



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



Aplicación de sistemas de información geográfica en la  
gestión espacial acuícola de Bahía Falsa, San Quintín, B.C

Que presenta para obtener

Diploma en Especialidad en Gestión Ambiental

Fis. Fernanda Lyzeth Rivera Saldívar

Ensenada, B.C. Octubre del 2010



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
Facultad de Ciencias Marinas  
Especialidad en Gestión Ambiental



Aplicación de sistemas de información geográfica en la  
gestión espacial acuícola de Bahía Falsa, San Quintín, B.C

Presentado por

Fis. Fernanda Lyzeth Rivera Saldívar

Aprobado por

Dr. Oscar Eduardo Delgado González

Director

Dr. Georges Seingier

Sinodal

M.C. Hiram Rivera Huerta

Sinodal

## AGRADECIMIENTOS

A Dios porque sin su voluntad nada de esto hubiera sido posible.

A mi hermosa mamá que siempre buscó la manera de que yo tuviera lo mejor, siempre me ha apoyado y siempre me hace saber que soy la persona más importante en su vida. A mis abuelos Martina y Apolonio por siempre apoyarme, estar orgullosos de mi y siempre orar por mi bienestar. A mi tía Yolanda por sus valiosos consejos, ánimos para seguir adelante y todo su amor.

A mi JC por su confianza, su apoyo, su amor y por ser una gran motivación para mí. A la familia de mi JC y a mi querida Chelita por siempre echarme porras, cuidarme, quererme y apapacharme. A la abuelita Mini por siempre tenerme en sus oraciones y enfadar tanto a sus santitos para que me fuera bien.

A mí querida chinita Luisa, a Irmita, Carmelita, Antonio quienes siempre han velado porque yo tenga un camino lleno de dicha. Gracias por hacerme sentir tan importante para ustedes.

A mi Director Oscar por su disposición, su apoyo, compartir sus conocimientos, sus chistes, por ser tan amable conmigo, confiarme su cubículo y compartirme siempre de sus galletas. Gracias asesor.

A mis sinodales Hiram y Georges por el tiempo que me han dedicado en clases y fuera de estas, por ayudarme a mejorar mi trabajo terminal y por siempre estar sonrientes a pesar de haberlos enfadado tanto. Ustedes me enseñaron las herramientas para yo poder realizar mi tesina. Mejores maestros no pude haber tenido.

A la coordinadora de la especialidad la Profesora Conchita Arredondo por siempre preocuparse por nosotros, siempre estar al pendiente de nuestro bienestar y siempre estar dispuesta a ayudarnos.

A mis maestros de la especialidad por ser tan amables y siempre preocuparse por hacer de nuestras clases algo ameno.

A mis compañeros de la especialidad por hacer de este año tan ameno, tan feliz y tan divertido.

A mi querida amiga Li, gracias por todo tu apoyo, por compartir tus conocimientos conmigo, por siempre estar dispuesta a ayudarme a cualquier hora y compartirme de tu lonche cuando me daba hambre.

A mi querida Teniente Nidia Angúlo por compartir sus conocimientos conmigo, los cuales me ayudaron en mi trabajo terminal, y a mi querido Teniente Diego López por darme la confianza de molestarlo aun fuera en la madrugada para hacerle preguntas del Surfer .

A Eduardo Gil por el tiempo que me dedicó enseñándome herramientas para mi tesina, su disposición y amabilidad.

A CONACYT (CVU 323682 ) por la beca que me brindó durante mis estudios de Especialidad.

A la UABC y a la Facultad de Ciencias Marinas, a sus maestros y administrativos por el apoyo que me brindaron. Pero sobre todo a la Secretaria Lorena por ser siempre tan amable y hacer siempre de nuestros trámites algo sencillo, por ser tan atenta y siempre ser sonriente con nosotros.

