



EVALUACIÓN ECONÓMICA, SOCIAL Y AMBIENTAL DEL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE TOMA DE AGUA DIRECTA DEL OCÉANO EN EL PARQUE ACUÍCOLA LOS MÉLAGOS, SONORA

Tesis presentada por

Christian Francisco Orrantia Urias

para obtener el grado de

MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN INTEGRAL DEL AMBIENTE

> Tijuana, B. C., México Agosto, 2008

"A los economistas ambientales. Aquellos que han dejado de pensar que el uso adecuado de la tierra es sólo un problema económico."

AGRADECIMIENTOS

Primero, agradezco a Dios por demostrarme que cualquier logro sin su ayuda se le llama utopía.

A mis padres, Francisco y Norma por sembrar en mi la ética, el carácter y la fortaleza necesaria para lograr mis objetivos.

A mis hermanas, Nadia y Tere por el sólo hecho de serlo. Por preocuparse y darme su apoyo de la manera que sólo un hermano puede hacerlo.

A Gloria, por su gran paciencia y apoyo incondicional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por aportar los recursos económicos que permitieron prepararme intelectualmente en una institución de tan alto prestigio como lo es El Colegio de la Frontera Norte (El Colef).

A El Colef y al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) por brindar las instalaciones, profesores, chóferes y recursos necesarios para que nuestra estancia fuera grata y enriquecedora.

A la Directora de posgrado y Coordinadora de servicios escolares, Dra. Nora Bringas y Margara de León, respectivamente. Por el trabajo arduo y disponibilidad en todo momento para que esta institución continué siendo un garante de excelencia.

Al actual Coordinador Dr. Djamel Toudert así como también a los Coordinares salientes Mtra. Adriana Álvarez y Mtro. Ricardo Santés que hicieron posible una culminación exitosa del programa "Maestría en Administración Integral del Ambiente 2006-2008".

A mi Director de tesis, Dr. Saúl Álvarez Borrego por sus enseñanzas, por el tiempo invertido que fue bastante y por el apoyo económico que hicieron posible que este trabajo reflejara lo que se pretendía. Gracias por compartir ese don de sencillez, facilidad de palabra y sabiduría que lo caracteriza.

A mi Lectora interna, Dra. Gabriela Muñoz Meléndez por plasmar su experiencia en este trabajo. Gracias por su tiempo, paciencia y compromiso.

A mi Lector externo, Mtro. Jesús Antonio Cruz Varela por esa comunicación constante. Por compartir sin receló la información tan valiosa que hizo posible esta investigación. Gracias por dejar su huella de experto en el tema.

Al. Mtro. Carlos Israel Vázquez León por el tiempo dedicado y conducirme hacía la persona idónea para esta investigación.

Al. Mtro. Gilberto Estrada Durán por apoyarme en la generación de información necesaria para este trabajo.

Al Ing. Jorge Luis Benítez García, Gerente del Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Sonora, por la pronta respuesta dada a la petición de la información necesaria para esta investigación.

A la biblioteca Geisel de la Universidad de California en San Diego, por compartir su acervo.

A mis compañeros de El Colef por su compañía y amistad, especialmente a mis grandes amigas Ana y Marcela, por soportarme estos dos largos años.

Por último le doy gracias a todos aquellos que de manera directa o indirecta fueron parte e hicieron posible que cumpliera con mi objetivo, ser un Maestro en Administración Integral del Ambiente. GRACIAS TOTALES...

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

Antecedentes del problema Delimitación del problema Justificación Pregunta Objetivos Hipótesis Reseña metodológica Conocimiento nuevo y original aportado	5 6 7 9 9 9 10 12
I. MARCO CONCEPTUAL	
 I.1. La economía y el medio ambiente I.2. El camarón de cultivo I.3. Los sistemas de producción de camarón I.3.1. Extensivo I.3.2. Semi-intensivo I.3.3. Intensivo I.3.4. Súper-intensivo I.4. El ecosistema de manglar I.4.1. Las funciones ecológicas y los servicios ambientales I.5. El enfoque ecosistémico aplicado a la acuicultura I.6. Las ONGs en el cultivo de camarón y los manglares I.6.1. Interacción de las ONGs y los OIGs I.7. La respuesta internacional I.8. Panorama histórico de la camaronicultura en México I.9. Descripción de la legislación mexicana aplicada en la acuicultura I.9.1. Los cambios legales en beneficio del cultivo de camarón I.9.2. Los ajustes legales en beneficio de la camaronicultura en Sonora I.10. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente I.11. La situación de la camaronicultura y el manglar en México 	13 14 15 15 16 16 16 17 17 18 19 20 21 22 23 24 26 27 28
I.11.1. Especificaciones de la NOM-002-SEMARNAT-2003I.11.2. Especificación del Artículo 60 Tercero de la Ley General de Vida Silvestre	29 31
II. CONTEXTO DE LA CAMARONÍCULTURA Y EL MANGLAR	
II.1. Contexto económico de la camaroniculturaII.1.1. El estado de la producción mundial del camarón blanco de cultivoII.1.2. Principales países productores de camarón blanco de cultivo	33 34 35

II.1.3. Tendencia de la producción del camarón blanco de cultivo	
en México	36
II.1.4. El cultivo de camarón en el noroeste de México	37
II.1.4.1. La camaronícultura en Sonora	38
II.1.4.2. El parque acuícola Los Mélagos	39
II.2. Contexto social de la camaronícultura	44
II.2.1. La participación de la camaronícultura respecto al camarón	
de captura	42
II.2.2. La camaronícultura en el mercado interno	45
II.2.3. El efecto multiplicador de la camaronicultura en las	
comunidades rurales	46
II.2.4. Los empleos generados por la acuicultura en el mundo	48
II.2.5. Los empleos del sector acuícola en América Latina y el Caribe	48
II.2.6. Los empleos de la camaronicultura en México	49
II.2.6.1. Los empleos generados por la camaronicultura en el noroeste	
de México	50
II.2.6.2. Las remuneraciones de los empleos en el sector camaronicola	51
II.2.6.3. Los empleos de la camaronicultura en Sonora	51
II.2.6.4. Los empleos en el parque acuícola Los Mélagos	53
II.2.6.5. La situación socioeconómica del campo pesquero Los Mélagos	54
II.3. Contexto ambiental de la camaronícultura y el manglar	55
II.3.1. Acciones encaminadas a proteger el manglar	56
II.3.2. El Sistema de Toma de Agua Directa del Océano (STADO)	57
II.3.3. Distribución de los manglares en el mundo	58
II.3.4. Distribución de los manglares en México	59
II.3.5. Los manglares en Sonora	63
II.3.5.1. Los manglares en el estero Los Mélagos-Nalga de Hule	63
III. MÉTODOS Y MATERIALES	
III.1. Área de estudio	67
III.1.1. Vías de comunicación al parque acuícola Los Mélagos	68
III.1.2. Clima	68
III.1.3. Fisiografía	68
III.1.4. Geología	69
III.1.5. Hidrología	69
III.1.6. Oceanográfia	71
III.2. Metodología	72
III.2.1. Análisis estadístico	73
III.2.1.1. Estadística exploratoria	73
III.2.1.2. Pruebas no paramétricas	73
III.2.1.3. Datos pareados	74
III.2.1.4. Prueba t de Student para la media de las diferencias de dos	
muestras dependientes	75
III.2.1.5. Prueba de McNemar	76
III.2.1.5.1. Corrección por continuidad	78

III.2.1.5.2. Resumen del procedimiento	79
III.2.1.5.3. Procedimiento analítico adicional a la prueba de McNemar	79
III.2.1.6. Modelo de la variable económica	79
III.2.1.7. Modelo de la variable social	80
III.2.2. Análisis espacial	80
III.2.2.1. Sensores remotos	80
III.2.2.2. El modelo vectorial	81
III.2.2.3. Modelo de la variable ambiental	81
III.2.2.4. Paquetes computacionales usados	82
ANÁLISIS DE RESULTADOS	
DISCUSIÓN	
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES PARA TRABAJO FUTURO	
BIBLIOGRAFÍA	

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
1.	Imagen satelital (con colores falsos) del sistema lagunar Los Mélagos- Nalga de Hule	1
2.	Imagen del proyecto del Sistema de Toma de Agua Directa del Océano en el estero Los Mélagos	2
3.	Imagen del deterioro del manglar en la cabeza noroeste del estero Los Mélagos	8
4.	Diagrama de flujo de la metodología utilizada	12
5.	Cronología de la legislación mexicana en la acuicultura 1986-2007	27
6.	Tendencia de la producción mundial del camarón de cultivo 1992-2006	33
7.	Evolución del porcentaje de la producción mundial de camarón blanco de cultivo, con relación a la de todas las especies 1992-2006	34
8.	Porcentaje de la producción de camarón blanco de cultivo de los principales países productores en 2006	35
9.	Producción de camarón blanco de cultivo en México 1992-2006	36
10.	Producción total de camarón blanco en Sonora por zonas acuícolas 2003-2007	39
11.	Participación del parque acuícola Los Mélagos con relación a la producción total de camarón blanco de cultivo en Sonora 2003-2007	41
12.	Imagen de 2004 actualizada y geo-referenciada con datos de 2007, donde se muestra la ubicación de las granjas en el parque acuícola Los Mélagos	42
13.	Aportación del camarón de cultivo en la producción total de camarón (%) en los países principales 2000-2006	46
14.	Porcentaje del consumo interno respecto a la producción total de camarón (cultivo más captura) en los países principales 2000-2006	47
15.	Empleos permanentes operativos de campo estimados para la camaronicultura de Sonora para 2003-2007 de acuerdo al factor de ponderación y las hectáreas cultivadas	52
16.	Empleos permanentes operativos de campo estimados para el parque acuícola Los Mélagos en 2003-2007, de acuerdo al factor de ponderación y las hectáreas cultivadas	53
17.	Distribución del área de manglar en el mundo, en 2005	60
18.	Porcentaje del manglar en el mundo por país, en 2005	61
19	Distribución del área de manglar en México por región en 2007	61

		Pág.	
20.	Imagen de la simulación de la distancia de la lengüeta de dispersión de las descargas del Dren Colector Número 3 con el STADO en Verano	64	
21.	Plano de ubicación del parque acuícola Los Mélagos y localidades cercanas	67	
22.	Gráfica de la distribución t de Student para \overline{D} (de R)	86	
23.	Gráfica de la distribución t de Student para \overline{D} (de E_C)	90	
24.	Tipos de cobertura en el estero Los Mélagos-Nalga de Hule, 1992	92	
25.	Tipos de cobertura en el estero Los Mélagos-Nalga de Hule, 2000	93	
26.	Tipos de cobertura en el estero Los Mélagos-Nalga de Hule, 2003	94	
27.	Tipos de cobertura en el estero Los Mélagos-Nalga de Hule, 2008	95	
28.	Foto aérea del sistema estuarino Los Mélagos-Nalga de Hule, 2004	104	
29.	Imagen satelital Aster con resolución de 15 metros, del sistema estuarino Los Mélagos-Nalga de Hule, 2008	104	

ÍNDICE DE CUADROS

		Pág.
I.	Desglose de la NOM-002-SEMARNAT-2003	30
II.	Producción y rendimiento de los 15 parques acuícola existentes en Sonora en el ciclo 2007	40
III.	Granjas en el parque acuícola Los Mélagos en 2007	43
IV.	Empleos del sector acuícola en el mundo (números en miles de empleos)	48
V.	Tipos y número de empleos de la acuicultura en América Latina y el Caribe 2003	49
VI.	Empleos de la camaronicultura en México 2003	50
VII.	Superficie de cobertura de manglar en México en 2007	62
VIII.	Superficie de cobertura de manglar en Sonora, LandSat 2003	65
IX.	Modelo de la prueba de Monemar para calcular la ji cuadrada	77
X.	Clasificación del Rendimiento por granja 2004 versus 2007	84
XI.	Resultado de datos de la variable R	84
XII.	Datos de la variable R 2004 versus 2007	85
XIII.	Relación por granja de los empleos operativos (E_{C}) de 2004 y de 2007	88
XIV.	Datos de la variable E _C 2004 versus 2007	89
XV.	Superficie de los tipos de cobertura en Los Mélagos-Nalga de Hule, 1992	92
XVI.	Superficie de los tipos de cobertura en Los Mélagos-Nalga de Hule, 2000	93
XVII.	Superficie de los tipos de cobertura en Los Mélagos-Nalga de Hule, 2003	94
XVIII.	Superficie de los tipos de cobertura en Los Mélagos-Nalga de Hule, 2008	95

RESUMEN

Existe un discurso que afirma que la industria acuícola y en especifico el cultivo de camarón es una de las causas principales de la destrucción de manglar. En los últimos años el sector ha destinado esfuerzos en la búsqueda de una posible solución que permita que esta industria, muy lucrativa, opere sin perjudicar el ecosistema de manglar. Por más de una década la operación del parque acuícola Los Mélagos, en el sur de Sonora, afectó de manera paulatina parte del manglar del estero Los Mélagos-Nalga de Hule. En la búsqueda de una mejora económica para el parque, en 2006 se construyó el Sistema de Toma de Agua Directa del Océano (STADO) que permite bombear agua de mar directamente del océano abierto y disminuir la presión al estero ya que no extrae agua del mismo. Por medio de la prueba t de Student para la media de las diferencias de dos muestras dependientes, se probó la hipótesis de que el STADO ha traído beneficios económicos y sociales. A su vez se analizaron, a través de SIG, imágenes satelitales de los años 1992, 2000, 2003 y 2008, para demostrar si el STADO ha disminuido o detenido la degradación del manglar. Se encontró que el STADO aumentó significativamente el rendimiento, o producción de camarón en toneladas por hectárea; sin embargo, el número de empleos no había aumentado significativamente hasta 2007. En cuanto a la cobertura de manglar, los datos disponibles son escasos y no es posible obtener conclusiones, con excepción de la pérdida de manglar en el área entre el canal de llamada del STADO y el dren que colecta aguas negras de zonas urbanas aledañas. Se requiere de un monitoreo en los próximos años para que se pueda concluir sobre una mejora ambiental en el estero, posiblemente asociada al STADO.

ABSTRACT

There is a discourse intending to persuade the general public that the aquaculture industry, and more specifically the shrimp culture, is one of the main causes of the destruction of mangroves. During the last few years the shrimp culture industry has invested in the search for a possible solution that could allow this very profitable industry to operate without depleting the mangrove ecosystem. The aquaculture park Los Mélagos, at the southern extreme of the state of Sonora, has gradually affected the mangroves in the wetland Los Mélagos-Nalga de Hule for more than a decade. In search for an economic improvement for the shrimp park, a Sea Water Pumping System Directly from the Ocean (SWPSDO) was constructed in the year 2006, to carry seawater directly from the open ocean to the culture ponds, thus reducing the pressure on mangroves in the wetland. By means of Student ttests for the mean of the differences of two dependent samples, an exploration was done into weather or not the SWPSDO has already brought economic and social benefits. Also, an analysis was made with the help of GIS and satellite imagery from the years 1992, 2000, 2003 and 2008, to explore the possibility of a positive impact of the SWPSDO on the mangroves of this wetland. A tentative conclusion is that this engineering development significantly increased the shrimp yield, in tons per hectare; however, the number of jobs in the park had not increased significantly up to 2007. Considering the surface cover by mangrove, available data were very scarce and it was not possible to obtain a conclusion as to the effect of the SWPSDO, with the exception of the mangrove destruction in the area between the SWPSDO's canal and the one that collects gray waters from towns nearby. There is the need for monitoring mangroves in the years to come to be able to conclude on the possibility of an environmental improvement and its association to the SWPSDO.

INTRODUCCIÓN

Estas obras a menudo generan impactos ambientales adversos, cuya magnitud e irreversibilidad no se toman en cuenta apropiadamente. Es por ello que generalmente la percepción que se tiene de estas obras es que degradan el medio ambiente, cuando su única finalidad es contribuir en el ámbito económico y/o social. Sin embargo, existe desde hace algunas décadas un proceso de concientización que ha resultado en obras de ingeniería bien encauzadas para dar solución a muchos problemas y contribuir a un desarrollo sustentable. Como las realizadas por la asociación *GreenHouse* en Estados Unidos ó el concepto *Lifetime Engineering* en Europa. Además se han establecido premios y reconocimientos que buscan promover la construcción sustentable como los de la Fundación Suiza Holcim denominado "Award for Sustainable Construction".

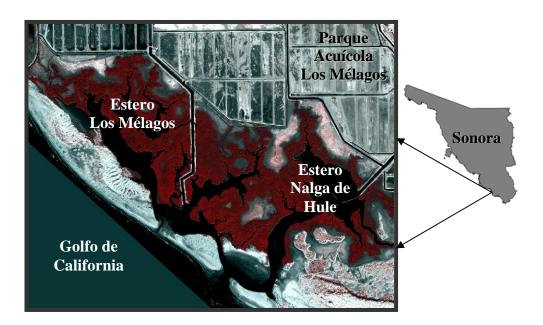


Figura 1. Imagen satelital (con colores falsos) del sistema lagunar Los Mélagos-Nalga de Hule. (Latitudes de 27° 9′ 11′′ y 27° 11′ 28′′ N en los extremos inferior y superior, respectivamente, y longitudes de 110° 16′ 48′′ y 110° 20′ 20′′ W en los extremos derecho e izquierdo, respectivamente. Imagen proporcionada por el Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (DICTUS).

¹ La definición de Desarrollo Sustentable es tomada de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) decretada en 1988 con su última modificación el 19 de mayo de 2008. (ver pág. 25)

Existe un caso en Sonora donde una obra de ingeniería civil se construyó con fines económicos, pues buscaba aumentar la producción de camarón bajo cultivo al mejorar la disponibilidad y calidad del agua de sus estanques. Sin embargo, posiblemente esta obra también pueda traer mejoras sociales y ambientales en la región. En 2005 se aprobó e inició la construcción de esta obra hidráulica en el sistema lagunar costero Los Mélagos-Nalga de Hule (Fig. 1).

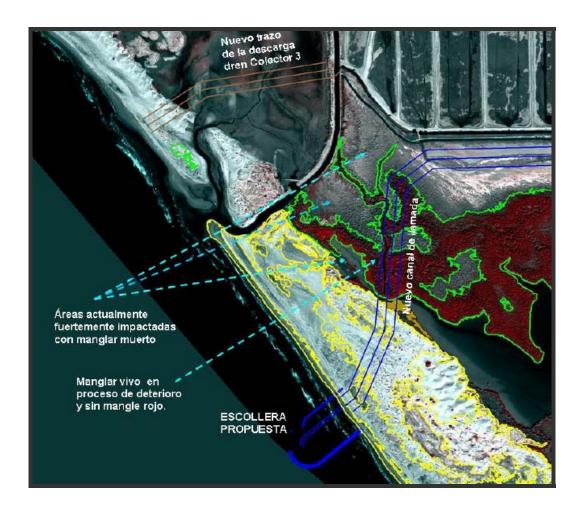


Figura 2. Imagen del proyecto del Sistema de Toma de Agua Directa del Océano en el estero Los Mélagos. (La escollera que se marca como propuesta en esta imagen ya se construyó. Tomada de la Manifestación de Impacto Ambiental-Modalidad Regional del proyecto elaborado por el DICTUS, 2004a).

Las granjas acuícolas de este estero demandan prácticamente el 100% del agua de recambio diario por marea. El estero se había convertido en un mero intermediario para conducir el agua a la estanquería del cultivo de camarón. Debido a la falta de escurrimientos naturales de

agua dulce, la boca del estero era relativamente pequeña e inestable. El efecto físico de la operación de las obras de toma de agua se reflejaba en cambios en el patrón de circulación del estero, en un aumento en el transporte de sedimentos dentro del cuerpo de agua y un cambio en la morfología, estructura y estabilidad de la boca del sistema lagunar. En 2004 las descargas de catorce granjas acuícolas se dirigían hacia el Dren Colector Número 3, que a su vez conducía (y aún conduce) aguas residuales de origen agrícola, urbano e industrial. Este dren descargaba en el frente de playa y alcanzaba a inundar el interior del estero. La suma de efectos, principalmente los referidos a cambios en la hidrodinámica del estero, la alteración en el patrón natural de escurrimientos y la influencia del Dren, se traducían en una pérdida sustancial de áreas de manglar y en un cambio en la estructura, composición y abundancia de las comunidades bióticas remanentes. La pérdida de manglar y de cubierta vegetal, en general, dentro de esta zona de operación de las granjas camaronícolas reducía su capacidad natural para servir como amortiguador o protector ante eventos naturales extremos, como marejadas, huracanes o lluvias. La posibilidad de mezcla de agua del Dren Colector Número 3 con el agua del interior del Estero Los Mélagos-Nalgas de Hule incorporaba un riesgo sanitario para las poblaciones silvestres, para los organismos en cultivo y para la salud de los consumidores. Este riesgo podría tener repercusiones muy graves para la actividad camaronícola y para los consumidores de productos pesqueros locales.

Los factores anteriores configuraban una situación crítica que tendía a agravarse con el tiempo. De haber continuado esta tendencia, era de esperarse que el deterioro del sistema costero Los Mélagos-Nalga de Hule se hubiese incrementado, con evidentes repercusiones de carácter económico y social para los sectores usuarios de sus recursos. En ese sentido, si bien es cierto que algunas medidas de corrección deben enfocarse sobre las causas regionales del deterioro ambiental, su complejidad no permite pensar en soluciones de corto plazo. Harían falta cambios jurídicos, culturales, de infraestructura y tecnológicos, tales que la cantidad de sectores a involucrar dificultaría su viabilidad en el corto plazo. Ante este panorama, sin soslayar la importancia de las medidas de carácter regional, se consideró que resultaba mucho más viable por lo pronto, implementar medidas locales de mitigación del deterioro que permitiesen asegurar la integridad del sistema costero, su funcionalidad en el tiempo, y la permanencia de las actividades económicas que dependen de su calidad

ambiental. Visto en esta perspectiva, la construcción de una escollera y obra de toma de agua, y el re-encauzamiento de las aguas drenadas por el Dren Colector Número 3, se convertirían en medidas no sólo deseables, sino también urgentes. La escollera permitiría asegurar un abasto ilimitado de agua para las granjas camaronícolas y una disminución de la presión al ambiente derivada de la extracción de agua del estero, mientras que el re-encauzamiento del dren eliminaría un factor de estrés ambiental. Ambas medidas mejorarían las condiciones ecológicas y capacidades productivas del estero. La mayor disposición de agua de calidad para el sector acuícola contribuiría a su fortalecimiento y desarrollo.

El bombeo excesivo de agua del sistema lagunar por parte del parque acuícola que se ha venido desarrollando adyacente al estero, provocó una sobreexplotación de la capacidad del estero para proveer suficiente agua durante el flujo de la marea. Esta capacidad de provisión de agua de mar del estero había sido sobrepasada por el parque acuícola, hasta el grado en que el agua que se bombeaba era escasa y de baja calidad. Como consecuencia se presentó una baja en la producción de camarón debido a problemas de sanidad (COSAES, 2005). Lo anterior no permitía que el propio sistema cumpliera con su proceso natural. Este deterioro en la calidad ambiental se manifestó en una afectación en la cobertura de manglar en su cabeza noroeste y en consecuencia una disminución de los servicios ambientales que éste brinda. La obra hidráulica ya se construyó en 2005 y 2006, y consiste en una escollera y canales de llamada, mientras que la desviación de la descarga del Dren Colector Número 3 no se ha realizado (Fig. 2). Con la obra civil se esperaría una mejora ambiental de la laguna costera, que idealmente debería recuperar las poblaciones de mangle y biota asociada. A su vez, con la mejora de la calidad y disponibilidad del agua, se esperaría que la producción de camarón blanco (Penaeus vannamei) en el parque acuícola aumentase. Este sistema hidráulico permite al parque acuícola bombear agua directamente del océano, sin limitantes como el estado de la marea (baja o alta), o la posible disminución de calidad del agua del estero.

Este parque acuícola es de carácter social, por lo que ha contado con el apoyo gubernamental de la Comisión Nacional del Agua (CNA), Comisión Nacional de Pesca y Acuícultura (CONAPESCA) y el Gobierno del Estado de Sonora, que de manera conjunta aportaron los recursos para la construcción de la obra de ingeniería. El Departamento de Investigaciones

Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (DICTUS) realizó un estudio del cual se derivó el proyecto ejecutivo de la obra, así como la Manifestación de Impacto Ambiental-Modalidad Regional (MIA-R). Éste último deriva gran parte de la información que soporta esta investigación. La inversión de la obra hidráulica se estimó en \$27.3 millones de pesos, de los cuales el 56% se destinó a la escollera, 27.5% al canal de llamada, 11.5% a la reubicación del dren colector número tres y el 5% se destino a los estudios del proyecto.

Antecedentes del problema

El desarrollo de la camaronicultura ha experimentado una rápida expansión, en los países del sureste asiático y Latinoamérica. En respuesta han surgido debates controvertidos sobre los impactos económicos, sociales y ambientales entre el sector académico, autoridades, grupos ambientalistas y publico en general. Existe un discurso por parte de organizaciones no gubernamentales (ONGs) sobre los impactos ambientales que representa el cultivo de camarón. Muchas ONGs desacreditan esta actividad bajo los argumentos de que no existe un sistema de cultivo que pueda considerarse seguro y sostenible². Argumentan como principal afectación la destrucción de los manglares.

El discurso sobre un conflicto entre la actividad camaronicola y los manglares ha tomado mayor importancia en los últimos doce años. Esto se debe en su mayoría a que ninguna actividad económica ha alcanzado en estos años un crecimiento tan acelerado como la camaronicultura. La tasa de crecimiento anual promedio (TCA) de la producción del camarón de cultivo en el ámbito mundial es de 14%³. Por otra parte la acuicultura, y específicamente la construcción de granjas de camarón, es la causa principal de la desaparición de manglares y es responsable de la destrucción del 52% de estos ecosistemas a nivel mundial (Nauman, 2006).

El valor específico de las marismas y manglares se estima en 9,900 dólares por hectárea y en 1.6 trillones de dólares (millones de millones) para todo el mundo (Costanza *et al.*, 1997). Estos autores tomaron en cuenta factores ecológicos y económicos para su valoración. La

³ Calculado con base en información estadística del Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. En el período 2000-2006.

² El término sustentable y sostenible se utiliza de manera indistinta.

importancia de los manglares es que figuran entre los ecosistemas más productivos del planeta (en cuanto a fotosíntesis en medios naturales). Dadas las funciones que desempeñan en los ciclos hidrológicos y químicos, así como las extensas cadenas tróficas y la rica diversidad biológica que sustentan, de manera metafórica se dice que son los riñones y supermercados biológicos del planeta. Son sitios de reproducción y cría de camarones, y peces esenciales para la pesca costera marina. En muchas regiones del mundo, estos importantes hábitats están siendo destinados a la acuicultura a un ritmo acelerado (Barbier *et al.*, 1997). Sin embargo, el desarrollo de la industria camaronera en México principalmente en Sonora ha tenido un efecto menor en la destrucción de manglares, a diferencia de lo que ha ocurrido en otras regiones (DeWalt, 2000).

México cuenta con el 65% ⁴ de su cubierta original de manglares. En 1976 contábamos con 1,041,267 ha de manglar, pero en 2000 esta cantidad se redujo a 882,032 ha. ⁵ En 2005 se estimó que la tasa de pérdida de superficie era de 2.5% anual durante ese periodo. De mantenerse constante para el 2025, la superficie de manglar disminuiría entre el 40 y 50 por ciento (SEMARNAT-INE, 2005). El Inventario Nacional de Manglares elaborado en 2007 y publicado en 2008 por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) dio a conocer que se cuenta con 655,698 hectáreas de estos ecosistemas. Es decir 226 mil hectáreas menos que en 2000, lo que implica que se ha perdido 25% en siete años. Estas cifras oficiales nos arrojan que se perdieron 32 mil ha de manglar anual en los últimos siete años, indicando claramente que la tasa de pérdida de superficie de manglar está aumentando drásticamente. Esto muestra la situación tan delicada de estos ecosistemas en México.

Delimitación del problema

Es necesario tener presente que la degradación ambiental trae como consecuencia que el entorno pague un costo alto, generando una situación de perder-perder, en el que las actividades económicas obtienen ganancias por un corto plazo, con una pérdida de calidad

⁻

⁴ Calculado con información de CONABIO.

⁵ Dato del Departamento Forestal de la FAO.

ambiental, hasta atentar contra su propia permanencia como actividad productiva (Dahdouch-Guebas, 2002).

