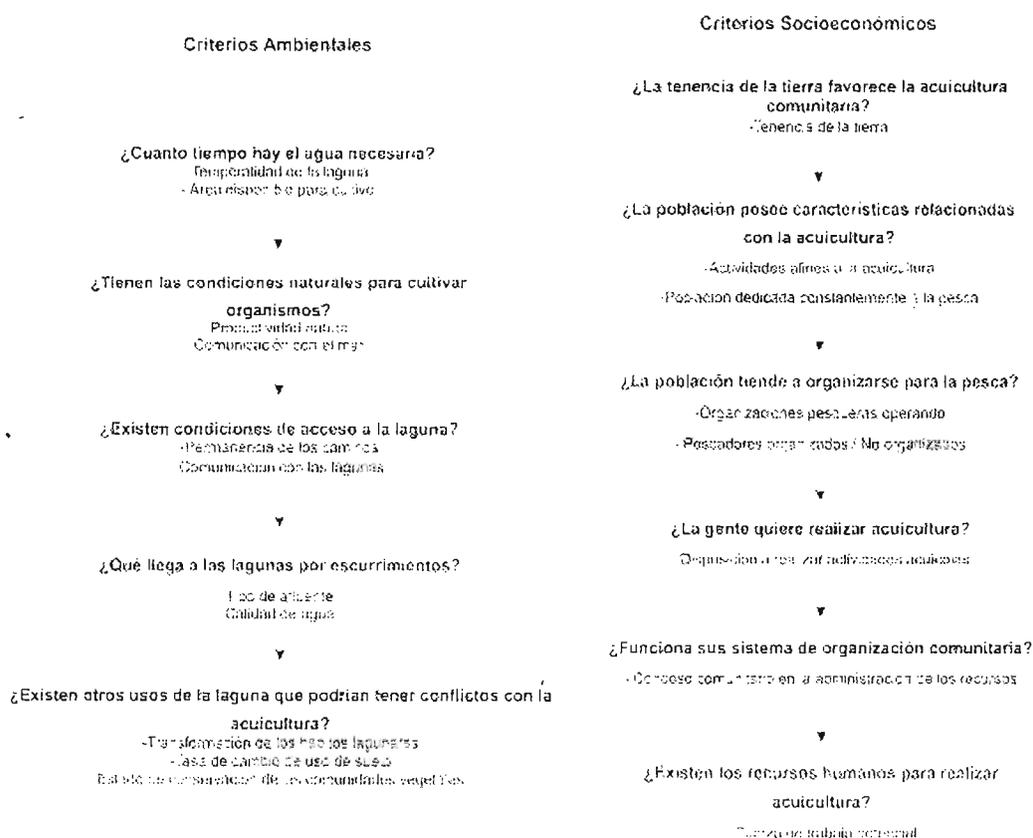


Figura 5 | Criterios de ponderación de los indicadores ambientales con fines acuícolas.

muchos de los indicadores se construyeron a partir del conocimiento empírico de la población local, con datos generados durante las encuestas y consultas a los pobladores del municipio. Los criterios básicos para incorporar la opinión de cada habitante encuestado fueron residencia local y edad mínima de 15 años, ya que el régimen municipal de usos y costumbres no establece restricciones de pesca para los pobladores locales, pero sólo considera como sujetos de decisión a aquellos que se han incorporado de manera regular a la vida productiva, circunstancia que ocurre usualmente en edades mayores a este límite de edad.

## Discusión y conclusiones

Los ejercicios descritos en este apartado muestran dos estudios de caso que dimensionan las posibilidades de desarrollo sectorial con base en la capacidad biofísica y el entorno socioeconómico del territorio. Ello les distingue de otros esquemas de

planificación sectorial que sólo articulan la ubicación y dimensión de los proyectos productivos con base en las demandas económicas impuestas por el mercado. En este caso particular de planificación, ambos ejercicios incorporaron el concepto de sustentabilidad como el soporte central para el diseño de los indicadores ambientales y socioeconómicos, para evaluar la capacidad acuícola de las lagunas costeras de estudio. Por esa razón, se consideró tanto la medición de factores económicos como la medición de atributos fundamentales para el funcionamiento y estabilidad de los sistemas costeros (hidrología, calidad del agua, estacionalidad de la comunicación con el mar, geomorfología costera, comunidades clave, etc.) así como la revisión de rasgos que ponderan las posibilidades de aceptación social y pertinencia sociocultural de una actividad como la acuicultura (perfil intergeneracional de la actividad pesquera, aceptación social de la acuicultura, presencia de organizaciones pesqueras operando, etcétera).