## RESUMEN

Las lagunas costeras son espacios naturales en donde el hombre ha encontrado beneficios al utilizarlas con fines productivos. Desde hace más de 30 años se realiza el cultivo de ostión japonés en Bahía San Quintín (BSQ), B.C. México, mas no se tiene registro de que las concesiones destinadas a esta actividad se hayan otorgado conforme a un estudio con criterios específicos. La ausencia de criterios puede ocasionar que los espacios concesionados no se estén utilizando en todo su potencial y por tanto la gestión del espacio se realice de manera parcial, desconociéndose el potencial del área de cultivo. El objetivo de este trabajo es presentar una propuesta de gestión sobre el uso del espacio acuícola en Bahía Falsa (Bfa) utilizando sistemas de información geográfica (SIG) como herramienta para calcular su capacidad de carga física. Para cumplir con el objetivo se reunieron datos de la profundidad del área de estudio, horas de exposición del fondo de la bahía y se tomaron en cuenta detalles técnicos de las artes de cultivo (camas y estantes) utilizados actualmente en Bfa. También se propone una cama con una altura de 0.60 m para maximizar el aprovechamiento de los espacios dentro de la bahía. El área que cumple con las especificaciones para maximizar el aprovechamiento de los espacios utilizadas es de 346 has en donde se pueden colocar 27, 201 artes de cultivo, es decir, se triplica la cantidad de artes que se usan en la actualidad. Los ostiones cultivados en estas artes de cultivo consumirían el 58% del total de alimento que entra en la Bahía en condiciones de marea muerta, reduciéndose este porcentaje a 6.11% en condiciones de marea viva, por lo que queda muy distante de poner en riesgo la demanda de alimento de los moluscos y otras especies que compiten por el mismo alimento.

## Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	9
Objetivo.....	11
Objetivos particulares.....	11
Justificación.....	12
Área de Estudio.....	13
Contenido del trabajo.....	16
ANTECEDENTES.....	18
Cultivo de bivalvos.....	18
Desarrollo acuícola en Bahía San Quintín.....	19
Artes de cultivo en Bahía San Quintín.....	21
Procesos en Bahía Falsa.....	22
Capacidad de Carga.....	23
Sistemas de Información geográfica (SIG).....	26
Terminología y conceptos sobre SIG.....	26
Aspectos técnicos del SIG.....	26
Aplicaciones de la tecnología del SIG.....	27
METODOLOGÍA.....	28
Distribución de profundidades en Bahía Falsa.....	28
Obtención del tiempo de exposición.....	29
Detalles técnicos de artes de cultivo y concesiones.....	30
Construcción de shapfiles.....	32
Cálculo de la capacidad de carga física.....	32
Propuesta de cama con altura de 0.60 m.....	33
RESULTADOS.....	34
DISCUSIONES.....	46
CONCLUSIONES.....	50
Recomendaciones.....	51
LITERATURA CITADA.....	52

## LISTA DE TABLAS

Tabla I. Distribución de la profundidad que presentan los polígonos concesionados y el número de días que esa distribución estaría expuesta durante las condiciones de marea en 2009.....	37
Tabla II. Superficie (ha) que cubren las camas y los estantes y número de ejemplares que caben en esta áreas.....	42
Tabla III. Porcentaje de área que ocupan las camas y estantes en Bfa.....	42
Tabla IV. porcentaje estimado que consumirán los moluscos de acuerdo a la capacidad de carga física obtenida.....	43
Tabla V. hectáreas de superficie estimada para camas de 0.6 m de altura.....	45

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización de la Bahía de San Quintín, B.C. ....	14
Figura 2. Distribución regional del tamaño de los granos del sedimento en la laguna costera de San Quintín presentados como a) % de limo (4-62.5 $\mu\text{m}$ ) t b) % de arcilla (<4 $\mu\text{m}$ ) de tamaño de partículas. ....	15
Figura 3. Corte transversal de la columna de agua, superficie al fondo, en donde se puede visualizar el acomodo de las artes de cultivo y las porciones que se descubrirán o no de los tipos de estructuras utilizadas en la actualidad. Rangos de profundidad para camas y estantes en la que cierta porción de estructura se expone 34, 23 y 14 días al año. La superficie está referida al nivel medio del mar. ....	30
Figura 4. Artes de pesca que se utilizan en BSQ. Fotografía izquierda: estantes de 1.5 m de altura. Fotografía derecha: estructuras tipo cama con 0.3 m de altura. ....	31
Figura 5. Días se exposición del suelo de Bfa y ubicación de algunas concesiones dentro de esta.....	35

Figura 6. Distribución de camas y estantes en las profundidades que se consideran dentro de los tiempos de exposición para que los moluscos obtengan sus características comerciales..... 40

