



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL
NOROESTE, S. C.

Programa de Estudios de Posgrado

**ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD DEL CULTIVO
DE CAMARÓN EN
SONORA, MÉXICO.**

T E S I S

Que para obtener el grado de

Doctor en Ciencias

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

p r e s e n t a

M. En c. Héctor Abelardo González Ocampo

La Paz, B. C. S., Marzo de 2004.

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las _____ horas del día ____ del Mes de _____ del 2004, se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., para revisar la Tesis de Grado titulada:

"Análisis de la Sostenibilidad del Cultivo de Camarón en Sonora, México"

Presentada por el alumno:

Héctor Abelardo González Ocampo

Aspirante al Grado de DOCTOR EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN **ECOLOGÍA.**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Dr. Alfredo Ortega Rubio

INSERTAR NOMBRE
DIRECTOR DE TESIS

Dr. Carlos J. Cáceres Martínez

INSERTAR NOMBRE
CO-TUTOR

Dr. Hernán Ramírez Aguirre

INSERTAR NOMBRE
CO-TUTOR

Dr. Enrique Troyo Dieguez

INSERTAR NOMBRE
CO-TUTOR

Dr. Sergio Hernández Vásquez

INSERTAR NOMBRE
CO-TUTOR

Dra. Thelma Rosa Castellanos Cervantes,

DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Conformación de Comités

La presente tesis fue dirigida por:

Dr. Alfredo Ortega Rubio. Profesor Adjunto CIBNOR

El comité tutorial estuvo integrado por:

Dr. Carlos J. Cáceres Martínez UABCS

Dr. Hernán Ramírez Aguirre UABCS

Dr. Sergio Hernández Vazquez CIBNOR.

Dr. Enrique Troyo Dieguez CIBNOR

El comité revisor estuvo integrado por:

Dr. Alfredo Ortega Rubio. Profesor Adjunto CIBNOR

Dr. Carlos J. Cáceres Martínez UABCS

Dr. Hernán Ramírez Aguirre UABCS

Dr. Sergio Hernández Vazquez CIBNOR.

Dr. Enrique Troyo Dieguez CIBNOR

Miembros del jurado de defensa de tesis:

Dr. Alfredo Ortega Rubio. Profesor Adjunto CIBNOR

Dr. Carlos J. Cáceres Martínez UABCS

Dr. Hernán Ramírez Aguirre UABCS

Dr. Sergio Hernández Vazquez CIBNOR.

Dr. Enrique Troyo Dieguez CIBNOR

Dr. Luis Felipe Beltrán Morales (Suplente) CIBNOR

RESUMEN

El Desarrollo Sustentable definido desde el Informe Brundtland como el “desarrollo que intenta cubrir las necesidades presentes, sin comprometer la disponibilidad a las generaciones futuras para cubrir las suyas propias pero que a pesar de su descripción durante esta reunión no se especifico un forma de como lograrlo. A pesar de esta condición esta forma de desarrollo se ha incluido firmemente en las agendas internacionales permitiendo que las nociones de Desarrollo Sostenible y de planeación sean redefinidos constantemente.

En las últimas dos décadas una de las actividades productivas con mayor crecimiento y expansión fue el cultivo de camarón en estanquería. Esta actividad se favoreció por la caída general de la producción pesquera en la última década y por la presión para la producción de alimento y obtención de beneficios económicos derivados del consumo de los países desarrollados. El crecimiento desmedido de la actividad acuícola no ha permitido la conservación ecológica. Los casos de Filipinas, Taiwán, Tailandia, Ecuador y los Estados Unidos de América lo ilustran de forma clara

Desde hace 30 años se vislumbra un interés creciente en este tema, donde varios países han tratado de encontrar las herramientas para estudiar la Sostenibilidad de la explotación de sus recursos. Entre estas se encuentran los Indicadores de Desarrollo Sostenible (IDS). Se ha visto que los IDS han incrementado su importancia como herramienta en la implementación del desarrollo sustentable.

México es pionero en la implementación de indicadores ambientales. El Instituto Nacional de Ecología inició en 1993 el Taller Norteamericano de Información Ambiental, con el objetivo de generar una base de información para el reporte del estado del ambiente al nivel de América del Norte.

Este trabajo evaluará la Sostenibilidad del cultivo de camarón mediante la aplicación de un Índice de Sostenibilidad que mida la viabilidad de la actividad en las últimas dos décadas en México. el Índice de Sostenibilidad propuesto es fácil de calcular ya que se basa en estadísticas oficiales, así como en encuestas aplicadas a la gente involucrada en la actividad lo que viene a reforzar los datos aportados de forma oficial. La forma de cálculo de cada Indicador donde sus resultados son ponderados, dando a cada uno de estos el mismo peso de tal manera que ninguno de ellos influye sobremanera en el resultado del Índice. También la graficación de los resultados ya sea de los Indicadores como del Índice permite ver y distinguir los pesos de sus valores. Otro aspecto de esta metodología es que además de la elasticidad del Índice de Sostenibilidad (puede ser enriquecido), cada indicador tiene una participación proporcional, por lo que su aplicación puede ser establecida en cualquier región del planeta. Esto finalmente, facilita el establecimiento de políticas de desarrollo social equilibradas con las perspectivas económicas regionales con un respeto hacia el ambiente en el que se establecen o establezcan las empresas camaronícolas.

Palabras Clave: Desarrollo Sostenible, Camaronicultura, Baja California Sur.

SUMMARY

The Sustainable Development defined from the Brundtland Report like the "development that tries to cover the present necessities, without jeopardizing the availability of the future generations. But that in spite of its description during this meeting they do not specify a form of like obtaining it. In spite of this condition this form of development is had including firmly in the international agendas allowing that the slight knowledge of Sustainable Development and planning are redefined constantly.

In last the two decades one of the productive activities with greater growth and expansion it was the culture of shrimp in ponds. This activity was favored by the general fall of the fishing production in the last decade and by the pressure for the production of food and obtaining of economic benefits derived from the consumption of the developed countries.

The excessive growth of the aquaculture activity has not allowed the ecological conservation. The cases of the Philippines, Taiwan, Thailand, Ecuador and the United States of America illustrate are clear.

For 30 years an increasing interest in this subject has been glimpsing, where several countries have tried to find the tools to study the Sustainability of the operation of their resources. Between these are the Sustainable Development Indicators (IDS). Mexico is pioneering in the implementation of environmental indicators. The National Institute of Ecology initiated in 1993 the North American Environmental Information Taller, with the objective to generate a data base of information to report the state of the atmosphere at North America level (INE, 1998).

This work evaluate the Sustainability of shrimp culture by the application of an Index of Sustainability which measures the viability of this activate calculated for the last two decades in Mexico. The Sustainability Index proposed is easy to calculate because uses official statistics, as well as surveys applied to all people involved in the activity which reinforce the official data.

The form of calculation of each Indicator where their results are weighed, giving to each one in the way to do not influence in the result of the Index. Also the results or of the Indicators as of the Index, allows to see and to distinguish the weights of its values by graphics. Another aspect of this methodology is the elasticity of the Sustainability Index (can be enriched), each indicator has a proportional participation, reason why its application can be established in any region of the planet.

Finally, it facilitates the establishment of balanced policies of social development with the regional economic perspective with a respect towards the atmosphere in which the shrimp culture companies settle down or establish.

Key words: Sustainable development, shrimp culture, Baja California Sur.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación al esfuerzo y a la fe de quienes creen que aún es posible el Desarrollo Sostenible.

AGRADECIMIENTOS.

La realización de un trabajo de Investigación como este, lo más difícil siempre resulta definir y agradecer en su justa magnitud a quienes participaron en su conformación, debido a la cooperación desinteresada de personas y por las facilidades otorgadas en la toma de datos y su manejo de estos para su integración.

Por lo mismo, el mayor agradecimiento va al Dr. Alfredo Ortega Rubio, por haber sido mi director, tutor y maestro durante todo este tiempo, pero sobretodo por ayudarme con su experiencia a tomar decisiones que al principio sonaban desquiciadas y que al final resultaron enormemente gratificantes. Gracias Alfredo.

A mis tutores, los doctores Hernán Ramírez Aguirre y Carlos Cáceres Martínez que tan importantes fueron en momentos críticos tanto para la conformación de esta idea, como en su defensa oportuna y acertada del que forman parte vertebral.

A mis tutores los doctores Sergio Hernández Vásquez y Enrique Troyo Dieguez quienes con los comentarios e ideas enriquecieron partes medulares e importantes que facilitaron la integración de un trabajo científico de calidad único.

Al CONACYT por la beca-crédito que me permitió continuar con los estudios doctorales.

A amigos como Martha Gómez Soto, Miguel Ángel Real y Luis Felipe Beltrán quienes me ayudaron en la conformación del anteproyecto de tesis y con mis comienzos en el entendimiento del desarrollo sustentable.

A mis amigos Alfredo Zayas, Mauricio Cortés, Jorge Márquez y Marcos Acevedo quienes me han enseñado en los últimos 14 años a no ceder ni a deslumbrarme ante cosas o

situaciones percederas, mostrándome con hechos que la amistad cultivada, respetuosa y sincera es lo único que prevalece en toda una vida.

Al Grupo de Impacto Ambiental, Cerafina Argüelles, Heidi Romero, Antonio Rodríguez, Federico Salinas, Dolores Vázquez y Esther Ruiz por su colaboración en esta meta.

A mi familia, comenzando con mis dos “viejas” que amo con mi mente, alma y corazón, Rocío y Gabi, quienes me han involucrado en lo que es vivir por y para alguien, pero sobretodo porque he aprendido que el amor que siento por ellas es un acto reflejo que alimento y mantengo con todo el gusto del mundo. A mi madre, persona por demás capaz de salir adelante sin recursos, sin perder la cordura ni la dignidad y que muestra siempre una alegría por la vida envidiable... a ti má TE AMO. A mi abuelito Calayo que a sus 89 es un ser respetable, honorable y totalmente cuerdo del que siempre me he sentido orgulloso de ser su nieto. A mi hermano Edgar que me muestra constantemente que la vida es mucho más difícil de lo que uno muchas veces reniega. A mi hermano Carlos que me ha enseñado a lo largo del tiempo que el perfeccionismo al trabajo y al estudio trae consecuencias favorables. A Ian que con sus travesuras me recuerda a mí de niño.

Finalmente doy un abrazo y todo mi cariño a todos los que integran mis familias, González, Ocampo, Hernández, Flores y Rodríguez.

“Ahora nos vemos amenazados por alteraciones globales que evolucionan rápidamente y de las que somos autores, cuyas consecuencias biológicas y ecológicas a largo plazo por desgracia ignoramos: adelgazamiento de la capa protectora de ozono, un calentamiento global sin precedentes en los últimos 150 milenios, la desaparición de casi media hectárea de bosque cada segundo, la extinción acelerada de especies y la perspectiva de una guerra nuclear que ponga en peligro a la mayoría de la población del planeta. Tal vez existan otros riesgos de los que, en nuestra impericia, aún no somos conscientes. Todos y cada uno representan una trampa dispuesta para la especie humana, una trampa tendida por nosotros mismos. Por fundadas y excelsas (o ingenuas y miopes) que hayan sido las justificaciones de las actividades que trajeron tales peligros, estas actividades amenazan ahora a nuestra especie y muchas otras. Estamos a punto de cometer —muchos dirían que ya estamos cometiendo— lo que en lenguaje religioso se califica a veces de «crímenes contra la Creación»”.

Carl Sagan[†], 1997. *Milles de Millones.*

In memoria...

... Weli[†]

C O N T E N I D O

ACTA DE REVISION DE TESIS.....	2
RESUMEN	3
DEDICATORIA.....	8
AGRADECIMIENTOS.....	9
LISTA DE PUBLICACIONES.....	13
LISTA DE FIGURAS.....	14
LISTA DE TABLAS.....	15
LISTA DE ABREVIATURAS.....	16
A) INTRODUCCIÓN.....	18
B) MATERIALES Y MÉTODOS	25
1.- INTEGRACIÓN DE DATOS BIBLIOGRÁFICOS.	25
1.1 Revisión Bibliográfica.....	25
1.2 Revisión cartográfica.....	25
2.- INDICADORES DE DESARROLLO SOSTENIBLE.....	27
3.- INDICADORES DE DESARROLLO AMBIENTAL SOSTENIBLE.....	29
3.1 Protección de océanos, mares y zonas costeras.....	29
3.2 Acuicultura y Desarrollo Sostenible.....	30
3.3 Desarrollo económico sostenible del cultivo de camarón en Sonora.....	32
3.4 Combate a la Pobreza.....	33
3.5 Promoción de la Educación, Conocimiento Público y Capacitación.....	34
3.6 Protección y Promoción a la Salud.....	36
F) Índice de Sostenibilidad.....	37
C) RESULTADOS.....	40
1.- Revisión Bibliográfica.....	40
2.- Descripción del Área de Estudio.....	41
2.1 Clima.....	41
2.2 Hidrología subterránea.....	42
2.3 Hidrología Superficial.....	43
2.4 Geología y geomorfología.....	45
2.5 Suelo.....	47
2.6 Vegetación Terrestre.....	48
3.- Indicadores de Desarrollo Sostenible.....	50
3.1 Índice de Sostenibilidad.....	51
D) DISCUSIÓN.....	55
E) LITERATURA CITADA.....	62

LISTA DE PUBLICACIONES.

a. Sustainability Development Analysis of Semi-Intensive Shrimp farms in

Sonora, Mexico. Gonzalez, O. H. A., C. Caceres-Martinez Ramírez, S. Hernández- Vazquez, E. Troyo-Diequez, A. Ortega-Rubio and L. F. Beltran.

b. Environmental Impacts of Pond for shrimp production at Northwest, Mexico.