La camaronicultura es una actividad que impacta sobre los cuerpos de agua costeros al extraer o verter grandes cantidades de agua salada de o hacia ellos. También afectan sus patrones hidrológicos naturales, las características físico-químicas de las lagunas costeras y las entradas y salidas de energía que repercuten sobre la comunidad de manglar y el estero en general. La camaronicultura en Sonora se desarrolla principalmente en las costas centro y sur del Estado. Al inicio, los parques camaronícolas se establecieron a los márgenes de los esteros con el fin de proveerse y descargar el agua que utilizaban. En los últimos años el desarrollo de nuevos parques se realiza en áreas alejadas de los esteros. El agua de mar que requieren estas granjas para operar es tomada directamente del océano, y utilizan para ello sistemas hidráulicos que simulan la apertura de bocas (Godoy, 2007). Los esfuerzos por hacer leyes y normas para evitar los impactos ambientales negativos son visibles, pero en la actividad camaronícola no han sido suficientes. Es necesario llevar a cabo acciones que ayuden a restar presión sobre los sistemas costeros. Con ello se obtendrían beneficios en el corto y mediano plazo que se reflejarían en la retribución del servicio ambiental inicial. Como una opción se ha optado en apoyarse en obras de ingeniería civil. Con ellas se pretende que esta actividad productiva se encause a un desarrollo sustentable.

Justificación

El estero Los Mélagos contaba con 361 ha de manglar en 2002, de las cuales el 96% de su composición es de mangle negro y solo el 4% es mangle rojo (Estrada, 2006). El espejo de agua del estero en marea alta es de 200 ha aproximadamente. El estero suministró agua a 1,942 ha de estanquería acuícola en 2005 (COSAES, 2005) sobrepasando su capacidad de carga que se manifestó como un área mucho mayor expuesta al aire, es decir sin cobertura de agua de mar. Este bombeo excesivo de agua por parte de las granjas camaronícolas, no permitía que el estero dispusiera del agua necesaria para cubrir las necesidades naturales. En 2004 se encontraron en la cabeza noroeste del sistema lagunar seis hectáreas de mangle seco (Fig. 3).

El desconocimiento por parte de la actividad acuícola no solo afectó la pérdida de superficie de mangle, sino también a la composición biológica ya que parte del mangle acuático fue sustituido por mangle terrestre. Para hacer frente a este problema, en 2005 se inició la construcción de una obra de ingeniería, la cual fue terminada en 2006 y permite al parque acuícola bombear agua directamente del mar hacia la estanquería.

Aledaño al parque acuícola se ubica el campo pesquero Los Mélagos a cuatro km. en línea recta. Este campo subsiste en precarias condiciones en actividades productivas como la pesca, ostricultura y el turismo rural en periodo de Semana Santa. Las cuales son altamente dependientes de la calidad de agua del estero.



Figura 3. Imagen del deterioro del manglar en la cabeza noroeste del estero Los Mélagos. (Tomadas del Estudio de factibilidad técnica, económico y financiero de la construcción de la obra. Elaborada por el DICTUS, 2004b).

El caso del estero Los Mélagos es un ejemplo donde los beneficios económicos de una actividad productiva como la camaronicultura, no superaron los beneficios sociales. Los programas oficiales tuvieron que intervenir en la remediación del problema ambiental mediante la construcción de la obra de ingeniería civil, cuya finalidad fue implantar un sistema hidráulico nuevo, al cual denomino Sistema de Toma de Agua Directa del Océano (STADO).

Pregunta

¿Es el Sistema de Toma de Agua Directa del Océano una solución integral que trae beneficios económicos y sociales, y disminuye o detiene la perdida de cobertura de manglar en el estero?

Objetivo General

Evaluar si el Sistema de Toma de Agua Directa del Océano produce beneficios económicos, sociales y disminuye o detiene la perdida de cobertura de manglar en el estero Los Mélagos-Nalga de Hule.

Objetivos Específicos:

- Comprobar si el rendimiento⁶ (R) aumentó con el Sistema de Toma de Agua Directa del Océano.
- 2. Probar si los empleos permanentes operativos de campo (E_C) aumentaron con el Sistema de Toma de Agua Directa del Océano.
- 3. Demostrar si la ubicación y operación del Sistema de Toma de Agua Directa del océano disminuye o detiene la perdida de cobertura de manglar (C_M).

Hipótesis General

El Sistema de Toma de Agua Directa del Océano trae beneficios económicos, sociales y su ubicación y operación disminuye o detiene la perdida de cobertura de manglar en el estero.

Hipótesis Específicas

La selección de las variables de estudio para la comprobación de las hipótesis específicas, en lo referente a la dimensión económica representada por R y la social simbolizada por E_{C} , se tomó en cuenta el conocimiento personal así como también un análisis estadístico exploratorio. La variable que midió la dimensión ambiental fue seleccionada a partir de un estudio previo sobre C_M en la zona de estudio.

⁶ Entendido como las toneladas de camarón producidas por hectárea cultivada.

1. Hipótesis (económica): R aumentó con el STADO.

Variable: Rendimiento por año

CS: con STADO Ho: $\mu_{CS} = \mu_{SS}$

SS: $\sin STADO$ H1: $\mu_{CS} > \mu_{SS}$

2. Hipótesis (social): E_C⁷ aumentó con el STADO.

Variable: Empleos por año

CS: con STADO Ho: $\mu_{CS} = \mu_{SS}$

SS: $\sin STADO$ H1: $\mu_{CS} > \mu_{SS}$

3. Hipótesis (ambiental): La ubicación y operación del STADO disminuye o detiene la pérdida de C_M en el estero.

Variable: Cobertura de Manglar por año

Reseña metodológica

La investigación se llevó a cabo en tres dimensiones: económica, social y ambiental. Mediante un análisis integral que evaluó estadísticamente el desempeño de las variables Rendimiento (R) de cada granja, Empleos (E_C) registrados por cada granja en el parque acuícola Los Mélagos antes (2004) y después (2007) de la construcción del Sistema de Toma de Agua Directa del Océano (STADO). Así como también la obtención de la Cobertura de Manglar después del STADO en 2008 que fue comparada con la C_M obtenida de la información generada por el proyecto del DICTUS (2004a) y lo derivado a partir de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) aplicados a las imágenes satelitales de Estrada (2006) que muestran el antes de la construcción del STADO (Fig. 4).

10

⁷ Estos se calculan por medio de un factor, estimado bajo el supuesto de que se necesitan 4 personas por cada 20 hectáreas⁻¹ cultivadas de camarón

Para la variable económica, se analizó el Rendimiento por hectárea cultivada (R) para cada granja en el parque acuícola Los Mélagos antes y después del STADO. El primer análisis estadístico empleado, fue una prueba no-paramétrica llamada de McNemar por considerarse la más propicia dadas las características de esta variable. Sin embargo, esta prueba no pudo realizarse por no cumplir con el principio de la frecuencia esperada, así que se optó por utilizar la prueba t para la media de la diferencia de dos muestras dependientes. Los años comparados fueron 2004, que representó el comportamiento de R antes de la construcción del STADO y 2007, que lo hizo para el comportamiento de R después de la obra. En concreto lo que se trató de comprobar es sí, el aumento de R después del STADO era significativo y descartar la posibilidad de que fuera debido al azar. Los cálculos fueron corroborados con el programa STATISTIC 6.0.

La variable social, fue analizada a través de los empleos permanentes operativos de campo (E_C) por cada granja en el parque acuícola antes y después del STADO. Para obtener los empleos de este tipo en cada granja se multiplicaron las hectáreas cultivadas por un factor de conversión, que expresa las personas necesarias en la granja para operar una hectárea cultivada, cuyo valor es igual a 0.2. Obtenida E_C para cada granja, se tendió a comparar dos años: 2004 que representaron los empleos existentes antes de la construcción del STADO y 2007 que lo hizo para después de la obra. La prueba que se utilizó fue *t* de Student para la media de la diferencia de dos muestras dependientes. Lo que se trató de comprobar es sí el aumento de E_C en 2007 se debía a la construcción del STADO o era debido a otros factores. Los cálculos fueron corroborados con el programa STATISTIC 6.0.

Para la variable ambiental, se analizó la cobertura de manglar (C_M) en el estero Los Mélagos-Nalga de Hule con una imagen satelital de 2008. La finalidad fue comparar C_M con los datos obtenidos por Estrada (2006) en lo referente a C_M para los años 1992, 2000 y 2003 en este mismo estero. La finalidad de analizar la tendencia de esta variable, es comprobar si el STADO fue capaz de disminuir o frenar la degradación del manglar, ya que con esta comparación se podría inferir si la ubicación del STADO ha mejorado el ambiente en el estero. Los ajustes necesarios fueron realizados con el programa ArcView 3.3.

Conocimiento nuevo y original aportado

La finalidad de este estudio es demostrar por medio de análisis estadístico si la obra de ingeniería trae beneficios significativos al parque acuícola, así como también mediante comparación de las coberturas de manglar a partir de la serie de imágenes de satélite, utilizando el SIG, se puedan cuantificar mejoras en las condiciones ambientales del sistema estuarino. Pues lo que se pretende es demostrar que puede ser posible que la camaronicultura operé a su nivel óptimo sin degradar el ecosistema de manglar. La aportación de este trabajo es la evaluación e identificación de factores que deberían incorporarse para que una obra tan costosa como lo ha sido el STADO, se convierta en una solución exitosa para los usuarios del parque acuícola y que a su vez permita una mejora sustancial en el estero, en lo referente al ecosistema de manglar. Por ello, una obra de ingeniería de esta dimensión debe ser evaluada como se ha hecho en esta investigación, antes de que sea vista como una solución integral e implantada en otros parques con similitudes al estudiado en este trabajo.

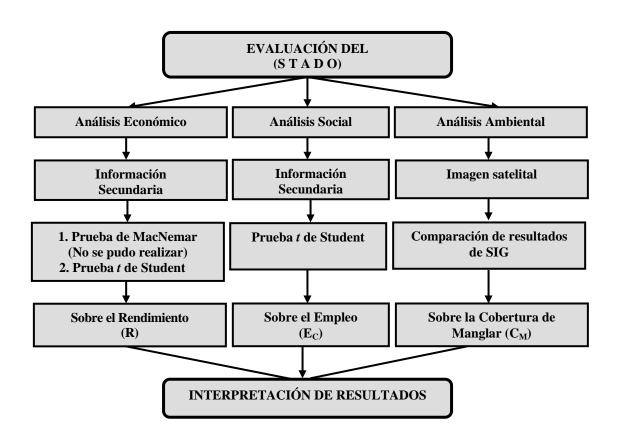


Figura 4. Diagrama de flujo de la metodología utiliza

CAPÍTULO I

MARCO CONCEPTUAL

I.1. La economía y el medio ambiente

La economía clásica es aquella manifestada por Adam Smith (1776) en su investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones "An inquirí into the Nature and Causes of the Welth of Nations". En ella sostiene, que existe una "Mano Invisible" que siguiendo un orden económico natural tiene la propiedad de auto-ajustarse y que su eficacia depende de la menor intervención del Estado. La economía clásica manifiesta que los mercados son símbolos de eficiencia y que las instituciones eficientes son las únicas que logran resultados aceptables socialmente. Por ello, la economía ambiental argumenta que al ser los bienes y servicios ambientales gratuitos y no poder entrar al mecanismo de mercado, el cual consideran perfecto, conlleva a un uso excesivo y abusivo del medio ambiente. Por lo que la solución sería asignarles un precio (Odonne y Granato, 2006). Sin embargo, la evidencia en materia ambiental desmiente este principio, pues algunos de los problemas ambientales que enfrentamos actualmente se deben al papel de los mercados (Azqueta, 2002).

La economía real, en la que la intervención del Estado es necesaria, está formada de externalidades. La externalidad negativa principal es la que se genera por el aprovechamiento irracional del ambiente. Comprendido como los patrones y niveles de utilización de bienes y servicios ambientales. Estos pueden sostenerse en el tiempo en niveles económicamente aceptables mientras no se afecte irreversiblemente la infraestructura ambiental. La reversibilidad es conocida como la resiliencia de los ecosistemas. Sin embargo, no basta con mantener la resiliencia de los sistemas ecológicos porque ello significa que es permitido mantenerlos en un nivel alto de degradación. Por todo lo anterior

⁸ La Real Academia Española define "externalidad" como el perjuicio o beneficio experimentado por un individuo o una empresa a causa de acciones ejecutadas por otras personas o entidades.

⁹ La resiliencia es la capacidad que tiene un ecosistema perturbado para regresar lo más posible al estado inicial, es decir antes de la perturbación. La resiliencia no debe confundirse con la resistencia del ecosistema. Esta última se define como la capacidad del ecosistema para absorber los impactos de una perturbación.

es necesario identificar y remover los elementos negativos externos del funcionamiento ecológico.

Actualmente, se reconoce que el desarrollo económico que agota el capital natural, no conduce a un futuro exitoso en el largo plazo. Los estrategas y programas que omiten la situación de sus recursos naturales (bosques, acuíferos, zonas costeras y pesquerías, etc.) comprometen las bases de su sostenimiento en el largo plazo (Borrayo, 2002). Un caso particular es el cultivo de camarón. Este cultivo ha sido considerado nocivo para elementos del medio ambiente, como el manglar. Por ello, es menester realizar una descripción general del impacto que la camaronicultura ha realizado en el mundo y abordar un caso particular en México donde se ha pretendido tomar medidas de ingeniería civil para minimizar o eliminar efectos negativos de la camaronicultura en los manglares. Esta medida fue utilizada en Asia por primera vez. Específicamente en los distritos de Hua Sai y Ranot en Tailandia. El caso es mencionado en el Capitulo II de está investigación.

I.2. El camarón de cultivo

El camarón blanco (*Penaeus vannamei*) es nativo de la costa oriental del Océano Pacífico, desde Sonora, México, al norte, hasta Centro y Sudamérica. Se encuentra en hábitats marinos tropicales. Los adultos viven y se reproducen en mar abierto, mientras que la postlarva migra a las costas a pasar la etapa juvenil, la etapa adolescente y pre-adulta en estuarios y lagunas costeras, donde generalmente abundan los manglares. La semilla silvestre de camarón blanco fue utilizada en América Latina, para los cultivos extensivos en estanques hasta finales de la década de 1990. Los programas de domesticación y selección genética permitieron un suministro más consistente de post-larvas (PL) de alta calidad, libres de patógenos específicos (SPF) y/o resistentes (SPR), que eran criadas en incubadoras. Algunas post-larvas fueron enviadas a Hawai en 1989. Se obtuvieron las líneas de producción SPF y SPR que posteriormente condujeron a su industrialización en Estados Unidos y en Asia (FAO, 2004).

Los países productores de camarón blanco son, en orden de importancia: China, Tailandia, Indonesia, Brasil, Ecuador, México, Venezuela, Honduras, Guatemala, Nicaragua, Belice, Vietnam, Malasia, Taiwán, Islas del Pacífico, Perú, Colombia, Costa Rica, Panamá, El

Salvador, EUA, India, Filipinas, Camboya, Surinam, Saint Kitts, Jamaica, Cuba, República Dominicana y Bahamas (FAO, 2004).

La actividad camaronícola a menudo es más lucrativa que otras actividades primarias como la agricultura o el pastoreo de ganado. La acuicultura de camarón ha sido uno de los sectores con más rápido crecimiento, gracias a los estímulos de los organismos de crédito multilateral como el Banco Mundial (EL BM) y el Banco Interamericano de Desarrollo (EL BID). La producción total mundial anual del camarón de cultivo excede hoy un millón de toneladas (OCDE, 2005). Su origen es principalmente de las zonas costeras de Asia y de América Latina y muy reciente de África y el Medio Oriente. El camarón de cultivo ha dejado de ser una actividad de subsistencia para comunidades locales. Ahora es una industria orientada a la exportación. Los principales importadores son Japón, Europa y Estados Unidos. Es interesante notar que en México se ha desarrollado un amplio mercado nacional para el camarón cultivado.

I.3. Los sistemas de producción de camarón

Los sistemas de producción de camarón en nuestro país se dividen en dos ejes. El primer eje tiene que ver con el modo de producción. Los sistemas de producción se dividen en tres categorías que se han desarrollado en los últimos 20 años: extensivo, semi-intensivo e intensivo que representan rendimientos bajo, medio y alto, respectivamente. El segundo eje que es importante de comprender en México, se relaciona con los títulos de propiedad de las tierras. Las granjas pueden estar controladas por el sector cooperativa/ejido o por el sector privado.

Cabe mencionar que solo existe un trabajo realizado por el Fondo Mundial para la Vida Silvestre (WWF por sus siglas en inglés) que lleva por nombre "Camaronicultura, Sociedad y Ambiente en el Golfo de California" y detalla los sistemas de producción del cultivo de camarón particularmente en esta región. Además la FAO (2004) describe un sistema de producción súper-intensivo que ha comenzado a desarrollarse en Estados Unidos y que aún no es aplicado en México porque está en su etapa experimental. En los apartados I.3.1, I.3.2, I.3.3 y I.3.4 se detallan estos sistemas de producción.

I.3.1. Extensivo

Este sistema utiliza estanques grandes que generalmente son de forma irregular. Algunos son construidos de manera primitiva, mientras que otros pueden ser estanques naturales en los cuales se construyen diques artificiales para controlar el flujo de corrientes de agua. La alimentación del camarón ocurre naturalmente, aunque a veces se le da alimentación mínima artificial. Los estanques extensivos son generalmente surtidos con post-larvas (PL) de camarón silvestre de los estuarios y lagunas costeras cercanas. Los rendimientos son generalmente bajos, promediando menos de una tonelada por hectárea, pero los costos asociados al sistema extensivo son también bajos.

I.3.2. Semi-intesivo

La mayoría de las granjas en Latinoamérica utilizan este sistema. México no es la excepción. Los estanques en nuestro país son generalmente de cuatro a diez hectáreas. La mayoría tienen bombas eléctricas para regular el intercambio de agua, dependen de mano de obra calificada, de la compra de alimento preparado artificialmente y tienen densidades moderadas de siembra de post-larvas (5-25 PL m²). La producción generalmente es de una a tres toneladas por hectárea.

I.3.3. Intensivo

Las granjas que utilizan este sistema, se caracterizan por tener estanques pequeños de una o dos hectáreas, sistemas de aireación y una densidad alta de siembra de post-larvas de laboratorio. Este sistema requiere de mucha inversión de capital, mano de obra capacitada, un uso alto de alimento artificial con nutrientes, químicos y antibióticos. Los niveles de producción son de cinco a ocho toneladas por hectárea.

I.3.4. Súper-intensivo

La investigación desarrollada recientemente en Estados Unidos, se ha enfocado al crecimiento del camarón blanco en sistemas de canales de flujo rápido (reciclaje de agua) súper-intensivos en invernaderos, sin recambio de agua (salvo el reemplazo de pérdidas por evaporación o por descarga), utilizando larvas de cepas SPF. Son bio-seguros, sustentables, con poco impacto ecológico y pueden producir camarón de alta calidad con eficiencia costo-

beneficio. El tiempo de crecimiento del camarón hasta alcanzar talla comercial es de tres a cinco meses. Se obtienen producciones entre 28 y 68 toneladas por hectárea, con tasas de sobrevivencia de 55–91%.

I.4. El ecosistema de manglar

El manglar es una comunidad arbórea y arbustiva de las regiones costeras tropicales y subtropicales, compuestas por especies halófitas facultativas o hálofilas, que poseen características ecofosiológicas distintivas como raíces aéreas, viviparidad, filtración y fijación de algunos tóxicos, mecanismos de exclusión o excreción de sales. Crecen en diferentes salinidades que van desde 0 a 90 ppm alcanzando su máximo desarrollo en condiciones salobres (~15 ppm). En México existen cuatro especies (*Rhizophora mangle, Avicennia germinans, Laguncularia racemosa y Conocarpus erecta*,) llamados comúnmente rojo, negro, blanco y botoncillo, respectivamente (NOM-022-SEMARNAT-2003).

Los manglares se encuentran entre los ecosistemas más productivos del mundo. Desempeñan un papel vital para las costas desde el punto de vista ecológico, económico y social. Proveen servicios ambientales como el disminuir la fuerza de los vientos, el efecto erosivo de las olas y las corrientes marinas, ayudando a proteger instalaciones tierra adentro de los impactos nocivos de tormentas, marejadas y huracanes. Además, mantienen la calidad del agua de mar en los esteros y estuarios al funcionar como filtros purificadores. Dan albergue a especies numerosas de aves (incluyendo a las migratorias) (S. Alvarez Borrego, CICESE, comunicación personal), a una gran cantidad de especies juveniles de peces, crustáceos, moluscos y otros taxones; de tal forma que el 90% de las pesquerías dependen de los manglares en alguna etapa del ciclo de vida de las especies que las sostienen (Antonio, 2007). A su vez tienen valores ecosistémicos entre los que se encuentran la captura de carbono, la fijación de nitrógeno en el suelo y la auto preservación del ecosistema (Sanjurjo y Welsh, 2005).

I.4.1. Las funciones ecológicas y los servicios ambientales

Existe una diferencia entre las funciones ecológicas y los servicios ambientales. La función ecológica de un ecosistema es un criterio biológico, como por ejemplo ser hábitat y nicho ecológico de la flora, fauna y micro-organismos, transportar sedimentos que mantienen

humedales y zonas estuarinas, etcétera (Molina, 2004). Los servicios ambientales, parten de la visión de la economía ambiental y se definen como los beneficios que la sociedad obtiene como efecto de la existencia de los procesos de la diversidad biológica, como por ejemplo el fungir como criadero de especies de interés comercial, protección contra desastres naturales, provisión y filtrado de agua, control de la erosión, la recreación (ecoturismo), etcétera. Idealmente, estos servicios ambientales deberían tener valor cuantificado en unidades monetarias.

En realidad esta es una división artificial porque algunas funciones ecológicas sólo son consideradas como servicios ambientales hasta que la sociedad humana percibe que se beneficia de ellos, pero en realidad ya estaban ahí. Es decir que los flujos de bienes y servicios ambientales aprovechados por la sociedad, son posibles si las funciones ecológicas se preservan y éstas a su vez, dependen del nivel de resiliencia de los ecosistemas.

I.5. El enfoque ecosistémico aplicado a la acuicultura

A partir de 1992 con la cumbre de Río de Janeiro (Brasil) se llegó a la conclusión de que las políticas de gestión ambiental, deberían ser elaboradas tomando en cuenta a los demás sectores involucrados de la sociedad. Después de la cumbre se estableció que la toma de decisiones normativas, de los países, tenían que ser construidas tratando de alcanzar un desarrollo sostenible. Es decir, que incluyeran el tema ambiental bajo un enfoque holístico en el desarrollo y la gestión. En 1995, la Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) adoptó el Código de Conducta para la Pesca Responsable. Este Código en su artículo 9 abordaba de manera específica a la acuicultura, con la finalidad de que fuera una actividad sostenible.

"9.1.5. Los Estados, deberían establecer procedimientos efectivos específicos a la acuicultura para realizar una evaluación y un seguimiento apropiado del medio ambiente con el fin de reducir al mínimo los cambios ecológicos perjudiciales y las correspondientes consecuencias económicas y sociales derivadas de la extracción de agua, la utilización de la tierra, la evacuación de efluentes, el empleo de medicamentos y sustancias químicas y otras actividades."

"9.4.1. Los Estados, deberían promover prácticas acuícolas responsables, con el fin de apoyar las comunidades rurales, las organizaciones de productores y los acuicultores."

_

¹⁰ Concepto según el cual la totalidad de un sistema es funcionalmente mayor que la suma de sus partes.

La acuicultura, como los demás sistemas de producción de alimentos, tiene o puede tener repercusiones negativas. Las cuales deben establecerse dentro de límites socialmente aceptables. La ausencia del ordenamiento ecológico del territorio como instrumento para el desarrollo de la acuicultura (ordenamiento costero), puede provocar que los efectos negativos de esta actividad superen los efectos benéficos (FAO, 2006b). La acuicultura se ve afectada por acciones de origen antropogénico, como la contaminación del agua costera por las descargas de desechos urbanos y agrícolas cercanas de la toma de agua de las granjas acuícolas. La manera como la acuicultura ha sido abordada, para disminuir los efectos negativos en la mayoría de los países ha sido bajo instrumentos de comando y control (licencias, normas, uso controlado de fármacos, etc.). En busca de estimular el desarrollo sostenible de la acuicultura, se han construido reglamentos en muchos países. Estos van desde lo general como por ejemplo la prohibición del uso del manglar en las prácticas acuícolas, hasta lo específico como el limite de producción máxima por región (FAO, 2007).

I.6. Las ONGs en el cultivo de camarón y los manglares

Las consecuencias ambientales de cultivar camarón ha sido un tema de controversia. El problema principal que se ha publicado, es la destrucción de los bosques de manglar para su conversión a estanques. La literatura de las organizaciones no gubernamentales (ONGs) dejan claro que la acuicultura de camarón es una de las causas principales de la destrucción del mangle en el mundo. Estos grupos ambientalistas argumentan, que el crecimiento rápido y no regulado de la camaronicultura en países en vías de desarrollo orientados a la exportación, ha originado un descuido del medio ambiente que podría ser catastrófico.

La industria camaronicola naturalmente refuta estas acusaciones. Admite que de los 31 millones de hectáreas de manglar destruidos en el mundo, sólo el 5% se le puede atribuir al desarrollo de los cultivos de camarón (OCDE, 2005). La causa de esta destrucción se atribuye al sistema de producción extensivo, ya que depende de manera directa de los sitios donde normalmente se encuentra el mangle. Sin embargo, desde hace mucho (1997) no se han desarrollado nuevos cultivos con este sistema. La industria ha comprobado que las áreas de manglar no son apropiadas para los sistemas de producción intensivo y semi-intensivo. El

contenido de la arcilla del suelo en las áreas del mangle es altamente orgánico y a veces ácido, lo que conduce a producciones bajas de camarón (Tokrisna, 2007). Por lo que en la última década, las granjas bajo los sistemas de producción intensivo y semi-intensivo han sido construidas en áreas con planos fangosos. Estos planos fangosos se desarrollan de los manglares hacia tierra adentro y generalmente sin vegetación alguna. Son verdaderas salinas, con costras de sal que se han formado por la evaporación del agua de mar que entra con las mareas muy altas de verano (S. Alvarez Borrego, comunicación personal).

I.6.1. Interacción de las ONGS y los OIGS

En 1997 emergió un esfuerzo internacional de la industria camaronícola para hacerle frente a la destrucción del manglar y a los conflictos entre las Organizaciones No Gubernamentales (ONGs), los productores acuícolas y los gobiernos importadores y exportadores de camarón. Se reconoció el esfuerzo de las ONGs ambientalistas en sus campañas en contra de la destrucción de manglares por granjas de camarón mal planeadas. Comenzaron a colaborar con Organizaciones Intergubernamentales (OIGs) para promover un reglamento para la acuacultura de camarón. En respuesta, líderes de la industria camaronícola procedentes de Asia, Latinoamérica y Estados Unidos fundaron en 1997 la Alianza Global de la Acuacultura (GAA, por sus siglas en inglés). El objetivo fundamental de la GAA fue desarrollar un Programa Responsable de la Acuacultura (RAP, por sus siglas en inglés). Donde se pretende mejorar la eficacia y el sostenimiento de la actividad acuícola en el largo plazo, preferentemente sin dañar el manglar. En 1999 la GAA publicó el "Código de Prácticas Responsables para el Cultivo de Camarón."

Las recomendaciones de la GAA sobre las prácticas de manejo con relación al manglar son las siguientes:

- 1. Las granjas nuevas de camarón no se deben desarrollar dentro de ecosistemas de manglar.
- Tomando en cuenta que una porción de manglar se destruye para construir canales cuando se desarrollan granjas nuevas detrás del manglar, se debe iniciar un programa de reforestación de tal forma que no haya pérdida neta de éste.

- 3. Las granjas que ya se encuentran en operación continuarán realizando estudios de impacto ambiental para reconocer y mitigar cualquier impacto negativo en el ecosistema de manglar.
- 4. Todos los materiales de desecho, no orgánicos y sólidos, se deben de manejar de una manera ambientalmente responsable, y las aguas residuales y los sedimentos deberán ser descargados de manera no perjudicial al manglar.
- 5. La industria camaronícola se compromete a trabajar en unión con gobiernos para desarrollar normas apropiadas para mejorar los procesos de conservación del manglar, incluyendo normas con relación a la restauración de las áreas de manglar cuando las granjas viejas, que originalmente se situaron en manglares, se desmantelen.
- 6. La industria de la acuacultura del camarón promoverá medidas para asegurar el sustento continuo de las comunidades locales que dependen de los recursos del manglar.