Figura 7. Capacidad de carga física calculada para rangos de profundidad entre 1.3 m y 1.5 m con camas de armazón de 0.6 m de altura y bolsa de 0.2 m..... 44

## INTRODUCCIÓN

Las lagunas costeras son espacios naturales cuyas características particulares suelen ser aprovechadas por diversas especies como espacios para reproducirse, resguardarse o conseguir alimento. El hombre también ha encontrado beneficios al utilizar estos espacios costeros con fines productivos; la protección al embate directo del oleaje oceánico, vuelve atractivos a estos espacios para desarrollar actividades lúdicas, acuícolas, pesqueras y de otros tipos. (Yáñez-Arancibia, 1994; García-Esquivel et al. 2004).

Es común encontrar la acuicultura de especies marinas en espacios costeros protegidos y semiprotegidos como bahías y lagunas costeras. Dado que esta actividad ha mostrado un incremento importante en los últimos 50 años en el contexto mundial (FAO, 2008), es importante disponer de conocimientos técnicos que permitan realizar una gestión de los espacios costeros e intentar asegurar el uso equilibrado de estos espacios para que puedan seguir siendo utilizadas por las generaciones futuras. Para el caso particular de los cultivos de moluscos que se desarrollan en lagunas costeras de latitudes medias, además de la condición de protección que brindan estos espacios, se tiene el beneficio de la alimentación que estos espacios proveen de manera natural, lo cual también reduce los costos operativos de producción.

Desde hace más de 30 años se realiza el cultivo de ostión japonés en BSQ, B.C. México (Figura 1), mas no se tiene registro de que las concesiones destinadas a esta actividad hayan sido otorgadas conforme a un estudio con criterios específicos; criterios que vayan más allá de cuidar que los límites de una concesión no invadan los de otra concesión autorizada con anterioridad. La

ausencia de criterios explícitos puede ocasionar que los espacios concesionados no se estén utilizando en todo su potencial y por tanto la gestión del espacio se realice de manera parcial por cada uno de los usuarios de los espacios concesionados para tal fin, desconociéndose el potencial del área de cultivo desde una aproximación integral.

Uno de los elementos o conceptos que permite caracterizar los espacios costeros para determinar su uso potencial con fines productivos, es la capacidad de carga que puede soportar el sistema, concepto cuya valoración permite determinar si un sistema es capaz de sobrellevar un nivel o cierto grado de uso. En el caso de un ecosistema es el soporte de éste ante los organismos que habitan en él y al mismo tiempo su capacidad para mantener su rendimiento, adaptabilidad y capacidad de regeneración. El concepto de capacidad de carga de un ecosistema suele aproximarse desde cuatro vertientes relacionados entre sí: capacidad de carga física, capacidad de carga de producción, capacidad de carga ecológica, capacidad de carga social (Inglis et al. 2000). En este trabajo se calcula la capacidad de carga física de Bfa ya que los sistemas de información geográfica permiten un cálculo sencillo de esta al solo trabajar los espacios con unidades de longitud y área.

El análisis para la gestión acuícola es un tema interdisciplinario y requiere disponer de conocimientos sobre los procesos que se presentan en el ecosistema, sobre la fisiología y ecología de la especie cultivada y de la técnica del cultivo mismo. Delgado-González (2010), propuso un índice de aprovechamiento acuícola empleando la combinación de aspectos biofísicos, sociales y económicos. Aún cuando se atendió la distribución espacial de la profundidad, no se exploró la posibilidad de obtener una distribución de artes

de cultivo basado sólo en la capacidad de carga física, sino que incorporó la distribución de profundidad en combinación con la distribución de alimento para seleccionar las áreas con mejores condiciones biofísicas, utilizando para ello la distribución de estantes autorizada a los concesionarios. La información y antecedentes señalados en los párrafos anteriores permiten proponer los siguientes objetivos.

## **Objetivo.**

Presentar una propuesta de capacidad de carga física para una gestión sobre el uso del espacio acuícola en Bfa.