Héctor Gonzalez Ocampo, Heidi Romero-Schmidt, Vania Serrano Pinto, Cerafina Argüelles, Federico Salinas, Antonio Rodriguez, Aradit Castellanos and Alfredo Ortega-Rubio.

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Zonas de Estudio.	24
Fig. 2. Valores Acumulados de Indicadores de Desarrollo Sostenible en los ambiente Económico, Natural y Social de las Granjas de Camarón en Sonora, México.	53
Fig. 3. Resultados del Índice de Sostenibilidad de las Granjas de Camarón en Sonora, México.	59

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Método, aplicación e injerencia de los Indicadores de Sostenibilidad aplicados a las granjas camaronícolas en Sonora, México.	39
Tabla II. Resultados de los Indicadores de Desarrollo Sostenible aplicado a 21 granjas de camarón en Sonora, México.	54
Tabla III. Resultados de la aplicación de los Indicadores Ambientales de Desarrollo Sostenible de 21 granjas de camarón en Sonora, México.	60
Tabla IV. Resultados del Índice de Sostenibilidad (IS) de las granjas de camarón en Sonora, México.	61

LISTA DE ABREVIATURAS

ISC	Índice de Sostenibilidad del Cultivo de Camarón
IDS	Indice de Desarrollo Sostenible
IS	Indicadores Sociales
IE	Indicadores Económicos
IA	Indicadores Ambientales
WWD	Descargas generadas por el cultivo de Camarón en zonas costeras.
WSC	Captura de semilla.
SCC	Cambios en la Condición del Suelo.
PU	Uso de Plaguicidas.
FU	Uso de Fertilizantes.
ESC	Especies exóticas cultivadas.
CPA	Área ocupada en Zonas Protegidas.
SPC	Participación de la producción en el PIB Estatal.
UR	Tasa de Desempleo.
MLR	Tasa de Analfabetismo
PSE	Tasa Neta Municipal de Ingreso a la Primaria.
SSE	Tasa Neta de Ingreso a la Secundaria
PSA	Trabajadores con Servicios Públicos Básicos.
MAV	Variación en las áreas de Manglar y vegetación Terrestre.
MS	Trabajadores con Servicios médicos.
JH	Número de empleos por Hectárea.

FUE Uso de Combustibles fósiles.

JD Distancia Laboral.

A) INTRODUCCIÓN.

Aunque para muchos no es claro el concepto de Desarrollo Sostenible y existe una gran diversidad de definiciones, de un tiempo a la fecha el término se ha convertido en un símbolo usado por tomadores de decisión y grupos sociales en la discusión de políticas sobre programas de desarrollo futuros. Apareció por primera vez en el informe de 1987 de la Comisión Mundial sobre Medioambiente y Desarrollo, “Nuestro futuro común” conocido como el Informe Brundtland (WCED, 1987; HEDIGER, 2000; Asheim, 2001). Concepto controversial desde entonces para algunos investigadores, por la creación de metas aparentemente imposibles para la toma de decisiones y las prácticas de desarrollo (Barkin, 1995). A la sazón de su exposición en 1987 y su discusión en la Cumbre de Río en 1992 el Desarrollo Sostenible ha venido a ser una propuesta esencial de política ambiental al nivel internacional (Rennings y Wiggering, 1997).

Definido desde el Informe Brundtland como el “desarrollo que intenta cubrir las necesidades presentes, sin comprometer la disponibilidad a las generaciones futuras para cubrir las suyas propias” (WCED, 1987), pero que a pesar de su descripción durante esta reunión no se especifico un forma de como lograrlo (Ludwig, J., 1993). A pesar de esta condición esta forma de desarrollo se ha incluido firmemente en las agendas internacionales (Brundtland, 1991) permitiendo que las nociones de Desarrollo Sostenible y de planeación sean redefinidos constantemente (Briassoulis, 2001). Hart (1999) lo acota al hecho de “mantener constante el bienestar capita de la sociedad”. Otros lo limitan a una “serie de aspectos que van más allá de una relación entre la economía y el ambiente y que abarca y concierne a la humanidad y a la sociedad” (Obst, 1999).

Una definición más amplia sería aquella en la que en un periodo largo (indefinido), se cubran las necesidades deseadas de la gente, sus comunidades, organizaciones y al ambiente que les rodea (Hardi y Zdan, 1997). En otras palabras el Desarrollo Sostenible viene a definir un sistema de Desarrollo Económico en el cual la población humana en su totalidad cubra sus necesidades básicas de existencia explotando los recursos disponibles sin comprometer la existencia posterior de estos o su disponibilidad a las generaciones futuras.

En las últimas dos décadas una de las actividades productivas con mayor crecimiento y expansión fue el cultivo de camarón en estanquería. Esta actividad se favoreció por la caída general de la producción pesquera en la última década (Naylor, *et al.*, 2000) y por la presión para la producción de alimento y obtención de beneficios económicos derivados del consumo de los países desarrollados (Kendall y Pimentel, 1994). De tal forma en el periodo de 1990 a 1996, la producción camaronícola los países desarrollados mostró un crecimiento promedio del 2.9% mientras que aquellos en vías de desarrollo alcanzaron el 16.7% (Aquaculture, Magazine, 2000), por lo que para 1997 estos proveyeron cerca del 23% de los productos consumidos (Kautsky, 1997). México sin ser excepción durante el periodo de 1980 — 2000, su producción creció de cero en 1985 a cerca de 28,000 toneladas de peso vivo en el año de 1999 (DGA, 2000).

El crecimiento desmedido de la actividad acuícola no ha permitido la conservación ecológica (Cáceres, 1995). Los casos de Filipinas, Taiwán, Tailandia, Ecuador y los Estados Unidos de América lo ilustran de forma clara. Entre los efectos más significantes la degradación del suelo por salinización, la contaminación del agua por el exceso de materia

orgánica encontrada en sus efluentes, la pérdida de hábitat por la tumba de manglar o de vegetación terrestre para la construcción de estanques y la dispersión de enfermedades (Anderson y de Silva, 1997; Braaten, 1991; Brown, 1989; Jaw-Kai, 1990; Gowen y Rosenthal, 1993; Flaherty y Karnjanakerson, 1995; Phillips, et al., 1993; Pruder, 1996; Teichert-Coddington, 1994; O’Kinne, 1986).

En América Latina desde hace 30 años se vislumbra un interés creciente en este tema, donde varios países han tratado de encontrar las herramientas para estudiar la Sostenibilidad de la explotación de sus recursos. Entre estas se encuentran los Indicadores de Desarrollo Sostenible (IDS). Se ha visto que los IDS han incrementado su importancia como herramienta en la implementación del desarrollo sustentable (Morse, et al., 2001). Entre sus características destaca el ser estadísticos que proporcionan información y/o tendencias de las condiciones de los fenómenos ambientales, donde su significado va más allá de la estadística misma, pretendiendo proveer información que permita tener una medida de la efectividad de las políticas ambientales, a las que se conoce como desempeño ambiental (HED, 1999). Deben tener relevancia, comprensibles (USIWGSDI, 1998; HED, 1999), que los datos para medirlo sean seguros y accesibles (HED, 1999), que representen una característica importante para el Desarrollo Sostenible, que sea cuantificable, con repercusiones nacionales y escalables al nivel regional, estatal o local (USIWGSDI, 1998). Todas estas cualidades los hacen indispensables para la toma de decisiones ya que se identifican las políticas a seguir y que miden la efectividad de sus implementaciones (Gustavson, et al., 1999).

México es pionero en la implementación de indicadores ambientales. El Instituto Nacional de Ecología inició en 1993 el Taller Norteamericano de Información Ambiental, con el objetivo de generar una base de información para el reporte del estado del ambiente al nivel de América del Norte (INE, 1998).

Existen varios tipos de IDS. Entre los más utilizados están los Indicadores de Desarrollo Sostenible (IDS) de la ONU (Waller, 1995), que se dividen en Indicadores Ambientales (IA), Indicadores Sociales, Indicadores Económicos (IE) e Indicadores Institucionales (II) (WALLER, 1995; HED, 1999; CABQ, 2000). Para efecto de este estudio la definición de “Indicadores ambientales” se acotará exclusivamente a aquellos indicadores relacionados con el ambiente natural.

En la zona costera Latinoamericana se concentra el 75% de sus habitantes (BID, 1998), orientándose el desarrollo económico hacia esas áreas. Por lo mismo la información es necesaria para comprender la problemática ambiental, facilitando cambios de conducta en beneficio del medio, así como para establecer objetivos y prioridades, para evaluar el desempeño de las políticas ambientales (SEMARNAP, 1998).

Existen varios métodos para evaluar la sustentabilidad o las condiciones ambientales basadas en Indicadores de Desarrollo. Entre estos destacan: el Índice de FUZZY aplicado la clasificación de impactos ecológicos (Silvert, 1998) y empleado también en la evaluación del impacto ambiental de las granjas de peces (Baptist, *et al.*, 1997 y Angel, *et al.*, 1998); El cálculo de la “HUELLA ECOLÓGICA”, propuesto para el uso y desarrollo del cultivo de

camarón y la tilapia (Kautsky, 1997); y el ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD utilizado recientemente para evaluar la Sostenibilidad de las naciones (The Ecologist, 2001).

Estos indicadores a pesar de su uso frecuente contienen ciertas características que los hacen difícil de aplicar. El Índice FUZZY de condiciones ambientales no es un método simple, ya que requiere de matemáticas muy sólidas, un respaldo matricial, que hace necesario un programa computacional difícil de entender y de aplicar, por otro lado a diferencia de otro tipo de regresiones multivariadas para la identificación de subconjuntos influyentes en un sistema emplea un mínimo de combinaciones (Seaver, et al, 1998). Por otro lado, la “HUELLA ECOLÓGICA” únicamente calcula el área necesaria para sostener el nivel de consumo de recursos y de descarga de desechos por la actividad camaronícola. Finalmente el ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD contiene un exceso de indicadores. De igual manera no contempla dos condiciones de manera conjunta para expresar una Sostenibilidad genuina. Primero, un “imperativo socioeconómico” que agrupa la calidad de vida de las personas que incluya la salud, el estándar de vida la seguridad económica y la justicia social. El segundo es un “imperativo ecológico” donde la humanidad es un todo que no usa más recursos ecológicos de los que puede regenerar (The ecologist, 2001).

Si se quiere evaluar la sostenibilidad de una economía es necesario desarrollar Indicadores de Sostenibilidad (Cabeza, 1996), evitando que los elementos “cualitativos” sea influidos por la incorporación de valores de juicio o subjetivos (Morse, 2001). Este trabajo evaluará la Sostenibilidad del cultivo de camarón mediante la aplicación de un Índice de Sostenibilidad que mida la viabilidad de la actividad en las últimas dos décadas en México. A diferencia de los Índice enmarcados anteriormente, el Índice de Sostenibilidad propuesto es

fácil de calcular ya que se basa en estadísticas oficiales, así como en encuestas aplicadas a la gente involucrada en la actividad lo que viene a reforzar los datos aportados de forma oficial. La forma de cálculo de cada Indicador donde sus resultados son ponderados, da a cada uno de estos el mismo peso de tal manera que ninguno de ellos influye sobremanera en el resultado del Índice. También la graficación de los resultados ya sea de los Indicadores como del Índice permite ver y distinguir los pesos de sus valores. Otro aspecto de esta metodología es que además de la elasticidad del Índice de Sostenibilidad (puede ser enriquecido), cada indicador tiene una participación proporcional, por lo que su aplicación puede ser establecida en cualquier región del planeta. Esto finalmente, facilita el establecimiento de políticas de desarrollo social equilibradas con las perspectivas económicas regionales con un respeto hacia el ambiente en el que se establecen o establezcan las empresas camaronícolas.