**El éxito y la permanencia de la acuicultura dependen estrechamente de la calidad del sitio y de la conservación de los atributos sistémicos que permiten la funcionalidad de las lagunas costeras.**

Se sabe de otros esfuerzos parecidos para evaluar las posibilidades de desarrollo acuícola en la costa mexicana (Aguilar, 1992; Aguilar-Manjarrez y Ross, 1993; Gutiérrez-García, 1995; Díaz, 1998), pero los criterios de evaluación sugeridos por estos trabajos sólo cuentan con referentes cercanos al estudio de FAO-SEMARNAP (1995), que planteó un esquema de indicadores ambientales y socioeconómicos parecido para promover el desarrollo acuícola en el sistema lagunar de Alvarado, Veracruz. Los trabajos restantes tuvieron aportaciones sumamente valiosas, pero se sustentaron en la medición de parámetros que evaluaban la aptitud de un solo componente territorial, o en el manejo de indicadores que no ponderaban el potencial de impacto ambiental por la actividad acuícola. En los casos que aquí se reportan, se asumió desde el principio que el éxito de la acuicultura depende de manera estrecha de la calidad del sitio, mientras que su permanencia como actividad sólo se asegura si se conservan los atributos sistémicos que permiten la funcionalidad de las lagunas costeras. Por ello, se sugieren distintas intensidades y modalidades de uso, que corresponden espacialmente con distintas capacidades de soporte biofísico: acuicultura semiintensiva en las regiones cercanas a la boca del Mar Muerto,

acuacultura extensiva o rústica en la cabeza y en las lagunas costeras del municipio de Santiago Astata.

**El uso de los sistemas de información geográfica facilita la obtención del potencial acuícola de una laguna. Sin embargo, esta herramienta se sustenta en la cantidad y calidad de la información disponible, por lo que es indispensable obtener los datos necesarios para brindar un diagnóstico certero.**

El uso de los sistemas de información geográfica para la generación y traslape de información temática facilitó la identificación de sitios con potencial acuícola en ambos ejercicios de planificación territorial. Algunos parámetros evaluados por este trabajo no hubieran podido medirse con facilidad si no se contaba con el auxilio de esta poderosa herramienta. Su uso para la planificación en acuacultura ha cobrado relevancia desde la década de los ochenta en diversas regiones del mundo (Kapetsky *et al.*, 1987; Chacón-Torres, 1988; Aguilar, 1992; Scott *et al.*, 1998), pero dista de ser la solución mágica que resuelva los problemas de planificación en esta actividad (ver capítulo uno sobre Herramientas técnicas para la planificación en la sección cinco). Aunque no con la misma rapidez, municipios poco favorecidos con recursos económicos pueden emprender ejercicios similares mediante el uso de información cartográfica por métodos tradicionales. El factor verdaderamente relevante deriva de la adopción de criterios que permitan asegurar la sustentabilidad de proyectos acuícolas desde una perspectiva integral. La identificación del sitio, un resultado clave del proceso de evaluación territorial, debe complementarse con medidas de ordenamiento local y regional, así como con planes de manejo específicos, que permitan controlar el crecimiento posterior de esta actividad.

Unidad ambiental	Peso-Valor total	Peso-Valor estandarizado (%)	Aptitud acuícola
1. Laguna Grande	59	34.7	Media
2. La Barra	64	41.7	Media
3. San Diego	73	54.2	Alta
4. Salitre	34	0	Baja
5. Copil	106	100	Muy Alta
6. La Colorada	105	98.6	Muy Alta
7. Zaachilac	91	79.2	Muy Alta

**Cuadro 5** | Estandarización de resultados totales por laguna, y su aptitud acuícola correspondiente.

## RECONOCIMIENTOS

Al momento de este estudio, todos los autores formaban parte del personal adscrito a la Universidad del Mar, en Puerto Angel Oaxaca. Dicha institución aportó los recursos económicos y de investigación necesarios para todo el trabajo. Se agradece el apoyo de investigación brindado por el Centro Regional de Investigación Pesquera de Salina Cruz Oaxaca; y los apoyos logísticos otorgados por la Subdelegación Estatal de Pesca, H. Ayuntamientos de Santiago Astata y San Pedro Tapanatepec, y la Federación de Cooperativas Pesqueras Ribereñas del Sur de Oaxaca.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, J.** 1992. Technical, social and economic models for aquaculture planning. A GIS for Tabasco State, Mexico. Tesis de Maestría, University of Stirling, Escocia, Gran Bretaña. 375 pp.
- Aguilar-Manjarrez, J. y L. G. Ross.** 1993. Geographical Information System, environmental models for aquaculture development in Sinaloa State, Mexico. *Aquaculture International*, 3: 103-115.