## **Objetivos particulares.**

- Identificar la distribución espacial de exposición que se presenta en Bfa durante 1 año para los diferentes intervalos de profundidad medidos y mostrar que algunas de las concesiones dentro de Bfa presentan diferentes rangos de profundidad entre ellas. Representar esto en un mapa temático.
- Utilizar la distribución espacial de la profundidad, las características morfológicas de Bfa, los tipos de artes de cultivo y especificaciones técnicas requeridas en las concesiones, para identificar los rangos de profundidad que se requieren para determinar la capacidad de carga física de Bfa.

- Obtener la capacidad de carga física identificando las áreas para colocar las artes de cultivo tomando en consideración sus características físicas y asegurando que éstas se encuentren dentro de rangos de horas de exposición considerados beneficiosos para los cultivos. Presentar la distribución espacial potencial que se obtiene de artes de cultivo en Bfa empleando un mapa temático.

## **Justificación**

El uso comercial que se le viene dando a BSQ comenzó desde hace más de 30 años y sin embargo, sigue siendo un cuerpo costero con alta productividad primaria. Condición que quedó establecida con los primeros estudios que se realizaron para analizar su viabilidad acuícola en 1979, cuando se desarrollaron exitosamente cultivos piloto del ostión japonés *Crassostrea gigas* y, de acuerdo con cifras oficiales, su producción comercial aumentó desde 100 hasta 900 toneladas en la década de los ochenta, cifra que no ha sido rebasada hasta ahora (García-Esquivel et al., 2004).

No se conoce algún registro en el que se establezca que las concesiones destinadas al cultivo de ostión se hayan hecho de acuerdo a criterios derivados a partir de las condiciones de la Bahía, siendo quizás esta ausencia de criterios una de las razones por lo cual razón se presenten traslapes legales entre concesiones y la serie de situaciones que de ahí se puedan desprender.

Aún cuando la actividad acuícola que se realiza en Bfa sigue siendo artesanal, el beneficio social y económico que ésta conlleva ha trascendido y se tiene el

reconocimiento regional, nacional e internacional de la actividad, reconocimiento que se da no sólo por la calidad del producto, sino por la coexistencia entre usuarios y ambiente natural que se ha logrado mantener a lo largo del tiempo y que se debe mantener para futuras generaciones empleando criterios que aseguren su funcionamiento, como el que se propone abordar en este trabajo.

Por lo que es importante encontrar una distribución espacial para acomodar de artes de cultivo (tipo estantes y camas) en Bfa, tomando en consideración criterios explícitos que permitan colocarlos en zonas que aseguren que los tiempos de exposición al aire de los moluscos en cultivos sean los más adecuados y éstos puedan alcanzar las características que se requieran para su comercialización dentro de los tiempos redituables para los concesionarios.

## **Área de Estudio**

La BSQ, se localiza en la costa noroeste de estado de Baja California, México B.C entre las coordenadas 30° 30' a los 30° 45' latitud N, y 115° 57' a los 116° 01' longitud W, a una distancia de 200 km de la ciudad de Ensenada (Figura 1). BSQ colinda al oeste por un tómbolo de 8 km de largo que tiene orientación noroeste y al sur por una barrera de arena de 5 km con orientación este. Entre la punta de la barra arenosa y el costado interno del tómbolo se forma la única boca que permite el intercambio de agua permanente entre el océano y la laguna (Lara- Espinoza, 2007). BSQ es un sistema lagunar costero con una extensión aproximadamente de 42 km<sup>2</sup> en forma de "Y"; en donde uno de los brazos es "Bahía San Quintín" (lado este) y el otro "Bahía Falsa" (lado oeste).