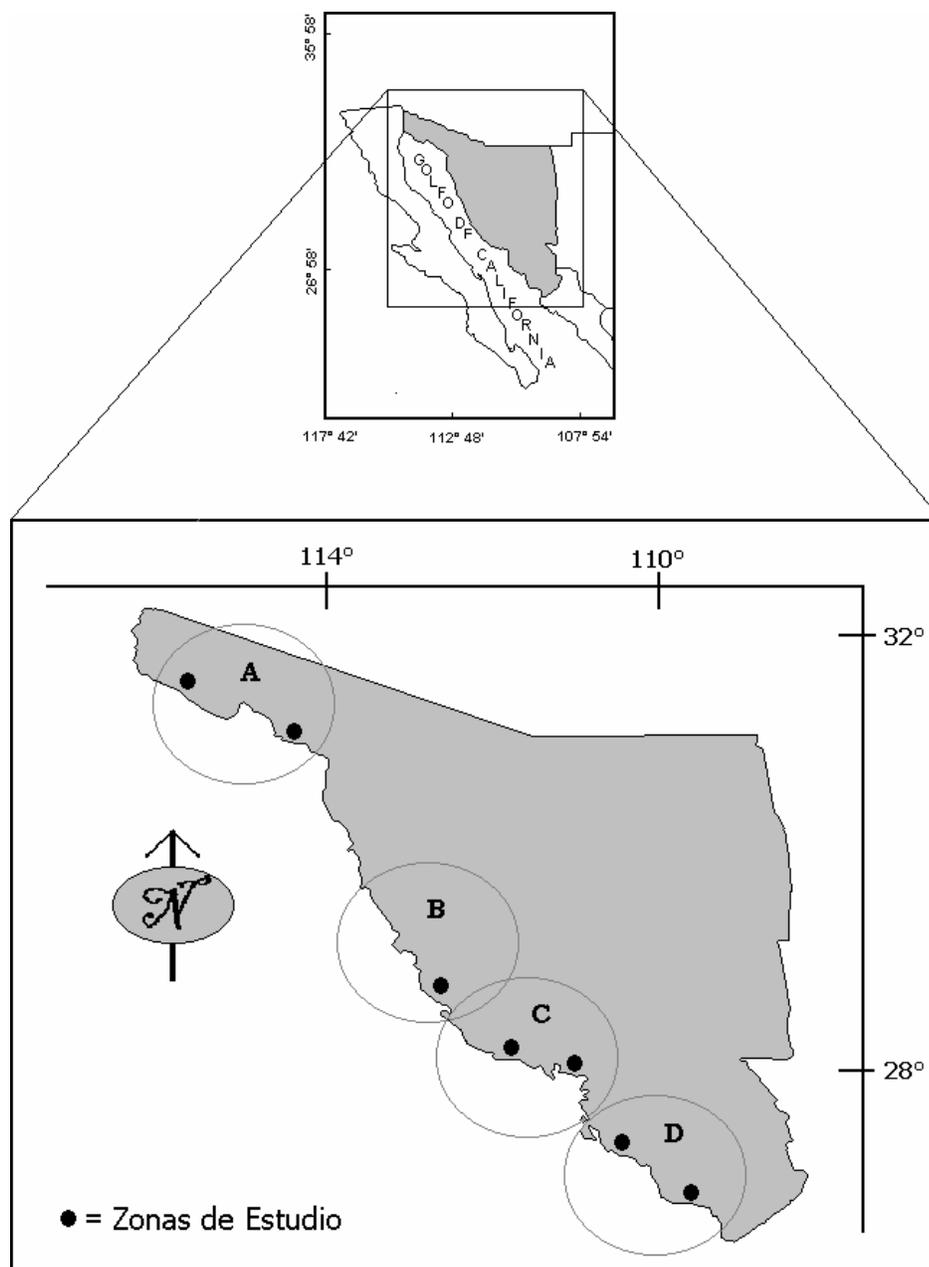


Fig. 1 Zonas de Estudio.

B) MATERIALES Y MÉTODOS

1.- INTEGRACIÓN DE DATOS BIBLIOGRÁFICOS.

1.1 Revisión Bibliográfica.

Para mantener un acervo completo acerca de la información generada acerca de las actividades camaronícolas se compiló toda la bibliografía posible relacionada al tema. Esta se realizó en las Instituciones oficiales, aquella publicada en revistas de circulación internacional o nacional, además de aquellos documentos con relevancia referente a la Sostenibilidad y a los impactos ambientales generados por el cultivo de camarón en el mundo, en México y en específico en el Estado de Sonora. También se analizó la información referente al manejo de recursos y la Sostenibilidad de estos especialmente para el cultivo de camarón.

1.2 Revisión cartográfica.

1.2.1 Hidrología.

La información referente a este tema de cada zona donde se encuentran las granjas camaronícolas con el objeto de determinar si bajo los suelos de estas empresas existen mantos freáticos a poca profundidad. Este dato es importante para determinar la posibilidad de impactos adversos al agua subterránea que pudieran estar provocando sobre estas granjas por infiltración marina. Los datos hidrológicos subterráneos se obtuvieron de diversas fuentes como: La Dirección General de Geografía (DGG) (1983d); la Dirección General de Geografía del Territorio Nacional DGGTN (1981a); DGGTN (1981b); DGGTN

(1981c). Por otro lado la ubicación específica es esencial para determinar si estas interrumpen o se encuentran cerca de cauces de aguas superficiales. Esta es una condición primaria para la instalación de una granja en cualquier sitio (Fridley, 1992; Pollnac, 1992). La información sobre el tema se recopiló de diversos materiales adquiridos de la: DGG (1983e); DGGTN (1981b); DGGTN (1981d); DGGTN (1981e); y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

(INEGI) (1992).

1.2.2 Geología y Geomorfología.

Estas características orográficas se definieron para determinar si para la instalación de las granjas se nivelaron suelos, situación que implica un efecto severo al ambiente natural por las modificaciones permanentes que afecta los ecosistemas. Para poder determinar las condiciones iniciales se consultaron las cartas referentes al tema proveídas por la DGG (1982); y la DGGTN (1982c). Esta información fue corroborada mediante visitas de campo y realizando un análisis minucioso de fotografía aérea de los sitios camaronícolas.

1.2.3 Suelo.

El tipo de suelo es básico para la instalación de las granjas para evitar el impacto adverso de la intrusión de agua salada a los acuíferos (Fridley, 1992; Primavera, 1993). De esta manera la característica ambiental se determinó mediante un análisis de mapas de tipos y clasificación de los suelos provenientes de la Dirección de Estudios del Territorio Nacional

(DETENAL), 1981; la DGG (1983a); la DGG (1983c); la DGGTN, (1982a); la DGGTN (1982b); y el INEGI (1985a) de los sitios donde se construyeron los estanques de cultivo.

1.2.4 Vegetación terrestre.

Uno de los problemas con la construcción de granjas de camarón en Sonora es el desmonte total de áreas para la instalación de los estanques de cultivo. Esto tiene como consecuencia un impacto permanente sobre las características químicas originales del suelo por el efecto de la salinización (Primavera, 1991 y 1993; Fegan, 1996) que evitan una recolonización de la vegetación en estas áreas. De esta manera se revisó el listado propuesto por Hastings *et al.*, (1972) de los sitios con granjas camaronícolas para establecer el tipo de flora afectada. De la misma forma se realizaron visitas de campo para verificar la información.

1.2.5 Fauna terrestre.

Muy relacionados con el apartado anterior están los animales. Estos son afectados de igual manera por la construcción de los estanques de cultivo formando barreras geográficas para el tránsito libre o por la devastación del ecosistema (Primavera, 1991 y 1993). La información zoológica de Ruiz *et al.* (1989) y Anónimo (1992) fueron revisados para determinar el efecto sobre las especies de la zona.

2.- INDICADORES DE DESARROLLO SOSTENIBLE.

La información referente a las cuestiones sociales, económicas y ambientales que alimento a los Indicadores Sociales y Económicos fue recopilada mediante encuestas aplicadas en

campo a los personajes involucrados en la empresa complementándose con lo reportado bibliográficamente.

Las preguntas se realizaron desde los empleados para la cosecha, pasando por técnicos y finalizando con los directivos y dueños de las granjas.

Se ubicaron 10 Indicadores Socioeconómicos y 8 Indicadores Ambientales para Sonora. Dentro de los primeros están: el Producto Interno Bruto (PIB); el producto *per capita*; Densidad Poblacional; Población total; Tasa de desempleo; la Población Económicamente Activa (PEA); la tasa de analfabetismo; Tasa Neta de Ingreso a la Primaria y la Secundaria; Población con acceso a Servicios Públicos y distancia de la granja a los hogares (Cuadro I). Entre los segundos se contemplan: Descargas generadas por el cultivo de Camarón en zonas costeras; Captura de semilla; Cambios en la Condición del Suelo; Uso de Plaguicidas; Uso de Fertilizantes; Especies exóticas cultivadas; Área ocupada en Zonas Protegidas; Variación en las áreas de Manglar o vegetación Terrestre.

Estos datos se obtendrán de aquellos publicados por el INEGI o por el Gobierno de Estado de Sonora. Esta base de datos se usó en la aplicación de los Indicadores Ambientales de la acuicultura de camarón.

Como existe una similitud entre la forma en que funciona la agricultura y la camaronicultura, los indicadores se construyeron de acuerdo a las características dictadas por Girardin, *et al.*, (1999), las cuales son el de ser sintéticos, parciales, flexibles, fácilmente cuantificables, sensitivos y fácilmente comprensibles.

3.- INDICADORES DE DESARROLLO AMBIENTAL SOSTENIBLE.

3.1 Protección de océanos, mares y zonas costeras.

3.1.1 Descargas generadas por el cultivo de Camarón en zonas costeras (WWD).

La importancia de estimar las descargas del cultivo de camarón estriba en su potencialidad para generar contaminación en sitios receptores (O'kinne, 1986; Phillips, et al., 1993; Villa e Ibarra, 1993; Teichert-Coddington, 1994; Flaherty y Karnjanakesorn, 1995).

La forma para calcular el impacto de la presencia de descargas al medio se considero tomando en cuenta las características naturales del sistema receptor de los desagües. De esta manera las calificaciones se otorgaron de la forma siguiente. El valor de 0 se otorgó si la descarga se realizaba en un cuerpo de agua cerrado o con muy poca circulación como un estero, de 3 si el cuerpo de agua era semi-cerrado, como una laguna costera, y 5 si esta se hacia en cuerpos de agua con sistema como una bahía o al océano (Cuadro 1).

3.1.2 Captura de semilla (WSC).

La captura de semilla es una actividad presente relacionada con el cultivo y la operación de las granjas de camarón. Esta consiste en la toma de larvas del medio para abastecer a las granjas camaronícolas que se considera tiene efectos adversos (Primavera, 1991, 1993). Debido al incremento en la demanda de estos organismos se ha llegado a límites de no Sostenibilidad en su explotación. Este indicador evaluó el nivel de afectación a las poblaciones naturales (que indirectamente tiene impacto en las pesquerías comerciales del camarón), mediante la cuantificación entre cero y cinco, obteniendo 5 si la granja empleaba

únicamente poslarvas producidas en laboratorio, en cambio si el origen era completamente del medio natural el valor asignado fue 0. Por otro lado si existía el empleo combinado de ambos tipos de poslarva la calificación varió de acuerdo al porcentaje de poslarvas de laboratorio empleado en la empresa (Cuadro I).

3.1.3 Cambios en la Condición del Suelo (SCC).

Los cambios en la calidad del suelo por la degradación en las condiciones físicas del suelo como la diversidad, cobertura de vegetación, grosor del humus, se presentan por las características mismas de la actividad al ocupar tierras para establecer los estanques de cultivo (Primavera, 1991, 1993; Cáceres, 1995). De esta forma una medición cualitativa de presencia-ausencia se convirtió a mediciones nominales, dando un valor de 0 por la presencia de estanques en suelos inadecuados como los permeables o con vegetación. El valor de 5 se otorgó a aquellos proyectos instalados en suelos adecuados para el cultivo de camarón como aquellos carentes de vegetación, impermeables (arcillosos) o salitrosos.

3.2 Acuicultura y Desarrollo Sostenible.

3.2.1 Uso de Plaguicidas en Acuicultura (PU).

El uso de plaguicidas en el cultivo de camarón tiene efectos adversos sobre los sistemas marinos (Braaten, 1991; Primavera, 1991, 1993). Esto conlleva a medir la presencia-ausencia del uso de estos químicos. De esta forma se concedió un valor de 0 si existía su empleo y de 5 cuando se detectó que las empresas no los usaban. También se corroboró la información proporcionada en las encuestas investigando en los comercios locales

dedicados a la venta de insecticidas sí existía algún volumen de compra por las granjas de camarón en Sonora.

3.2.2 Uso de Fertilizantes (FU).

La susceptibilidad de la eutrofización se incrementa por la el uso y cantidad de estas sustancias en las granjas de camarón (Pruder, 1986; Braaten, 1991; Primavera, 1991; O'Sullivan, 1992; Jory, 1996; Anderson y De Silva, 1997). De esta manera se determinó primero calcular de forma proporcional la cantidad de fertilizante usado en las granjas. De esta manera a la proporción más alta se le adjudicó el valor de 0 mientras que la más cercana a 0 se le concedió el valor de 5.

3.2.3 Especies exóticas cultivadas (ESC).

La importación de especies ha generado la dispersión de enfermedades (Sindermann, 1993; Flaherty y Karnjanakesorn, 1995; Hopkins, *et al.*, 1995). Por lo mismo la condición presencia-ausencia se basó en su conversión a valores nominales de 5 si se cultivaban especies domésticas y de 0 si estas eran foráneas.

3.2.4 Porcentaje de área ocupada por granjas en Zonas Protegidas (PA).

La protección de zonas tiene el fin de conservar las condiciones naturales de una zona y evitar un deterioro mayor debido a las actividades productivas humanas. Este indicador se diseño para calcular el porcentaje de la superficie protegida ocupada por granjas de camarón. De tal manera, se adjudicaron los valores de 5 si las granjas no se encontraban construidas en áreas protegidas, y de 0 si todo el sitio era ocupado por alguna granja de

camarón. Los porcentajes intermedios correspondieron a los valores intermedios entre 0 y 5.