- Ahumada, C. B.** 2000. Propuesta de indicadores ambientales para el matorral rosetófilo costero de Punta Banda, Baja California. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México. 67 pp.
- Bartolomé, A. M. y M. A. Barabas.** 1999. Los que somos hermanos: lajl pima. En: A. M. Bartolomé y M. A. Barabas (coords.). El grupo etnolingüístico chontal. Configuraciones étnicas en Oaxaca. Instituto Nacional Indigenista, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, pp: 74-95.
- Bravo-Peña, L. C.** 2000. El desarrollo agrícola del Valle del Yaqui y sus efectos ambientales sobre los cuerpos costeros: Perspectivas de Solución. En: Memorias del Primer Congreso Internacional Desarrollo Regional Hacia el Tercer Milenio. Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México, 137 p.
- Bonham, C. G.** 1994. Geographic Information Systems for Geoscientists: modelling with GIS. Editorial Pergamon. Ontario, Canadá, p. 157-165.
- Chacón-Torres A., Ross, L.G. Beveridge.** 1988. The use of remote sensing in water quality investigations for aquaculture and fisheries. Proc. Inst. Chem. Eng. Symposium III pp: 21-24
- CONGEASA.** 1993. Caracterización Biológica Pesquera del Camarón en la Laguna Occidental, Oriental, Inferior y Marismas del Estado de Oaxaca. Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Jaltepec de la Mar, Salina Cruz, Oaxaca, México., 139 p.
- De la Lanza, E. G.** 1994. Presentación de casos por países, el caso de México. Manejo y aprovechamiento acuícola de lagunas costeras en América Latina y el Caribe. Proyecto AQUILA II. Documento de Campo No.10, FAO, México D. F, México, pp: 97-100.
- Díaz, S. J.** 1998. Evaluación del potencial acuícola costero mediante la aplicación de un SIG: el caso del Mar Muerto, Oaxaca, México. En: Memorias IX Reunión Nacional de la Soeiedad Latinoamericana de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial para el Desarrollo Sustentable. Zacatecas, México, 144 pp.
- DOF.** 1992. Ley de Aguas Nacionales. Presidencia de la República, Artículo 3, Versión digital. [CD-ROM], México.
- Eastman, J.** 1999. Guide to GIS and Image Processing. Vol 2. Clark University. Worcester Ma., pp: 155-161.
- Espinoza-Tenorio, A.** 2001. Prospección metodológica para el ordenamiento ecológico-territorial de las zonas costeras. Una aplicación con énfasis en la acuicultura. Tesis de Licenciatura. Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca, México. 98 pp.
- FAO-SEMARNAP.** 1995. Estudio piloto para un plan de desarrollo acuícola en el sistema lagunar de Alvarado, Veracruz. Proyecto: UTFMEX035Mex., Modernización del Sector Pesquero, México, pp: 23-29.
- Gómez-Morin, L.** 1994. Marco conceptual y metodológico para la planificación costera en México: La experiencia en Baja California. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México. 87 pp.

- Gopal, B.** 1992. Tropical wetlands: degradation and rehabilitation. En: Ecosystem rehabilitation: preamble to sustainable development. La Haya: SBP Academic Publishing, El Haya, Vol. 2, pp: 281-286.
- Gutiérrez-García, A.** 1995. Development of a GIS based socioeconomic model for aquaculture. Tesis de Maestría, Institute of Aquaculture, University of Stirling., Escocia. 83 pp.
- Hambrey, J.; L. A. Tuan; N. T. Nho; D. T. Hoa y K. T. Thuong.** 1999. Poverty alleviation and marine cage culture in Vietnam. Aquaculture News. Institute de Aquaculture, University of Stirling. Escocia, julio 25: 15-18.
- Hanneson, R.** 1989. Las organizaciones de pescadores y su función en la ordenación de la pesca: consideraciones teóricas y experiencias en los países industrializados. En: EDI-TOR. Estudios sobre la función de las organizaciones de los pescadores en la ordenación de la pesca. Documento Técnico de Pesca, FAO, Roma, pp. 1-30.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA.** 1997. Sistema de información de aguas superficiales. Comisión Nacional del Agua. Vol. 3, Versión digital [CD-ROM], México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).** 2000. XII Censo General de Población y Vivienda. Dirección General de Geografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México. Versión Digital [CD-Rom].
- Kapetsky, J. M.; L. McGregor y E. H. Nanne.** 1987. A geographical information system and satellite remote sensing to plan for aquaculture development a FAA-UNDP/GRID cooperative study in Costa Rica, FAO. Fish Tech. Pap. 283. 51 pp.
- Kurien, J.** 1989. La función de las organizaciones de pescadores en la ordenación de la pesca en los países en desarrollo (con particular referencia a la región del Indo-Pacífico). En: Estudios sobre la función de las organizaciones de pescadores en la ordenación de la pesca. Documento Técnico de Pesca No. 300, FAO, Roma, pp: 31-52.
- Páez-Ozuna, F.** 2001. Camaronicultura y medio ambiente. (versión 1.0, Portable Document Format), [CD-ROM]. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, México, 517 p.
- Scott, P.C.; Cansado, S. y L.G. Ross.** 1998. A Gis-assisted molluse culture potential determination for Sepetiba Bay, Brazil. Gis 98. Lisboa. Portugal.
- SEDUE.** 1986. Manual de ordenamiento ecológico del territorio. Subsecretaría de Ecología. Dirección General de Normatividad y Regulación Ecológica. México D.F. 55 pp.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP)** 1999. Metodología de los estudios para el ordenamiento de la zona costera de México. Subsecretaría de Pesca, Dirección General de Acuacultura, México D. F., México, 49 p.
- Universidad del Mar (UMAR).** 2000. Estudio de Ordenamiento Ecológico para la Zona Costera del Istmo de Tehuantepec, que favorezca y contribuya al Desarrollo Ordenado y Racional de la Pesca y la acuacultura. Informe Final, Contrato DGA-DAM-AD-11-99, SEMARNAP/SSP/DGA/JEE, Oaxaca, México.