## Bahía San Quintín, B.C., México

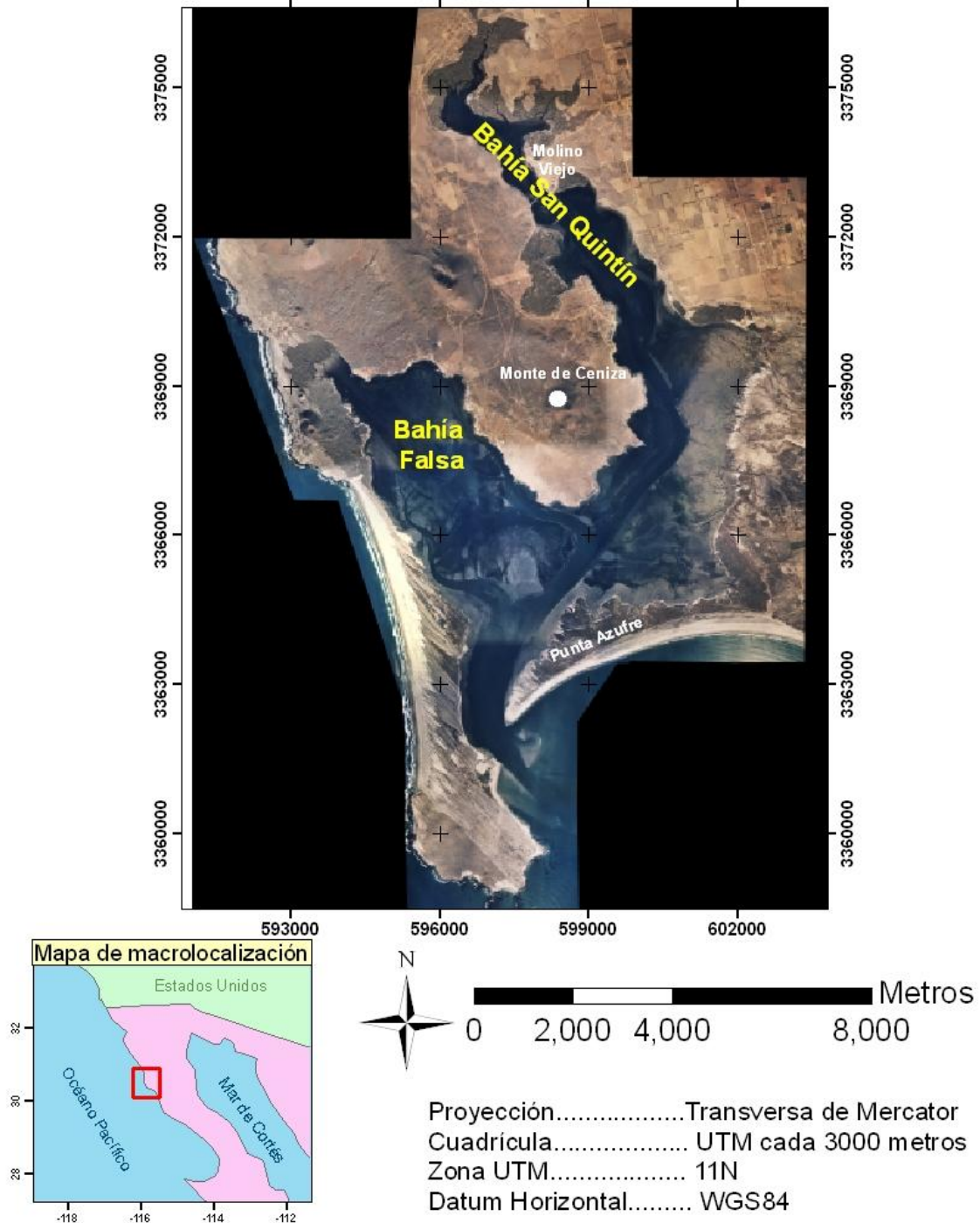


Figura 1. Mapa de localización de la Bahía de San Quintín, B.C.

El canal secundario localizado en el margen derecho de Bfa tiene profundidades mayores a 4 m en su inicio y disminuye conforme se interna hacia la cabeza de esta Bahía (Figura 1). Bfa cuenta con una anchura de 2.3

km y una longitud de 6 km desde la cabeza hasta un límite imaginario que resulta de trazar una recta paralela al canal principal desde la punta de la masa volcánica hasta el tómbolo (Delgado-González, 2010).

Los sedimentos en BSQ están compuestos en su mayoría por arcilla y limo verde y grisáceo, con partículas de arcilla de tamaño superior al 20% principalmente en las cabezas de Bfa y BSQ, y un punto localizado en el sur de BSQ (Figura 2). Regularmente, lodos (limo + arcilla) son encontrados en aguas poco profundas en las cabezas de BSQ y Bfa, así como en el centro de BSQ, donde las profundidades son menores a 2 m. Las arenas son dominantes cerca de la desembocadura de la Bahía hacia el océano a lo largo los canales de marea más profundos y junto a la duna y a la barra de arena de la playa (Daesslé et al, 2009).