3.2.5 Efectos sobre las comunidades de manglar y vegetación terrestre.

El análisis de los cambios en las áreas donde se encuentran las granjas de camarón, coadyuvó también a determinar los efectos de estas empresas sobre los sistemas terrestres a lo largo de 30 años. Específicamente el examen hecho a la fotografía aérea de los años de 1980 y 1999 proveniente del INEGI y de la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) ayudó a determinar las variaciones en las áreas de vegetación.

Por estas razones se evaluaron los cambios en las zonas con presencia de cultivo de camarón entre los años de 1980 a 1999 mediante el análisis de fotografía aérea. Los cambios se determinaron calculando el área modificada para la construcción de los estanques. De esta manera de un área de 10 km a la redonda de las granjas se determinó otorgar un valor de 5 si las granjas no talaron o removieron vegetación propia del área, y se dio una calificación de 0 si toda el área se utilizó para la construcción de estanquería.

3.3 Desarrollo económico sostenible del cultivo de camarón en Sonora.

3.3.1 Participación en el PIB Municipal (SPC).

Este indicador muestra la participación de la producción camaronícola con relación al PIB estatal. De esta manera se calcula la influencia económica que ha tenido la producción por acuicultura de camarón durante el periodo 1990-2000. Los datos del PIB se obtuvieron de las cuentas estatales como del INEGI (2000a), mientras que los de producción de la

Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), 2000). Dependiendo de la participación en el PIB Estatal se otorgaron los valores de 5 si el 100% del PIB Municipal era aportado por la camaronicultura, por otro lado se otorgaba 0 si no existía aporte alguno al PIB municipal.

3.3.2 Uso de Combustibles fósiles.

En este estudio se detectó la camaronicultura en Sonora emplea grandes cantidades de combustibles fósiles para bombeo, transporte de personal y mantenimiento implica una erogación monetaria enorme pero a la vez esencial para el funcionamiento de las granjas. El problema más serio es la contaminación que se desprende por la quema de estas sustancias. Por lo mismo calcular proporcionalmente la cantidad empleada en cada granja y segundo convertir estos valores porcentuales a nominales permitieron determinar el efecto de este indicador sobre la sostenibilidad de estas empresas.

El Indicador muestra la cantidad de combustibles fósiles que se emplean en la operación de las granjas. El valor obtenido es comparado con el uso total de estos carburantes en el Municipio en la Industria, de tal manera que si el total de combustibles usados en las granjas es igual al total Industrial municipal entonces el Índice de Sostenibilidad será igual a 0, pero si este no se refleja en el municipal entonces el Índice de Sostenibilidad es igual a 5.

3.4 Combate a la Pobreza.

3.4.1 Tasa de Desempleo Municipal (MUR).

El desempleo es un fenómeno social que ha estado creciendo en América Latina desde 1970 (Günter y Urquidi, 1990). Medir los alcances de esta situación es esencial para medir los avances en el desarrollo de un país. Sonora desde entonces mantiene una tasa de 3,65% en promedio en zonas urbanas llegando hasta el 6 en promedio en las rurales (INEGI, 2000b). Al obtener la tasa desempleo en las localidades con actividad camaronícola y comparando el número de empleos generados por esta industria se determino mediante este indicador la influencia de esta industria en las localidades.

Los valores se otorgaron dando un 5 si la totalidad la tasa de desempleo era cubierta en su totalidad por el cultivo de camarón, y de 0 si los empleos ofrecidos no eran cubiertos por los residentes locales.

3.5 Promoción de la Educación, Conocimiento Público y Capacitación.

3.5.1 Tasa de Alfabetismo (MLR).

En México aunque la tasa de analfabetismo ha disminuido de 25.8% a 9.7% en los últimos 30 años (Dirección General de Estadística (DGE), 1972; INEGI, 1990 y 2001), que comparada con otros países como Cuba que es de 3.6 sigue siendo alta (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2001).

En las zonas rurales en las que la mayoría de las granjas de camarón de Sonora están instaladas, y donde también los apoyos a la educación son menores. Por esta situación calcular este indicador fue importante para determinar el aporte estas empresas disminuir la tasa de analfabetismo.

Debido a que las empresas camaronícolas tienen la capacidad real de apoyar a todo sus en empleados en cuestiones de capacitación y educación, se otorgaron valores de si todos los empleados adultos (mayores de quince años) de las granjas camaronícola sabían leer o escribir, y de O si todos los trabajadores eran analfabetos.

3.5.2 Tasa Neta Municipal de Ingreso a la Escuela Primaria (PSE).

A diferencia del indicador anterior el comportamiento en este indicador es diferente, que aunque existe un mayor número de matriculados en primaria desde 1980, la tasa de ingreso a la primaria disminuyó de 1.2% a 1.14% (CEPAL, 2001). Esta situación hizo necesario el cálculo de lo que aportan las granjas de camarón en este sentido. De esta manera se otorgaron los valores de 5 a las granjas en las que todos sus trabajadores cuentan con algún grado de educación primaria, y de 0 cuando todos los empleados carecían de esta preparación.

3.5.3 Tasa Neta de Ingreso a la Escuela Secundaria (SSE).

Al contrario con el Indicador anterior la situación es diferente ya que de una tasa de 0,49% en 1980 se paso 0,72% en 1998 (CEPAL, 2001), esta diferencia enmarca que un número mayor de personas está estudiando alguno de los grados de la educación secundaria.

La evolución de este indicador hizo necesaria calcular la manera en que el cultivo de camarón en Sonora ha intervenido en este fenómeno. De esta manera se otorgaron los valores de 5 si todos los empleados de la granja contaban con algún grado de educación secundaria, y de 0 si no tenían acreditado algún nivel de la secundaria.

3.6 Protección y Promoción a la Salud.

3.6.1 Porcentaje de población con Servicios Públicos Básicos (PSA).

Este indicador se construyó con tres consideraciones que la población laboral de las granjas de camarón en Sonora, que fueron el contar con el acceso a agua potable, electricidad y drenaje. A cada una de estas se les otorgaron los valores de 5 si el empleado contaba con esta, y de 0 si carecía del servicio. Posteriormente la suma total de las cuatro mediciones se ponderó dentro del intervalo de 0 a 5.

3.6.2 Trabajadores con Servicios médicos.

Uno de los objetivos que el Desarrollo Sostenible intenta lograr es el que el mayor número de habitantes tenga acceso a servicios médicos. Este Indicador calculó el número de trabajadores que ocupaban algún puesto dentro de las empresas camaronícolas. De esta manera para calcular este indicador se determinaron los valores que a continuación se otorgaron. Si la totalidad de los empleados contaba con este servicio el valor que se le otorgó fue 5 mientras que si ninguno de ellos tenía acceso a este beneficio el valor fue 0.

3.6.3 Distancia Laboral.

Calcular la distancia que existe entre los hogares a la fuente de trabajo involucra el aspecto social y ambiental, ya que por un lado entre más lejos viva un empleado se tendrá que usar, ya sea en transporte particular o público una cantidad de combustible fósil, lo que implica una generación de gases por la combustión que finalmente repercute de dos maneras: primero en la salud del personal por la falta de ejercicio y segundo por la contaminación

generada. Para lo cual se determinó para calcular el impacto de este efecto asignándose un valor de 5 a los trabajadores viven a menos de 1 kilómetro, pero si estos vivían a más de 200 kilómetros la calificación fue 0. Los valores intermedios entre 1 y 200 km correspondieron a aquellos entre 0 y 5.

F) Índice de Sostenibilidad.

De los 130 indicadores para el Desarrollo Sostenible propuestos por la ONU (Waller, 1995), se aplicaron 18 en materia económica, social, ambiental y política relacionados con la actividad camaronícola.

Se desarrolló un Índice de Sostenibilidad específico para el cultivo de camarón supralitoral. Este se construyó con los Indicadores de Desarrollo Sostenible aplicados en este estudio, los que se agruparon de acuerdo a los entornos que evaluaron: el Económico, el Ambiental y el Social. La mayoría de los autores relacionados al tema de Desarrollo Sostenible proponen que debe existir un equilibrio perfecto entre estos tres ambientes (Hart, 1999), sin tomar en cuenta que la mayoría de los recursos naturales son no renovables o se encuentran en una sobreexplotación (Kent, 1985, 1997; Kendall y Pimentel, 1994). Por lo mismo, cabe señalar que a cada Indicador de Desarrollo Sostenible se le otorgó el mismo peso mediante su ponderación al valor máximo de 5.

De esta forma en la ecuación del Índice de Sostenibilidad del Cultivo de Camarón (ISC), cada uno de los entornos evaluados representa la suma total (ponderada a 5) de los indicadores aplicados en cada área. De tal manera que el valor máximo ideal que puede alcanzar el Índice de Sostenibilidad es 15 (EC_1)

$$ISC = \sum (IE) + \sum (IS) + \sum (IA) \quad (EC_1)$$

Donde,

IE = Indicadores Económicos.

IS =Indicadores Sociales.

IA = Indicadores Ambientales.

Los valores de cada Indicador de Desarrollo Sostenible se obtuvieron mediante la aplicación de estos (Cuadro I) a cada una de las granjas de camarón supralitoral en Sonora.

Tabla I. Método, aplicación e injerencia de los Indicadores de Sostenibilidad aplicados a las granjas camaronícolas en Sonora, México.

#	INDICADOR	CLAVE	QUE MIDE	CÓMO SE MIDE	Involucra el ambiente natural y el económico.
1	Descargas generadas por el cultivo de Camarón en zonas costeras.	WWD	Magnitud el efecto de las descargas de los efluentes.	(Tipo de sistema receptor es igual a la magnitud del Impacto).	Involucra el ambiente natural y el económico.
2	Captura de semilla.	WSC	Efectos sobre la disposición de semilla natural.	(Semilla natural usada/Semilla total) X 100.	Involucra el ambiente natural y el económico.
3	Cambios en la Condición del Suelo.	SCC	Efectos sobre los cambios físicoquímicos del suelo,	(Área afectada por cada granja/Área Total. afectada) X 100.	Involucra el ambiente natural y el económico.
4	Uso de Plaguicidas.	PU	Efectos producidos por el uso de insecticidas.	(Cantidad usada por cada granja/Cantidad total usada) X 100.	Involucra el ambiente natural y el económico.
5	Uso de Fertilizantes.	FU	Efectos producidos por el uso de fertilizantes,	(Cantidad usada por cada granja/Cantidad total usada) X 100.	Involucra el ambiente natural y el económico.
6	Especies exóticas cultivadas.	ESC	Proporción de especies exóticas.	(Tipo de especies cultivada/ Total de Especies) X 100.	Involucra el ambiente natural y el económico.
7	Área ocupada en Zonas Protegidas.	CPA	Efectos sobre las zonas protegidas.	(Área usada por granja/ Área total) X 100.	Involucra los ambientes Social y el económico.
8	Participación de la producción en el PIB Estatal.	SPC	Contribución al SGDP.	(Producción de cada granja/SGDP) X 100.	Involucra los ambientes Económico y Social.
9	Tasa de Desempleo.	UR	Contribución a la ER.	(Número de trabajadores /Número total) X 100.	Involucra los ambientes Económico y Social.
10	Tasa de Analfabetismo	MLR	Contribución a la MLR.	(Número de trabajadores alfabetos/Número total) X 100.	Involucra el ambiente natural y el económico.
11	Tasa Neta Municipal de Ingreso a la Primaria.	PSE	Contribución a la PSE.	(Trabajadores con Primaria/Total de empleados) X 100.	Involucra los ambientes Económico y Social.
12	Tasa Neta de Ingreso a la Secundaria	SSE	Contribución a la SSE.	(Trabajadores con Secundaria/ Total de empleados) X 100.	Involucra los ambientes Natural y Social.
13	Trabajadores con Servicios Públicos Básicos.	PSA	Acceso a Servicios Públicos.	(Empleados Servicios Públicos/ Total de empleados) X 100.	Involucra los ambientes Natural y Social.
14	Variación en las áreas de Manglar y vegetación Terrestre.	MAV	Deforestación de Manglares y Vegetación.	(Áreas de Manglar o vegetación usada para cultivo/Área original) X 100.	Involucra los ambientes Natural y Social.
15	Trabajadores con Servicios médicos.	MS	Empleados con servicios Médicos.	(Personal con Servicio médico/Empleados totales) X 100.	Involucra los ambientes Económico y Social.
16	Número de empleos por Hectárea.	JH	Empleo por Hectárea.	(Numero de trabajadores/área total.	Involucra los ambientes Natural y Económico.
17	Uso de Combustibles fósiles.	FUE	Uso de combustibles fósiles.	(Cantidad empleada de combustibles por granja Cantidad total) X 100.	Involucra los ambientes Natural y Económico.
18	Distancia Laboral.	JD	Distancia entre el centro de Trabajo y la vivienda del personal.	(Distancia in Km.).	Involucra los ambientes natural y el económico.

C) RESULTADOS.

1.- Revisión Bibliográfica.