I.7. La Respuesta Internacional

Las campañas de los ongs dieron a conocer los daños al ecosistema del manglar por las granjas camaronicolas mal planeadas. Gracias a esto se comenzaron a ver cambios positivos en la industria del camarón de cultivo. A su vez, estas campañas de forma indirecta sirvieron de instrumento para organismos de crédito multilateral pues redujeron sustancialmente el financiamiento a las granjas de camarón que implicaban un riesgo para el manglar. A partir de 1999 la FAO ha combinado fuerzas con el BM, la Red de Centros de Acuicultura de Asia-Pacífico (NACA por sus siglas en inglés), (otra organización intergubernamental), la WWF y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) para formar un grupo, llamado Consorcio sobre cultivo de camarón y medio ambiente. En 2006 publicaron los "Principios Internacionales para el Cultivo Responsable de Camarón". La finalidad de este Consorcio es coordinar un programa común para analizar y compartir experiencias en el manejo de la acuicultura de camarón en áreas costeras. Este consorcio para la camaronicultura cuenta con estudios sobre leyes aplicables en los países que cultivan el camarón que en su mayoría avalan beneficios sociales en las comunidades que se dedican a esta actividad.

I.8. Panorama histórico de la camaronícultura en México

Desde mediados del siglo XX, los pescadores mexicanos practicaron la camaronicultura. Estas prácticas eran rudimentarias, ahora conocidas como sistema extensivo. El arte de pesca utilizado se conoce como tapos¹¹, los cuales permiten capturar camarón aprovechando su ciclo biológico (entrada de larvas a aguas protegidas como los esteros y salida de juveniles hacia mar abierto), pues se desarrollan dentro del sistema lagunar y al llegar a adultos tienden a emigrar al mar abierto, pero son atrapados en la laguna hasta el momento de su cosecha.

La importancia de los recursos marinos para las comunidades costeras de escasos recursos fue reconocida a principios del siglo XX. A partir de la Revolución Mexicana, se estableció por ley que el sector cooperativa/ejido tuviera el derecho exclusivo de capturar, cultivar y procesar las especies de mariscos más deseables, incluyendo camarones, ostras, langosta, abulón, pulpo y calamar. En la década de los 1930s, el gobierno estableció cooperativas de producción pesquera. La finalidad era aumentar el nivel de vida de pescadores rurales, complementar la producción alimenticia y generar ingresos de exportación (McGoodwin, 1980). Estas cooperativas se formaron y trabajaron bajo una estructura paternalista que fijo cuándo, dónde y cómo los recursos marinos fueran explotados (DeWalt, 2000).

En los años 1970s, la explotación de los recursos marinos se comenzó a complicar en la zona noroeste de México. La población crecía y los campesinos exigían el acceso a tierras. Para hacer frente a esta situación, el gobierno creó cientos de ejidos nuevos en tierras costeras marginales que anteriormente eran propiedad del Estado. A primera instancia el problema fue resuelto, pero estas tierras no eran propicias para la actividad agrícola. Lo anterior provocó que los dueños de esas nuevas tierras compitieran ahora con los pescadores tradicionales de las zonas costeras (DeWalt, 1998). El problema que surgió por el establecimiento de ejidos nuevos se acentuó en los estados de Sinaloa y Sonora.

México entró a la camaronicultura en estos mismos años setentas. Se firmó un convenio entre el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (CICTUS,

22

¹¹ El tapo es un tipo de cerca que se construye en las bocas de los esteros, con ramas y troncos, cuya finalidad es atrapar juveniles silvestres para su cultivo y posteriormente atrapar a los adultos. Actualmente existen tapos construidos de concreto en las costas de Sinaloa.

ahora conocido como DICTUS) y la Universidad de Arizona. Bajo este convenio se construyó una granja experimental en Puerto Peñasco para producir post-larvas de camarón azul (*Penaeus stylirostris*). Ante el éxito de este proyecto de manera temprana *Coca Cola Company* intento invertir en esta actividad en México, pues se pensaba vender camarón en *MacDonald`s* (DeWalt, 2000). Debido a la estructura legal surgida de la Revolución Mexicana, en cuanto a la posesión de las tierras ejidales y de la exclusividad de las cooperativas para explotar los recursos marinos, entre ellos el camarón, le fue imposible al sector privado invertir en nuestro país, por lo que después de muchos esfuerzos desistió. A partir del fracaso del proyecto del cultivo de camarón en México. Este emigró a países de América Latina como Ecuador, Honduras y Panamá. En estos países se reportaron crecimientos acelerados en el cultivo de camarón.

El proyecto inicial de camaronicultura fue retirado de México, por las trabas legales de la posesión de tierra y la explotación exclusiva del camarón por las cooperativas. El éxito del laboratorio construido en Puerto Peñasco para producir post-larvas continuó. La tecnología y capacitación implementada por la Universidad de Arizona a los técnicos e investigadores del ahora DICTUS rendía frutos, al poder operar de manera independiente (Ramos, 1989). La certidumbre de un proveedor de larvas de laboratorio hizo que a finales de los años ochentas aparecieran las primeras granjas en Sonora y Sinaloa.

I.9. Descripción de la legislación mexicana aplicada en la acuicultura

La legislación de la tierra en México es compleja, pues las extensiones de tierra son grandes y han sido fragmentadas bajo numerosas promulgaciones. El artículo 27 de la constitución mexicana establece que el Estado es el propietario original de las tierras, aguas y recursos naturales de la nación. El cual tiene el derecho de emitir títulos de propiedad a particulares. En México existen dos tipos de propiedad de la tierra. El primero es el de la propiedad privada y el segundo es la propiedad social o comunal. Ésta última incluye a los ejidos y comunidades. Por lo general, las tierras bajo propiedad social son las mejores para el

¹² Los ejidos son sistemas de manejo y utilización del suelo con su propia estructura de gobierno. Se establecieron por el estado mexicano al redistribuir tierras a los campesinos y granjeros. Estas tierras fueron expropiadas a terratenientes después de la revolución mexicana. Las comunidades son esencialmente tierras comunales gobernadas por un estatuto comunal similar al sistema del ejido.

desarrollo de la acuicultura. En 1992 el artículo 27 constitucional fue reformado. Lo anterior hizo posible que las tierras bajo propiedad social puedan ser transferidas a asociaciones de negocios, en las cuales los miembros de los ejidos participan. Estas tierras también pueden ser subcontratadas temporalmente a terceros. Después de esta modificación, los acuerdos entre el sector privado y el social han impulsado el desarrollo de la acuicultura.

"Artículo 27 Constitucional, Párrafo Tercero. La Nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico; para el fraccionamiento de los latifundios; para disponer, en los términos de la ley reglamentaria, la organización y explotación colectiva de los ejidos y comunidades; para el desarrollo de la pequeña propiedad rural; para el fomento de la agricultura, de la ganadería, de la silvicultura y de las demás actividades económicas en el medio rural, y para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad."

I.9.1. Los cambios legales en beneficio del cultivo de camarón

En México, se hicieron evidentes los cambios necesarios en las leyes y normativas para que la acuicultura de camarón y otras actividades económicas pudieran convertirse en viables y productivas (Fig. 5). El primer cambio fue realizado el 26 de diciembre de 1986 con la creación de la Ley de Pesca y su reglamento en 1987. Esto permitió por un lado reducir los requisitos para la formación de cooperativas y por el otro, el crear un mecanismo para que los inversionistas del sector privado pudiesen establecer convenios con cooperativas para el cultivo de camarón.

El segundo cambio tuvo lugar el 6 de enero de 1992, con la modificación del Artículo 27 constitucional. Esta modificación cerró el proceso de la Reforma Agraria, en la que los campesinos eran los beneficiarios del usufructo de la tierra, pero no podían venderlas. Inició el proceso de privatizar las tierras ejidales, otorgando derechos de propiedad plenos a quienes habían cultivado las tierras. En realidad se le otorgó el derecho de propiedad a los ejidatarios,

porque había muchas tierras que nunca habían sido cultivadas por inapropiadas, y en otros casos los ejidatarios no eran los que necesariamente las trabajaban, sino que las arrendaban.

El tercer cambio fue nuevamente a la Ley de Pesca en 1992 bajo las siguientes provisiones claves:

- 1) Anular las restricciones que permitían solamente al sector cooperativa/ejidos cultivar y procesar especies marinas de gran valor;
- 2) Permitir a los productores privados usar los terrenos de reproducción natural de postlarva de camarón que estaban reservados previamente para el sector cooperativa/ejidos;
- 3) Proveer mayor seguridad a los inversionistas mediante la extensión de la máxima concesión de acuacultura autorizada por el gobierno, de veinte a cincuenta años, y permitir que estas concesiones fueran transferidas a un tercero;
- 4) Establecer un criterio biológico (ecológicamente viable) y económico (financieramente viable) como la base para otorgar concesiones y licencias de acuacultura;
- 5) Incentivar la inversión privada en acuacultura al aclarar que las tierras ejidales, las cuales incluyen mucho más que las tierras costeras aptas para la acuacultura, pudieran ser adquiridas por medio de empresas conjuntas con los ejidos o ser directamente compradas a los ejidos.

La cuarta modificación se dio en la Ley de Aguas Nacionales también en 1992, removió las restricciones sobre el uso del agua para la acuacultura, otorgándole la misma prioridad que otros usos productivos (DeWalt, 2000).

La quinta modificación se dio en la Ley de Inversión Extranjera en 1993, permitió la participación extranjera de hasta el 100% de la propiedad de las inversiones en las instalaciones de producción, procesamiento y mercadeo de acuacultura. Se estipularon otras

reformas de carácter fiscal que beneficiaron la camaronicultura, como la exención ¹³ del 50% del Impuesto Sobre la Renta (ISR), la devolución del Impuesto al Valor Agregado (IVA), la reducción del 62% del impuesto en la inversión inicial en infraestructura y el 89% del impuesto en la inversión en maquinarias y equipos a las personas físicas, morales y cooperativas dedicadas exclusivamente a la acuícultura. La ratificación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) por México en 1994 permitió que el impuesto por importación de insumos básicos para la acuacultura fuera cero (FAOLEX, 2007).

I.9.2. Los ajustes legales en beneficio de la camaronícultura en Sonora

A partir del año 2000 el cultivo de camarón en Sonora, como en el noroeste de México, comienza a desarrollarse con una mayor proyección. También aparecen problemas de sanidad (virus) que afectan drásticamente la producción de camarón. En México aparecen por primera vez tres instrumentos normativos estatales, promulgados en Sonora, que han sido ejemplo para otros Estados dedicados a esta industria. El primero fue el Comité de Sanidad Acuícola (COSAES). El segundo fue la promulgación de la Ley de Acuicultura del Estado de Sonora y el tercero fue la aprobación del Reglamento de esa misma Ley (Fig. 5).

-

¹³ La exención fiscal es una prerrogativa que es concedida por el gobierno mexicano a una persona, física o moral, que la libera de obligaciones. Su finalidad es eliminar la carga fiscal para promover el desarrollo de una actividad clave para el país.

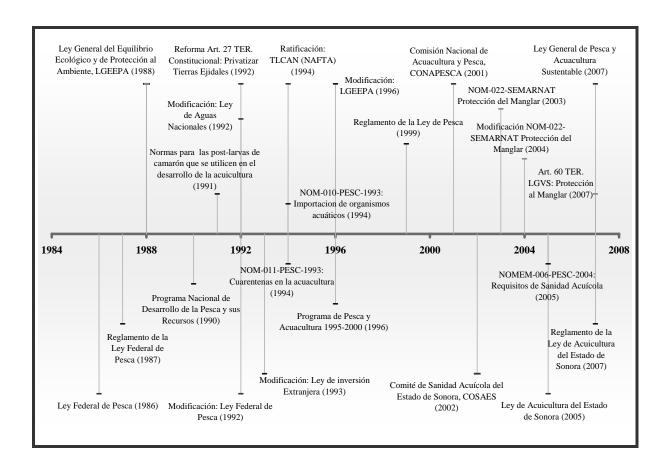


Figura 5. Cronología de la legislación mexicana en la acuicultura 1986-2007.

I.10. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

Esta Ley fue decretada en 1988. En 1996 tuvo modificaciones trascendentales para el desarrollo de la legislación ambiental mexicana actual. En su Artículo 3 define los conceptos que sustentan esta investigación. En su Artículo 158 fracción IV justifica las acciones tomadas en este caso de estudio:

Aprovechamiento sustentable: La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos.

Desarrollo sustentable: El proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio

ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las generaciones futuras.

Ecosistema: La unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinado.

Equilibrio ecológico: La relación de interdependencia entre los elementos que conforman el ambiente que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.

Preservación: El conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propician la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitats naturales.

Protección: El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro.

Recurso Natural: El elemento natural susceptible de ser aprovechado en beneficio del hombre.

Restauración: Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales.

"Artículo 158 - VI. La Secretaría¹⁴ concertará acciones e inversiones con los sectores social y privado y con instituciones académicas, grupos y organizaciones sociales, pueblos indígenas y demás personas físicas y morales interesadas, para la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente."

I.11. La situación de la camaronicultura y el manglar en México

El desarrollo de la actividad camaronicola en México ha pasado por diferentes procesos legales, económicos, sociales y actualmente ambientales. La evolución de las prácticas de esta actividad en México no se debe únicamente a presiones internacionales, sino también a

-

¹⁴ La Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

un conjunto de factores históricos que han ayudado a moldear esta actividad en lo referente a la degradación del manglar.

La destrucción del mangle en México, particularmente en Sonora, para la construcción de estanques acuícolas no es considerable (Godoy, 2007). Esto se debe por una parte a que las costas de Sinaloa y sur de Sonora, en las cuales se concentra la mayoría de estas granjas, cuentan con marismas amplias que por lo general se ubican detrás de los bordes del manglar que rodean los estuarios. Por lo que es más práctico construir los estanques en estas zonas que arrasar con el manglar. Existe un conocimiento, generalizado entre los productores mexicanos, que la tierra donde estaba el manglar no es buena para el cultivo del camarón y son conscientes de las experiencias negativas de países como Tailandia, Ecuador y Honduras en lo referente a la destrucción de éste.

Las afectaciones principales al manglar por parte de la actividad camaronicola en México tienen que ver con la modificación de patrones de los flujos hidrológicos. La actividad camaronícola a menudo bombea y descarga agua desde y hacia el sistema lagunar donde se ubican los ecosistemas de manglar. Esto provoca una perdida lenta de manglar al desecarlo y alterar su morfología. Los esfuerzos actuales para el sostenimiento de la camaronicultura, se centran en el cuidado y protección del ecosistema de manglar. Lo que se ha traducido en leyes y normas de carácter ambiental.

I.11.1. Especificaciones de la NOM-002-SEMARNAT-2003

Después de siete años de trabajos de expertos, en 2003 se publicó la Norma 022 que establece las especificaciones para la preservación, el aprovechamiento sustentable y la restauración de humedales costeros en zonas de manglar. En 2004 esta Norma fue atacada por sectores económicamente fuertes como el turismo, sector inmobiliario y la acuicultura. La presión ejercida al gobierno por estas actividades hizo que se modificara. Dicho cambio permitió la ejecución de actividades que anteriormente eran prohibidas por la ley, siempre y cuando los proyectos establecieran en su manifestación de impacto ambiental medidas compensatorias en beneficio de los humedales. Los incisos de la Norma relacionados con la investigación se muestran en la Cuadro I.

Instrumento Incisos Legal Con relación a la acuicultura 0.17. Que por cada hectárea de manglar destruido, se estima una pérdida anual de 757 kg de camarón 15 y peces de importancia comercial. 0.56. La extracción de agua de los estuarios adyacentes por medio de canales de llamada con la consecuente remoción de larvas y juveniles de peces y moluscos, afecta inevitablemente el reclutamiento de dichas poblaciones y a la pesca local, causando daño a los pescadores de subsistencia además de la pérdida de semilla para las propias granias. ¹⁶ 0.59. Que las granjas camaronícolas abandonadas tienen poco potencial de ser rehabilitadas con vegetación natural, o utilizadas para otras actividades productivas ya que el suelo de los estanques contiene una alta concentración de sales. 4.1. Toda obra de canalización, interrupción de flujo de desvío de agua que ponga en riesgo la dinámica e integridad ecológica de los humedales costeros, quedará prohibida, excepto en NOM-022los casos en los que las obras descritas sean diseñadas para restaurar la circulación y así SEMARNAT-2003 promover la regeneración del humedal costero. 4.4. El establecimiento de infraestructura marina fija (diques, rompeolas, muelles, marinas y bordos) o cualquier otra obra que gane terreno a la unidad hidrológica en zonas de manglar queda prohibido excepto cuando tenga por objeto el mantenimiento o restauración de ésta. 4.21. Queda prohibida la instalación de granjas camaronícolas industriales intensivas o semintensivas en zonas de manglar y lagunas costeras, y queda limitado a zonas de marismas y a terrenos más elevados sin vegetación primaria en los que la superficie del proyecto no exceda el equivalente de 10% de la superficie de la laguna costera receptora de sus efluentes en los que se determina la capacidad de carga de la unidad hidrológica. Esta medida responde a la afectación que tienen las aguas residuales de las granjas camaronícolas en la calidad del agua, así como su tiempo de residencia en el humedal costero y el ecosistema. 4.22. No se permite la construcción de infraestructura acuícola en áreas cubiertas de vegetación de manglar, a excepción de canales de toma y descarga, los cuales deberán contar previamente con autorización en materia de impacto ambiental y de cambio de utilización de

Con relación al manglar

4.24. Se favorecerán los proyectos de unidades de producción acuícola que utilicen

0.6. Que reconociendo el gran valor que tienen los humedales costeros para la sociedad en términos de servicios ambientales, las metas globales de manejo están encaminadas a mantener sus procesos ecológicos, así como la implementación de acciones de protección y restauración de éstos, restaurando en lo posible el tipo de bosque y estructura forestal original y evitando la pérdida de ésta y su dinámica hidrológica.

terrenos forestales.

tecnología de toma-descarga de agua, diferente a la canalización.

¹⁵ Se refiere al camarón silvestre.

¹⁶ Aunque la norma no se refiere a la pérdida de manglar, ésta podría ocurrir en algunos esteros.

I.11.2. Especificación del Artículo 60 Tercero de la Ley General de Vida Silvestre

El dos de febrero de 2007 el Congreso de la Unión revirtió las modificaciones de 2004, adicionando la fracción tercera al Artículo 60 de la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) que protege a los manglares e impide su destrucción bajo cualquier argumento. Después de esta última modificación surgieron descontentos por parte de diferentes sectores.

"Artículo 60 TER.- Queda prohibida la remoción, relleno, transplante, poda, o cualquier obra o actividad que afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar; del ecosistema y su zona de influencia; de su productividad natural; de la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos; de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; o bien de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales, o que provoque cambios en las características y servicios ecológicos.

Se exceptuarán de la prohibición a que se refiere el párrafo anterior las obras o actividades que tengan por objeto proteger, restaurar, investigar o conservar las áreas de manglar."

CAPÍTULO II

CONTEXTO DE LA CAMARONICULTURA Y EL MANGLAR

II.1. Contexto económico de la camaronicultura

En la base de datos del Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO, se ha anotado que el primer registro que se tiene sobre el camarón de cultivo se refiere a la producción en Tailandia, en 1950, con 1000 toneladas. En el ámbito mundial existen aproximadamente 342 especies de valor comercial, de las cuales la FAO registra 76 especies y sólo 26 de ellas son cultivadas. Entre 1992 y 2000 la producción mundial creció lentamente de ~900 mil toneladas a 1,162,000 toneladas. A partir de 2000 el desarrollo de esta actividad ha prosperado, con tasas de crecimiento mucho mayores (14%), hasta llegar a 3 millones 160 mil toneladas del crustáceo en 2006 (Fig. 6).

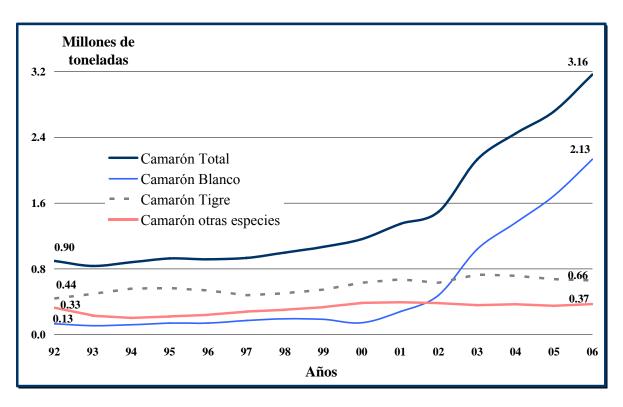


Figura 6. Tendencia de la producción mundial del camarón de cultivo 1992-2006. (Elaborada con información estadística de la base de datos del Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. La producción total incluye otras especies además del camarón blanco y el tigre especificada en la clasificación "Camarón otras especies").

La producción total de camarón creció a una tasa promedio de 2% entre 1992 y 1999, y a una tasa promedio de 14% entre 2000 y 2006. En 1992 la producción de camarón tigre ¹⁷ (*Penaeus monodon*) predominó con el 49% del total cultivado. Mientras que a partir de 2003, la producción de camarón tigre fue superada por la del camarón blanco. Este último llegó a 2.13 millones de toneladas en 2006.

II.1.1. El estado de la producción mundial del camarón blanco de cultivo

El camarón blanco ha ganado terreno en los últimos cinco años. El incremento de la producción del camarón blanco, se atribuye principalmente a las preferencias de esta especie en el mercado norteamericano. Éste mercado está dividido principalmente por dos especies, el blanco y el tigre. Éste último compite en el mercado norteamericano por su bajo costo. A partir de 2003 la proporción del camarón blanco, con relación al total, se incrementó al representar el 49% de la producción total. Para 2004 ésta aumentó a 56% (Fig. 7).

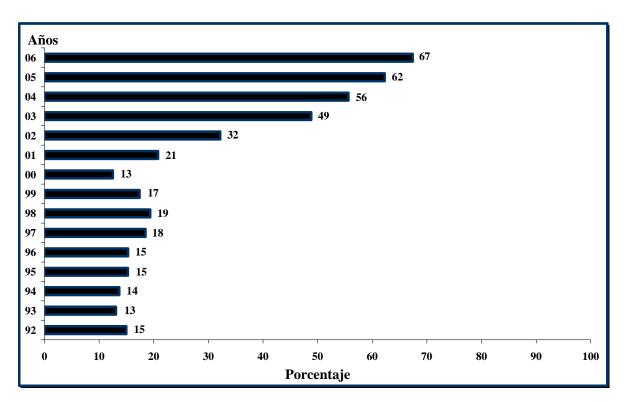


Figura 7. Evolución del porcentaje de la producción mundial de camarón blanco de cultivo, con relación a la de todas las especies 1992-2006. (Elaborada con información estadística de la base de datos del Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO).

-

¹⁷ El camarón tigre, llamado así por su aspecto rayado, es una especie que se cultiva predominantemente en el continente Asiático.

En 2005 continuó su ascenso como la principal especie de camarón de cultivo con el 62%. Para 2006 la FAO reportó que el camarón blanco representó el 67% de la producción total en el ámbito mundial.

II.1.2 Principales países productores de camarón blanco de cultivo

De acuerdo a la información de la FAO para el año 2006, China es el principal productor con un millón veintidós mil toneladas. El segundo lugar lo tiene Tailandia con 490 mil toneladas. El tercer lugar es Vietnam con 150 mil toneladas. La cuarta posición es de Indonesia con 141 mil toneladas. México tiene la quinta posición con 112 mil toneladas. El sexto lugar es de Brasil con una producción de 65 mil toneladas. Le sigue Ecuador con 56 mil toneladas. El resto pertenece a países que obtuvieron menos de 20 mil toneladas de producción cada uno (Colombia, Venezuela, Nicaragua, Taiwán, Perú, Panamá, Belice, Costa Rica, Cuba y USA, en orden de importancia) (Fig. 8).

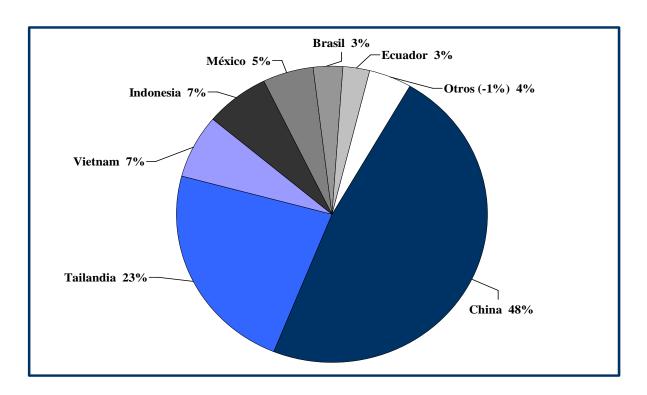


Figura 8. Porcentaje de la producción de camarón blanco de cultivo de los principales países productores en 2006. (Elaborada con información estadística de la base de datos del Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO).

II.1.3. Tendencia de la producción del camarón blanco de cultivo en México

El primer registro de la FAO que se tiene de camarón blanco cultivado en México fue el de 1985 con 35 kilogramos en el inicio de su etapa experimental. Para 1989 se consiguió producir 2 mil ochocientas toneladas. En 1993 se obtuvo la primera producción considerada importante con 11 mil quinientas toneladas. La producción presentó una baja en 1996, pero luego creció de nuevo para tener en 2001 un valor considerable de 48 mil toneladas. En los años 2002 y 2003 se presentó la segunda baja en la producción cayendo a 45 mil toneladas en los dos años, es decir una caída del 7% con respecto a 2001. Para los años 2004, 2005 y 2006 la producción de camarón blanco se mantuvo a la alza en México con 62 mil, 90 mil y 112 mil quinientas toneladas (Fig. 9). Lo que representa para esta actividad en el ámbito nacional, una tasa de crecimiento promedio de 25.7% para el período 2004-2006.

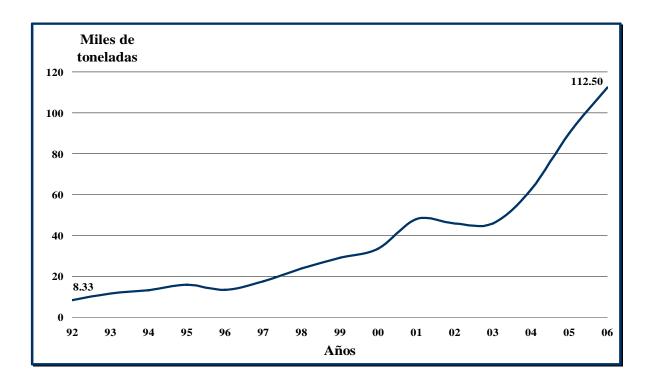


Figura 9. Producción de camarón blanco de cultivo en México 1992-2006. (Elaborada con información estadística de la base de datos del Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO).

II.1.4. El cultivo de camarón en el noroeste de México

El cultivo de camarón es la industria principal de la acuacultura en el noroeste de México. El 94% de las granjas camaronicolas se encuentran en la región del Golfo de California (Sonora, Sinaloa y Nayarit). Esta región se caracteriza por tener áreas extensas de lagunas, estuarios, pantanos, manglares y salinas que sirven como centros de crianza para pájaros, peces, crustáceos y mamíferos (Domínguez *et al.*, 2007). Por lo anterior, casi toda, la región del golfo tiene áreas apropiadas para el desarrollo de la camaronicultura. El primer desarrollo de esta actividad se presentó en el estado de Sinaloa, donde se concentraron la mayoría de las granjas a finales de los mil novecientos ochentas y principios de 1990.

La fuente de recursos financieros para la construcción de granjas camaronícolas en esta región fue tanto del sector social (cooperativa/ejido) apoyado por el gobierno federal, como del sector privado. Los primeros parques se construyeron entre 1992-1995 en Sonora, fueron La Atanasia, El Siari y El Tobari¹⁸. El siguiente parque construido en este mismo estado fue el de Los Mélagos edificado por el sector social. (INEGI, 2001). El desarrollo de está actividad fue retrasado con los primeros impactos de un virus llamado el Síndrome de Taura, que bajó grandemente la producción (Martinez-Cordero, 2007) lo que estimuló el desarrollo de laboratorios para la producción de post-larvas sanas.

En el 2000 se marcó un crecimiento muy importante de la industria camaronícola de esta región. En el parque acuícola central de Sonora apareció una nueva industria con granjas que cuentan con un sistema hidráulico de toma de agua directa del mar. Estas granjas pueden sostener niveles intensivos de producción de camarón y se establecieron en áreas libres de enfermedades. Sonora rebasó a Sinaloa como el productor principal de camarón blanco de cultivo en México (Martínez-Cordero, 2007). En México existen 767 granjas de cultivo de camarón de las cuales 753 son del sistema semi-intensivo y 14 intensivo (SAGARPA, 2006).