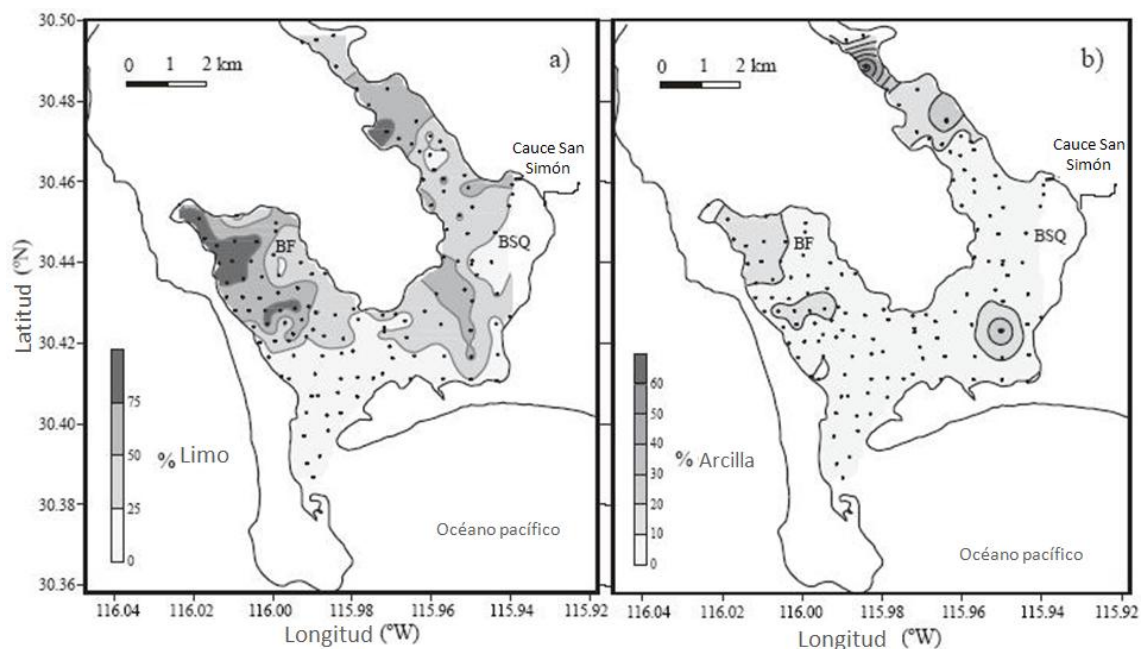


Figura 2. Distribución regional del tamaño de los granos del sedimento en la laguna costera de San Quintín presentados como a) % de limo (4-62.5  $\mu\text{m}$ ) t b) % de arcilla (<4 $\mu\text{m}$ ) de tamaño de partículas.

Cerca de la zona de descarga del arroyo San Simón, la arena limosa es dominante, y no se ve evidencia de depositación de sedimentos gruesos asociados al flujo de descarga por este. Este arroyo se inunda sólo ocasionalmente durante las temporadas de lluvia extrema, y su cauce se encuentra cubierto por arena y arbustos.

## **Contenido del trabajo**

Para cumplir con los objetivos planteados, el presente trabajo se dividió en 7 capítulos. En el capítulo 2 se hace una investigación documental de los antecedentes que permiten contextualizar este trabajo; se abordan los temas sobre el cultivo de bivalvos y su desarrollo en BSQ, sobre las artes de cultivo que se emplean en esta bahía y sobre los principales procesos naturales que determinan el movimiento de agua en Bfa. Dado que la forma para calificar la calidad del espacio acuícola se hace empleando los sistemas de información geográfica y la capacidad de carga física, ambos temas se abordan en este capítulo. En el capítulo 3 se presenta la metodología empleada para procesar información de la batimetría en Bfa y su representación en las horas de exposición que presentan algunas zonas por el efecto de bajamar empleando imágenes aéreas georeferenciadas y sistemas de información geográfica. En este capítulo se presentan los detalles del procedimiento que se siguió para obtener las horas de exposición cuando baja la marea en BSQ a partir de una serie de tiempo del año 2009 obtenida de la página [www.cicese.marea.mx](http://www.cicese.marea.mx) (CICESE, 2010).