La revisión bibliográfica disponible para Sonora y de lo publicado en el resto del mundo referente al Desarrollo Sostenible de la acuicultura de camarón ha arrojado diversos resultados. Por un lado la mayor parte de la información mundial mantiene la tesis de que la camaronicultura tiene efectos adversos sobre el ambiente (O’Kinne, 1986; Bailey, 1988; Stickney, 1988; Brown, 1989; Sharp y Lamson, 1989; Aiken, 1990; Wang, 1990; Neiland, et al., 1991; Primavera, 1991; Lightner, et al., 1992a y 1992b; Primavera, 1993; Chen, et al., 1994; Rosenthal, et al., 1994; Sebastiani, 1994; Fegan, 1996; Macintosh, 1996; Anderson y De Silva, 1997; Edwards, 1997; Stewart, 1997; Kautsky, et al., 1997; Smearman, et al., 1997; Zhong y Power, 1997; Stevenson, 1998; Barg, et al., 1999; Naylor, et al., 2000; Rönbäck y Primavera, 2000). Por otro lado, este trabajo comparando con esas experiencias se vislumbra que la camaronicultura en Sonora ha generado efectos similares y algunos diversos sobre los entornos ambientales. En cuestiones económicas y sociales los efectos tienden hacia un aumento en los efectos positivos como la generación de impuestos, mejores sueldos y acceso a servicio médico de sus empleados. Pero prevalecen problemas de antaño como la poca mejoría de las comunidades rurales cercanas en las que esta actividad tiene cierta influencia como rezago social e incremento en la pobreza.

2.- Descripción del Área de Estudio.

La zona de estudio se dividió en cuatro zonas camaronícolas, la “A” ubicada al noroeste, la zona “B” en la parte centro-norte, el área “C” ubicada en el centro-sur, y la “D” en la parte sur de Sonora (Fig. 1).

2.1 *Clima.*

En la zona “A” el tipo de clima en el Estado de Sonora va de seco cálido a seco semicálido, con poca presencia de lluvias. Para las granjas ubicadas al norte del Estado de Sonora el clima es de tipo es seco-semicálido (Bwh) (INEGI2, 1996). Esta área presenta temperaturas medias anuales de 36°C que pueden llegar a 44°C en los meses de mayo a julio y menores hasta 10°C en Enero.

La zona “B” las granjas se encuentran bajo un clima similar a la del norte de tipo seco semicálido (Bwh) (INEGI2, 1996). En esta zona la temperatura promedio anual llega a los 33°C con picos de más de 40°C (mayo-julio) reportándose para esta área una precipitación promedio anual que llega hasta los 100 mm (INEGI5, 1985). Por otra parte, en la zona “C”, se cuenta con un clima de tipo seco-cálido y cálido (BW(h')) (INEGI2, 1996), con temperaturas promedio anuales que llegan a los 36°C con picos en el verano de hasta 44°C y una precipitación promedio anual de hasta 175 mm (INEGI5, 1985). Finalmente la zona centro-sur que agrupa a un gran número de granjas (Fig. 1), el clima es igual al anterior (INEGI2, 1996) sólo que su precipitación promedio anual alcanza los 50 mm como máximo (INEGI3, 1985).

En la zona “D” donde se encuentra el grupo más numeroso de granjas las condiciones climáticas (INEGI2, 1996), con temperaturas promedio anuales de 36°C y con un régimen de precipitación anual promedio de 175 mm (INEGI2, 1985).

2.2 *Hidrología subterránea.*

La zona “A” esta constituida por materiales no consolidados con posibilidades bajas, ocupando parte del delta del Río Colorado y el llano el Chinero. El material está compuesto por conglomerados de origen continental, polimíctico, con clastos gruesos y medianos, en matriz arenosa, se encuentra escasamente cementado por caliche, es de reducido espesor. La arenisca es de origen continental con granos de tamaño medio, alternado con horizontes de grano grueso de espesores delgados y con presencia de carbonato de calcio en su matriz. El material aluvial se encuentra con presencia de arcilla lo que limita su permeabilidad y por último los depósitos lacustres por ser enteramente arcillosos no llegan a conformar acuífero (DGGTN2, 1981). En la parte sureste de esta zona esta constituida por material no consolidado con posibilidades altas cercano a la cuenca del Río Sonoyta. En su mayor parte el terreno es originado por fallas tectónicas, que se rellenaron con material aluvial, compuestos por clásticos conteniendo metales recientes, heterogéneos en cuanto a su granulometría y grado de selección y están marcadamente compactos y pobremente cementados; estas últimas características le proporcionan una permeabilidad que va de media a alta (DGGTN1, 1981).

LA zona “B” se encuentra sobre material no consolidado constituido principalmente por clásticos, que varían en su granulometría de limos a gravas y en su grado de compactación

se constituyen como acuíferos de tipo libre, sobre las cuales hay una gran cantidad de pozos de explotación. En la costa de Hermosillo se encuentran norias y pozos cercanos a la línea de costa con niveles estáticos que oscilan de 12 a 24 m sobre el nivel del mar distribuido ampliamente en toda la planicie costera. Los flujos subterráneos naturales han sido modificados por la extracción artificial de agua, por lo que el flujo actual es radial, hacia el centro de la planicie (DGGTN3, 1981).

Las zonas “C” y “D” se ubican sobre terrenos con material no consolidado con posibilidades bajas formado por depósitos lacustres, palustres y eólicos. Todos localizados a lo largo de la zona costera, así como en los valles intermontanos y al pie de las sierras formadas por conglomerado, suelos residuales y aluviales. Los suelos lacustres y palustres son impermeables, el suelo eólico es permeable, pero está contaminado por su cercanía al mar. El conglomerado, aunque presenta buenas características de permeabilidad, funciona como zona de recarga de los valles, al igual de suelos residuales que por su alto contenido arcilloso son impermeables (DGG4, 1983).

2.3 Hidrología Superficial.

La zona “A” esta ubicada en la región hidrológica número 7, en la subcuenca Arroyo Santo Domingo dentro de la cuenca Arroyo Agua Dulce-Santa Clara. La Cuenca antes mencionada, es una zona que drena hacia el valle de Santa Clara y hacia el Golfo de California. Esta zona tiene un coeficiente de escurrimientos del cinco al 10 %, siendo al mismo tiempo un área de inundación (DGGTN2, 1981). AL sureste de esta zona, dentro de la misma Región Hidrológica, están las subcuencas hidrográficas Bacanora y Desierto de

Altas donde las corrientes superficiales son de régimen efímero ya que pasan períodos mayores al año sin llevar gasto por la precipitación escasa y la evaporación elevada. Aunado a esto los materiales de pie de monte y planicie son permeables provocando que los escurrimientos que se generan en las sierras se pierdan antes de llegar a la costa (DGGTN4, 1981).

La porción de la subcuenca Bacanora corresponde a la región del Río Colorado que debido a procesos fluvio-marítimos se encuentra sujeta a inundaciones la mayor parte del año siendo importante remarcar que por la cercanía de la toma de agua de una granja de la zona “A” a la desembocadura del Río, se encuentra fuertemente influenciada por los aportes de sedimentos y nutrimentos que llevan consigo las aportaciones de agua dulce en el Delta del Río Colorado. En la zona “B” existen granjas ubicadas dentro de la subcuenca del arroyo La Manga, del arroyo La Bandera.

Las granjas del grupo “C” están en un relieve plano rodeado de pequeñas serranías y lomeríos aislados, que en épocas de lluvias generan pequeños escurrimientos superficiales también efímeros que hacen que la disponibilidad de agua dulce superficial sea limitada. Estas granjas están sobre suelos con fases sódicas y salinas, debido a la sobreexplotación del acuífero por la zona agrícola de Hermosillo y que ha provocado una fuerte intrusión de agua salina que ha afectado los suelos (DGGTN5, 1981). Algunas granjas camaroneras se ubican en la subcuenca del Río Yaqui-Vicam sobre una subprovincia formada por una extensa planicie originada por el delta del Río Yaqui que representa la corriente más importante por su enorme cuenca (72, 575 Km²) y su volumen de escurrimiento. Advierte un cauce serpenteante que escurre sobre el drenaje deficiente de la zona plana, con gran

cantidad de meandros y corrientes difíciles de identificar llegando a desembocar al norte de estas granjas. El Río Muerto, un afluente del Yaqui tiene una influencia directa sobre estas granjas, aunque actualmente es un cauce abandonado debido al control hidráulico del Río Yaqui (DGG5, 1983) (Fig. 8).

En la zona “D” los proyectos camaronícolas se contemplan dentro de la subcuenca Río Mayo-Navojoa caracterizada por ser una extensa planicie de buen drenaje que es descargada por corrientes intermitentes y perennes. El afluente más importante es el Río Mayo que nace en la Sierra Madre Occidental en el Estado de Chihuahua y atraviesa esta área desembocando entre las granjas Burabampo y Chapobampo. La mayor parte de sus aguas es retenida en la presa Adolfo Ruiz Cortinez para el aprovechamiento Agrícola. Finalmente unas granjas de camarón se ubican en la subcuenca estero Bacorehuis en los límites con el Estado de Sinaloa. Esta subcuenca la conforma una pequeña serranía paralela y cercana a la costa en la que se generan pequeñas corrientes intermitentes de drenaje subparalelo (INEGI, 1992).

2.4 Geología y geomorfología.

La zona “A” está localizada en la provincia fisiográfica de Montañas Sepultadas, dentro de la subprovincia fisiográfica del desierto de Sonora. El área se caracteriza por planicies aluviales interrumpidas por montañas complejas aisladas, formadas por rocas de composición ígnea y metamórfica y con orientación noroeste-sureste. Una de las granjas ubicada al noroeste se ubica en una gran planicie constituida por sedimentos fluviales y marinos cubiertos parcialmente por arenas eólicas del desierto de Sonora. El suelo es de

tipo Litoral que es una unidad formada por depósitos de arenas, bien clasificadas y reabajadas por las olas, constituidas por fragmentos de roca, conchas y feldespatos (DGG, 1982). Otra granja ubicada al este de esta zona se encuentra en la misma subprovincia fisiográfica pero dentro del área del Desierto de Altar. El material que forma esta zona, principalmente dunas, proviene principalmente de los depósitos deltaicos del Río Colorado (DGGTN3, 1982). Específicamente en el sitio donde se ubica esta granja el suelo que se encuentra hacia el norte y al oeste es de tipo eólico, que son depósitos eólicos del Desierto de Altar que conforma dunas transversales y badanes que han avanzado en direcciones este y noreste, que evidencia por el cubrimiento parcial de los elementos que han encontrado en su camino. Estos depósitos se encuentran extensamente distribuidos en la porción oriental del área y están formados por arenas de feldespato, fragmentos de roca, detritos de calcita y dolomita, que provienen del delta de Colorado y de las zonas del Golfo de California. El suelo es de tipo litoral principalmente por acumulaciones de detritos del tamaño de la arena y grava fina que se encuentran, en ciertas localidades, conformando barras y flechas modeladas por las corrientes litorales. Al nordeste existe un área con suelo lacustre, constituido por arena fina, arcilla, limo y sal (DGGTN3, 1982) que se han acumulado por la marisma del Estero Morva.

Las zonas “C” y “D” están ubicadas sobre la subprovincia de los Deltas de la Provincia Fisiográfica de Sierras Sepultadas. Son planicies costeras que corresponden al extremo noroccidental del Río Yaqui. El suelo esta compuesto principalmente por cuarzo, feldespato y micas, encontrándose también fragmentos calcáreos. La unidad se encuentra en la porción de la línea de costa. Se supone que el material que forma las dunas es la arena de las playas

al Noroeste de Guaymas, en estas partes las dunas están en continuo movimiento hacia el sudeste debido a la influencia de los vientos predominantes (DGG3, 1982) (Fig. 10).

2.5 Suelo.

La zona “A” esta constituida sobre suelo Solonchak Órtico con suelos Solonchak Takírico y/o Vertisol crómico secundarios con una clase estructural fina. Al este de esta área existen suelos con una fase física gravosa y una unidad de suelo primario Litosol con un suelo secundario Regosol calcárico (DGGTN2, 1982). Una granja de este grupo se encuentra sobre un suelo predominante Litosol en combinación con uno secundario Regosol eútrico. Estos son suelos poco profundos sobre rocas no calizas no consolidadas con una clase textural gruesa. Al este del proyecto en el Estero Morva se puede encontrar una unidad de tipo Solonchak Órtico con una clase textural media (DGGTN1, 1982).

El área “B” se encuentra sobre una unidad de suelo Solonchak Órtico con una unidad textural media. Al este del área se puede encontrar un suelo Regosol eútrico, al sur, sudeste y oeste un tipo predominante de Vertisol crómico con un suelo secundario Yermosol lúvico. Un grupo de granjas de camarón al sur de esta zona se está sobre suelos predominantemente Regosoles con una unidad textural fina, aunque también ocupan suelos con predominancia de Solonchak Órtico y un secundario Yermosol lúvico. También al este de estos proyectos se puede apreciar una zona con un suelo predominantemente Litosol con un secundario Regosol Eútrico con una unidad textural media (DGG3, 1983).

La zona “C” se encuentra sobre suelos típicamente Regosoles eútricos con una clase textural gruesa. Alrededor de los proyectos camaronícolas se encuentran un suelo primario Solonchak Órtico con fases secundarias Solonchak Takírico o Solonchak gleyico (DGG1, 1983).