_

¹⁸ Estos parques fueron creados por el Fondo de Fomento a la Acuacultura del Estado de Sonora (FFAES). Su función era integrar en la actividad acuícola a los grupos beneficiados, operar y administrar los parques.

¹⁹ Parques acuícolas donde se construyen granjas para la producción de camarón compartiendo instalaciones comunes, como el canal de llamada, estación de bombeo, canal de distribución del agua y canales de drenaje controlados por el sector cooperativa/ejido.

Sinaloa cuenta con el mayor número de granjas en el país. A pesar de que Sinaloa cuenta con mayor abundancia de esteros y lagunas costeras propicias para el desarrollo de la industria del camarón, ha sido superado por Sonora en cuanto a producción en toneladas de camarón, y en rendimiento por hectárea cultivada. Este resultado asombra pues las granjas de este Estado sólo pueden producir un ciclo en el año, debido a las aguas frías del Golfo de California, a diferencia de las granjas de Sinaloa y Nayarit que pueden producir hasta 2 ciclos en el año. Lo anterior se atribuye a los avances tecnológicos e implementación de buenas prácticas para el cultivo de camarón en el Estado de Sonora (atribuible a la participación de los centros de investigación que han promovido el establecimiento de empresas privadas especialistas en el cultivo de post-larva y proceso genético y, al apoyo del Gobierno del Estado). Por otra parte, los productores sinaloenses han comenzado a diversificar su producción acuícola a otras especies de interés comercial, ya que la producción de camarón blanco disminuyó por problemas de sanidad. En 2006 se sembraron 411 granjas en Sinaloa, de 426 disponibles, y se obtuvo una producción de 33,950 toneladas de camarón con un rendimiento de 0.92 toneladas por hectárea cultivada (CESASIN, 2006).

II.1.4.1. La camaronícultura en Sonora

En la actualidad existen 15 juntas locales de sanidad acuícola²⁰ en el estado de Sonora, las cuales están divididas en tres zonas. La Zona Norte comprende 4 juntas: Caborca, Bahía de Kino, Cardonal y Tastiota. La Zona Centro esta formada por 3 juntas: Guaymas, Cruz de Piedra y Lobos. La última zona es la Sur integrada por 8 juntas: Los Mélagos, Atanasia, Tobari, Siari, Aquiropo, Riito, Santa Barbara y Agiabampo (Cuadro II). El ciclo inicia con la siembra en mayo para cosechar en septiembre (~100 días)²¹. En 2003 la producción total en toneladas de camarón fue 36,247; en 2004 la producción aumentó a 50,603 y en 2005 la producción se incrementó a 55,653. Para el 2006 la producción continuó creciendo a 66,030 y en 2007 la producción fue 68,545. Los rendimientos fueron 3.1, 3.2, 2.9, 3.2, 3.8 toneladas por hectárea cultivada para estos años, respectivamente.

_

²⁰ Las juntas locales de sanidad acuícola se denominan geográficamente por los nombres de los cuerpos de agua que abastecen a los parques acuícolas. Por lo que juntas y parques acuícolas se usan de manera indistinta (página electrónica de El COSAES).

²¹ Depende de la zona, pues en el sur la cosecha se extiende hasta finales de octubre inicios de noviembre.

En 2003 las granjas acuícolas de la zona sur predominaron al sumar una producción total de 19,159 toneladas de camarón, superando a las granjas ubicadas en la zona norte que produjeron 15,086 toneladas de camarón. Éstas últimas, se caracterizan por pertenecer al sector privado a diferencia de la zona sur donde predomina el sector social. En los años 2004, 2005, 2006 y 2007 la producción ha sido dominada por la zona norte. La producción de la zona centro se ha mantenido constante, en 5% del total para el estado, de 2003 a 2007 (J. L. Benítez García, Gerente de El COSAES, comunicación personal) (Fig.10). Para el año 2007 existían 163 granjas acuícolas de las cuales operaron 112 con 18,208 hectáreas de superficie cultivada (de las 22,075.5 hectáreas de infraestructura disponible) (COSAES, 2007).

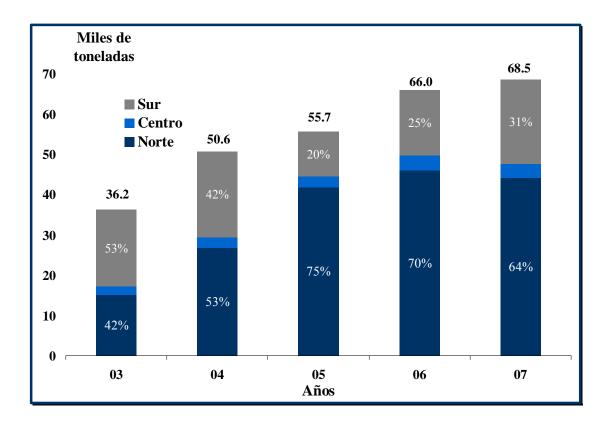


Figura 10. Producción total de camarón blanco en Sonora por zonas acuícolas 2003-2007. (Elaborada con base en información proporcionada por el Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Sonora).

II.1.4.2. El parque acuícola Los Mélagos

El parque acuícola Los Mélagos, como la mayoría de los parques en Sonora y en general en México inició su auge a partir del año 2000. La producción de camarón blanco en 2003 fue de 3,200 toneladas; en 2004 se produjeron 4 mil cien toneladas; pero en 2005 la producción

decreció a mil ochocientas toneladas, es decir 55% menos que en 2004. Para los años 2006 y 2007 la producción arrojó 4 mil toneladas y 5 mil setecientas, respectivamente (Fig. 11). Su participación en la producción total de camarón blanco en el Estado es baja comparándola con los parques de la Zona Norte. En 2003, la aportación del parque acuícola Los Mélagos con respecto la producción total de Sonora fue 9% y en el ciclo 2007 su aportación disminuyó a 8.4%. De acuerdo a esta información la producción del parque Los Mélagos no ha crecido con la misma dinámica que en el norte de Sonora (Fig. 10).

Cuadro II. Producción y rendimiento de los 15 parques acuícola existentes en Sonora en el ciclo 2007. (Elaborada con base en el Informe Final Camarón 2007 del COSAES).

	Ciclo 2007			
Parque Acuícola	Superficie cultivada (Ha)	Producción Total (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	
Caborca*	0	0	0	
Bahía de Kino	3,070.0	15,122.3	4.9	
Cardonal	2,944.9	11,389.2	3.9	
Tastiota	3,336.1	17,666.8	5.3	
Norte	9,351.0	44,178.3	4.7	
Guaymas	44.7	360.4	8.1	
Cruz de piedra	399.0	1,619.4	4.1	
Lobos	509.9	1,471.6	2.9	
Centro	953.6	3,451.4	3.6	
Mélagos	2,039.8	5,730.1	2.8	
Atanasia	2,446.3	7,348.9	3.0	
Tobari	957.7	2,362.5	2.5	
Siari	93.0	220.7	2.4	
Aquiropo	1,129.4	3,187.9	2.8	
Riito	663.0	1,077.2	1.6	
Santa Barbara	359.6	838.2	2.3	
Agiabampo	214.6	150.1	0.7	
Sur	7,903.4	20,915.6	2.6	
Gran total	18,208.0	68,545.3	3.8	

^{*}Caborca estaba inactivo.

El parque Acuícola Los Mélagos operó en 2007 con 24 granjas (Fig. 12), las cuales cubrían una superficie total de 2,206.37 hectáreas de espejo de agua. El parque ya contaba con el Sistema de Toma de Agua Directa del Océano por lo que el suministro de agua ya no era del estero. La ubicación geográfica, distribución por sector, y el número de hectáreas de cada granja se presentan en la figura 12 y en el Cuadro III.

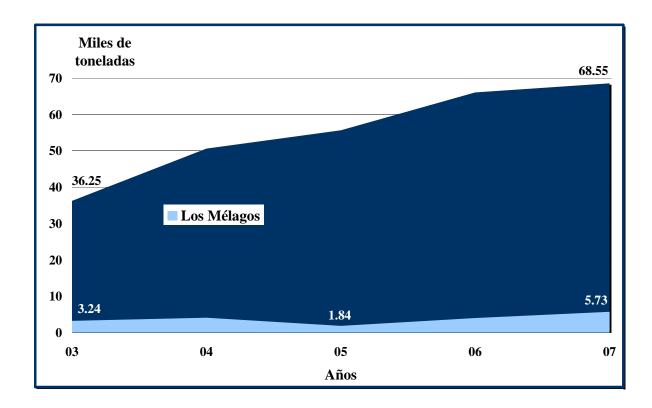


Figura 11. Participación del parque acuícola Los Mélagos con relación a la producción total de camarón blanco de cultivo en Sonora 2003-2007. (Elaborada con base en información proporcionada por el Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Sonora).

Estas granjas en 2004, presentaron cuatro problemas principales según el estudio de factibilidad para la construcción de la obra hidráulica, realizado por el DICTUS:

- 1. Insuficiente volumen y calidad del agua para soportar la operación de la suma total del espejo de agua.
- 2. Falta de mantenimiento de la infraestructura de cultivo (bordos, pendientes, reservorios y cárcamos).

- 3. Esquemas tecnológicos operativos obsoletos, referentes al manejo de la productividad natural de los estanques, densidad de siembra de post-larvas y condiciones de alimentación de las mismas.
- 4. Obstáculos considerables que se derivan de la cartera vencida de los productores.

Considerando a los tres primeros problemas como de tipo técnico, es decir, aquellos que pueden ser resueltos mediante infraestructura o métodos de manejo. La proporción sería que la calidad del agua representa el 40% de los problemas técnicos, la infraestructura interna de cada granja 30% y la optimización tecnológica 30% (DICTUS, 2004b). Estos porcentajes fueron obtenidos a partir de una encuesta estructurada aplicada en agosto de 2004 a los usuarios del parque acuícola Los Mélagos.

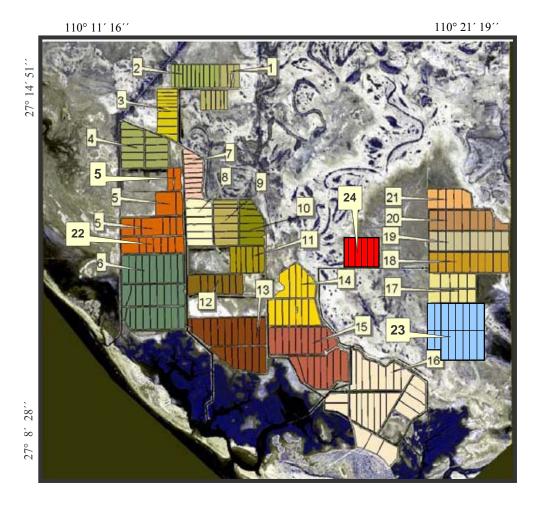


Figura 12. Imagen de 2004 actualizada y geo-referenciada con datos de 2007, donde se muestra la ubicación de las granjas en el parque acuícola Los Mélagos. (Imagen original tomada de la Manifestación de Impacto Ambiental-Modalidad Regional del DICTUS en 2004a).

El DICTUS (2004) realizó el estudio de factibilidad de la escollera y canales de llamada, incluyendo la reubicación del canal de drenaje, y predijo que esta obra de ingeniería hidráulica resolvería el 40% de los problemas operativos que presentaban las granjas. Es decir, se solucionaría el problema de la insuficiencia en el volumen y calidad del agua, la infraestructura permitiría obtener una producción mínima en un rango de tres a cuatro toneladas de camarón por hectárea cultivada, y las granjas que presentaban deficiencias internas en infraestructura y tecnología de producción, obtendrían una producción mínima de 1.5 toneladas de camarón por hectárea cultivada.

Cuadro III. Granjas en el parque acuícola Los Mélagos en 2007. (Elaborada con información de la Manifestación de Impacto Ambiental-Modalidad Regional del DICTUS en 2004 y del Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Sonora).

ID	Nombre de la granja	Sector	Ha_Esp Agua 2007
1	Acuícola Castelo, SPR de RI	Social	51.82
2	La Loma de Alberto, SPR de RI	Social	56.57
3	SPR de RI, Sonora mi Estado	Social	54.66
4	SPR de RI, Estero Los Mélagos	Social	90.49
5	USPR DE RI PARQUE AC. MELAGOS (18 de Mayo, Marcha al mar y Reforma Segunda)*	Social	119.91
6	La Loma de Lallo, SPR de RI	Social	236.01
7	Ej. Gral. Ignacio F. Pesqueira, SPR de RI	Social	44.08
8	SPR de RI, La Loma de Toño	Social	65.47
9	SPR de RI, La Loma de Zavala	Social	60.60
10	SPR de RI, La Loma de Pancho	Social	53.60
11	SPR de RI, Loma de Fernando	Social	48.70
12	SPR de RI, Loma de Manuel	Social	57.09
13	SPR de RI, La Loma de Félix	Social	165.60
14	Acuícola 11 de Diciembre, SA de CV	Privado	123.88
15	11 de Diciembre de 1996, SPR de RI	Privado	179.89
16	SPR de RI, 11 de Diciembre (Larvas Génesis, SA de CV)	Social	187.42
17	SPR de RI, El Milagro del Día	Social	58.65
18	SPR de RI, El Cuchi	Social	71.83
19	SPR de RI, Don Fili	Social	137.05
20	SPR de RI, Hermilio	Social	61.20
21	Don Félix SPR de RI	Social	41.85
22	SPR de RI, Río Muerto	Social	50.00
23	El Crustáceo de Oro, SPR de RL	Social	140.00
24	Acuícola el Dorado, SA de CV	Privado	50.00
Total de Infraestructura de Cultivo			2,206.37

^{*} La granja 5 es una unión entre tres granjas. El total real de granjas es de 26.

Lógicamente la obra les daría a las granjas una posibilidad real de aumentar su producción al subsanar sus limitantes internas. Es decir que la obra solucionaría el problema raíz de las granjas al tener la disponibilidad del recurso más importante en la acuicultura, el agua. Con ello los otros problemas internos serían reducidos gradualmente. Al poder contar con el volumen y calidad de agua bombeada directamente del océano, el parque contaría con granjas sanas libres de enfermedades y con la posibilidad real de poder obtener una producción máxima de cinco a seis toneladas de camarón por hectárea, como ocurría en los parques de las zonas centro y norte de Sonora (que son privadas). A su vez, la obra le permitiría al parque acuícola aumentar la estanquearía a un máximo de 3,000 hectáreas adicionales. Esta obra se creía que no sólo solucionaría los problemas del parque acuícola del sector social, sino también lo convertiría en el parque más grande del Estado al poder desarrollarse a un máximo de 5,200 hectáreas para el cultivo de camarón blanco. ²²

II.2. Contexto social de la camaronicultura

El análisis de la acuicultura, principalmente en lo referente al camarón de cultivo, estaría incompleto sin la dimensión social. Es necesario tener presente los objetivos perseguidos por los gobiernos de producir más empleos, más alimentos, salarios más altos y economías estables. La población creciente demanda alimento. Sólo existen dos formas que permiten aumentar la producción de alimentos en proporción al crecimiento acelerado de la población. La primera se logra al extender el capital tierra, es decir aumentar el área de producción. La segunda es por medio de técnicas de producción intensificadas para aumentar la producción por unidad de área (FAO, 2006a). La primera forma es poco posible dado el aumento de la población en el mundo, pues la urbanización disminuye el recurso tierra. Sin embargo, la acuicultura tiene una ventaja ante la agricultura y la ganadería, pues cuenta con áreas del mar, o cercanas al mar, que permiten su crecimiento como actividad productiva.

II.2.1. La participación de la camaronicultura respecto al camarón de captura

El camarón es una fuente importante de ingresos para los países en desarrollo, el aumento de la demanda mundial lo posiciona como el producto pesquero principal. Por años, la manera

_

²² Considerando estanques de 1.5 metros de profundidad y recambios diarios iguales al \leq 25% del volumen cautivo. Con una siembra de 30 a 35 post-larvas/m², y con expectativas de supervivencia \geq 85%.

de conseguir este producto se reducía a la captura de camarón silvestre en alta mar. Lo anterior causaba una escasez del producto que se traducía en precios altos. Las pesquerías del camarón silvestre, como la mayoría de las otras especies, redujeron sus capturas por sobre-explotación. En los años ochentas, era casi imposible que la clase media pudiera disfrutar del camarón cotidianamente. A fínales de los ochentas y principios de los noventas, se inició una actividad que pretendía complementar la producción de camarón mediante técnicas de cultivos intensivos y semi-intesivos. A partir del año 2000, se incrementó la actividad acuícola del camarón de una forma notoria (Base de datos del Departamento de Acuacultura de la FAO).

Los siete productores principales de camarón de cultivo, según datos del Departamento de Acuacultura de la FAO, han demostrado una participación cada vez mayor de camarón cultivado respecto al camarón de captura (silvestre). En general, la producción de camarón de cultivo ha aumentado en los últimos años con respecto a la producción de camarón de alta mar (Fig. 13). Por ejemplo, China reportó que el 15% de su producción en 2000 correspondía al camarón de cultivo, pero en 2006 la participación de este camarón aumentó a 31% respecto a la producción total. México y Brasil reportaron en 2000 que la aportación del camarón de cultivo respecto al total fue de 33% y 28%, respectivamente, pero en 2006 ésta se incrementó a 44% y 39%, respectivamente. La participación proporcional del camarón de cultivo en Ecuador se mantuvo constante de 2000 a 2006, al promediar para este periodo una aportación del 49% del camarón de cultivo respecto a la producción total.

II.2.2. La camaronicultura en el mercado interno

El aumento de la producción de camarón de cultivo, como un complemento a la producción del camarón de alta mar, es notorio. Al analizar a los siete productores principales de camarón de cultivo, según la FAO, en seis de ellos es visible una tendencia positiva en el consumo interno respecto a la producción total (cultivo más captura) en el periodo 2000-2006 (Fig. 14). Por ejemplo, China que es el principal productor en el mundo de camarón ha pasado de consumir el 95% en 2000 a 99% en 2006, de la producción total. México consumía

_

²³ La producción total se refiere a la suma de la producción que se obtiene mediante el camarón de cultivo, el camarón que se captura en alta mar y en las costas llamado camarón silvestre.

el 71% de su producción total en 2000 y para 2006 este porcentaje aumentó a 87%. El caso único y extremo es Ecuador al consumir el 67% de su producción total en 2000 y el 2% en 2006, es decir que en 2006 exportó el 98% de su producción. Estos datos muestran, que la camaronicultura ha permitido la abundancia de este producto en los mercados internos de la mayoría de los países productores. Lo que se ha traducido en un beneficio para la sociedad, al poder adquirir el camarón y hacerlo parte de su alimentación.

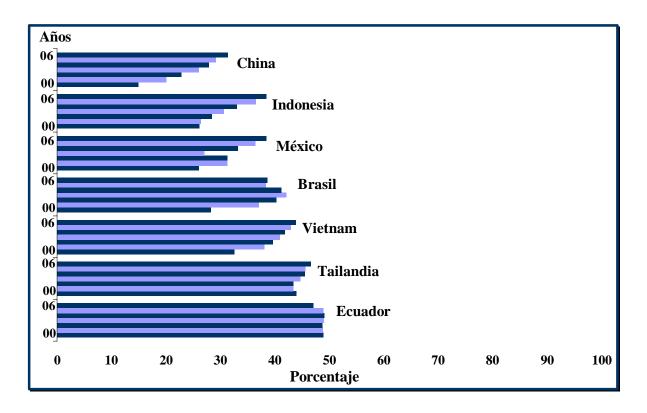


Figura 13. Aportación del camarón de cultivo en la producción total de camarón (%) en los países principales 2000-2006. (Elaborada con información estadística de la base de datos del Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO).

II.2.3. El efecto multiplicador de la camaronícultura en las comunidades rurales

Sin duda, la acuicultura ha permitido la creación de abundancia en muchos países en vías de desarrollo. El crecimiento de la camaronicultura en la última década, se ha acreditado como un estimulo para el desarrollo de las comunidades rurales. Esto ha ocurrido principalmente en países donde su modo de producción es mixto, es decir, donde existen parques acuícolas en el que se mezclan las cooperativas y la propiedad privada limitada, como en Hungría,

Croacia, Eslovaquia y Polonia, o como el caso mexicano con la camaronicultura. En las comunidades rurales donde predominan las cooperativas (sector social), los residentes del área aprovechan los empleos directos que se producen en la actividad acuícola. Esto provoca una mayor actividad económica mediante la creación de empleos indirectos, al establecerse servicios como el comercio local (FAO/NACEE, 2006). Este desarrollo de la acuicultura inyecta liquidez a la región, pues los salarios de los trabajadores locales se convierten en parte de la economía. Lo anterior promueve la circulación de bienes y servicios en las localidades cercanas a los parques acuícolas. Esta inversión local es un estimulante para que el gobierno reconozca la importancia del sitio y proporcione la infraestructura básica como caminos, puentes, electricidad y agua potable.

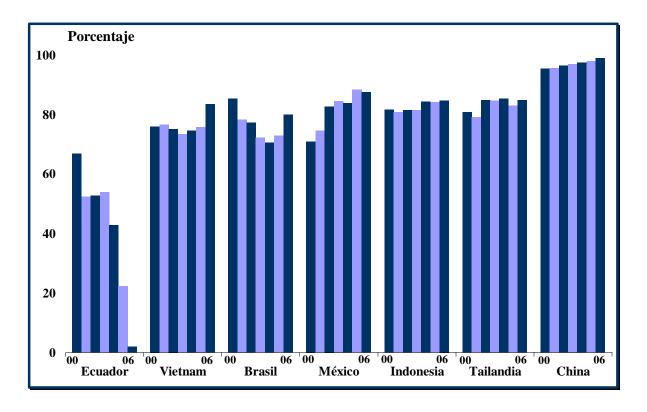


Figura 14. Porcentaje del consumo interno respecto a la producción total de camarón (cultivo más captura) en los países principales 2000-2006. (Elaborada con información estadística de la base de datos del Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO).

II.2.4. Los empleos generados por la acuicultura en el mundo

La mayoría de los acuicultores se encuentran en los países en vías de desarrollo, principalmente en Asia. En 2004, los empleos en la acuicultura representaron la cuarta parte del total de los empleos generados por la pesca (FAO, 2007a). Esta cifra sólo es indicativa, pues actualmente son pocos los países que tienen un desglose de los empleos generados en los dos sectores (pesca y acuicultura) (Cuadro IV). Existen actualmente datos nacionales de países que no toman en cuenta el sector acuícola. China es el mayor productor acuícola. La cifra oficial de empleos que registró la FAO en 2004 para este sector en China, fue de 4.5 millones misma que representa un aumento del 158% con respecto a la cifra de 1990 (FAO, 2006b). Otros países que contaban con un gran número de empleos en el sector acuícola en 2004 eran Indonesia y Vietnam. Los empleos generados por el sector acuícola han aumentado, mientras que en el sector pesquero están disminuyendo, en este sector en 2003 había ~30.6 millones y para 2004 está cifra disminuyó a ~30.1 millones en el mundo (FAO, 2007a).

Cuadro IV. Empleos del sector acuícola en el mundo (números en miles de empleos). (Elaboración propia con información del Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO).

Región*	1990	1995	2000	2003	2004
África	3	14	83	117	117
América del Norte y Central	3	6	75	62	64
América del Sur	66	213	194	193	194
Asia	3 738	5 986	8 374	10 155	10 837
Europa	20	27	30	68	73
Oceanía	1	1	5	5	4
Mundo	3 831	6 247	8 761	10 600	11 289

^{*} Solo un pequeño grupo de países declaró datos para 1990 y 1995 en el sector acuícola, por lo tanto los datos no pueden ser comparados con los de los años siguientes.

II.2.5. Los empleos del sector acuícola en América Latina y el Caribe

En 2003 el sector acuícola en Latinoamérica tenía 271,832 empleos directos. Los empleos de profesionales (licenciaturas, ingenierías, maestrías y doctorados) representaron el 4.1% y los de los técnicos medios 0.3%. Los empleos administrativos equivalieron al 0.6%. El personal permanente operativo de campo representó el 76.5%. Los empleos eventuales operativos de

campo el 8.6%. Auto-empleados (productores en pequeña escala, propietarios) el 6.2%. Los pescadores lacustres 2%, y los empleados de empresas conexas (laboratorios, industria de alimentos balanceados, etcétera) fueron el 1.7% del total contabilizado (Cuadro V). Es difícil calcular con exactitud los empleos indirectos pero posiblemente eleven el total a más de medio millón (FAO, 2005). Tomando en cuenta el género, el 75% de los empleados fueron hombres y el resto mujeres.

Cuadro V. Tipos y número de empleos de la acuicultura en América Latina y el Caribe 2003. (Elaboración propia con información del Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO (2005)).

Tipo de empleo	2003
Grado Universitario	11 061
Nivel medio Universitario	911
Directores, Administrativos, Celadores	12
Operativo de Campo (permanente)	207 832
Operativo de Campo (eventuales)	23 374
Auto-empleados (propietarios)	16 941
Pescadores artesanales (lacustres)	5 363
Empresas conexas (laboratorios, plantas)	4 648
Total	271 832

II.2.6. Los empleos de la camaronicultura en México

En México la acuicultura al igual que la pesca ha sido considerada como un sector clave, pues es parte esencial del quehacer económico y social del país. Se reconoce que la acuicultura en México representa una alternativa real para ampliar la oferta alimentaría, generar divisas y crear fuentes permanentes de empleo, convirtiéndose en un incentivo para el desarrollo regional (Montero, 2003). Los últimos datos generados sobre el sector acuícola en México son del año 2003. En 2003 existían 19,558 personas dedicadas a la acuicultura, de las cuales 11,984 estaban empleadas en sistemas controlados del cultivo de camarón (Cuadro VI). Los datos muestran la participación de la mujer en este sector, principalmente en los empleos administrativos donde representaron el 33% (INEGI, 2004).

II.2.6.1. Los empleos generados por la camaronícultura en el noroeste de México

Desde finales de los ochentas, se ha discutido sobre los impactos sociales de la camaronicultura en la región del Golfo de California, principalmente en Sonora y Sinaloa.

Cuadro VI. Empleos de la camaronicultura en México 2003. (Elaboración propia con información del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática).

Tipo de empleo	Hombres	Mujeres	Total
Camaronicultores (general)	4 163	178	4 341
Técnicos	941	45	986
Personal de Apoyo	1 145	42	1 187
Administrativos	367	187	554
Propietarios (incluye a familiares)	3 116	380	3 496
Personal no dependiente de la razón social	1 258	162	1 420
Total	10 990	994	11 984

Estos impactos varían dependiendo del sistema de cultivo y la eficiencia y eficacia de los gobiernos para desarrollar políticas públicas que permiten regular el desarrollo de esta actividad (DeWalt *et al.*, 1998). En esta región, la mayoría de los sectores (granjeros, pescadores, gerentes de bancos, gobiernos federal y estatal, y municipalidades locales) están de acuerdo en que la camaronicultura es uno de los pocos desarrollos económicos positivos que se han creado en las zonas costeras (DeWalt, 2000). Esto se comprueba al comparar la acuicultura de camarón con la agricultura de la región, pues las caídas de los precios de los productos agrícolas son cada vez más frecuentes. La sequía, ha sido un enemigo para la agricultura y la ganadería. Por otra parte, en la actividad camaronícola se ha dado la creación de empleos directos e indirectos, con derrama económica tanto del sector privado como del cooperativa/ejido. Además, en los últimos años, ha sido notorio un efecto multiplicador, con la creación de empresas e industrias nuevas que complementan la camaronicultura.

Existe una dificultad para poder calcular con exactitud los empleos directos que genera la actividad acuícola. Lo anterior se debe a que la mayoría de estos empleos son temporales y se reducen únicamente a la temporada de cosecha. Por ejemplo, Sonora que es el principal estado productor de camarón en la actualidad, sólo tiene un ciclo de producción al año. Lo

que es importante mencionar es la expansión de esta actividad pues la construcción de las granjas, así como su mantenimiento y las inversiones en infraestructuras hidráulicas, ha creado muchos empleos. También se han creado empleos en los laboratorios, industria de alimentos balanceados para el camarón, transportación, etcétera.