En el capítulo 4 se presentan los resultados haciendo uso de mapas temáticos que permiten observar la distribución de los 15,408 estantes y las 6,682 camas que se propone pueden ubicarse de acuerdo a los criterios considerados en un área calculada de 281 Ha de cultivo. También se presenta una propuesta con alturas de artes de cultivo que no se emplean en la actualidad y que permitirían aprovechar 65 has con profundidades que cumplen los criterios exigidos si se modifica la altura de su estructura de 0.30 a 0.60 m. A partir del número de estantes y camas propuestos, se estima la cantidad de organismos cultivados y el porcentaje de alimento que consumirían en dos condiciones de marea. Estos resultados se compararon con la cantidad de estantes utilizados actualmente en las concesiones dentro de Bfa, identificándose las principales diferencias encontradas.

En el capítulo 5 se hace un análisis de los resultados obtenidos y consideraciones que se tomaron para la obtención de estos resultados. En el capítulo 6 se muestran las conclusiones y recomendaciones derivadas de este trabajo y por último, en el capítulo 7 se presenta la bibliografía citada para poder completar este estudio.

## ANTECEDENTES

BSQ se caracteriza por estar protegida al embate directo del oleaje oceánico, presentar planicies costeras que se cubren y descubren de agua oceánica por la acción de la marea, la cual se propaga por un sistema de canales principales y secundarios bien delimitados. Se caracteriza también por su alta productividad primaria, la escasa pluviosidad, aislamiento relativo de centros urbanos y la presencia de arroyos que sólo descargan sus flujos durante eventos con pluviosidad extrema. Estas condiciones favorecen el desarrollo de actividades acuícolas, particularmente la del cultivo de bivalvos.

### **Cultivo de bivalvos.**

Durante su crecimiento, los ostiones interactúan con el medio filtrando su alimento, principalmente fitoplancton, detritus y sedimentos (seston), y arrojando heces y pseudo heces al medio, las cuales se depositan posteriormente en el bentos. De este proceso se deriva una forma de clasificar las interacciones entre las granjas de bivalvos y el ambiente que le rodea, de acuerdo a si el impacto que se genera es en el fondo o en la columna de agua (Gibbs, 2007).

La intensidad de este tipo de interacciones y la capacidad del ambiente para asimilarlas depende tanto de las características del cultivo como de las condiciones biofísicas particulares de la zona de cultivo (Prins *et al.*, 1998). La manifestación negativa de las interacciones estará dada por la pérdida en las propiedades de la calidad de agua, la cual en casos extremos puede llegar a generar espacios anóxicos en las zonas de cultivo (Plus *et al.*, 2003).

Los desechos orgánicos e inorgánicos que liberan los bivalvos al medio están relacionados con la disponibilidad de alimento, la extensión y densidad de las granjas y las condiciones hidrodinámicas particulares de la zona. Además del papel que determina la hidrodinámica y el filtrado de los bivalvos cultivados en la distribución del fitoplancton, se tienen los posibles efectos ocasionados por la presencia de las mismas granjas que funcionan como barreras que interactúan con los flujos, reflujos y corrientes superficiales, de las cuales se pueden generar distribuciones espaciales particulares de fitoplancton dentro de la zona de cultivos, de acuerdo a la orientación y profundidad del cultivo.

## **Desarrollo acuícola en Bahía San Quintín**

La explotación del espacio acuícola que presenta Bfa se inició en 1994 con 9 concesionarios, cantidad que aumentó a 22 en el año 2005. El aprendizaje de la actividad por los concesionarios se dio en buena parte por la repetición de las prácticas realizadas por usos y costumbres, a prueba y error, más que por un conocimiento detallado de las mismas, perpetuando con ello la cadena operativa utilizada por la mayoría.

Para el año 2009, las 22 concesiones autorizadas para desarrollar actividades acuícolas en BSQ, lo hacen bajo diferentes esquemas de organización; Sociedades de Producción Rural (S.P.R. de R.L.), Sociedades Anónimas de Capital Variable (S.A. de C.V.) y Sociedades de Responsabilidad Limitada (S.R.L.). En total, los 22 concesionarios poseen aproximadamente 10,000 racks; de los cuales 8500 están dentro del brazo denominado Bfa, en donde la profundidad y la cantidad y calidad de alimento disponible son factores

naturales que influyen en el crecimiento y biomasa de los ostiones, tan importantes quizás, como el personal responsable de mantener las artes de cultivo, la disponibilidad de infraestructura, equipo y la solvencia económica de las empresas (Delgado-González, 2010).