Por último las granjas ubicadas dentro de la zona “D”, se encuentran en suelos predominantemente Solonchak Órtico combinado de un suelo secundario Regozol eútrico, una fase sádica y una clase textural media. Al norte de estas granjas se puede apreciar la existencia de un suelo Regosol eútrico con una clase textural gruesa. Al oeste esta la Laguna de Etchoropo de tipo intermitente que tiene un suelo Regozol eútrico de clase textural gruesa. Al noroeste de los proyectos hay suelo predominante de tipo Xerosol lúvico en combinación con los secundarios Regozol eútrico o Vertisol crómico; Este tipo de suelo tiene una fase química fuertemente salina con textura fina (INEGI1, 1985).

2.6 *Vegetación Terrestre.*

La devastación de grandes áreas de la vegetación terrestre en diversos países y esencialmente la de Manglar ha sido uno de los efectos adversos más evidentes por la creación de zonas de cultivo supralitoral de camarón (O’Kinne, 1986; Stickney, 1988; Sharp y Lamson, 1989; Aiken, 1990; Primavera, 1991 y 1992; Barg, et j., 1992; Gowen y Rosenthal, 1993; Sebastián, 1994; Flaherty y Karnjanakesorn, 1995; Fegan, 1996; Jory, 1996; Macintosh, 1996; Stewart, 1997; Stevenson, 1998). Esto ha generado una

disminución de zonas de crianza y protección de varias especies marinas y terrestres afectando directamente la producción pesquera (incluida la del camarón) (O’Kinne, 1986; Sharp y Lamson, 1989; Neiland, 1991; Primavera, 1991; O’Sullivan, 1992; Gowen y Rosenthal, 1993; Phillips, et j., 1993; Primavera, 1993; Flaherty y Karnjanakesorn, 1995; Fegan, 1996; Macintosh, 1996; Stewart, 1997).

La mayoría de la franja costera del estado, donde casi todas las granjas están ubicadas, tiene vegetación halófila.

La zona “A” al noroeste de esta área cuenta con vegetación de dunas costeras, con una franja de vegetación halófila hacia el Norte y una posterior de vegetación de desiertos arenosos (Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, 1980). De las especies enlistadas sólo una esta reportada como amenazada, Frankenia sp (NOM-059- ECOL - 2001).

Las granjas de la zona “B” están colindan hacia el noreste, este y sudeste de vegetación halófila y hacia el oeste y noroeste de matorral subinermes (Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, 1989).

La zona “C” se ubica en una franja de vegetación de dunas costeras y vegetación halófila. Hacia el este de esta área existe vegetación sarco-cracaule de tipo subinermes (Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, 19819). Algunos proyectos al sur de esta área se cuentan con vegetación de tipo sarcocaulis, rodeados por vegetación de dunas costeras (Dirección General de Geografía1, 1984). De las especies enlistadas se vio que hay una

especie en peligro de extinción Muhlenbergia spp otra como rara Opuntia pp y una bajo protección especial Guaiacum coulteri (NOM-059- ECOL -2001).

Por último la zona “D” cuenta con áreas de vegetación halófila colindando hacia el oeste y al oeste con una franja de matorral sarcocaula y al norte con una zona de riego suspendido (Dirección General de Geografía, 1984).

3.- Indicadores de Desarrollo Sostenible.

De las 33 granjas registradas para Sonora hasta diciembre de 2000 (Dirección General de Acuicultura, 2000) se aplicaron a 18 los indicadores ambientales de Desarrollo Sostenible (Cuadro II) debido a que 12 granjas no contaban con los suficientes datos necesarios para la aplicación de estos indicadores.

Los indicadores de Desarrollo Sostenible muestran resultados variados, por un lado algunas granjas obtuvieron valores altos respecto al ambiente natural pero pobres en lo social y en lo económico. También hay granjas con indicadores sociales importantes pero económicos y naturales bajos. Algunas empresas obtuvieron resultados más altos en lo social que en lo natural y económico.

Los resultados muestran valores que indican una Sostenibilidad nula o baja como en el caso del indicador FU de cero, o por debajo de uno como en SPC, PSA y JH. Por otro lado hubo resultados de sostenibilidad altos como los indicadores WSC, PU, ESC y WWD involucrados en el ambiente natural. En el resto de los indicadores aplicados todas las granjas obtienen valores entre 7,5 y menores (Cuadro II).

Los indicadores de Desarrollo Sostenible se agruparon en tres entornos: Económico, Natural y Social para aplicar el Índice de Sostenibilidad. Los Indicadores Naturales en la mayoría de los proyectos obtienen valores más altos con relación a los sociales y económicos, destacando que en todas las granjas de camarón los Indicadores Económicos muestran los valores más bajos (Cuadro III).

El valor de los indicadores graficados de forma promediada muestra que las granjas con los valores más altos son: 1, 5, 7, 14, 19 y la 20, siendo esta última la que presentó aunque números bajos, los más equilibrados en cuanto a sostenibilidad en los ambientes Social (2,52), Económico (1,765) y natural (3,151). Por otro lado las granjas 8, 10, 12 y 9 obtuvieron los más bajos en cuanto destacando que la última presenta los datos más bajos en Indicadores Económicos (0,8), Sociales (0,75) y Ambientales (2,707) (Fig. 2).

3.1 Índice de Sostenibilidad.

Los resultados del Índice de Sostenibilidad Muestran valores variados en cuanto al Sostenibilidad de las granjas. Por un lado todas las granjas de camarón en Sonora tienen resultados por debajo de la media sostenible que es 2.5. Aún así sobresale que la mayoría tiene arriba de 2, aunque existen granjas como la 10, 12, 15, 16 y 17 que mostraron Índices de Sostenibilidad entre 1,78 y 1,87 (Cuadro IV).

También se puede observar que la granja con el valor más alto de sostenibilidad lo obtuvo la granja 20 (2,41) mientras que la granja 9 fue la que tuvo el más bajo (1,53) (Fig. 4).

Los resultados del Índice de Sostenibilidad muestran valores similares entre la mayoría de las granjas de camarón (fig. 3). Este Índice muestra como las granjas de Sonora tienen valores de sostenibilidad que van de bajos a medios pero ninguna mostró una sostenibilidad aceptable. Mucho de estos resultados se deben a la poca aportación de los Análisis de la Sostenibilidad del Cultivo de Camarón en Sonora, México.

Indicadores de Desarrollo Sostenible de tipo Económico en las granjas (Cuadro III). Estos Indicadores aportan en su mayoría no más del 15% en promedio al Índice de Sostenibilidad, mientras que los Indicadores Naturales y Sociales aportan el 85% en promedio al Índice de Sostenibilidad, valores que muestran la poca sostenibilidad en este ambiente de las granjas estudiadas en Sonora.

Valores acumulados del Índice de Sostenibilidad de las Granjas de camarón en Sonora, México.

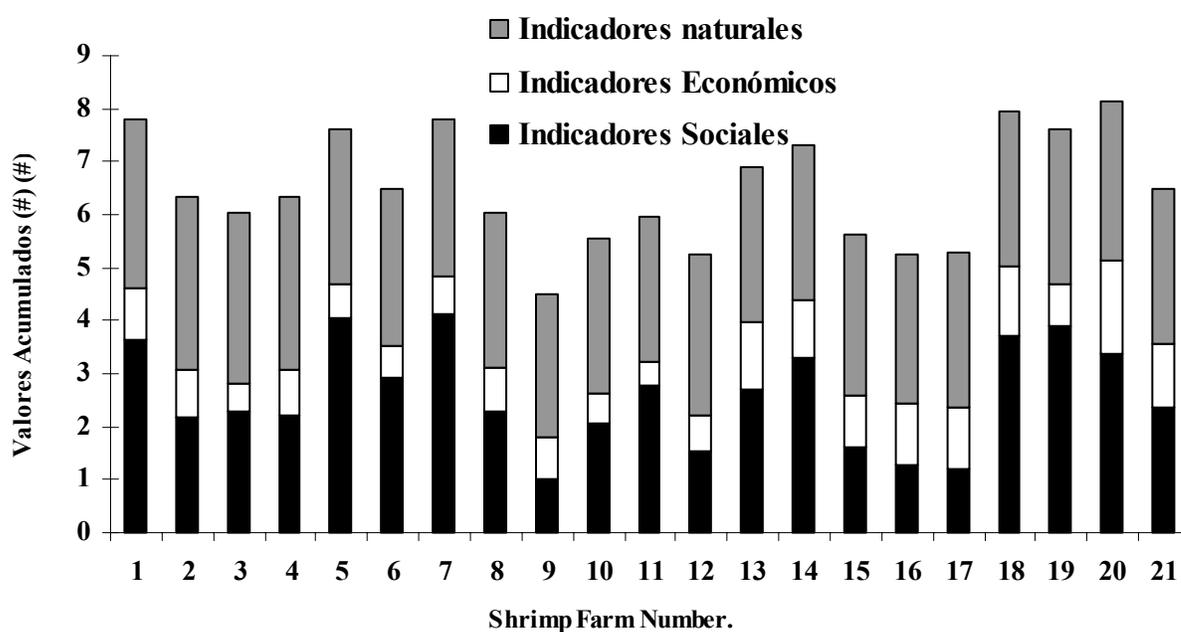


Fig. 2. Valores Acumulados de Indicadores de Desarrollo Sostenible en los ambiente Económico, Natural y Social de las Granjas de Camarón en Sonora, México.

Tabla II. Resultados de los Indicadores de Desarrollo Sostenible aplicado a 21 granjas de camarón en Sonora, México.

SPC	WSC	SCC	PU	FU	ESC	PA	WWD	JH	MS	MLR	PSE	SSE	PSA	MAV	FUE	JD
0.00162	5.0	3.75000	5.0	0.0	5.0	0.00303	5.0	0.02425	5.00000	2.69231	0.00000	1.92308	3.18182	5.00000	0.07664	3.0
0.00058	5.0	3.95000	5.0	0.0	5.0	0.00102	5.0	0.04778	5.00000	1.51163	0.34884	1.16279	0.00000	5.00000	0.22821	3.0
0.00112	5.0	3.75000	5.0	0.0	5.0	0.00194	5.0	0.02807	5.00000	1.87500	1.04167	0.62500	0.00000	5.00000	0.12011	1.0
0.00081	5.0	4.20000	5.0	0.0	5.0	0.00147	5.0	0.03462	5.00000	1.66667	1.11111	0.55556	0.00000	5.00000	0.15799	2.5
0.00028	5.0	3.75000	5.0	0.0	5.0	0.00140	2.5	0.03548	5.00000	2.20000	1.54000	0.44000	5.00000	5.00000	0.16564	1.0
0.00033	5.0	4.10000	5.0	0.0	5.0	0.00127	2.5	0.03750	1.66667	2.10000	1.26000	0.63000	5.00000	5.00000	0.18338	1.0
0.00034	5.0	4.10000	5.0	0.0	5.0	0.00122	2.5	0.04444	5.00000	2.40000	1.20000	1.20000	5.00000	5.00000	0.19018	1.0
0.00000	5.0	3.75000	5.0	0.0	5.0	0.00195	2.5	0.02151	2.29730	2.29730	1.62162	0.40541	2.29730	5.00000	0.11941	2.0
0.00000	5.0	3.95000	5.0	0.0	5.0	0.00149	0.0	0.04015	1.69811	0.18868	0.00000	0.00000	1.13208	5.00000	0.15560	4.0
0.00044	5.0	3.75000	5.0	0.0	5.0	0.00134	2.5	0.02881	2.05882	2.05882	1.17647	0.58824	2.05882	5.00000	0.17406	1.0
0.00036	5.0	4.25000	5.0	0.0	5.0	0.00131	2.5	0.03448	5.00000	1.50000	1.00000	0.20000	1.79167	3.00000	0.17706	1.0
0.00009	5.0	4.75000	5.0	0.0	5.0	0.00091	2.5	0.06500	1.53846	1.53846	0.86538	0.38462	1.53850	5.00000	0.25674	2.0
0.00026	5.0	3.75000	5.0	0.0	5.0	0.00150	2.5	0.03927	5.00000	1.53846	1.34615	0.00000	1.53846	5.00000	0.15513	5.0
0.00042	5.0	3.75000	5.0	0.0	5.0	0.00187	2.5	0.02545	5.00000	2.26190	1.42857	0.00000	2.61905	5.00000	0.12448	4.0
0.00024	5.0	4.35000	5.0	0.0	5.0	0.00122	2.5	0.04444	1.66667	1.66667	0.41667	0.56818	1.45833	5.00000	0.19018	4.0
0.00056	5.0	4.55000	5.0	0.0	5.0	0.00217	2.5	0.03125	1.66667	2.00000	1.16667	0.66176	0.14600	3.00000	0.10697	4.0
0.00047	5.0	3.75000	5.0	0.0	5.0	0.00215	2.5	0.03158	1.66667	1.83333	1.16667	0.50000	0.14583	5.00000	0.10810	4.0
0.00219	5.0	3.70000	5.0	0.0	5.0	0.01019	2.5	0.00533	3.12500	3.02083	2.50000	0.00000	5.00000	5.00000	0.02282	4.0
0.00139	5.0	3.75000	5.0	0.0	5.0	0.00333	2.5	0.01531	3.33333	3.33333	3.00000	0.00000	5.00000	5.00000	0.06986	1.0
0.00000	5.0	4.55000	5.0	0.0	5.0	0.00471	2.5	0.02043	5.00000	3.83206	3.18750	0.63750	1.25000	5.00000	0.04937	5.0
0.00067	5.0	3.75000	5.0	0.0	5.0	0.00101	2.5	0.03132	3.21429	3.03571	0.00000	1.31579	0.89286	5.00000	0.22974	4.5

D) DISCUSIÓN.