II.2.6.2. Las remuneraciones de los empleos en el sector camaronicola

Se puede generalizar que los empleos de la industria camaronicola son mejor remunerados que los de la agricultura. Por ejemplo, a los trabajadores asalariados se les paga alrededor del triple del salario mínimo actual en los parques acuícolas del sur de Sonora. Es importante mencionar que estos trabajadores cuentan con prestaciones de ley como el IMSS, un plan de jubilación, INFONAVIT, póliza de seguro, aguinaldo de un mes y prestamos personales. Los trabajadores que están en las granjas tienen hospedaje y alimentación gratis. Estas prestaciones varían de un parque a otro pues dependen del sector que proviene. Éste puede ser privado o social. El privado se caracteriza por dar mejores incentivos a sus trabajadores. Por ejemplo, una granja privada en Sinaloa (Ahome Acuícola) les pagaba a sus trabajadores un mes adicional de aguinaldo si las tasas de supervivencia de post-larvas superaban el 50%.

II.2.6.3. Los empleos de la camaronícultura en Sonora

Actualmente la camaronicultura en Sonora es la actividad con mayor proyección de crecimiento originado principalmente por el incremento en la productividad. Lo anterior ha colocado a Sonora como el estado con los rendimientos por hectárea cultivada más altos. Su orientación predominante social en el sur del estado es un ejemplo de viabilidad económica de empresas campesinas (cooperativa/ejido). En 2004 existían 64 granjas privadas y 50 del sector social en la camaronicultura sonorense.

Existen formas de calcular el número de empleos permanentes operativos de campo en las granjas. Estos cálculos varían de una granja a otra dependiendo del sector a la que pertenece. El Gobierno de Sonora utiliza un factor que es multiplicado por el número de hectáreas cultivadas para obtener el número de empleos de la granja. Este factor es un cálculo aproximado del promedio de las personas necesarias para cultivar una hectárea. En los parques acuícolas del sur de Sonora, caracterizados por perteneces al sector social, como El

Tóbari, La Atanasia y Los Mélagos, el factor de conversión es cuatro empleos permanentes por cada 20 hectáreas cultivadas (4/20 = 0.2 personas hectárea⁻¹) (J.A. Cruz, Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, comunicación personal). Estos empleos según el estudio de la FAO en América Latina representan el 77% de los empleos totales en la camaronicultura.

Los empleos permanentes de la camaronicola en Sonora se han mantenido a una tasa de crecimiento promedio del 5.7% en el periodo 2003-2007. El aumento mas importante en cuanto a empleos permanentes de campo se dio de 2004 a 2005 (Fig. 15). El 2005 es el año que ha presentado mayor número de empleos. Según el estudio de la FAO (2005) sobre la acuicultura en América Latina los empleos permanentes de campo representan el 77% del total en este sector. Por lo que en 2007 el número de empleos totales en Sonora ascendió a 4,730 al tomar en cuenta los empleos administrativos y conexos.

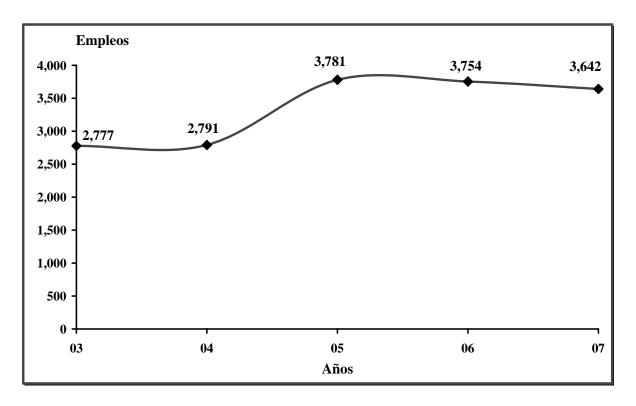


Figura 15. Empleos permanentes operativos de campo estimados para la camaronicultura de Sonora para 2003-2007 de acuerdo al factor de ponderación y las hectáreas cultivadas. (Elaborada con base en información proporcionada por el Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Sonora).

52

²⁴ Calculado con información proporcionada por el Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Sonora.

II.2.6.4. Los empleos en el parque acuícola Los Mélagos

La tasa de crecimiento promedio de los empleos del sector camaronícola en el parque acuícola Los Mélagos fue de 10.4% para el período 2003 - 2007. El 2005 fue muy particular, pues ha sido el año con más empleos permanentes de campo en el parque con 443 (Fig. 16). Sin embargo, también fue el año con la más baja producción del parque acuícola, con 1,844.11 toneladas y el más bajo rendimiento 0.83 dentro del periodo 2003-2007. Si tomamos en cuenta que estos empleos representan el 77% del total, en 2007 el número de empleos generados por el parque ascendió a 530 empleos, al tomar en cuenta los administrativos y conexos.

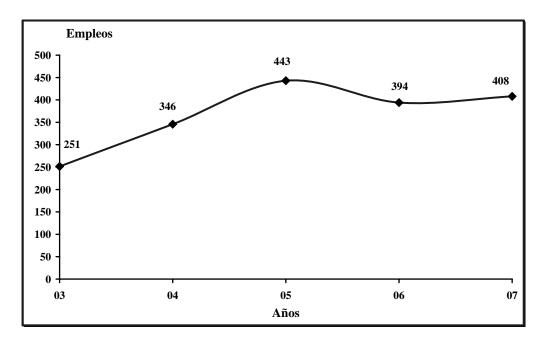


Figura 16. Empleos permanentes operativos de campo estimados para el parque acuícola Los Mélagos en 2003-2007, de acuerdo al factor de ponderación y las hectáreas cultivadas. (Elaborada con base en información proporcionada por el Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Sonora).

Por otra parte las condiciones laborales de cada granja en el parque acuícola Los Mélagos son muy particulares. La mayoría de las granjas en este parque se caracterizan por tener jornadas largas de doce horas y su ciclo de operación es de siete a ocho meses. Existe una diferencia entre las granjas sociales y las privadas en cuanto a condiciones de higiene y comodidad para el personal que labora. Los del sector privado se caracterizan por tener

-

²⁵ Calculado con información proporcionada por el Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Sonora.

dormitorios y comedores aceptables. Es natural que estas condiciones influyen en la calidad y desempeño de los trabajadores del parque acuícola (DICTUS, 2004b).

II.2.6.5. La situación socioeconómica del campo pesquero Los Mélagos

El poblado pesquero Los Mélagos es un asentamiento rural costero ubicado a un lado de la boca del estero del mismo nombre perteneciente al municipio de San Ignacio Río Muerto. La principal actividad es la pesca. Las condiciones de escasa disponibilidad de agua dulce y la salinidad alta característica de estas llanuras costeras, imposibilitan el desarrollo de la agricultura. Este poblado cuenta con ~25 personas como población fija. No existen niños, sólo personas adultas (hombres y mujeres). Aproximadamente dieciséis de ellos son los responsables de realizar las actividades de captura de especies marinas de interés comercial. Entre septiembre y octubre (la época de captura del camarón) llegan al poblado alrededor de 600 personas que representan entre 30 y 40 familias. Su principal actividad es la captura de camarón silvestre, así como también la preparación del producto final. Las mujeres son las encargadas de descabezar el camarón. Estas familias son originarias de comunidades cercanas pertenecientes al municipio de San Ignacio Río Muerto (DICTUS, 2004b).

El resultado de una encuesta realizada por el DICTUS (2004b) a los pescadores del poblado Los Mélagos mostró que utilizan entre seis y ocho pangas para realizar la pesca. En cada panga se necesitan tres pescadores. Cada pescador gana entre 600 y 700 pesos libres después de cubrir los costos de combustible y mantenimiento del equipo. Los pescadores son conscientes del tiempo muerto, pero lo asumen como una compensación al alto riesgo que implica esta actividad. También manifestaron que prefieren continuar con su actividad que dedicarse a otros empleos. Consideran que existe una mayor pobreza en el sector agrícola.

Las granjas camaronícolas del parque Los Mélagos afectan a estos pescadores debido a que su actividad cambia los patrones hidrológicos del estero, lo que ha originado impactos en el manglar y por consiguiente una disminución en las especies de interés comercial que se crían dentro del estero. Desde principios de 2000, el sistema lagunar Los Mélagos-Nalga de Hule ha sufrido problemas de azolvamiento y cambios hidrológicos debido a la construcción de canales para la operación del parque acuícola Los Mélagos. Según los pescadores, estos

problemas han originado una disminución de sus capturas. Este argumento se fundamenta, en que la calidad del agua y la disponibilidad de especies de interés comercial aumentan en los meses cuando no operan las granjas.

Los pescadores reconocen la importancia de la camaronícultura en la región, pero demandan que los beneficios obtenidos por el parque no deberían reducir los que se generan en el campo pesquero. Al mejorar el estero y recuperar sus funciones ecológicas, idealmente estas serán traducidas en servicios ambientales, que beneficiarán a los pescadores.

II.3. Contexto ambiental de la camaronícultura y el manglar

Las consecuencias del desarrollo de la acuicultura en el medio ambiente han sido notorias, principalmente donde se han dado conflictos entre usuarios. Por el contrario, los ejemplos donde la acuicultura contribuye de manera positiva al ambiente, o donde puede fungir como reductor de impactos ambientales, son pocos. Existen sistemas en la acuicultura que contribuyen a la rehabilitación ambiental. Los más conocidos son los sistemas de cultivo integrados. El hecho de que la acuicultura costera puede contribuir a mejorar el ambiente, y simultáneamente mejorar la región en aspectos socioeconómicos, es poco conocido. Por ejemplo en las costas de China algunos cultivos extractivos de algas marinas y de moluscos han aumentado su productividad al desarrollarse de manera complementaria en las áreas donde se ubican granjas camaronícolas (Baliao y Tookwinas, 2002).

Los moluscos y algas limpian el exceso de materiales orgánicos de las aguas costeras provenientes de las descargas de las granjas de camarón (Neori *et al.*, 2004). Otro ejemplo es el sistema mixto de mangle (áreas de manglar y granjas acuícolas) implantado en Indonesia y Vietnam que ayudan a restaurar el hábitat del mangle. Este sistema no sólo ha procurado que las prácticas de la camaronícultura sean respetuosas con los ecosistemas de manglar, sino también han promovido la replantación y restauración de los mismos en las áreas de los pantanos donde las granjas construyeron los canales de abastecimiento de agua. También comienza a ser un requisito tratar los efluentes de las granjas que van directo a las áreas de manglar (Hecht, 2006).

II.3.1. Acciones encaminadas a proteger el manglar

Se ha demostrado que el área del manglar no es apta para el cultivo semi-intensivo e intensivo de camarón, por lo que las nuevas granjas buscan áreas detrás de las zonas intermareales, donde no hay manglar. La mayoría de los países que se dedican al camarón de cultivo están intentando ejecutar la resolución VIII.32 de RAMSAR para la conservación, gestión integral y el uso sostenible de los recursos provenientes del ecosistema de manglar (RAMSAR, 2002). Su finalidad es proteger en todo el mundo los ecosistemas de manglar frágiles. El uso de los manglares para el desarrollo de la acuicultura es una práctica histórica. En Asia suroriental, particularmente Indonesia y Filipinas, la cría de pescado tiene una larga tradición, el área del mangle era considerada un sitio ideal para los estanques de pescados de agua salada, ya que por la elevación baja del área de estas tierras eran inundadas de manera natural durante la marea alta. En los 1970s la destrucción del manglar era común en el mundo. Lo anterior se debía a que los manglares eran considerados generalmente como terrenos con poco valor intrínseco por lo que su destrucción fue alentada por los propios gobiernos. Pero en la década de los años 1980s, dado que el desarrollo de la actividad camaronicola tomaba importancia, el tema de la destrucción del manglar también lo hacia. Este discurso mundial que comenzaba a finales de los 1980s parece coincidir con los desarrollos de parques acuícolas en el hemisferio occidental, en especial en América Latina. Aunque como se mencionó anteriormente, en Asia se perdieron extensiones de manglar por el cultivo de pescado de manera extensiva (FAO, 2006a). Actualmente en el mundo, principalmente en Asia, se han comenzado a replantar y restaurar ecosistemas de manglar con acciones paralelas encaminadas a que la acuicultura, especialmente el cultivo de camarón, no causen daño a los ecosistemas de manglar (SEAFDEC, 2006).

En un inicio en América Latina el cultivo de camarón afectó áreas de manglar en Colombia, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, Ecuador y Brasil. Actualmente es posible ver una recuperación del mangle debido a la implantación de leyes y normas encaminadas a su protección. Algunas iniciativas importantes que han ayudado a mejorar la relación entre la camaronicultura y los manglares es la adopción de mejores prácticas de gestión en el cultivo de camarón. Un ejemplo son los "Principios Internacionales para el Cultivo Responsable del

Camarón" y el desarrollo de inventarios y atlas que proporcionan información para el manejo y uso de los ecosistemas de manglar como en Brasil y México.

III.3.2. El Sistema de Toma de Agua Directa del Océano (STADO)

En la década de los noventas, en Tailandia, se identificó la degradación ambiental de las zonas costeras debido al cultivo de camarón. La degradación y destrucción de manglar fue originado principalmente por el bombeo excesivo del agua de los sistemas estuarinos, ocasionando un impacto adverso sobre la calidad del agua. Esto a su vez originó enfermedades del camarón bajo cultivo y ocasionó una caída en la producción (Chuaduangpui e Ikejima, 2005). La industria camaronícola es muy importante en Tailandia, pues es una actividad exportadora, creadora de divisas, e ingresos y empleos en las zonas rurales. Por lo tanto una disminución en su producción afectó a la economía nacional (Smith, 1999).

En respuesta a esto, el Departamento de Industrias Pesqueras de Tailandia (DOF, por sus siglas en inglés) desarrolló proyectos para resolver el problema de calidad del agua (Tookwinas y Yingcharoen, 1999). Una de las soluciones principales fue el *Seawater Irrigation System* (SWIS). Éste se implantó en los distritos de Hua Sai y Ranot, donde los acuicultores (sector social) actualmente bombean el agua directamente del mar y no de los esteros. El SWIS, ha sido combinado con un plan de gestión de bombeo de agua que les ha permitido reducir sus costos y mejorar su producción (Chuaduangpui e Ikejima, 2005). Sistemas similares han sido implantado en la costa noroeste de México, para solucionar el problema de la calidad del agua en dos parques camaronícolas (sociales). El "Sistema de Toma de Agua Directa del Océano" (STADO)²⁶ esta siendo utilizado en los parques acuicolas Los Mélagos y La Atanasia en el sur de Sonora (COSAES, 2007), así como en la mayoría de los parques acuícolas existentes en el norte (privado) como el de Kino Acuicultores y Parque Acuícola Selecta, en los cuales el manglar está ausente (J.A. Cruz, Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, comunicación personal).

_

²⁶ Nombre del *Seawater Irrigation System* en español.

En el parque acuícola Los Mélagos, el STADO está compuesto por una escollera. El espigón norte tiene una longitud de 259 m y el sur tiene 321 m. La distancia entre cada espigón es de 100 m en la base de la playa y de 39 m en la boca de la escollera hacia mar adentro. El cálculo estimado del ingreso de agua de mar es 153 m³ s⁻¹ (DICTUS, 2004a). La función de la escollera es evitar que el canal, que comienza en la base de la misma, se azolve por acarreo litoral de arena por el oleaje y las corrientes de marea. El bombeo de agua de mar hacia los estanques de cultivo se realiza desde el sistema de cárcamo ubicado a 5,220 m de la escollera.

II.3.3. Distribución de los manglares en el mundo

Generalmente los manglares se encuentran distribuidos a lo largo de los litorales de las regiones tropicales y subtropicales, entre los 25° N y 25° S. Existen excepciones donde los manglares se encuentran muy al norte como el caso de Japón o muy al sur como en Nueva Zelanda. Las condiciones ambientales particulares de cada región como corrientes cálidas del mar, ó corrientes heladas, la salinidad y la acción del oleaje determinan la aparición de manglares más allá de las latitudes mencionadas (FAO, 1997). En el caso de las costas de Sonora y Sinaloa se tienen corrientes marinas heladas (de norte a sur) de diciembre a junio, y corrientes calientes de julio a noviembre (de sur a norte). Por ello, los manglares de Sonora no son muy desarrollados como los que se encuentran en Nayarit, por ejemplo. Los manglares son de aguas cálidas (>20 °C) ó donde en una fracción del año se tienen aguas cálidas.

La ubicación del manglar se puede dividir en dos grandes áreas. La primera es la región Indo-Pacífico y la segunda la de África occidental y región Americana. Existen cinco requisitos básicos para el desarrollo extensivo de manglares estos son: temperatura tropical, depósito aluvial de grano fino, acción reducida del oleaje y las mareas, agua salada (por lo menos salobre) y alcance extenso de las mareas (Walsh, 1874 citado por FAO, 2007b). Actualmente existen autores que han dividido los manglares del mundo en dos grupos. El de las marismas de manglar del viejo mundo llamado anteriormente región Indo-Pacífico y las marismas de manglar del nuevo mundo y África occidental (FAO, 1997).

Cabe mencionar que los manglares del viejo mundo son considerados más importantes debido a su diversidad al existir más de 40 especies, comparados con los del segundo grupo con solo 10 especies identificadas. En el mundo se conocen 54 especies de manglar en total, distribuidas en 20 géneros y pertenecientes a 16 familias (Tomlinson, 1986).

Según estimaciones del Departamento Forestal de la FAO, para 2005 existían 15.2 millones de hectáreas de manglar en el mundo, 3.5 millones menos que la estimación realizada en los 1980s. Según esta estimación el área más extensa de manglar se encuentra en Asia, con 5.8 millones, seguida por África con 3.1 millones. América del Norte y Central tienen el tercer puesto con 2.3 millones. La cuarta posición es de América del Sur y Oceanía con 2 millones de hectáreas aproximadamente para cada región (Fig.17). Al analizar la cobertura de manglar por país es visible que cinco países, de diferentes regiones, tienen el 48% del área total mundial (Indonesia, Australia, Brasil, Nigeria y México, en orden de importancia). El 65% del área está en 10 países, y el 35% restante se ubica en 114 países, de los cuales 60 tienen menos de 10 mil hectáreas cada uno (Fig. 18). Regionalmente, Asia sufrió las pérdidas netas más grandes de manglar de 1980 a 2005, con más de 1.9 millones de hectáreas. La pérdida se debió principalmente a los cambios de uso de suelo entre 1980 y 1990. Las regiones de África y América Norte y Central también contribuyeron en la pérdida de estos ecosistemas en el periodo 1980-2005, con 690 mil y 510 mil hectáreas, respectivamente.

II.3.4. Distribución de los manglares en México

El estudio realizado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) sobre la distribución de manglares en México fue publicado en 2008. El intervalo de los datos (imágenes satelitales) fue del 24 de diciembre de 2003 al 27 de marzo de 2007.

El análisis dividió a México en 5 regiones donde se distribuyen los manglares en las franjas costeras: 1) Pacífico Norte, 2) Pacífico Centro, 3) Pacífico Sur, 4) Golfo de México y 5) Península de Yucatán (Fig. 19). Los tipos de manglar dominante, su estructura y la función ecosistémica son diferentes en cada región. Lo anterior se debe al tipo de cuenca hidrológica, a la extensión de la planicie costera, las precipitaciones pluviales, temperaturas, entre otros

factores (CONABIO, 2008). El estudio estimó que la superficie de manglar en México era de 655, 698 hectáreas. Los manglares se encontraron en los 17 estados con litoral. La mayor superficie de manglar se encontró en Campeche con 29.9%. Lo siguen Yucatán, Sinaloa y Nayarit con 12.2%, 10.8% y 10.2%, respectivamente. Los estados con menor superficie de manglar fueron Colima, Tamaulipas y Baja California (Cuadro VII).

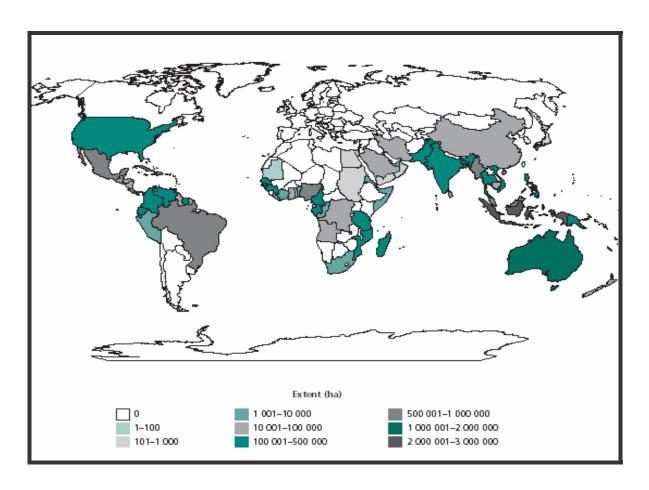


Figura 17. Distribución del área de manglar en el mundo, en 2005 (Tomada de *The world's mangroves* 1980-2005, FAO (2007b)).

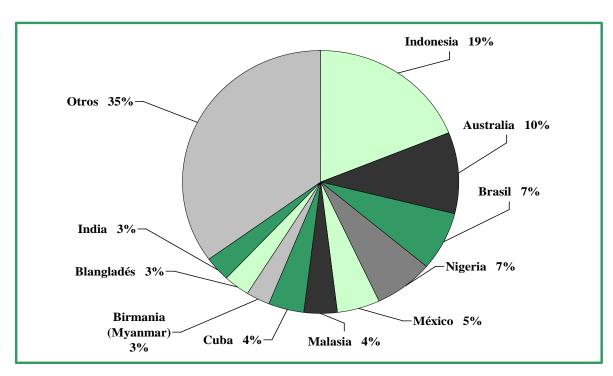


Figura 18. Porcentaje del manglar en el mundo por país, en 2005. (Elaborada con información de *The world's mangroves* 1980-2005, FAO (2007b)).



Figura 19. Distribución del área de manglar en México por región en 2007. (Tomada del Inventario de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad).

Cuadro VII. Superficie de cobertura de manglar en México en 2007. (Datos tomados del Inventario de manglares de CONABIO, 2008).

Región	Estado	Superficie a escala 1:50 000 (Ha)
	Baja California	28
	Baja California Sur	24 327
Pacífico Norte	Sinaloa	71 225
	Sonora	9 353
	Nayarit	66 977
	Jalisco	2 023
Pacífico Centro	Colima	3 192
	Michoacán	1 500
	Guerrero	8 093
Pacífico Sur	Oaxaca	15 718
	Chiapas	39 707
	Tamaulipas	2 410
Golfo de México	Veracruz	34 089
	Tabasco	35 191
	Campeche	196 552
Península de Yucatán	Quintana Roo	64 755
	Yucatán	80 528
Total		655 698

La diferencia entre el dato que manejó el estudio de la FAO de la distribución de manglar en el mundo en 2005, posiciona a México como el quinto lugar en cobertura con 882,032 hectáreas. Sin embargo, la última estimación de la CONABIO arrojó que se cuenta con 655, 698 hectáreas es decir 226,334 hectáreas menos. Esta estimación no afecta la posición de México como quinto lugar en el mundo, pues el sexto lugar lo ocupa Malasia con 564,971 hectáreas de manglar. Sin embargo algunos posicionan a México en el sexto tomando una superficie de ~4,000 km² equivalente a 652,500 hectáreas (Domínguez *et al.*, 2007).

II.3.5. Los Manglares en Sonora

El inventario nacional de manglares de CONABIO 2008 reportó una superficie de cobertura de manglar de 9,353 hectáreas. Según Estrada (2006) en Sonora existen 23 cuerpos de agua costeros, de los cuales 22 cuentan con manglar (Cuadro VIII). Este autor, utilizó imágenes satelitales de baja a media resolución, Landsat del año 2003. La estimación fue de 10,109 hectáreas de manglar, distribuidos en la franja costera. La diferencia fue de 756 hectáreas. Según el autor, ésta puede deberse a que la estimación de CONABIO dejó fuera el manglar terrestre, existente en cuerpos de agua costeros como el El Cardonal, Tastiota, Estero San José, entre otros.

II.3.5.1. Los Manglares en el Estero Los Mélagos-Nalga de Hule

El estero se caracteriza por ser una laguna con boca permanente y no cuenta con entrada continua de agua dulce, debido al re-encauzamiento del Río Yaqui. Estrada (2006) reportó cuatro estimaciones para el sistema Lagunar Los Mélagos-Nalga de Hule. La primera se realizó con una imagen LandSat del año 1992, con una resolución de 60 metros de tamaño de pixel, la cobertura de manglar obtenida fue de 437 hectáreas. La segunda estimación se llevó a cabo mediante una imagen de satélite LandSat de 2000, con una resolución de 15 m de tamaño de píxel, la cobertura fue de 415 hectáreas. La tercera estimación fue realizada mediante una imagen satelital Ikonos con una resolución de un metro de tamaño de pixel, está imagen permitió tener un dato más exacto, al poder diferenciar entre los tipos de manglar, el resultado fue de 361 hectáreas de manglar, de los cuales 348 eran de mangle negro y 13 de mangle rojo. La última estimación se llevó acabo con una imagen satelital LandSat de 2003 con resolución de 15 m de tamaño de pixel. La cobertura de manglar que se obtuvo fue de 427 hectáreas.

Para poder caracterizar mejor las condiciones del estero Los Mélagos-Nalga de Hule es necesario tener presente el Dren Principal Colector Número 3, que descarga sus aguas residuales a un lado de éste. El contenido orgánico (aguas negras de poblaciones), residuos industriales (de la zona de Ciudad Obregón) y los antibióticos del parque acuícola Los Mélagos pueden afectar la estructura base del ecosistema a un nivel menos visible que la degradación del manglar. Es comprobable que los residuos de medicamentos empleados en la

acuicultura, pueden afectar la composición de los tapetes microbianos bentónicos (Páez-Osuna, 2003). Esto afecta a los elementos ambientales que sostienen la productividad primaria.

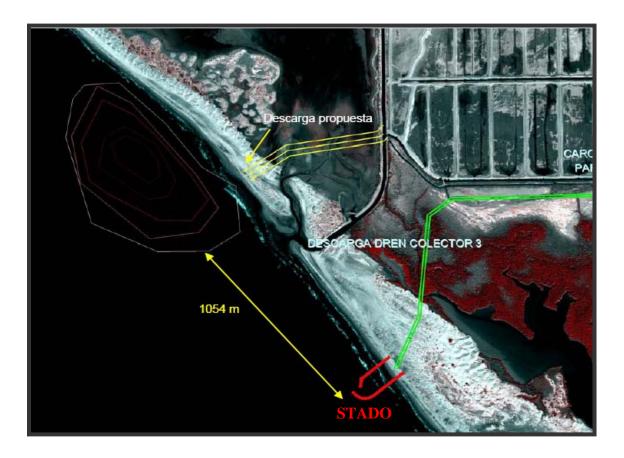


Figura 20. Imagen de la simulación de la distancia de la lengüeta de dispersión de las descargas del Dren Colector Número 3 con el STADO en Verano. (Tomada del Estudio del DICTUS, 2004).

El DICTUS (2004b) también recomendó la reubicación de este dren 760 metros al norte de su ubicación actual, por su cercanía (810 m) con el sistema lagunar y con el la entrada de agua del STADO planeado. En caso de que el dren no se reubicara, la distancia entre la lengüeta de dispersión de aguas residuales y el sistema de toma sería de 358 m en verano. Al reubicar el dren, la distancia de la lengüeta de dispersión de aguas residuales al STADO sería 1054 m en verano (Fig. 20) y 796 m en invierno. La finalidad de esta propuesta de reubicación fue, el reducir el riesgo de que la lengüeta de dispersión alcanzara la entrada de agua del STADO y ocasionara problemas de sanidad en las granjas. También, se evitaría la invasión de aguas

residuales al interior de la cabeza noroeste del sistema lagunar Los Mélagos-Nalga de Hule. A su vez esto permitiría contar con un bordo de contención, que podría dirigir de una forma más segura los escurrimientos pluviales hacia el mar abierto.

Cuadro VIII. Superficie de cobertura de manglar en Sonora, LandSat 2003. (Datos tomados de Estrada, 2006).

	Nombre del cuerpo de agua	Datos de LandSat Hectáreas en 2003
1	Estero La cruz	472.6
2	Estero El Cardonal	46.7
3	Estero Tastiota	20.5
4	Bahía de Guásimas-Estero Ciego-Río Muerto y Tortuga	1 183.8
5	Estero Las Cruces	578.6
6	Estero el Tecolote	125.7
7	Estero Los Algodones	370.6
8	Boca del Río Yaqui-Estero Santo Domingo-Camapochi	482.6
9	Estero Siuti	149.4
10	Estero Baira	63.9
11	Estero Las Palomas	38.1
12	Estero La Luna	620.0
13	Bahía de Lobos	2 578.8
14	Estero Mélagos-Nalga de Hule	427.0
15	Estero Santo Domingo	845.0
16	Estero San José	73.0
17	Bahía El Tobari	923.5
18	Estero Rillito	8.0
19	Estero El Elote	178.6
20	Laguna Etchoropo	0
21	Sistema Estero Huatabampito-Laguna	4.1
22	Tecucuri-Estero Santa Bárbara, Sistema Moroncarit-Yávaros	483.6
23	Estero Agiabampo	435.3
	Total	10 109.4

CAPÍTULO III

MÉTODOS Y MATERIALES

III.1. Área de estudio

El parque acuícola Los Mélagos se encuentra ubicado en la región costera del Municipio de San Ignacio Río Muerto (Fig. 14). Los poblados más cercanos al lugar son Ciudad Obregón, Pueblo Yaqui, San Ignacio Río Muerto, Bacum, Vicam y Lobos. El parque limita al sur con el sistema estuarino Los Mélagos-Nalga de Hule y el Estero Santo Domingo.

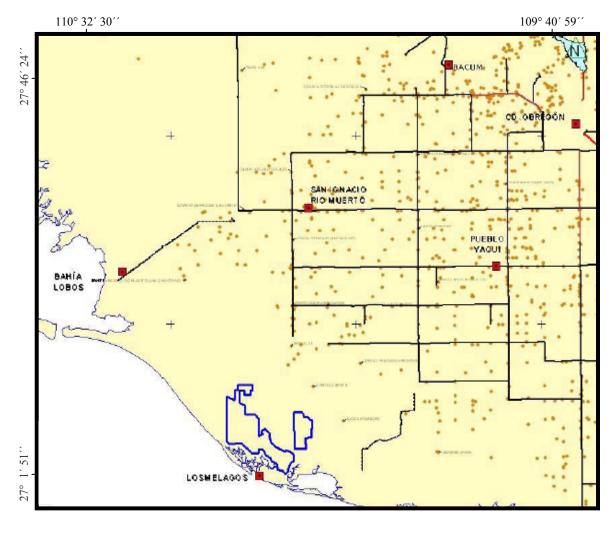


Figura 21. Plano de ubicación del parque acuícola Los Mélagos y localidades cercanas. Tomada del Estudio integral para la planificación y desarrollo de la camaronicultura en la franja costera sur del estado de Sonora. Elaborado por el DICTUS en 2001.

III.1.1. Vías de comunicación al parque acuícola Los Mélagos

En la región existe una red de carreteras, las cuales en su mayoría son estatales, de dos carriles, parcialmente pavimentadas aunque mayormente con terracería. Éstas comunican a las localidades con los campos agrícolas del Valle del Yaqui. El acceso al parque acuícola Los Mélagos es a través de la carretera federal de cuatro carriles, la cual es de cuota y comunica a las ciudades de Guaymas y Obregón. El desarrollo de carreteras en la región agrícola del Valle del Yaqui se limita a caminos de terracerías que comunican a los poblados y localidades de menor tamaño poblacional y a la región costera.

III.1.2. Clima

El efecto del Pacífico sobre el clima del golfo de California es reducido grandemente por una cadena de montañas casi ininterrumpida, de 1 a 3 kilómetros de alto, en Baja California. Por lo anterior el clima del golfo es más continental que oceánico (Álvarez-Borrego, 2008). Es por ello que el clima de la zona sur de Sonora se caracteriza por ser cálido, que van desde regiones semi-áridas a muy áridas. El clima de la región donde se ubica el parque acuícola Los Mélagos se define como muy árido, cálido y con lluvias en verano. La temperatura registrada en la región va desde 38 a 44 °C en verano (DICTUS, 2001).

III.1.3. Fisiográfia

El parque acuícola Los Mélagos se encuentra comprendido fisiográficamente entre la provincia de Sierras Sepultadas, la subprovincia del Desierto de Sonora y la de los Deltas de la Costa (Raisz, 1964, citado por DICTUS, 2004a). La subprovincia fisiográfica del Desierto de Sonora colinda al este con la provincia Sierra Madre Occidental, al oeste con el Golfo de California, al norte con Estados Unidos de Norteamérica y al sur con la Subprovincia de los Deltas de la Costa. Esta subprovincia se caracteriza en que sus valles son cuencas rellenas de material detrítico. Así mismo, sus sierras son elevaciones de macizos rocosos paralelos entre sí. Estas elevaciones rocosas alcanzan alturas de 1,500 metros sobre el nivel del mar. Por lo general, estas elevaciones rocosas se encuentran extendidas con una orientación N-NW²⁶ (DICTUS, 2004a). La Subprovincia de los Deltas de la Costa es una extensa planicie con pendiente hacia el oeste, interrumpida por cerros y sierras aisladas con alturas hasta de 300 metros sobre el nivel del mar. En la franja costera existen barras, islas arenosas, bahías y

²⁶ Rumbo colateral Nortenoroeste según la Rosa de los Vientos.

esteros (DICTUS, 2001). Dada las características descritas anteriormente, la región está representada por llanuras de tres tipos generales: llanuras costeras, llanuras deltáicas y deltáicas salinas. La mayor parte de esta región está constituida por una llanura deltáica. ²⁷ La salinidad de la zona sur tiene un gradiente con los valores aumentando hacia la costa. Por lo que la llanura deltáica costera salina está presente en toda la franja de la región donde se ubica el parque camaronícola Los Mélagos.

III.1.4. Geología

Las rocas de la región tienen edades que varían desde el Precámbrico²⁸ hasta el Holoceno²⁹. El Precámbrico está representado por dos conjuntos de rocas bien definidas. Un conjunto antiguo constituido de rocas metamórficas derivadas de rocas ígneas y sedimentarias, y un conjunto más reciente compuesto de una secuencia sedimentaria de ortocuarcitas y dolomítas que cubren en discordancia a la anterior. Estas rocas se localizan en mayor porcentaje hacia la parte noroeste del estado y en un porcentaje mínimo hacia el sur. La secuencia Paleozoica³⁰ aflora en numerosas localidades del estado de Sonora y está compuesta principalmente por calizas y areniscas. El mayor porcentaje de estas secuencias se encuentra en la parte central del estado. Las rocas ígneas de tipo intrusivo consideradas como batolitos, constituyen uno de los rasgos más característicos de esta región. La morfología más general de esta unidad es de mesetas con presencia de formas cónicas en algunos sitios. En la región del parque acuícola Los Mélagos se presentan formas de lomeríos y mesetas de muy baja altura (DICTUS, 2004b).

III. 1.5. Hidrología

La región donde se ubica el parque acuícola Los Mélagos forma parte del delta del Río Yaqui, por lo que no presenta pendientes abruptas ni un sistema de sierras que pudieran formar pendientes grandes. Las corrientes naturales superficiales de esta región se distribuyen según el cause principal del Río Yaqui. La mayor parte del volumen de agua de

_

²⁷ Su definición se debe a la combinación de rasgos geológicos y edafológicos así como por ser áreas mayormente planas.

Primera y más larga etapa en la historia del planeta tierra. Su inició fue hace 4,600 millones de años.

²⁹ Última y actual época del planeta tierra, conocido como el período geológico. Su inicio se remonta al fin de la última glaciación hace ~11,550 de años ó ~9600 a.C.

³⁰ Etapa de la historia del planeta tierra, conformada por seis periodos inició hace 251 millones de años y terminó hace 490 millones de años.

este río es retenido por la presa El Oviachic, localizada al norte de Ciudad Obregón (DICTUS, 2004a).

El volumen de agua que es liberado tierras abajo es canalizado para irrigar el Valle Agrícola del Yaqui. Estos canales son a cielo abierto al igual que los drenes agrícolas. El Valle Agrícola del Yaqui consume la mayor parte del volumen liberado por la presa. También existe un acueducto subterráneo que transporta agua hasta el puerto de Guaymas y corre paralelo a la carretera federal 15 que comunica ciudad Obregón con Guaymas.

En la zona sur las descargas agrícolas, urbanas e industriales, todas de desecho, son transportadas hacia al mar por seis drenes distribuidos entre la Bahía del Tobari y Bahía Lobos. Los drenes de descarga son: De sur a norte corre un dren que es conducido por el cause del arroyo Cocoraque y descarga en los márgenes del puente que comunica con la isla Huivulai. Al norte se localiza el Canal Secundario Meridiano que descarga en la misma altura que el arroyo Cocoraque (se conectan parte de las aguas de recambio del parque El Tobari). El Dren Colector Principal Número 1 que descarga parte de las aguas de recambio de las granjas acuícolas de La Atanasia y del Parque Santo Domingo, y aguas de desecho del Valle Agrícola del Yaqui. El Dren Colector Principal Número 4 que descarga en el Estero San José al cual se conectan parte de las aguas de recambio de las granjas camaronícolas del Parque Acuícola La Atanasia. El cuerpo de agua receptor de estas descargas es el Estero Santo Domingo localizado entre los esteros La Atanasia y Nalgas de Hule en el municipio de San Ignacio Rio Muerto (Estrada, 2006).

En el municipio de San Ignacio Rio Muerto se localiza un tercer dren de descarga llamado Dren Colector Principal Número 3 que descarga aguas de desecho industrial, urbano, agrícola y en la parte final del mismo se conectan las aguas de recambio de las granjas del Parque camaronicola Los Mélagos y Bahía Lobos. El cuarto dren, localizado en el municipio de San Ignacio, es el Dren Colector Principal Número 2 que descarga en Bahía Lobos las aguas de desecho provenientes de la parte noroeste del Valle del Yaqui y de poblados cercanos a la zona (DICTUS, 2004a). Para nuestro caso de estudio el dren más importante es el Colector Principal Número 3. Este dren se caracteriza por llevar aguas urbanas e industriales (descrito

anteriormente) el cual debió ser reubicado al norte 430 metros debido a su cercanía de 792 metros con la obra de toma de agua (escollera). La finalidad era que el agua tomada del océano para la operación de las granjas en el parque acuícola Los Mélagos no tuviera ninguna influencia directa de las descargas de este dren.

III.1.6. Oceanografía

La región donde se encuentra el parque acuícola Los Mélagos está ubicada en el Golfo de California, llamado también Mar de Cortés. El golfo es un mar dinámico del Pacifico oriental, se caracteriza por ser una área de gran fertilidad. Se extiende entre la península de Baja California al oeste y a los Estados áridos de Sonora y Sinaloa al este. Tiene una cuenca grande abierta en su extremo meridional al Pacifico (la boca del golfo) (Álvarez-Borrego, 2008).

El Golfo de California tiene principalmente tres mecanismos naturales de fertilización: movimientos ascendentes inducidos por el viento, llamados surgencias costeras, que acarrean aguas profundas frías y ricas en nutrimentos hasta la zona eufótica; mezcla por fenómenos asociados a las mareas, que mezclan el agua profunda con el agua superficial; y la circulación en la boca del golfo que causa intercambio con el Pacífico adyacente, con aporte del golfo al Pacífico de agua superficial pobre en nutrientes y del Pacífico al golfo de agua profunda rica en nutrientes.

La corriente ascendente (surgencia) ocurre en la costa del este con los vientos del noroeste (a lo largo del golfo). Este movimiento ascendente que hace que surjan aguas profundas de 100-200 metros a la superficie del mar ocurre con condiciones de "invierno" de diciembre a mayo. Esta agua que se caracteriza por ser fría es rica en nutrientes (PO₄ y NO₃ y otros) que son necesarios para la fotosíntesis del fitoplancton. El otro periodo que se caracteriza por tener surgencias débiles con biomasa fitoplanctónica baja es en "verano" que va de julio a octubre. Los meses de junio y noviembre fungen como períodos de transición. Los acontecimientos del fenómeno de la surgencia no son continuos, se dan en pulsos que duran pocos días con relajamientos entre medio. Esta relajación permite la estabilización de la

columna de agua y el florecimiento de las comunidades del fitoplancton en invierno (Álvarez-Borrego, 2008).

El patrón de la circulación en la boca del golfo tiene una implicación ecológica importante, porque el agua profunda tiene concentraciones de nutrientes inorgánicos más altas que el agua superficial que sale del golfo al Pacífico (Álvarez-Borrego y Lara-Lara 1991). Estudios demuestran que cerca de las costas el nivel del mar es menor ~32 cm durante el invierno que en verano (Beier, 1997; citado por Álvarez-Borrego, 2008). Esto tiene un efecto ecológico importante sobre los estuarios y lagunas costeras del golfo. Por una parte la disminución del nivel del mar en las costas del golfo en invierno, provoca que extensiones grandes de marismas queden expuestas al aire lo cual es benéfico para las aves migratorias que se alimentan de la infauna en las lagunas costeras. En verano, la circulación ciclónica, aumenta el nivel del mar en las costas del golfo por lo que las lagunas costeras son inundadas convirtiéndose en criadero de especies oceánicas de interés comercial, incluyendo las del camarón (Álvarez-Borrego 2008). Es primordial tener presentes los dos fenómenos que ocurren en la costa este del golfo y en consecuencia en la región donde se ubicada el parque acuícola Los Mélagos, ya que frente a él se encuentra un importante sistema estuarino que va del estero Los Mélagos al estero Nalga de Hule.

III.2. Metodología

La presente investigación se realizó a partir de tres dimensiones. La primera es la dimensión económica, cuya finalidad es comprobar si ha existido un incremento en el rendimiento (R) de la producción de camarón blanco en el parque acuícola Los Mélagos con la construcción y operación de la obra de ingeniería hidráulica la cual denomino "Sistema de Toma de Agua Directa del Océano" (STADO). La segunda dimensión es la social, su propósito es probar si los empleos (E_C) en el parque acuícola Los Mélagos han aumentado con el STADO y la tercera dimensión es la ambiental, su objetivo es demostrar con base en imágenes satelitales que la ubicación del STADO ha permitido disminuir o frenar la perdida de cobertura del manglar (C_M) en el sistema estuarino Los Mélagos-Nalga de Hule.

El análisis de las dimensiones social y económica se realizó mediante análisis estadístico paramétrico y no-paramétrico, específicamente la prueba t de Student para la media de las diferencias de dos muestras dependientes y la prueba de McNemar, respectivamente. A fin de detallar estas, se introducen una serie de conceptos en la sección III.2.1 a la III.2.1.5.3.

El análisis de la dimensión ambiental, se llevó a cabo de manera espacial a través de SIG utilizando imágenes satelitales para los años 1992, 2000, 2003 y 2008, como se describe en la sección III.2.2.

III.2.1. Análisis estadístico

El análisis estadístico se ocupa de métodos científicos para recolectar, organizar, resumir, presentar y analizar datos, así como de sacar conclusiones robustas y tomar decisiones con base en este análisis (Spiegel y Stephens, 2003). Como por ejemplo, la comparación de dos medias para saber si son significativamente iguales.

III.2.1.1. Estadística exploratoria

La estadística exploratoria, se basa en representaciones gráficas a partir de programas computaciones como SPSS o el STATISCA. Éstos permiten la obtención de una amplia variedad de gráficos y estadísticos diferentes, que de una forma sencilla hacen posible el análisis exploratorio de los datos. Este análisis se basa en que los datos están constituidos por dos partes: la regularidad o tendencia (estructura simplificada de un conjunto de observaciones, que pueden ser representadas por ejemplo en una nube de puntos) y las desviaciones o variabilidad (las desviaciones o residuos de los datos, que no tienen por qué presentar una estructura determinada), (Bataneros, 2001).

II.2.1.2. Pruebas no paramétricas

La mayoría de las pruebas de hipótesis, requieren diversos supuestos sobre la distribución de la población de la que se toman las muestras. Como el que las poblaciones estén normalmente distribuidas y que tengan desviaciones estándares iguales. En la práctica surgen situaciones en las que no se demuestran tales supuestos o en las que se duda que se puedan aplicar, como en el caso donde una población esté sesgada. Por esto, los estadísticos han diseñado varias pruebas y diversos métodos independientes de las distribuciones

poblacionales y de los parámetros asociados. Éstas se llaman pruebas no paramétricas (Spieger y Stephens, 2003). En los modelos de estas pruebas, no se especifican las condiciones de los parámetros de la población de la que se sacó la muestra. Existen suposiciones que se asocian con la mayoría de las pruebas estadísticas no paramétricas, como el que las observaciones son independientes y las variables tienen continuidad básica. Esta prueba también permite aplicarse a datos en niveles de medición más bajos (nominal y ordinal).

Ventajas

- 1. La declaración de probabilidad obtenidos de la mayoría de las pruebas estadísticas no paramétricas son probabilidades exactas independientemente de la forma de la distribución de la población de la que se tomó la muestra, aunque algunas pruebas no paramétricas suponen identidad de forma de dos o más distribuciones de población.
- 2. Si se conoce la naturaleza exacta de la distribución de la población se pueden utilizar muestras tan pequeñas como n = 6 en una prueba no paramétrica.
- 3. Sus métodos son útiles para los datos simplemente clasificatorios, medidos en una escala nominal.
- 4. Son más fáciles de aplicar que las pruebas paramétricas.

III.2.1.3. Datos pareados

Estos datos son aquellos que provienen de la medición de una variable dependiente en un mismo sujeto de estudio, tras la aplicación de un proceso o tratamiento. Por lo anterior, la prueba t es inadecuada para estas situaciones porque una de las suposiciones básicas de esta prueba es que deben ser variables independientes. Esto se resuelve aplicando la prueba t a la diferencia de dos medias $(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)$, donde \bar{X}_1 representa las mediciones antes del tratamiento y \bar{X}_2 representa las mediciones después del tratamiento. De la misma manera, se necesita la distribución muestral de la diferencia de varianzas $(S_1^2 - S_2^2)$. Sin embargo, resulta que esta distribución es muy complicada, por lo que en su lugar se considera el estadístico (S_1^2/S_2^2) , ya que un cociente grande o pequeño indicaría una diferencia grande de variancias,

mientras que un cociente casi igual a uno correspondería a una diferencia pequeña. La distribución muestral en dicho caso puede calcularse y se denomina *distribución F*.

III.2.1.4. Prueba t de Student para la media de las diferencias de dos muestras dependientes

Ésta se realiza con las medias de las dos condiciones experimentales (representadas por las notaciones \overline{X}_1 y \overline{X}_2) que se emplean para estimar los valores de las medias de las poblaciones (μ_1 y μ_2) que representa a las condiciones. Si el resultado de la prueba t para dos muestras dependientes es significativo, indicara que se puede concluir que existe una alta probabilidad de que las dos condiciones experimentales representan a las poblaciones con diversos valores de las medias. Esta prueba es la apropiada para contrastar las medias de dos muestras dependientes, cuando los valores de las variaciones de la población subyacentes son desconocidos (Sheskin, 2004).

A continuación se muestra como se calcula el valor t

$$t = \frac{\overline{D}}{S_{\overline{D}}}$$

Donde:

 \overline{D} Representa la media de las diferencia de los datos.

 $s_{\overline{D}}$ Representa el error estándar de la media de las diferencias.

La media de la diferencia de los datos se calcula:

$$\overline{D} = \frac{\sum D}{n}$$

 s_D representa la estimación de la desviación estándar de la población para la diferencia de los datos y se calcula:

$$s_D = \sqrt{\frac{\sum D^2 - \frac{\sum D^2}{n}}{n-1}}$$

El valor calculado $s_{\overline{D}}$ se obtiene mediante la siguiente ecuación. Este valor representa el error estándar de la media de las diferencias, para cada estimación de la desviación estándar de la población para la diferencia de medias.

$$S_{\overline{D}} = \frac{\tilde{S}_D}{\sqrt{n}}$$

Los criterios en la evaluación de la hipótesis nula (H_0) con la prueba t para la media de las diferencias de dos muestras dependientes son los siguientes:

- a) Si la hipótesis alternativa es bilateral (dos colas) se emplea H_1 : $\mu_{SS} \neq \mu_{CS}$. La hipótesis nula (H_0) se puede rechazar, si el valor absoluto calculado t es igual o mayor que el valor crítico tabulado para dos colas en el nivel de confianza especificado con anterioridad.
- b) Si se emplea una hipótesis alternativa unidireccional (una cola) H_1 : $\mu_{SS} > \mu_{CS}$ la hipótesis nula (H_0) puede rechazarse, si el valor calculado de t es positivo e igual o mayor que el valor crítico tabulado para una cola en el nivel de confianza especificado con anterioridad.
- c) Si se emplea una hipótesis alternativa unidireccional (una cola) H_1 : $\mu_{SS} < \mu_{CS}$ la hipótesis nula (H_0) puede rechazarse, si el valor calculado de t es negativo y su valor absoluto es igual o mayor que el valor crítico tabulado para una cola en el nivel de confianza especificado con anterioridad.

III.2.1.5. Prueba de McNemar

Es una prueba no paramétrica adecuada para dos muestras pareadas. Es muy útil para probar la significancia de los cambios en los valores observados, entre antes y después de un tratamiento a una misma población. Se prueba al desarrollar una tabla de frecuencia de 2 x 2,

la cual representa las respuestas antes y después del proceso o tratamiento aplicado. En el Cuadro IX se da un ejemplo de cómo se desarrolla la Prueba de McNemar. Tomemos A, B, C y D como las celdas donde se aglomeran los casos según las respuestas del tratamiento y los simbolos (+) y (-) para representar las diferentes respuestas. Los valores son positivos o negativos de acuerdo a una comparación con un valor predeterminado que puede derivarse de una estimación a priori o teórica. Los casos que muestran diferencias positivas con el valor a priori antes del tratamiento y diferencias negativas después del tratamiento, aparecen en la celda A, y viceversa en la celda D. Si la diferencia con el valor a priori es positiva antes y después del tratamiento, van en la celda B; y si la diferencia es negativa antes y después van en la celda C.

Cuadro IX. Modelo de la prueba de Monemar para calcular la ji cuadrada.

		Condición 2 /Después		
	-			Suma de
		(-)	(+)	filas
Condición 1 /Antes	(+)	A	В	$\mathbf{A} + \mathbf{B} = n_1$
	(-)	C	D	$\mathbf{C} + \mathbf{D} = n_2$
Suma de	columnas	A + C	$\mathbf{B} + \mathbf{D}$	N

Puesto que A + D representa el número total de datos que cambiaron, se espera que la hipótesis nula haga que (A+D)/2 casos cambien en una dirección y (A+D)/2 en la otra dirección. Es decir que (A+D)/2 es la frecuencia esperada conforme a la hipótesis nula.

$$x^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(Oi - Ei)^2}{Ei}$$

donde O_i es el número observado de casos en la categoría i (i = 1, 2, 3, 4), E_i es el número esperado de casos conforme a la hipótesis nula (H_0) en la categoría i. Es necesario tener presente que las frecuencias que interesan son las de las celdas A y D por lo que:

$$x^{2} = \frac{\left[A - \frac{A+D}{2}\right]^{2}}{\frac{A+D}{2}} + \frac{\left[D - \frac{A+D}{2}\right]^{2}}{\frac{A+D}{2}}$$

simplificando:

$$x^2 = \frac{\left(A - D\right)^2}{A + D} g \ell = 1$$

La distribución muestral conforme la H_0 de la x^2 esta dada por la ecuación anterior y distribuida aproximadamente como una ji cuadrada con grados de libertad gl =1.

II.2.1.5.1. Corrección por continuidad

La aproximación mediante la distribución ji cuadrada a la distribución muestral de la fórmula anterior es excelente si se hace una corrección por continuidad para aproximar una distribución discreta. Cuando todas las frecuencias esperadas son pequeñas, la aproximación puede ser pobre. La corrección por continuidad modifica la ecuación para remover la fuente de error.

Se obtiene, aun usando la simbología del ejemplo descrito en la sección anterior:

$$x^{2} = \frac{\left(\left[A - D\right] - 1\right)^{2}}{A + D} g \ell = 1$$

II.2.1.5.2. Resumen del procedimiento

Los pasos para calcular la prueba de McNemar son los siguientes:

- 1. Se ordenan las frecuencias observadas en una tabla de cuatro entradas de la forma del Cuadro IX
- 2. Se determinan las frecuencias esperadas en las celdas A y D (E = (A+D)/2). Si las frecuencias esperadas son menores que 5 (no se puede realizar), se usa la prueba binomial en lugar de la de McNemar.
- 3. Si las frecuencias esperadas son 5 o más, se calcula el valor de X^2 .
- 4. Si el valor calculado de x^2 es mayor que el obtenido en la tabla para un grado de libertad y 95% de nivel de confianza se rechaza H_0 y se acepta la hipótesis alternativa.

III.2.1.5.3. Procedimiento analítico adicional a la prueba de McNemar

Si la hipótesis nula se rechaza en un estudio la ecuación que se muestra a continuación puede ser empleada para determinar la diferencia relativa entre el antes y después (se representa por la notación p_e) (Fleiss, 1981). El concepto anterior se basa en el supuesto que la condición 1 puede solamente beneficiar a los sujetos que no respondieron a la condición 2. Así que el valor relativo de la condición 1 puede ser estimado por p_e .

$$p_e = \frac{D - A}{D + C}$$

III.2.1.6. Modelo de la variable económica

Se analizó mediante la prueba de MacNemar, si R en el parque acuícola Los Mélagos aumentó con el STADO. Se consideró para comparar el valor a priori de la proyección del DICTUS que R debería ser mayor a 3 toneladas por hectárea cultivada con el STADO en

operación. Se analizaron R de 18 granjas en 2004 (antes del STADO) y en 2007 (después del STADO). La prueba de McNemar no se pudo realizar, pues a pesar de ser la más indicada para el análisis de esta variable, no cumplió con el principio de la frecuencia esperada. Por lo anterior se realizó la prueba t de Student para la media de las diferencias de dos muestras dependientes. Lo que se busco comprobar es que R fuera significativamente mayor en 2007 que en 2004. Con ello se podría inferir una mejoría económica a partir del STADO.

III.2.1.7. Modelo de la variable social

Se analizaron mediante la prueba t de Student para la media de las diferencias de dos muestras dependientes, los empleos permanentes operativos de campo (E_C) en el parque acuícola Los Mélagos. Se consideró como factor de conversión 4 empleos por cada 20 hectáreas cultivadas de camarón (0.2). Este factor fue multiplicado por la superficie cultivada para la obtención de los empleos de 21 granjas en 2004 (antes del STADO) y en 2007 (después del STADO). Lo que se buscó comprobar es que E_C fuera significativamente mayor en 2007 que en 2004. Con ello se podría inferir una mejoría social a partir del STADO.

III.2.2. Análisis espacial

Este análisis, designa al objeto más pequeño que puede ser distinguido por sobre una imagen. El píxel es la medida más generalizada de este análisis, aunque también se emplean otros más complejos como ERE (*effective resolution element*). La resolución espacial de los sensores de observación terrestre en funcionamiento, recoge un rango bastante amplio. Los satélites de recursos naturales, diseñados para adquirir información sobre áreas muy heterogéneas, suelen contar con resoluciones que van desde 10 x 10 m del sensor SPOT, hasta los 120 x 120 m del canal térmico del LandSat. En lo que se refiere a este análisis queda fuera de toda duda el interés de mejorar la resolución espacial para facilitar una interpretación más certera de la imagen (Chuvieco, 1996).

III.2.2.1. Sensores remotos

El término de sensores remotos, se aplica a las técnicas para colectar imágenes o datos de objetos que se localizan a distancia sin tener contacto directo con estos, lo cual se puede referir a imágenes de satélite, fotografías aéreas, imágenes de radar, etcétera. (Dahdouh-

Guebas. 2002). Para la obtención de información necesaria en la planeación y administración de los recursos naturales, se requiere de la aplicación de herramientas precisas, confiables, rápidas y de bajo costo. Deben también ser eficientes para detectar y analizar cambios ambientales específicos como son los cambios en la cobertura vegetal natural e inducida (Santiago-León, 2003).

Las imágenes de satélite con múltiples rangos espectrales, pueden ser utilizadas para determinar diferentes tipos de vegetación, basados en las características de su estado y estructura. La representación cartográfica de la vegetación utilizada comúnmente, se basa en la determinación de la densidad de la vegetación. Ésta se puede derivar de datos de campo e índices de vegetación (Santiago-León, 2003).

III.2.2.2. El modelo vectorial

Este modelo se centra en las representaciones y en la precisión de localización de los elementos sobre el espacio y donde los fenómenos a representar son discretos, es decir, de límites definidos. Para modelar digitalmente las entidades del mundo real, se utilizan tres objetos espaciales: el punto, la línea y el polígono. Los sistemas de información geográficos vectoriales son más populares que los raster³¹ (Borcosque, 1997).