Es difícil, y a veces imposible, caracterizar el funcionamiento de sistemas complejos, tal como un sistema eco-agrícola, por medio de medidas directas. El tamaño del sistema, la complejidad de las interacciones involucradas, o la dificultad y el costo de las medidas necesarias son a veces incompletos o débiles. Esta fragilidad puede irse compensando mediante el empleo de simulaciones (Girardin, 1999). De acuerdo a la historia de la camaronicultura, esta ha tenido efectos adversos sobre el ambiente (Kinne, 1986; Stickney, 1988; Jory, 1996; Stewart, 1997), la sociedad (Bailey, 1988; Neiland, aL, 1991; Rosenthal, 1994) y la economía (Primavera, 1991; Lightner, ., 1992). Estos impactos han variado desde el uso de poslarva capturada del medio natural (Primavera, 1991, 1993), pollution (Brown, 1989; Jaw-Kai, 1990; Anderson and de Silva, 1997), desplazamiento de comunidades humanas (Sebastiani, al., 1994; Sharp and Lamson, 1989), dispersión de enfermedades (Ligthner, 1992), conflictos con el turismo (Stickney, 1988) y efectos sobre la producción pesquera (Sharp and Lamson, 1989; Zhong and power, 1997) por la deforestación de manglar (Stevenson, 1995; Macintosh, 1996) y captura de pescado para alimentar el camarón cultivado (Edwards, 1997).

A diferencia de lo mencionado en Sonora los efectos sobre los tres ambientes investigados en este trabajo, la actividad tiene un papel relevante en el desarrollo económico de este Estado, teniendo un crecimiento notorio en los últimos 8 años pasando de 1' 284, 041 toneladas en 1992 a 12' 347, 427 en 1999 (SEMARNAP, 2000).

A pesar de este comportamiento en su producción, los Indicadores de Desarrollo Sostenible aplicados en este estudio muestran una contribución mínima al Índice Sustentable. Dentro de los motivos es que los beneficios económicos del cultivo de camarón se reflejan al nivel de recaudación de impuestos. Estas tributaciones son recaudadas por el gobierno federal, quien decide la manera en que estos se regresan a los estados, muchas veces en programas federales ya establecidos y que muchas veces no beneficia a las comunidades donde se generaron, permitiendo indirectamente un retraso social. También, como ya ha ocurrido en países como Ecuador (Aiken, 1990) la camaronicultura depende del comportamiento de los precios del Mercado Internacional y en últimas instancias del Nacional, esto hace muchas veces a las granjas incosteables operativamente, generando el cierre de empresas y el despido masivo de trabajadores Este efecto observado que apenas algunas granjas en Sonora se vislumbra, es real en otros estados como Sinaloa y Nayarit y que ha generado ya la clausura de varios negocios. Debido a esta diferencia las granjas de Sonora mostraron valores más aceptables en sus indicadores sociales (Fig. 2). Por una parte las granjas en su mayoría pertenecen a comunidades ejidales exitosas y por lo mismo de su estructura administrativa entre sus objetivos más importantes está la preparación educativa de sus trabajadores, muchos de ellos integrantes de la misma comunidad ejidal. En el sentido de granjas privadas, estas se distinguen porque aplican la idea de Fegan (1996) de “profesionalizar el manejo de sus estanques a largo plazo” destinando parte de sus ganancias a la preparación de sus empleados mediante cursos, becas y asistencia a congresos, seminarios o simposios referentes al cultivo de camarón. Además existe el apoyo de ambos tipos de empresas para la obtención de casas mediante créditos y sobretodo aplican la política de destinar un porcentaje de la producción como incentivos extras a los

empleados, lo que resulta en que los trabajadores de las granjas de camarón tengan salarios e ingresos mayores de la media municipal. También destaca que casi todos los empleados de las granjas cuentan con servicios básicos como agua potable, luz y aunque en menor proporción drenaje. Destaca por encima de todos estos el hecho de que una gran mayoría (70%) tiene servicio médico, aunque destaca que este porcentaje representa a los empleados base, mientras que el restante 30% son aquellos contratados exclusivamente en el período de la cosecha. Todas estas condiciones han incrementado el nivel de vida de los empleados de las granjas camaronícolas de Sonora y por lo mismo la influencia de estos factores ha contribuido a que los resultados de los Indicadores Sociales de Desarrollo Sostenible tengan una influencia mayor en el Índice de Sostenibilidad aplicado (Fig. 3). Y como lo han mencionado Neiland *et al.*, (1991) para el caso del cultivo de peces en Europa, en Sonora la camaronicultura ha generado beneficios sociales significantes al nivel regional.

En este estudio los Indicadores Ambientales de Desarrollo Sostenible aplicados muestran que las granjas de camarón en Sonora los valores más altos comparándolos con los Sociales y más evidente con los económicos (Fig. 2). Los valores obtenidos tienen su explicación mayor cuando se observan los indicadores que midieron la captura de poslarva capturada del medio, las descargas de aguas residuales, el uso de plaguicidas, el uso de especies exóticas y las áreas de manglar. Los primeros 4 indicadores contribuyeron en gran medida a los Indicadores Ambientales ya que fueron de los más altos o de los más altos en el caso del último. A diferencia de los problemas generados por el uso de poslarva capturada del medio como en Tailandia (Chansang, 1982; Jory, 1996), Taiwan (Bailey, 1988; Macintosh, 1996), Filipinas, Ecuador (Primavera, 1991, 1993), China (Zhong and Power, 1997) y Venezuela

(Buitrago, 1989; Sebastiani, j., 1994), o de los problemas por la introducción de especies exóticas, en Sonora una de las prioridades basar su producción en producción de poslarva en laboratorio para abastecerse. Contrario de los problemas detectados en Asia respecto a la contaminación por plaguicidas y la tala de manglar para construir las granjas (Primavera, 1991, 1993), los camaronicultores sonorenses evitan el uso del primero y a pesar de que se detectó la tumba de manglar en una granja, esta se realizó en la década pasada. Sobresale también que al nivel nacional que México tiene una reglamentación severa en cuanto a la tumba de este tipo de vegetación.

En Sonora los granjeros conocen la importancia que tienen estos entornos en los sistemas tróficos y crianza de especies marinas, por lo que evitan realizar actividades que perturben la dinámica de estos ambientes. Aunque la mayoría de las granjas camaronícolas en Sonora están establecidas en suelos salobres donde existe poca vegetación, algunas se han construido en zonas con vegetación del tipo Desierto Sonorense, donde se registro la destrucción de especies protegidas como el Ferocactus sp) y Pachycereus sp) por derribo directo o por mala reubicación de estas especies hacia zonas donde el agua de mar contaminó estos suelos.

Índice de Sostenibilidad de las granjas de camarón en Sonora, México.

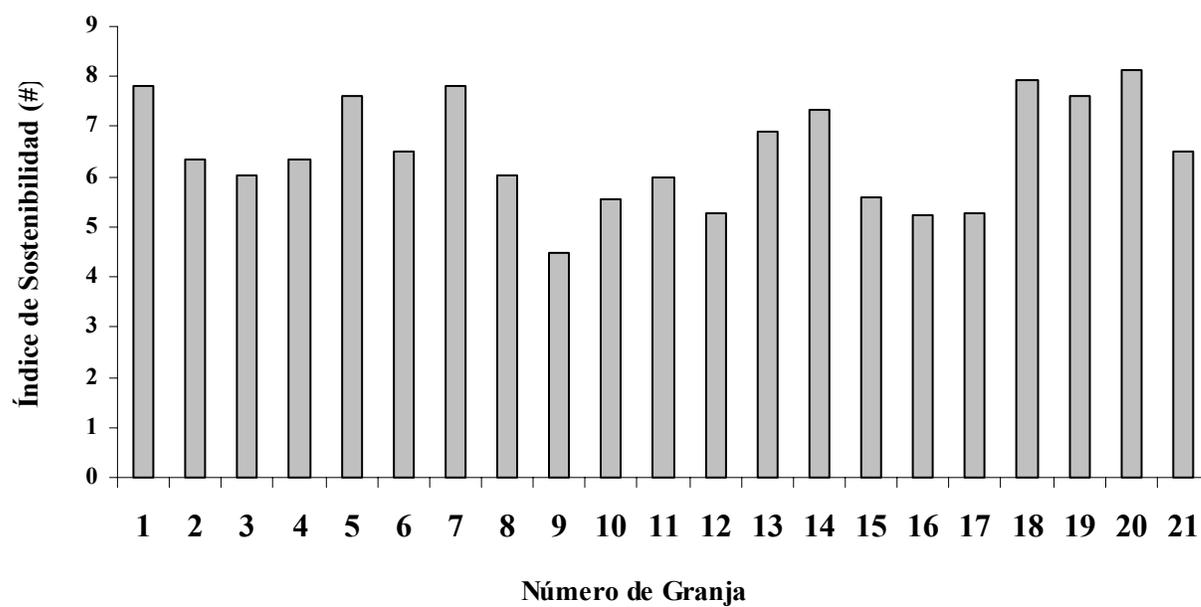


Fig. 3. Resultados del Índice de Sostenibilidad de las Granjas de Camare...n en Sonora, México.

Tabla III. Resultados de la aplicación de los Indicadores Ambientales de Desarrollo Sostenible de 21 granjas de camarón en Sonora, México.

Granja	Indicadores Sociales	Indicadores Económicos	Indicadores Ambientales
1	2,72	0,985	3,393
2	1,63	0,902	3,422
3	1,72	0,534	3,393
4	1,67	0,833	3,457
5	3,05	0,596	3,036
6	2,19	0,578	3,086
7	3,10	0,680	3,086
8	1,72	0,805	3,036
9	0,75	0,800	2,707
10	1,54	0,553	3,036
11	2,07	0,440	3,107
12	1,15	0,650	3,179
13	2,02	1,269	3,036
14	2,47	1,086	3,036
15	1,20	0,997	3,122
16	0,95	1,166	3,150
17	0,91	1,133	3,036
18	2,79	1,300	3,030
19	2,92	0,800	3,036
20	2,52	1,765	3,151
21	1,79	1,163	2,656

Tabla IV. Resultados del Índice de Sostenibilidad (IS) de las granjas de camarón en Sonora, México.

Granjas No.	IS
20	8,14
18	7,93
1	7,82
7	7,80
19	7,62
5	7,61
14	7,32
13	6,90
21	6,49
6	6,48
2	6,32
4	6,32
3	6,04
8	6,04
11	5,98
15	5,61
10	5,55
17	5,28
12	5,26
16	5,24
9	4,49

E) LITERATURA CITADA.

ACUAVISION, 1985. *Acuavision revista Mexicana de Acuicultura*. No. 2:27-29.

AIKEN, D. 1990. Shrimp farming in Ecuador — Whither Future? *World Aquaculture* 21 (4): 26-30.

ANDERSON, T. A. y S. De Silva. 1997. Strategies for low pollution feeds and feeding. *Aquaculture Asia*. 11(1): 1-5.

ANGEL, D. L., P. KROST, y W. L. SILVERT, 1998. Describing benthic impacts of fish farming with fuzzy sets: theoretical background and analytic methods. *J. Appl. Ichthyol.* 14: 1-8.

ANÓNIMO, 1992. Fauna Sonorense. Gobierno del Estado de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. 89 pp.

ASHEIM, G. B., W. BUCHHOLZ y B. TUNGODDEN, 2001. Justifying Sustainability. *Journal of Environmental Economics and Management*. 41(2001): 252-268.

BARG, UWE, R. SUBASHINGE, R. WILLMANN, K. RANA y M. MARTINEZ. 1999. Toward Sustainable Shrimp Culture Development: Implementing the FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries (CCRF). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (Ed.): 64-81.

BAPTIST, M., W. SILVERT, D. ANGEL y P. KROST. 1997. Assessing Benthic Impacts of Fish Farming with an Expert System Based on Neural Networks. Proc. Gulf of

Maine Ecosystem Dynamics Scientific Symposium and Workshop. RARGOM Report, 97-1. Hanover, NH. *In: Regional Association for Research on the Gulf of Maine*. P. 313. Wallace, G. T., and E. F. Braasch, eds.

BAILEY, C., 1988. The social consequences of tropical shrimp Mariculture development. *Ocean & Shoreline Management* 11 (1988):31-44.

BELTRONES, M. F. 1995. *IV Informe de Gobierno del Estado de Sonora*.

BID, 1998. Strategy for Coastal Resources Management in Latin America and the Caribbean. Interamerican Development Bank. *Bank Strategy Paper. ENV-129*

BRAATEN, B. 1991. Impact of pollution from aquaculture in six Nordic countries. Release of nutrients, effects and wastewater treatment. *In: Aquaculture and the Environment*. N. De Paw and J. Joyce (Eds.) European Aquaculture Society Special Publication. (16): 79-101.