III.2.2.3. Modelo de la variable ambiental

Se analizó la cobertura de manglar (C_M) en el estero Los Mélagos-Nalga de Hule con una imagen satelital de 2008. La finalidad fue comparar C_M con los diferentes Sistemas de Información Geográficos realizados por Estrada (2006) en los que se obtuvo C_M para los años 1992, 2000 y 2003 en este mismo estero. La finalidad de analizar la tendencia de esta variable, es comprobar si el STADO fue capaz de disminuir o frenar la degradación del manglar. Con este modelo se podría inferir si el STADO ha mejorado, neutralizado el daño o empeorado el ambiente en el estero.

³¹ Es un sistema de información geográfica, llamado también de retícula, su particularidad es que se centra en las propiedades del espacio más que en la precisión de la localización. Divide el espacio en celdas regulares donde cada una de ellas representa un valor único. Cuanto mayor sea la dimensión de las celdas (resolución) menor es la precisión o detalle en la representación del espacio geográfico.

III.2.2.4. Paquetes computacionales usados

Para realizar la investigación en las tres dimensiones es necesario utilizar programas especializados para el procesamiento y análisis de la información. Los programas utilizados fueron tres:

ArcView 3.3. Programa utilizado para el análisis de imágenes pues tiene la función de calcular áreas y clasificar información sobre imágenes de satélite, mapas digitales, etcétera.

Excel: Este programa fue utilizado para organizar los datos utilizados en el análisis estadístico.

STATISTICA 6. Este programa es un paquete estadístico que permite el cálculo de análisis exploratorios, pruebas paramétricos y no paramétricos, como por ejemplo la prueba t de Student para la media de las diferencias de dos muestras dependientes y la prueba de McNemar utilizadas en esta investigación.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Variable económica

La variable económica es medida por el Rendimiento (R) promedio para cada granja y para cada año, el cual se define como las toneladas de camarón por hectárea cultivada. Se comparó R para los años 2004 y 2007. El año 2004 representa el valor de esta variable antes de la construcción del STADO. El 2007 muestra el valor de R después de la construcción del STADO. El análisis de esta variable parte de la estimación a priori del DICTUS (2004). El valor de R mínimo proyectado en el análisis de factibilidad de la obra fue que las granjas del parque acuícola alcanzarían un rendimiento de 3 a 4 toneladas por hectárea⁻¹. Para comprobar esto se analizaron 21 datos de R obtenidos de 26 granjas del parque acuícola Los Mélagos.³² La técnica utilizada fue la prueba no paramétrica de MacNemar que consideró que R debe ser superior a 3 toneladas por hectárea cultivada. La clasificación de R se muestra en la Cuadro X.

Los datos del Cuadro XI indican que: A) Ninguna granja mostró R>3 sin STADO que con él; B) Cinco granjas se mantuvieron con R>3 sin y con STADO; C) Nueve granjas se mantuvieron con R<3 sin y con STADO. D) Cuatro granjas mostraron R<3 sin STADO y R>3 con él. De las dieciocho granjas consideradas en la comparación, nueve respondieron favorablemente al STADO mientras que nueve no lo hicieron. Cinco de dieciocho granjas respondieron favorablemente sin STADO, mientras que 13 no lo hicieron.

Cálculo de la prueba de McNemar

El estadístico de prueba no paramétrica de McNemar se basa en la distribución Ji-Cuadrada (x^2) , se calcula con la siguiente ecuación:

$$x^{2} = \frac{\left(\left[A - D\right] - 1\right)^{2}}{A + D} g \ell = 1$$

³²La reducción en los datos se debe a que existen granjas que arrendaron su infraestructura a otras, por lo que el rendimiento de estas granjas se asimiló en las que las rentaron y cultivaron.

Cuadro X. Clasificación del Rendimiento por granja 2004 versus 2007. La clasificación de R está dada por cuatro tipos: A es para R >3 en 2004 y R <3 en 2007; B es para las granjas donde R >3 en 2004 y en 2007; C define las granjas que tanto en 2004 como en 2007 R <3; y D denota granjas que en 2004 R <3 y en 2007 R >3. La granja 1 arrendó su infraestructura en 2007, y las granjas 19 y 21 no existían en 2004, comenzaron a operar en 2005 por lo que fueron retiradas del análisis.

	Granjas	R 2004	R 2007	Clasificación R
1	Acuícola Castelo	2.0	-	-
2	Sonora mi Estado	2.1	0.5	C
3	La loma de Alberto	1.4	1.5	C
4	Estero Los Mélagos	4.0	3.4	В
5	Ignacio Pesqueira	2.3	2.9	C
6	18 de Mayo	1.5	3.2	D
7	Marcha al Mar, Reforma 2 ^a , La loma de Zavala, La loma de Pancho	1.6	2.2	C
8	La loma de Lallo, La loma de Fernando	3.1	3.0	В
9	La loma de Toño	3.2	3.4	В
10	Loma de Félix	3.5	3.6	В
11	Acuícola 11 de diciembre	3.0	3.1	В
12	11 de diciembre de 1996	2.8	3.4	D
13	11 de diciembre larvas génesis, La loma de Manuel	2.8	3.3	D
14	Don Félix	0.3	2.0	C
15	El milagro del día	0.7	1.9	C
16	Hermilio	1.2	2.2	C
17	Don Fili	2.2	2.0	C
18	El cuchí	0.9	2.2	C
19	El crustáceo de oro	-	2.8	-
20	Río Muerto	2.3	3.1	D
21	Acuícola el Dorado	-	4.0	-

Cuadro XI. Resultado de datos de la variable R.

		Respuesta con	Respuesta con STADO/Después	
		(-)	(+)	Suma de filas
Respuesta sin	(+)	A = 0	B = 5	5
STADO/Antes	(-)	C = 9	D = 4	13
Suma de colum	ınas	9	9	18

El valor de (A + D)/2 = 2 (la frecuencia esperada en el caso de que no se pueda rechazar la hipótesis nula) es menor a cinco por lo que no es apropiado aplicar la prueba de MacNemar. Por lo anterior se procedió a aplicar una prueba t de Student.

Para realizar el análisis de la prueba t de Student es necesario construir una tabla para calcular las diferencias (D) de las condiciones así como sus medias (Cuadro XII).

Cuadro XII. Datos de la variable R 2004 versus 2007.

Granjas	Condición 1 (R-2004)	Condición 2 (R-2007)		
	X_1	X_2	$D = X_1 - X_2$	D^2
1	2.0	-	-	-
2	2.1	0.5	1.6	2.56
3	1.4	1.5	-0.1	0.01
4	4.0	3.4	0.6	0.36
5	2.3	2.9	-0.6	0.36
6	1.5	3.2	-1.7	2.89
7	1.6	2.2	-0.6	0.36
8	3.1	3.0	0.1	0.01
9	3.2	3.4	-0.2	0.04
10	3.5	3.6	-0.1	0.01
11	3.0	3.1	-0.1	0.01
12	2.8	3.4	-0.6	0.36
13	2.8	3.3	-0.5	0.25
14	0.3	2.0	-1.7	2.89
15	0.7	1.9	-1.2	1.44
16	1.2	2.2	-1.0	1.00
17	2.2	2.0	0.2	0.04
18	0.9	2.2	-1.3	1.69
19	-	2.8	-	-
20	2.3	3.1	-0.8	0.64
21	-	4.0	-	-
	$\sum X_1 = 38.9$	$\sum X_2 = 46.9$	$\sum D -= -10.5$	$\sum D^2 = 14.92$
			$\sum D += 2.5$	
			$\sum D += 2.5$ $\sum D = -8$	
	$\overline{X_1} = \frac{38.9}{18} = 2.16$	$\overline{X}_2 = \frac{46.9}{18} = 2.60$		

Una vez construida la tabla (Cuadro XII), se sustituyen estos valores en las ecuaciones siguientes para obtener *t*.

$$\overline{D} = \frac{\sum D}{n} = \frac{-8}{18} = -0.44$$

$$s_D = \sqrt{\frac{\sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{n}}{n-1}} = \sqrt{\frac{14.74 - \frac{(-7.8)^2}{18}}{18 - 1}} = 0.81$$

El error estándar de la media (o desviación estándar de la media) de las diferencias es:

$$s_{\overline{D}} = \frac{s_{D}}{\sqrt{n}} = \frac{0.81}{\sqrt{18}} = 0.19$$

Para obtener el valor t se sustituyen los resultados de los parámetros anteriores en:

$$t = \frac{\overline{D}}{s_{\overline{D}}} = \frac{-0.43}{0.19} = -2.30$$

La prueba t (con 17 grados de libertad) resulta en p = 0.033 (p>0.05), por lo que se concluye que la media de las diferencias de R es significativamente menor de cero. Se rechaza la hipótesis nula, la R promedio para 2007 es estadísticamente mayor a la R promedio para 2004 (Fig. 22).

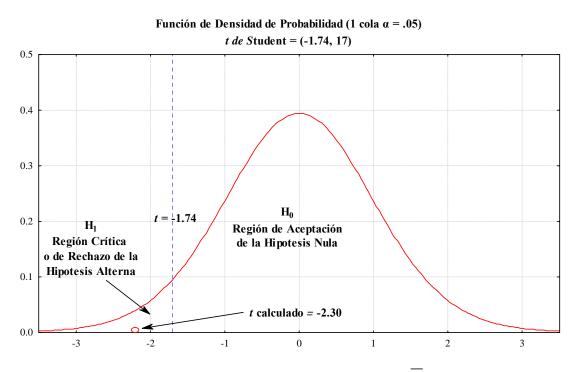


Figura 22. Gráfica de la distribución t de Student para \overline{D} (de R).

Variable social

En este estudio la variable social es representada por el número de empleos permanentes operativos de campo (E_C) en las granjas, los cuales se definen como el número de las personas de campo que operan cada granja en el parque acuícola Los Mélagos. Para obtener este número, se utilizó un factor de conversión del número de hectáreas cultivadas a número de empleos. El factor de conversión es cuatro empleos permanentes por cada 20 hectáreas cultivadas (4/20 = 0.2 personas hectárea $^{-1}$) como promedio para todo el parque. Se comparó E_C de 2004 con el de 2007. E_C de 2004 representa los empleos antes de la construcción y operación del STADO. El de 2007 muestra los empleos después de la construcción del STADO.

En la Manifestación de Impacto Ambiental del proyecto realizado por el DICTUS (2004a), se estimó que el STADO permitiría crecer a un máximo de 3,000 hectáreas adicionales de superficie para el cultivo de camarón, al contar con calidad y disponibilidad de agua salada de manera permanente al ser tomada directamente del mar. Lo que generaría aproximadamente 600 empleos más en el parque, una vez utilizado a su máximo la capacidad nueva generada por el STADO. Con el fin de analizar el efecto en 2007, se compararon datos de E_C de 26 granjas del parque acuícola (Cuadro XIII). La técnica utilizada fue la prueba t de Student para la media de la diferencia entre dos muestras dependientes. El análisis se muestra en la Cuadro XIV.

 $\label{eq:cuadro} \textbf{Cuadro XIII}. \ Relación por granja de los empleos operativos (E_C) de 2004 y de 2007. \ Las granjas \\ Loma de Fernando y Loma de Manuel fueron arrendadas por otras granjas.$

#	Nombre de la Granja	E _C 2004	E _C 2007
1	Acuícola Castelo	9	0
2	La loma de Alberto	10	10
3	Sonora mi Estado	10	11
4	Estero Los Mélagos	18	18
5	18 de Mayo	3	3
6	Marcha al Mar	6	5
7	Reforma 2°	12	12
8	La loma de Zavala	12	12
9	La loma de pancho	12	11
10	La loma de lallo	10	44
11	Ignacio Pesquira	8	7
12	La loma de toño	12	12
13	Loma de Félix	33	33
14	Acuicola 11 de diciembre	23	23
15	11 de diciembre de 1996	34	34
16	11 de diciembre larvas génesis	56	55
17	El milagro del día	9	14
18	El cuchí	17	17
19	Don Fili	16	17
20	Hermilio	14	14
21	Don Félix	12	9
22	Río Muerto	10	10
23	El crustáceo de oro	0	28
24	Acuícola el dorado	0	10

 ${f Cuadro~XIV}.$ Datos de la variable E_C 2004 versus 2007.

Granjas	Condición 1 (E _C -2004)	Condición 2 (E _C -2007)		
	X_1	X_2	$D = X_1 - X_2$	D^2
1	9	0	$D = X_1 - X_2$	81
2	10	10	0	0
3	10	11	-1	1
4	18	18	0	0
5	3	3	0	0
6	6	5	1	1
7	12	12	0	0
8	12	12	0	0
9	12	11	1	1
10	10	44	-34	1156
11	8	7	1	1
12	12	12	0	0
13	33	33	0	0
14	23	23	0	0
15	34	34	0	0
16	56	55	1	1
17	9	14	-5	25
18	17	17	0	0
19	16	17	-1	1
20	14	14	0	0
21	12	9	3	9
22	10	10	0	0
23	0	28	-28	784
24	0	10	-10	100
	$\sum X_1 = 346$	$\sum X_2 = 409$	$\sum D -= -79$	$\sum D^2 = 2161$
			$\sum D += 16$	
			$\sum D = -63$	
	$\overline{X}_1 = \frac{346}{24} = 14.41$	$\overline{X_2} = \frac{409}{24} = 17.04$		

Una vez construida la tabla (Cuadro XIV), se sustituyen estos valores en las ecuaciones siguientes para obtener t.

$$\overline{D} = \frac{\sum D}{n} = \frac{-63}{24} = -2.62$$

$$s_D = \sqrt{\frac{\sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{n}}{n - 1}} = \sqrt{\frac{2161 - \frac{(-63)^2}{24}}{24 - 1}} = 9.31$$
$$s_{\overline{D}} = \frac{s_D}{\sqrt{n}} = \frac{9.31}{\sqrt{24}} = 1.90$$

$$t = \frac{\overline{D}}{s_{\overline{D}}} = \frac{-2.62}{1.90} = -1.38$$

La prueba t (con 23 grados de libertad) resulta en p = 0.18 (p>0.05), por lo que se concluye que la media de las diferencias de E_C no es significativamente diferente de cero. Se acepta la hipótesis nula, la E_C promedio para 2007 es estadísticamente igual a la E_C promedio para 2004 (Fig. 23).

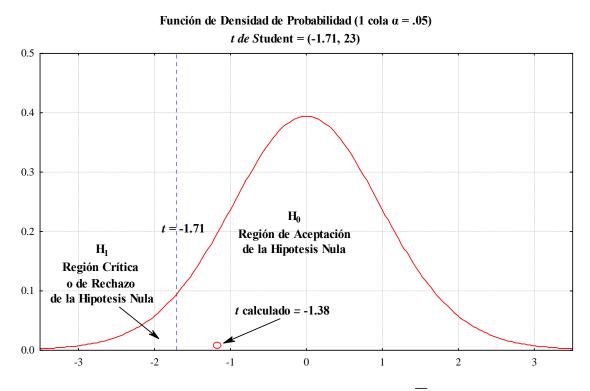


Figura 23. Gráfica de la distribución t de Student para D (de E_C).

Análisis de la variable ambiental

La variable ambiental se analizó a través de la cobertura de manglar (C_M) para los años 1992, 2000, 2003 y 2008 en el estero Los Mélagos-Nalga de Hule, mediante el análisis de información geográfica realizado por Estrada (2006). En lo que sigue, los datos de C_M fueron obtenidos del análisis en mención. La imagen satelital que utilizó para 1992 fue una de LandSat de 60 metros de resolución, las de 2000 y 2003 (LandSat) con una resolución de 15 metros. La imagen de 2008 fue una Aster de 15 metros de resolución y se utilizó para obtener C_M después de la construcción del STADO.

Aunque estas imágenes difieren en la resolución y el satélite utilizado, los resultados obtenidos en cuanto a la cobertura de manglar pueden considerarse para hacer comparaciones, pues lo que se pretende es tener una aproximación de la tendencia del deterioro del mangle en el estero debido a la presencia del parque acuícola, particularmente en cuanto a una posible recuperación del manglar o disminución de la velocidad de degradación del mismo con la construcción del STADO.

Resultados del SIG

En la imagen de 1992 (Fig. 24) se obtuvo un valor de C_M de 437 ha. El espejo de agua dentro del estero alcanzó una superficie de 254 ha. En 2000 (Fig. 25) la superficie de C_M fue 415 ha, es decir 22 ha menos que en 1992. El agua dentro del estero tuvo una superficie de 256 ha, la diferencia en comparación con 1992 fue de 2 hectáreas menos. Para el año 2003 (Fig. 26) el resultado para la superficie de C_M fue 427 ha, y el espejo de agua del estero fue 223 ha. En la imagen de 2008 es observable el STADO que fue construido en 2006 y que actualmente es utilizado por el parque acuícola. En 2008 C_M fue 321 ha (Fig. 27). Estos datos indican que la cobertura de manglar disminuyó de 2000 a 2008.

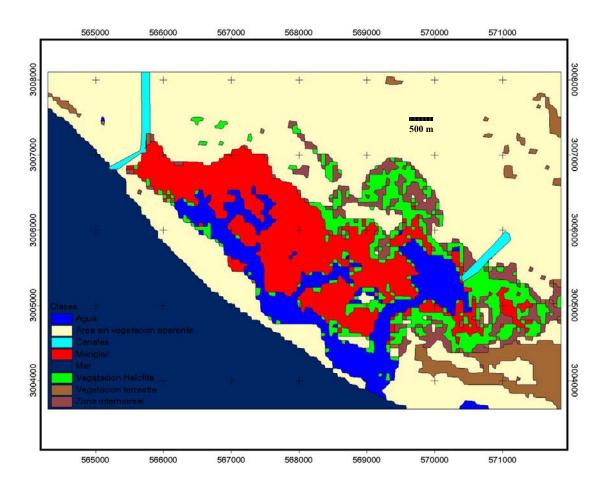


Figura 24. Tipos de cobertura en el estero Los Mélagos-Nalga de Hule, 1992. (Imagen proporcionada por el Mtro. Gilberto Estrada Durán, Subsecretaría de Pesca y Acuacultura del Estado de Sonora).

Cuadro XV. Superficie de los tipos de cobertura en Los Mélagos-Nalga de Hule, 1992. Los colores se refieren a los de la figura 27.

Los Mélagos-Nalga de Hule (1992)		
Tipo Cobertura	Superficie (ha)	
Sin vegetación aparente (crema)	1,570.3	
Canales (azul verde)	28.6	
Manglar (rojo)	437.6	
Vegetación halófita (verde)	221.2	
Vegetación terrestre (café claro)	119.2	
Espejo de agua en el estero (azul)	254.5	
Zona intermareal (café oscuro) 136.2		

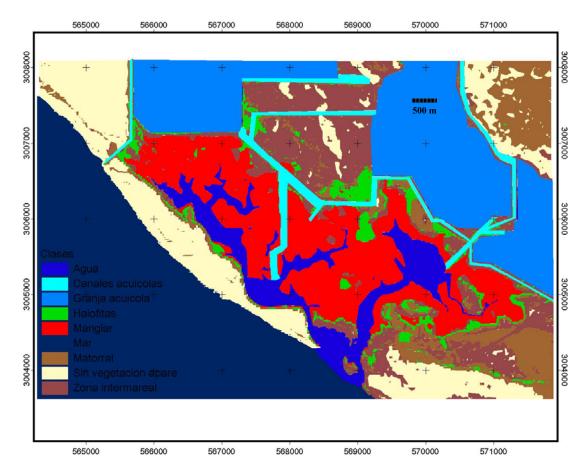


Figura 25. Tipos de cobertura en el estero Los Mélagos-Nalga de Hule, 2000. (Imagen proporcionada por el Mtro. Gilberto Estrada Durán, Subsecretaría de Pesca y Acuacultura del Estado de Sonora).

Cuadro XVI. Superficie de los tipos de cobertura en Los Mélagos-Nalga de Hule, 2000.

Los Mélagos-Nalga de Hule (2000)		
Tipo Cobertura	Superficie (ha)	
Sin vegetación aparente (crema)	471.3	
Canales (azul verde)	96.1	
Manglar (rojo)	415.2	
Vegetación halófita (verde)	118.5	
Vegetación terrestre (café claro)	548.7	
Espejo de agua en el estero (azul)	256.2	
Zona intermareal (café oscuro)	185.0	

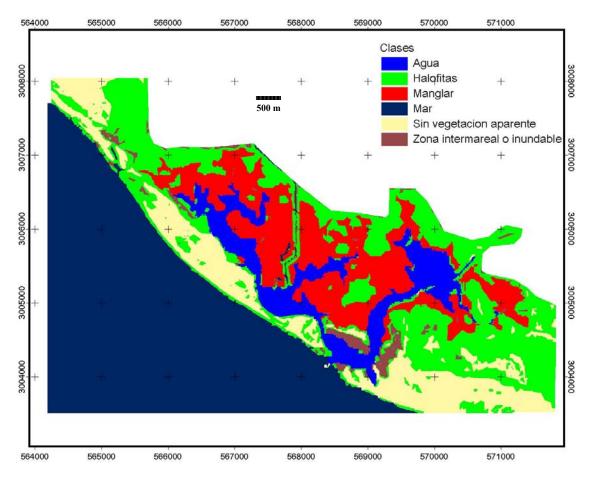


Figura 26. Tipos de cobertura en el estero Los Mélagos-Nalga de Hule, 2003. (Imagen proporcionada por el Mtro. Gilberto Estrada Durán, Subsecretaría de Pesca y Acuacultura del Estado de Sonora).

Cuadro XVII. Superficie de los tipos de cobertura en Los Mélagos-Nalga de Hule, 2003.

Los Mélagos-Nalga de Hule (2003)		
Tipo Cobertura	Superficie (ha)	
Sin vegetación aparente (crema)	484.7	
Canales (azul verde)	115.4	
Manglar (rojo)	427.0	
Vegetación halófita (verde)	334.6	
Vegetación terrestre (café claro)	257.3	
Espejo de agua en el estero (azul)	223.4	
Zona intermareal (café oscuro)	75.0	

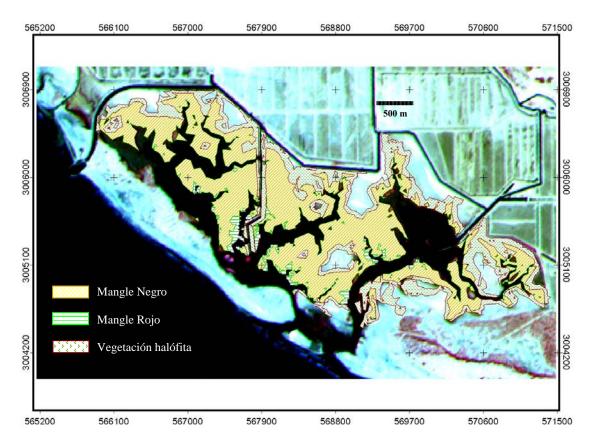


Figura 27. Tipos de cobertura en el estero Los Mélagos-Nalga de Hule, 2008. (Imagen proporcionada por el Mtro. Gilberto Estrada Durán, Subsecretaría de Pesca y Acuacultura del Estado de Sonora).

Cuadro XVIII. Superficie de los tipos de cobertura en Los Mélagos-Nalga de Hule, 2008.

Los Mélagos-Nalga de Hule (2008)		
Tipo Cobertura	Superficie (ha)	
Sin vegetación aparente	-	
Canales	-	
Manglar Negro	306.11	
Manglar Rojo	15.24	
Vegetación halófita	147.28	
Vegetación terrestre	-	
Agua	-	
Zona intermareal	-	

DISCUSIÓN

Interpretación de la prueba t para la variable R

El valor obtenido t = -2.30 se compara con el valor obtenido de la tabla de la distribución t de Student. Los grados de libertad empleados en el análisis son df = 17. El valor crítico tabulado para una cola con un 95% de nivel de confianza ($\alpha = 0.05$) es $t_{.05} = -1.74$. El valor negativo indica que la cola se ubica en el lado izquierdo de la gráfica de la distribución. Esto se debe a que la variable R en 2004 fue menor que R en 2007, es decir que la media de la Condición 1 fue menor que la media de la Condición 2 ($\overline{X}_1 < \overline{X}_2$). En el caso de la variable R se puede concluir que la hipótesis alternativa unidireccional H_1 : $\mu_{SS} < \mu_{CS}$ está bien aplicada. El orden de los datos es consistente con esta hipótesis alternativa pues cumple con $\overline{X}_1 < \overline{X}_2$. El valor calculado de t es mayor en términos absolutos que el valor crítico tabulado para una cola con 17 grados de libertad que es $t_{.05} = -1.74$. Lo anterior demuestra que el valor t calculado queda fuera de la región de aceptación H_0 : $\mu_{SS} = \mu_{CS}$, por lo que se rechaza la hipótesis nula H_0 : $\mu_{SS} = \mu_{CS}$ y se acepta la hipótesis alterna H_1 : $\mu_{SS} < \mu_{CS}$.

Otro indicador que es importante, y reafirma el análisis, es el valor p. Éste se define como la probabilidad que tendría una región critica que comenzara exactamente en el valor del estadístico obtenido del análisis. Lo anterior significa que la H_1 no es significativa si $p > \alpha$. Al calcular el valor p en el programa STATISTICA 6.0 con un $\alpha = 0.05$ para la variable R el resultado fue p = 0.033. Se puede concluir con un 95% de confianza que el Rendimiento de las granjas con el STADO es significativamente mayor que sin él en el parque acuícola.

Posiblemente el aumento de R no se debe únicamente al recurso agua, pues esta actividad es altamente compleja y también depende de factores tecnológicos, biotecnológicos y económicos. Pero al tener la disponibilidad de agua, que es la base para que esta actividad pueda desarrollarse, el aumento de R con el STADO demuestra que será posible mejorar los otros factores que incrementarían aún más la variable R. A su vez, es necesario contar con un plan de gestión para administrar correctamente el recurso agua. Pues al contar con este recurso de manera ilimitada, pudiera darse el caso de que las granjas comenzaran a bombear

de manera excesiva y esto aumentaría sus costos operativos. Si a lo anterior le sumamos los costos anuales del mantenimiento del STADO podría cambiar la percepción positiva que tienen los usuarios actualmente. El nivel de inversión para la aplicación de tecnologías novedosas en las granjas privadas existentes antes y después del STADO fue un factor que no permitió que el impacto positivo de éste en R, fuera francamente significativo en ocho de las granjas. Aunque el parque se caracteriza por ser abundantemente social, la mayoría de estas ocho granjas son rentadas por privadas.

Interpretación de la prueba t para la variable E_C

De manera similar al caso anterior, el valor obtenido t = -1.38 se evalúa con la tabla de la distribución t de Student. Los grados de libertad empleados en el análisis son df = 23. El valor crítico tabulado para una cola con un 95% de nivel de confianza es $t_{.05} = -1.71$. El valor negativo indica que la cola se ubica en el lado izquierdo de la gráfica de la distribución. Esto se debe a que la variable E_C en 2004 fue menor que E_C en 2007, es decir que la media de la Condición 1 fue menor que la media de la Condición 2 ($\overline{X}_1 < \overline{X}_2$). Sin embargo al aplicar los criterios en la evaluación de la hipótesis nula (H_0) se muestra que el valor calculado de t queda fuera de la región de rechazo, por lo que se acepta la hipótesis nula H_0 : $\mu_{SS} = \mu_{CS}$ y se rechaza la hipótesis alterna H_0 : $\mu_{SS} < \mu_{CS}$ (la diferencia $\overline{X}_1 < \overline{X}_2$ se debe al azar).

Con la información con que se cuenta hasta ahora no se aprecia un impacto significativo del STADO, en el número de empleos del parque. Esto puede deberse a que se requiere de un tiempo mayor para que se observe un impacto significativo, ya que la puesta en operación del STADO no tiene un efecto instantáneo sobre esta variable. El STADO deja abierta la posibilidad de incrementar la infraestructura en estanquería y con ello aumentar este tipo de empleos. Se debe tener presente que la inversión y el tiempo son considerablemente altos para que este tipo de infraestructura se desarrolle. Al comprobar que R es significativamente mayor con STADO que sin él, esta obra de ingeniería incentivará la inversión para que se desarrollen granjas nuevas y se amplíen las presentes, dando por consiguiente un aumento de E_C. Por lo que se sugiere que haya un monitoreo de ésta y otras variables en los años subsiguientes.

Interpretación del comportamiento de la variable C_M resultante del SIG

El ecosistema de manglar en este estero se considera importante en cuanto a su abundancia y es posible observar que aún quedan muchas hectáreas en buen estado por conservar (Fig. 28). La valoración económica más reciente para el manglar en México, se realizó específicamente en cuanto al servicio ambiental que brinda a especies de peces y jaibas, que representan el 32% de las pesquerías artesanales en la región del Golfo de California. El valor anual medio de estas pesquerías es de 37.5 mil dólares por hectárea de manglar (Aburto-Oropeza *et al.*, 2008). Lo anterior deja ver que este valor únicamente refleja la aportación del manglar para el aprovechamiento de dos grupos de pesquerías y no se toman en cuenta otros tantos servicios ambientales que estos brindan a la sociedad, por lo que se puede afirmar que su valor económico es mucho mayor que lo que refleja esta estimación.

El STADO es una obra de ingeniería que resultó muy costosa y que se construyó con fines puramente económicos, en beneficio del parque acuícola. Sin embargo, existe la posibilidad de que origine qué la camaronicultura deje de influir de manera negativa en los manglares ubicados en este estero. En este estudio, desafortunadamente no se puede aplicar un análisis estadístico de C_M porque sólo se cuenta con una imagen satelital por año (y sólo para pocos años). En 1992, sólo existía un pequeño canal de toma de agua, que por sus características marca la presencia de la actividad acuícola. También en el lado occidental de la imagen es observable el Dren Colector Número 3. En la boca natural del estero es visible una barra pequeña, sin vegetación aparente, que limita la entrada y salida de agua al estero con las mareas.

La diferencia en las áreas de espejo de agua del estero en los diferentes años puede deberse al momento en que fue tomada cada imagen, pues es necesario tener presente el fenómeno de mareas o cambio de nivel del mar. Al comparar C_M de 2000 con C_M de 2003, la diferencia positiva observable de 12 ha adicionales de manglar, no significa necesariamente que el manglar haya crecido. Esto puede deberse a errores de estimación de C_M por el SIG, a pesar de tener la misma resolución y origen de satélite pudo prestarse a confusiones con otro tipo

de vegetación halófita, así como también a errores en la delimitación del campo de entrenamiento (para fines de calibración de la imagen).

En la imagen de 2000, es observable la presencia de granjas acuícolas adyacentes al estero. La boca natural del estero es mayor en comparación con la observada en 1992. También se ve un canal de toma de agua que se puede considerar extenso, ubicado casi en el centro del estero. Al comparar esta imagen con la de 1992, cuando este canal no estaba presente, es visible que éste representa una de las principales destrucciones de manglar por parte de este parque camaronícola, confirmando en esta zona también el discurso que manifiesta que una de las principales afectaciones de esta industria sobre el manglar, ha sido destruirlos para construir canales de llamada.

Esto se manifiesta principalmente en la destrucción del manglar que existía antes del STADO, en lo que ahora es el área entre los bordos del Dren Colector Número 3 y los bordos del canal que conduce el agua del STADO a las granjas, en la porción nor-occidental de las imágenes. Parece ser que la construcción de estos bordos, visibles en la imagen de 2008 (Figs. 27 y 29), no permite la entrada de agua de mar del estero a esta área entre los bordos, con lo cual aparenta una posible continuidad en la pérdida de manglar. Apelando a la posible resiliencia del manglar, se sugiere que se construya la infraestructura necesaria para que se abra periódicamente el bordo asociado al STADO y que se inunde esta área de manera similar a como se hacía naturalmente, antes de la construcción de los bordos. No está de más mencionar, que el canal asociado al STADO es artificial y se construyó donde no existía una boca natural.

En el caso de la imagen de 2003, lo interesante fue el aumento aparentemente desmedido de otra vegetación halófita diferente al manglar con 334 ha, pues al compararla con 2000 se observa una diferencia positiva de 216 ha para este año. Lo anterior puede ser justificado por el momento en que se tomó la imagen satelital, es decir que está exprese una época del año donde el desarrollo de esta vegetación es mayor. Indudablemente, está imagen fue tomada en un momento en que el parque acuícola no estaba en operación pues el canal de toma de agua fue medido como tipo de cobertura halófita. Para la imagen de 2003, la manera como se hizo

el procesado por el SIG no permite que se observe la presencia del Dren Colector Número 3. Esto implica diferencias significativas en los procesados de las imágenes, cuyo impacto en los resultados de C_M no se puede evaluar en este estudio.

En el procesado del SIG realizado en la imagen de 2008, sólo se obtuvo la C_M y la cobertura de otros tipos de vegetacion halófita. Se clasificó C_M en dos tipos, mangle rojo y negro. Este último, representa la mayoría de esta variable. Al comparar C_M del año 1992 con la de 2008 es observable una diferencia negativa de 116 ha. La diferencia negativa entre C_M del año 2000 con la de 2008 fue 94 ha, menor que la diferencia observada entre 1992 y 2008. Al comparar la medida obtenida de C_M para 2003 y 2008 se obtuvo una diferencia negativa de 106 ha; es decir una pérdida promedio de 105 hectáreas para estos años. Lo anterior muestra que al comparar la última medición de C_M realizada en 2008, con cualquiera de las mediciones de C_M obtenidas por Estrada (2006) es observable y concluyente que aunque los resultados sean distantes por la diferencia en las resoluciones de las imágenes, en todas existe un resultado negativo. Esto es que C_M se ha reducido con la aparición del parque acuícola Los Mélagos. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, las estimaciones de C_M son imprecisas en una medida que no se puede cuantificar con las pocas imágenes disponibles. La conclusión que sí se puede considerar robusta es que se ha perdido el área de manglar que corresponde a los canales de llamada y la que se sitúa entre los bordos del Dren Colector Número 3 y los del canal de llamada asociado con el STADO.

Sin embargo, esto no quiere decir que el STADO continué afectando el manglar, sino que al no contar con mediciones anteriores y cercanas al tiempo de su construcción, no es posible afirmar que este proceso continúa. Pudiese existir el caso de que C_M haya sido menor en 2006 que el obtenido para 2008. Por lo que al no contar con estas mediciones cercanas a 2008 tampoco es posible observar si se ha presentado una recuperación de C_M con el STADO. Por lo tanto, es necesario realizar un análisis mediante SIG para esta área con un mínimo de 10 imágenes satelitales que sean iguales en cuanto a una resolución alta y origen del satélite. Con ellas, se podría obtener la desviación estándar, para estimar el error asociado a este tipo de mediciones y así poder generar información robusta en cuanto al estado de la variable C_M en el estero.

Lo que se podría hipotetizar, es que el STADO actualmente ha detenido la afectación del manglar, que era causada por la alteración de los patrones hidrológicos dentro del estero Los Mélagos-Nalga de Hule. Al no tomar el agua de mar del estero para cumplir con sus procesos en la producción de camarón, esta agua es utilizada por el ecosistema de manglar para cumplir con sus funciones ecológicas básicas. El canal del STADO, se construyó por la zona donde se encontraron las seis hectáreas de manglar muerto, en la cabecera noroccidental del sistema del estero. La decisión de ser construida por esta zona fue, el no destruir manglar en buenas condiciones y por ello se tomó el riesgo de construir la toma de agua que representa el STADO a un lado del Dren Colector Número 3. Sin embargo, queda claro que sí se tuvo que perder una cantidad de manglar, para poder estar en condiciones de proteger el resto que cubre los márgenes del estero. Por lo que, se requieren de estudios biológicos que prueben esta hipótesis.

Esta pérdida causada por la construcción de la obra de ingeniería, puede ser justificada por el principio del *mal menor*. Esto es, que la acción llevada a cabo al construir el STADO destruyó manglar pero a su vez frenó un mal mayor, que era el deterioro paulatino del manglar debido a la modificación de las entradas y salidas de agua al estero. Al no recurrir al "Principio precautorio"³³ y haberse construido posiblemente se tendrá un efecto positivo neto en el manglar, pero se tendrá que contar con información más completa en los años por venir a corto plazo. Debido al problema sanitario del parque acuícola en 2005, que dejó ver el inicio de un posible colapso, ya que se estaba cerrando la boca natural del estero y el bombeo de agua salada para el abastecimiento del parque acuícola era excesivo, a tal grado que provocó una mortalidad y modificación del manglar acuático a terrestre.

Por lo anterior se construyó el STADO en una planicie inundable y donde con cierta periodicidad en época de lluvias, los desechos del Dren Colector Número 3 rebosaban y llegaban a mezclarse con el agua del estero, específicamente en su parte nor-occidental.

³³ Incluido en la Declaración de Río de sobre Medio Ambiente y Desarrollo en su principio 15 que estipula: "El enfoque precautorio deberá ser ampliamente aplicado por los Estados, de acuerdo a sus capacidades, para proteger el ambiente. Donde haya amenaza de daño serio o irreversible, la falta de total certeza científica no deberá ser usada como una razón para posponer medidas costo-efectivas para prevenir degradación ambiental".

Debido a esta circunstancia, en el ante-proyecto para la construcción se especificó la reubicación de este dren más al norte, haciendo la aclaración de que hasta el momento de terminar este estudio las obras de desviación no han sido concretadas. Esto pudiese ser grave y pone en riesgo la producción del parque acuícola, aunque para la variable ambiental de este estudio (C_M), este incumplimiento de la reubicación del Dren no la afecta, pues el STADO también sirve como una barrera que bloquea la posible entrada de los desechos del Dren Colector Número 3 al sistema del estero (Fig.29).

La variable económica R sí puede ser afectada por la no reubicación del Dren, ya que existe un riesgo de que la lengüeta de dispersión de las descargas del Dren Colector Número 3 en el mar alcance la entrada de agua del STADO. Esto bajaría la calidad del agua que a su vez se manifestaría en una caída de R al originar un posible foco de infección que podría afectar la producción de camarón. Sin embargo, el cálculo realizado por el DICTUS en el ante-proyecto estimó que esta lengüeta no alcanzaría la entrada de agua del STADO con la infraestructura disponible, pero no determinó qué pasaría en caso de que el parque creciera en hectáreas cultivadas, ya que las aguas de desecho del parque se vierten en el mismo Dren. Se puede suponer que al aumentar las granjas aumentarán también las descargas de agua provenientes de los recambios, lo que provocaría el aumento de la lengüeta de dispersión en el mar y la posibilidad de que ésta alcance la entrada de agua del STADO.

En cuanto a una mejora en la variable R sería importante que los usuarios del STADO tengan presentes el fenómeno de la surgencia del Golfo de California descrita por Álvarez-Borrego (2008) (ver pág. 65), ya que la siembra y cosecha de camarón del parque se realiza de mayo a octubre-mediados de noviembre, y la surgencia fuerte en cuanto a producción de biomasa fitoplanctónica, es alta de diciembre a mayo. Por lo tanto el agua que ingresa a través del STADO al inicio de la siembra, no sólo es de buena calidad, sino que también es muy rica en nutrientes. Lo cual en teoría, debiera reducir la utilización de fertilizantes inorgánicos (Nitrógeno y Fósforo) en los estanques del parque acuícola, al menos al inicio del ciclo productivo.



Figura 28. Foto aérea del sistema estuarino Los Mélagos-Nalga de Hule, 2004. (Foto proporcionada por M.C. Jesús Antonio Cruz Varela (Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, Hermosillo).



Figura 29. Imagen satelital Aster con resolución de 15 metros, del sistema estuarino Los Mélagos-Nalga de Hule, 2008. (Imagen proporcionada por el Mtro. Jesús Antonio Cruz Varela (Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, Hermosillo).

CONCLUSIONES

A pesar de la reciente construcción del STADO es visible un impacto positivo en la variable R. Parece ser que un factor que cuenta mucho en el valor de R estriba en que las granjas sean privadas o del sector social. Las granjas privadas tienen una mejor gestión del recurso agua y una mayor inversión en tecnología. Lo anterior es percibido también en el parque acuícola Los Mélagos, que a pesar de considerarse un parque acuícola con mayor presencia del sector social, existe la presencia de la iniciativa privada que se ha mantenido con una R alta, antes y después de la construcción del STADO. Pero, sin duda el STADO ha mejorado la producción de las granjas incrementando R promedio para todo el parque.

La aparición de nuevas granjas y la ampliación de las existentes por efecto del STADO, provocarán que la variable E_C aumente significativamente y con ello se vislumbre una mejora social, al activar un efecto multiplicador de la economía, manifestado en la aparición de nuevos comercios y servicios en esta región.

Pese a la inconsistencia en la medición de la variable C_M es posible inferir una perdida sustancial de manglar en el estero debido a la construcción de canales de llamada por parte de las granjas acuícolas. En el 2000, fue visible la aparición del canal de llamada utilizado antes del STADO, que sin dudo destruyó manglar en su construcción. Si bien es cierto que la construcción del STADO también destruyó el poco manglar que quedaba en la parte noroccidental del estero (en la zona donde el manglar había sido afectado por los escurrimientos del Dren Colector Número 3) sus bordés sirven como aislante de los escurrimientos hacía el sistema del estero.

Es así, como la construcción del STADO afecto un área de manglar en la cabeza noroccidental del estero, ya impactada. Esta afectación se da principalmente por la construcción del canal de llamada, que elimina cualquier posibilidad de entrada de agua de mar a esa zona, por lo que es difícil que pueda en un determinado momento, llegar a una recuperación el manglar de ese sitio. Si el dren se reubicara más al norte como se ha propuesto, se podría recuperar está área de manglar apoyándose nuevamente en la ingeniería para construir compuertas que periódicamente dejen fluir agua de mar a esta parte del estero. Sin embargo, este manglar será terrestre por lo que los servicios ambientales que pueda brinda serán ajenos a la mejora de las pesquerías de la localidad.

Es verdad que el STADO destruyó una porción de manglar, pero este sistema puede disminuir o detener la afectación derivada de las modificaciones de las entradas y salidas de agua al estero, ya que el bombeo de agua para el sistema productivo del parque no dependerá en el futuro de la extracción de agua del estero. Por lo que el 100% del agua que ingrese al estero, podrá ser utilizada para fines netamente naturales.

Para que el STADO pueda aportar mayores beneficios económicos y sociales, y mejorar las condiciones ambientales en el estero, es necesario el cabal cumplimiento de lo propuesto en la Manifestación de Impacto Ambiental, en lo referente a la reubicación de la descarga del Dren Colector Número 3, hacia el norte de la actual descarga.

RECOMENDACIONES PARA TRABAJO FUTURO

La función de un Administrador Integral del Ambiente es complementaria a la de una gama de profesionistas (Ingeniero Sanitario, Biólogo, Oceanólogo, Economista, Abogado, etc.). El ideal de este Administrador es manejar y armar el rompecabezas en la búsqueda de una solución integral para un problema ambiental dado. El ejercicio que se realizó en esta investigación deja ver que hace falta generar mucha información.

Se debe construir un catálogo de demandas de conocimiento, para que se tome en cuenta cuando se abran convocatorias para proyectos de investigación como la de los fondos sectoriales CONACYT-SEMARNAT, o los fondos mixtos CONACYT-Gobierno del Estado de Sonora, o cuando se inviertan fondos de fundaciones (como Packard) interesadas en la conservación de los humedales del Golfo de California. Es decir que el dinero público se destine a la búsqueda de soluciones y no por el puro interés académico de investigadores.

Una vez generado el conocimiento, éste deberá ser puesto al acceso de manera pública, recordando que el conocimiento generado por centros de investigación o dependencias gubernamentales, son realizados con fondos públicos. Por lo que esta información le pertenece a la sociedad y no al que la generó. Si bien es cierto que existe una recién implementada Ley de Transparencia, que obliga a las dependencias públicas a dar acceso a la información, aún se sufren muchas limitantes en la obtención de información. Por lo que otra sugerencia sería que el propio CONACYT, obligara por medio de una cláusula al inicio de la aprobación de un proyecto, que la información que se genere de él sea de dominio público.

También es necesario que organismos como el Instituto Nacional de Acuacultura y Pesca y el INEGI, cumplan con su mandato de sistematizar más la información, concerniente a proyectos productivos como las granjas de camarón, de tal forma que se pueda acceder libremente a información pertinente como: hectáreas cultivadas, producción, número de empleos, etcétera, para cada año.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez-Borrego, S. (2008) "Physical, Chemical and Biological Oceanography of the Gulf of California" In press in: R. Brusca (Ed.), *Biodiversity and Conservation in the Gulf of California*, *ASDM Studies in Natural History*. ASDM Press and University of Arizona Press, Tucson.

Álvarez-Borrego, S. y J.R. Lara-Lara. (1991) "The physical environment and primary productivity of the Gulf of California" páginas 555-567 en J.P. Dauphin and B.R. Simoneit (Eds.), *The Gulf and Peninsular Province of the Californias*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 47, Tulsa.

Antonio, S. (2007) "Agonía del manglar en México" en *Teorema Ambiental*, Núm. 66, México D.F., pp. 38-41.

Aburto-Oropeza, O., E. Ezcurra *et al.*, (2008) *Los Manglares del Golfo de California incrementan la producción pesquera*, Centro de Biodiversidad Marina y Conservación, Instituto de Oceanografía, La Jolla, U.C. en San Diego.

Azqueta, D. (2002) *Introducción a la Economía Ambiental*, Madrid, McGrawHill/Interamericana de España.

Baliao, D.D. y S. Tookwinas (2002) "Best management practices for a mangrove-friendly shrimp farming" en *Aquaculture* extension manual, Núm. 35, 50 p.

Barbier, E. B., M. Acreman y D. Knowler (1997) *Valoración económica de los humedales. Guía para decidores y planificadores*, Oficina de la Convención de Ramsar, Glard, Suiza. Caiva, Cataluña, España.

Barbier, E. B. y S. Sathirathai (2004) *Shrimp farming and mangrove loss in Thailand*, UK, Edward Elgar Publishing Limited, Glos.

Batanero, C. (2001) *Didáctica de la estadística*, Departamento de Didáctica de la Matematica, Universidad de Granada, España.

Borcosque, J. (1997) "Apuntes sobre sistemas de información geográfica", Material de clases, Departamento de Ingeniería Geográfica, Universidad de Santiago de Chile.

Borrayo R. (2002) Sustentabilidad y Desarrollo Económico, México D.F., McGraw Hill/Interamericana Editores.

COSAES (2007) "Informe final del ciclo 2007" *Campaña de manejo integral contra patologías de camarón*, http://www.cosaes.com/ (Consulta: jueves, 13 de marzo de 2008).

CESASIN (2006) Resumen de siembras y cosechas de producción 2006, http://www.cesasin.com.mx (Consulta: martes, 15 de abril de 2008)

CONABIO (2008) *Manglares de México*, México D.F., Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO.

Costanza, R., R. D'Arge, R. De Groot y Farber (1997) "The value of the world's ecosystem services and natural capital" *Nature*, USA, Vol. 387.

Chuaduangpui P. y K. Ikejima (2005) "Evaluation of water requirement for management of a seawater irrigation system for shrimp farms in Thailand. Integrated Tropical Coastal Zone Management", en *Aquaculture Research*, 36, Asia Institute of Technology, Khlong Luang, Pathunthani, Thailand, pp. 725-729.

Chuvieco, E. (1996) Fundamentos de Teledetección espacial, Tercera Edición, Madrid, Ediciones RIALP.

Dahduoh-Guebas, F. (2002) The use of remote sensing and GIS in the sustainable management of tropical coastal ecosystems. Environment, Development and Sustainablelity, Laboratory of General Botany and Nature Management, Mangrove Management Group, Vrije Universiteit Brussel, Pleinlaan 2, 4:93-112.

Dewalt, B. (1998) "The Ejido Reforms and Mexican Coastal Communities: Fomenting a Blue Revolution?" en Wayne Cornelius and David Myhre, eds. *The transformation of rural México, reforming the ejido sector*, San Diedo: Center or U.S.-Mexican Studies, UC San Diego.

DeWalt, B. (2000) *Camaronicultura*, sociedad y ambiente en el Golfo de California Informe para el Fondo Mundial para la Vida Silvestre (WWF), Pittsburgh.

DICTUS (2001) Planificación para la promoción y desarrollo de la actividad camaronicola en la costa centro-sur del Estado de Sonora Reporte Técnico, Universidad de Sonora, Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas-Laboratorio de Manejo Costero, Hermosillo, Sonora, México.

DICTUS (2004a) Proyecto de Construcción de escollera, Canales de llamada y drenes de descarga en el parque acuícola Los Mélagos, Manifestación de Impacto Ambiental-Modalidad Regional. Universidad de Sonora, Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas-Laboratorio de Manejo Costero, Hermosillo, México.

DICTUS (2004b) Estudio de factibilidad técnica, económico, financiero, proyecto ejecutivo y estudio de impacto ambiental para la construcción de la escollera, canales de llamda y drenes de descarga en el parque camaronícola Los Mélago, Universidad de Sonora, Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas-Laboratorio de Manejo Costero, Hermosillo, México.

Domínguez, R., J., León de la Luz, R., Riosmena (2007) "Los manglares en la península de baja california" *La Jornada ecológica*,

http://www.jornada.unam.mx/2007/10/29/eco-f.html (Consulta: viernes, 18 de julio de 2008).

Estrada, G. (2006) Tesis de maestría Evaluación de la cobertura de manglares utilizando imágenes de satélite y su relación con la actividad camaronicola en Sonora Universidad de Sonora, Maestría en Ciencias en Acuacultura, Hermosillo.

FAO (1997) *Manglares y otros bosques costero*, Publicaciones del Departamento Forestal de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, No. 38.6., 276-277 pp.

FAO (2004) *Programa de información de especies acuáticas cultivadas Penaeus Vannamei*, http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Litopenaeus_vannamei_es (Consulta: lunes, 24 de marzo de 2008).

FAO (2005) Veintidós documentos NASO (Visión General del Sector Acuícola Nacional) y Veintidós PAFAD (Análisis Prospectivo del Desarrollo futuro de la Acuicultura) para Veintidós países de América Latina y el Caribe (Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, Chile, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela). Roma.

FAO (2006a) *State of world aquaculture 2006*, Departamento de Pesca y Acuicultura de la Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación, Roma.

FAO (2006b) *El estado mundial de la pesca y acuicultura 2005*, Departamento de Pesca y Acuicultura de la Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación, Roma.

FAO (2007a) *El estado mundial de la pesca y acuicultura 2006*, Departamento de Pesca y Acuicultura de la Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación, Roma.

FAO (2007b) *The World's Mangroves 1980-2005*, The Forestry Department Food and Agriculture Organization, Rome.

FAO/NACCEE (2006) Regional review on aquaculture development trends No.1017/5. Roma, 97 pp.

FAOLEX (2007) *National aquaculture legislation overview Mexico*, http://www.fao.org/fishery/legalframework/nalo_mexico (Consulta: viernes, 13 de junio de 2008).

Fleiss, J. (1981) *Statiscal methods for rates and proportions*, Segunda edición, Nueva York, John Wiley and Sons.

Godoy, J. (2007) Tesis de maestría Evaluación del grado de impacto de la actividad camaronicola en una franja costera del sur de Sonora, mediante indicadores ambientales. Caso de estudio: Sistemas Mélagos-Aquiropo, Universidad de Sonora, Maestría en Ciencias en Acuacultura, Hermosillo.

Hecht, T. (2006) "Regional review on aquaculture development" 4. Sub-Saharan Africa 2005. FAO Fisheries Circular. No. 1017/4. Rome, FAO. 96 pp.

INEGI (2001) "*Notas Revista de información y análisis*" Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática, núm. 14 abril-junio, México, D.F.

INEGI (2004) "Pesca y Acuicultura Animal" Censos económicos 2004, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D.F.

Martínez-Cordero, F. (2007) "Aspectos socioeconómicos de especies y sistemas de selección del desarrollo de la acuicultura sostenible en México" en PingSun Leung.

McGoodwin, J. (1980) *Mexico's Marginal Inshore Pacific Fishing Cooperatives*. *Antropological Quarterly*, George Washington University Institute for Ethnographic Research, Washington D.C. 53(1):39-47

Molina P. (2004) "Servicios Ambientales" Seminario-Taller Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Foro Boliviano Medio Ambiente y Desarrollo, La Paz, Bolivia.

Nauman, T. (2006) "El Golfo de California: Un futuro comprometido: La agricultura y la acuicultura compiten por el agua", Programa de las Américas Serie de reportajes de investigación, México D.F.

Neori, A., T. Chopin y M. Troell (2004). "Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing sea-weed biofiltration in modern mariculture", en *Aquaculture*, 231: 361-391.

NOM-022-SEMARNAT-2003 —Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar, 10 de Abril de 2003. Última modificación publicada DOF, 7 de mayo de 2004.

OCDE (2005) "Mangrove protection initiatives and farmed shrimp" en *Environmental Requirements and Market Access*, Trade Policy Studies, Paris, Francia.

Oddone, C. y L. Granato (2006) "Valoración Económica del Medio Ambiente" Tercer Encuentro Internacional sobre Desarrollo Sostenible y Población, Madrid, España.

Paéz-Osuna, F. (2003) "La interacción camaronicultura y medio ambiente" en *Camaronicultira y medio ambiente*, México, UNAM.

Ramos, J. (1989) *Historia de un Coctel*, Hermosillo, México, Universidad de Sonora, UNISON.

RAMSAR (2002) "Wetlands: water, life, and culture" 8th Meeting of the Conference of the contracting parties to the convention on wetlands (Ramsar, Iran, 1971) Valencia, Spain, 18-26 November 2002.

SAGARPA (2006) *Análisis Prospectivo de Política para la Acuacultura y la Pesca*, Proyecto Evaluación Alianza para el Campo 2005, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca t Alimentación, México D.F.

Sanjurgo E. y S. Welsh (2005) "Una Descripción del Valor de los Bienes y Servicios Ambientales Prestados por los Manglares" en *Gaceta Ecológica*, enero-marzo, número 074, Instituto Nacional de Ecología, México, D.F., pp. 55-68.

Santiago-León, F. (2003) Tesis de maestría "Estimación de biomasa en pastizales utilizando sensores remotos (NOAA-ACHRR y SPOT-VGT) en la cuenca del Río San Pedro, Sonora-México" Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias, Ensenada, Baja California, México, 107 p.

SEAFDEC (2006). "Mangrove-friendly shrimp culture: an ASEAN-SEAFDEC project" The Southeast Asian Fisheries Development Center (disponible en www.mangroveweb.seafdec.org.ph).

SEMARNAT-INE (2005) Evaluación Preliminar de las Tasas de Pérdida de Superficie de Manglar en México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología (INE), Dirección General de Investigación y Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas, México D.F.

Sheskin, D. (2004) *Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures*, Tercera Edición, Estados Unidos, Chapman & Hall/CRC.

Smith, A. (1987) *Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones*, México, Fondo de Cultura Económica/Serie de Economía. Traducción de la obra original publicada en 1776.

Smith, P. (1999) "Coastal shrimp aquaculture in Thailand: keyissues for research" ACIARTechnical Reports No.47, 131 pp.

Spiegel, M. y L. Stephens (2003) Estadística, Cuarta Edición, México, Serie Schaum, McGraw-Hill.

Tokrisna, R. (2007) "Shrimp Culture and Public Policy for Sustainable Development in Thailandia" en PingSun Leung, Cheng-Sheng Lee y P. J. O'Bryen, *Species and System Selection for Sustainable Aquaculture*, Iowa, USA, Blackwell Publishing Professional.

Tomlinson, P. (1986) The Botany of Mangroves, Cambridge Univ. Press, Cambridge.

Tookwinas S. y D. Yingcharoen (1999) "Seawater irrigation system for intensive marine shrimp farming" en *Aquaculture*, Asia 4, 33-38.

Normatividad revizada en esta investigación

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Última reforma publicada DOF, 19 de mayo de 2008.
- Ley General de Vida Silvestre. Última reforma publicada DOF, 2 de febrero de 2007.
- Ley del Impuesto Sobre la Renta. Última reforma publicada DOF, 1 de octubre de 2007.
- Ley del Impuesto al Valor Agregado. Última reforma publicada DOF, 1 de octubre de 2007.
- Tratado de Libre Comercio de América del Norte. Ratificado el 1 de enero de 1994.
- Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables. Promulgada DOF, 24 de julio de 2007.
- Ley de Acuacultura para el Estado de Sonora. Promulgada el 26 de diciembre de 2005.
- Reglamento de la Ley de Acuacultura para el Estado de Sonora. Promulgado el 20 de marzo de 2007.

El autor es Licenciado en Economía por la Universidad Autónoma de Sinaloa en Culiacán. Formó parte del Consejo para el Desarrollo Económico de Sinaloa (CODESIN). Egresado de la Maestría en Administración Integral del Ambiente de El Colegio de la Frontera Norte.

Correo electrónico: orrantia@colef.mx

© Todos los derechos reservados. Se autorizan la reproducción y difusión total y parcial por cualquier medio, indicando la fuente.

Forma de citar:

Orrantia, Christian (2008). Evaluación económica, social y ambiental del desempeño del Sistema de Toma de Agua Directa del Océano en el parque acuícola Los Mélagos, Sonora. Tesis de Maestría en Administración Integral del Ambiente. El Colegio de la Frontera Norte, A.C. México. 114 pp.