BROWN, J. H. 1989. Antibiotics: their use and abuse in aquaculture. *World Aquaculture* 20 (2):34-43.

BRUNTDLAND, G. H. 1991. Sustainable development: a viable strategy for global change. Guest Editorial. *International Journal of Global Change*: 113-118.

CABEZA, G. M. 1996. The concept of weak sustainability. *Ecological Economics*. 17 (1996): 147-156.

CABQ, 2000. Sustainable Indicator Report. Government of the City of Albuquerque, U. S.

A. <http://www.cabq.gov/progrees/sir/>

CÁCERES, M. C. 1995. Desarrollo acuícola en las lagunas costeras y criterios de conservación ambiental. *Ciencia Ergo Sum* 2(2): 228-230.

CEPAL, 2001. Anuario estadístico de América Latina y el Caribe 2000. *División de Estadística y Proyecciones de la CEPAL*. 772 pp.

CHEN, H. L., A. T. CHARLES Y B. T. HU, 1994. Chinese Integrated Fish Farming. *In: Integrated Fish Farming. Proceedings of a Workshop on integrated Fish Farming*. Mathias, J. A., A. T. Charles and Baotong, H. (Eds). CRC Press new York: 97-109.

DGE, 1972. *IX Censo General de Población, 1970*. México.

EDWARDS, P. 1997. Sustainable food production through aquaculture. *Aquaculture Asia*, 11(1): 1-4.

FEGAN, D. F., 1996. Sustainable Shrimp farming in Asia: Vision or pipedream *Aquaculture Asia*. 2(1996): 22-28.

FLAHERTY, M. y C. KARNJANAKESORN, 1995. Marine shrimp aquaculture and natura resource degradation in Thailand. *Environmental Management* 19(1): 27-37.

FRIDLEY, R.B.,1992. Mariculture in the United States. *World Aquaculture* 23(2): 20-23.

- GIRARDIN, P., C. BOKSTALLER y H. VAN DER WERF. 1999. Indicators: Tools to evaluate the Environmental Impacts of Farming Systems. *Journal of Sustainable Agriculture*. 13(4): 5-21.
- GOWEN, R. J. y H. ROSENTHAL, 1993. The environmental consequences of intensive coastal aquaculture in developed countries: What lessons can be learnt. p. 102-115. *in: Environment and aquaculture in developing countries*. R. S. y Pullin, H. Rosenthal and J. L. Maclean (eds.). *ICLARM Conf. Proc.* 31, 359 p.
- GÜNTHER, M. y V. L. URQUIDI, 1990. Diálogo con nuestro futuro común: perspectivas latinoamericanas del Informe Brundtland. México: *Fund. Friedrich Ebert*. 179 p.
- HED, 1999. Guide to Sustainable Community Indicators. Hart Environmental Data. <http://www.subjectmatters.com/indicators/index.html>
- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA, 1998. *Avances en el desarrollo de indicadores para la evaluación del desempeño en México, 1997*. Secretaria del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA 1990. *Censo General de Población y Vivienda, 1990*. México.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA, 2000a. Sistema de Cuentas Nacionales de México, Producto Interno Bruto por Entidad Federativa, 1993-1998. <http://www.inegi.gob.mx/entidades/espanol/fson.html>.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA, 2000b.

Encuesta Nacional de Empleo Urbano. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA, 2000c.

Indicadores Sociodemográficos de México (1930 — 2000). 340 pp.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA, 2001.

XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. Tabulados Básicos y por Entidad Federativa. Bases de Datos y Tabulados de la Muestra Censal. México

JORY, D. E. 1996. Marine shrimp farming in the Kingdom of Thailand: part 1.

Aquaculture Magazine May/June: 97-106.

KAUTSKY, N., H. BERG, C. FOLKE, J. LARSON y M. TROELL, 1997. Ecological

footprint for assessment use and development limitations in shrimp and tilapia aquaculture. *Aquaculture Research* 28(10): 753-766.

KENT, G. 1985. *The Ecologist* 15(5/6): 7pp.

KENT, G. 1997. Fisheries, food, security, and the poor. *Food Policy*, 22(5):393-404.

KENDALL H. W. y D. PIMENTEL, 1994. Constraints on the Expansion of the Global

Food Supply. *AMBIO* 23(3).

LEMAY, M. H., 1998. Coastal Resources Management in Latin America and the

Caribbean. *Interamerican Development Bank*. Technical Study.

- LIGHTNER, D.V., T. A. BELL, R. M. REDMAN y L. L. MOHNEY, 1992a. A review of some major diseases of economic significance in penaeid prawns/shrimps of the Americas and Indopacific. *In: Diseases in Asian Aquaculture*. I. M. Shariff, R. Subasinghe & J. R. Arthur (eds.). Fish Health Section Society, Manila Philippine 57-80.
- LIGHTNER, D. y., R. R. WILLIAMS, D. y., T. A. BELL, R. M. REDMAN y A. L. A. PEREZ, 1992b. A collection of case histories documenting the introduction and spread the virus disease IHHN in penaeid shrimp culture facilities in Northwest Mexico. *-ICES Mar. Sci Symp.* 194: 97-105.
- LUDWIG, D., R. HILBORN Y C. WALTERS, 1993. Uncertainly, resource exploitation, ar conservation: lessons from history. *SCIENCE* 260: 17-36.
- MACINTOSH, D. J. 1996. Mangroves and coastal Aquaculture: Doing something positi for the environment. *Aquaculture Asia*, 11(2): 3-11.
- MORSE, 5., N. MCNAMARA, M. ACHOLO y B. OKWOLI, 2001. *Sustainable Development* 9(2001): 1-15.
- NAYLOR, R.T., R. k. GOLDBURG, J. H. PRIMAVERA, N. KAUTSKY, M. C. M.BEVERIDG
- J. CLAY, C. FOLKE, J. LUBCHENCO, H. MOONEY y M. TROELL. 2000. Effect Aquaculture on World Supplies. *Nature* 40(June): 1017-1024.

- NEILAND, A., S. A. SHAW y D. BAILLY, 1991. The Social and Economic impact of aquaculture: A European review. In Research Paper 49. *Centre for the Economic and Management of Aquatic Resources (CEMARE)*: 18 pp.
- OBS, C. 1999. Report of the September 1999. OECD. Expert workshop on the measurement of sustainable development. in: Frameworks to measure Sustainable development. *An OECD Expert Workshop*. 2000.
- O’KINNE, 1986. Realism in aquaculture -The view of an ecologist. *In: Realism in aquaculture, achievement, constraints, perspectives*. Bilio, R., H. Rosenthal y C. J. Sinderman (Eds.). European Aquaculture Society, Belgium. 1986. 585 pp.
- O ‘SULLIVAN, A. J. 1992. Aquaculture and user conflicts. In: *Aquaculture and the Environment*. Depauw, N. y J. Joyce Eds. (16): 405-412.
- PHILLIPS, M. J., L. C. KWEI y M. C. M. BEVERIDGE. 1993. Shrimp culture and the environmental: lessons from the world’s most rapidly expanding warm water aquaculture sector. p. 171-197. In: *Environment and aquaculture in developing countries* R. S. y. Pullin, H. Rosenthal and J. L. Maclean (eds.). ICLARM Conf. Proc. 31, 359 pp.
- POLLNAC, R. B., 1992. Multiuse Conflicts in Aquaculture - Sociocultural aspects-. *World Aquaculture* 23(2): 16-19.
- PRIMAVERA, J. H. 1991. Intensive Prawn Farming in the Philippines: Ecological, Social, and economics Implications. *AMBIO* 20(1): 28-33.

- PRIMAVERA, J. H. 1993. A critical review of Shrimp pond culture in the Philippines. *Reviews in Fisheries Science*. 1(2):151-201.
- PRUDER, G. D. 1986. Aquaculture and controlled, eutrophication: Phototrophic / heterotrophic interaction and water quality. *Aquacultural Engrn.* 5: 115-121.
- RENNINGS, K. y H. WIGGERING. 1997. Steps towards indicators of sustainable development: linking economic and ecological concepts. *Ecological Economics* 20(1997): 25-36.
- ROSENTHAL, H. 1994. The trend toward intensification has caused considerable socio economic conflict. *World Aquaculture* 25(2): 5-11.
- RODRIGUEZ-ROMERO I., L. A. ABITIA-CÁRDENAS, F. GALVÁN-MAGAÑA y H. CHÁVEZ- RAMOS. 1994. La ictiofauna marina de Baja California Sur, México, desde la perspectiva de un trabajo museológico. *CIENC. MAR.* 20(3): 321-350.
- ROSENTHAL, H. 1994. The trend toward intensification has caused considerable socioeconomic conflict. *World Aquaculture* 25(2): 5-11.
- RÓNNBÁCK, P. y J. PRIMAVERA, 2000. Illuminating the need for ecological knowledge in economic valuation of mangroves under different management regimes — a critique. *Ecological Economics* 35(2000): 135-141.

- RUIZ, S. J. M., A. M. LUNA, G. G. LARA y T. M. C. MELÉNDEZ. 1989. Manual de Artrópodos, Anfibios y Reptiles Venenosos de Sonora. Centro Ecológico de Sonora. 94 pp.
- RUIZ-VERDUGO, C. A. y C. CÁCERES-MARTÍNEZ. 1990. Estudio preliminar de captación de juveniles de moluscos bivalvos en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *INVEST. MAR. CICIMAR* 5(1 esp.): 29-38.
- RZEDOWSKI, J. 1978. Vegetation of Mexico. Ed. LIMUSA, México, 432 pp.
- SALINAS, CH. E. y J. MIDDLETON, 1999. La ecología del Paisaje como base para el Desarrollo Sostenible en América Latina.
<http://www.brocku.ca/epi/lebk/lebk.html>
- SEBASTIANI, M., S. A. GONZALEZ, M. M. CASTILLO, P. ALVIZU, M. A. OLIVEIRA, E. PEREZ, A. QUILCI, M. RADA, M. C. YAVER y M. LENTINO. 1994. Large-Scale shrimp farming in coastal wetlands of Venezuela, South America: Causes and Consequences of Land-Use Conflicts. *Environmental Management* 18 (5): 647-661.
- SEMARNAP, 1994. NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de las actividades de cultivo acuícola. Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca.

- SEMARNAP, 1998. Avances en el Desarrollo de Indicadores para la Evaluación del Desempeño Ambiental en México 1997. Secretaria del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. SEMARNAP, 1998.
- SEMARNAP, 2000. Producción acuícola en el Estado de Sonora. Dirección General de Acuicultura.
- SHARP, G.J. y C. LAMSON., 1989. Approaches to reducing conflict between traditional fisheries and aquaculture. *World Aquaculture* 20 (1): 79.
- SHREVE, F. y I. L. WIGGINS, 1964. Vegetation and flora of the Sonoran desert. (2 vols.) Stanford University Press, E. U. A. 1740 pp.
- SILVERT, W. 1997. Ecological Impact Classification with Fuzzy Sets: theoretical background and analytical methods. *J. Appl. Ichthyol.* 14: 1-8.
- SINDERMANN, C. J. 1993. Disease risks associated with importation of nonindigenous marine animals. *Marine Fisheries Review* 54(3): 1-10.
- SEAVER, W., BLANKENSHIP, A. y TRIANTIS, K.P., 1998. Identifying Potentially Influential Subsets in Multivariate Regression. *University of Tennessee, Technical Reports.* 16 pp.
- SMEARMAN, S. C., G. D'SOUZA an V. J. NORTON, 1997. External Costs of Aquaculture in West Virginia. *Environmental and Resource Economics.* 10(1997): 167-175.

- STEVENSON, N. J., 1998. Disused shrimp farms ponds: options for redevelopment of mangrove. *Coastal Management* 25 (4): 423-425.
- STEWART, J. E. 1997. Environmental impacts of aquaculture. *World aquaculture* (March 1997): 47-52.
- STICKNEY, R.R. 1988. Aquaculture Trial. *World Aquaculture* 19(3): 16-18.
- TEICHERT-CODDINGTON, D. 1994. La calidad del agua y su manejo en estanques de camarón. Dept. of fisheries and Allied Aquacultures. Universidad de Auburn, AL, E. U. A. 3649-5419.
- THE ECOLOGIST, 2001. Keeping Score. April 2001, 31(3).
- USIWGSDI, 1998. Sustainable Development in the United States: An Experimental Set of Indicators. U.S. Interagency Working Group on Sustainable Development Indicators. <http://www.sdi.gov/reports.htm>
- VILLA, I. M. y G. C. IBARRA, 1993. Estudio preliminar de calidad de agua en el parque camaronícola 'La Atanasia' y efecto de la descarga de sus efluentes al Estero San José, Sonora. *Boletín Humedales Costeros*. 1(3): 18-19.
- WALLER, H. J. 1995. Indicators of sustainable development framework and methodologies. United Nations, Department for Policy Coordination and Sustainable Development. 314 pp.

WANG, J. K., 1990. Managing Shrimp Pond Water to reduce Discharge Problems.

Aquacultural Engineering 9(1990): 61-73.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (WCED), 1987,

Our Common Future. Bruntland Commission. Oxford University Press, Oxford.

ZHONG, Y. y G. POWER. 1997. Fisheries in China: progress, problems, and prospects.

Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54 (1997): 224-238.