Para que un estante no genere pérdidas, se requiere que al menos produzca 120 docenas de ostión, cantidad variable entre estantes y que puede cambiar temporal y espacialmente. Si se toman los 120 docenas como valor representativo y se toma un peso de 2 kg por docena, se tiene que en el año se estarán produciendo 1,020 ton, cantidad que no está alejada del último reporte oficial de 918 ton (Delgado-González, 2010).

García-Esquivel, et al., (2004), reportaron diferencias en los tiempos de producción entre un sitio y otro dentro de una misma zona de cultivo en BSQ, estas diferencias no las pudieron atribuir a diferencias en la disponibilidad de alimento e indican estar asociadas a diferencias microgeográficas dentro de la zona de cultivo, tales como las diferentes profundidades entre los sitios, las cuales ocasiona diferentes tiempos de exposición al aire de los organismos cultivados. Una vez que los ostiones se han colocado en los estantes o racks, requieren entre 9 y 12 meses en alcanzar su talla comercial de 0.09 m, aunque en algunos sitios de Bfa este tiempo puede prolongarse hasta 24 meses (García-Esquivel *et al.*, 2004).

El estado de desarrollo que presentan las empresas sugiere que la actividad seguirá creciendo en los próximos años; en la fecha de las entrevistas se estaban utilizando menos de la mitad de los estantes autorizados en las concesiones y las estimaciones de alimento para la biomasa de ostión producido, indican que el sistema puede soportar un crecimiento acuícola, sin

embargo, se requieren hacer estudios orientados a caracterizar la demanda de alimento de otras especies que comparten el mismo espacio y que se alimentan en el mismo nivel trófico que los ostiones, estos estudios deberán ser acompañados con estudios que permitan establecer las modificaciones experimentadas por la acumulación de desechos en el lecho marino.(Delgado-González, 2010)

A la hora de evaluar la potencialidad de la zona estudiada para su explotación acuícola, la principal variable determinante fue la hidrodinámica inducida por la marea, dado que distribuye el alimento en la zona y, al mismo tiempo, determina las variaciones en profundidad a lo largo de la bahía (Delgado-González, 2010). Del total de POM (siglas en inglés de Materia Orgánica Particulada) incorporado durante la marea muerta (3.45 ton), el consumo total que realizarían los 37.6 millones de ostiones cultivados, a razón de  $0.023\text{gr } 6\text{h}^{-1}$ , sería de 0.9 ton, es decir, se consumiría solamente un 26% del alimento disponible, reteniéndose las 2.5 ton restantes en el cuerpo de agua. Este porcentaje de consumo se reduciría a 3% si se considera el escenario de marea viva, en el cual se introducen aproximadamente 3.6 ton (Delgado-González, 2010).

### **Artes de cultivo en Bahía San Quintín**

La profundidad de la zona es un factor determinante al utilizar estantes en el cultivo de ostión, ya que si los estantes se colocan a una profundidad de 1.5 m referido al nivel medio del mar, esta profundidad coincide con la altura aproximada que tienen los estantes desde el fondo, por lo que cada vez que baje la marea se descubrirá una parte o toda la estructura con los ostiones,

limitando la posibilidad de que éstos consigan alimento sólo a los tiempos de inmersión. Ante esta situación y sabiendo que los máximos descensos de marea son alrededor de 1.4 m por debajo del nivel medio del mar, se tiene que aquellas zonas de la planicie en Bfa con una profundidad mayor a 2.5 m aseguran que los estantes ahí instalados permanezcan sumergidos la mayor parte del tiempo, con lo que los ostiones de los cultivos estarán en posibilidades de poder alimentarse (Delgado-González, 2010). Esta condición, sin embargo, no permite que los ostiones queden expuestos a las condiciones atmosféricas y por tanto sus conchas no adquieren la dureza buscada por los concesionarios para poder despegarlos de las sartas, provocando con ello que los ostiones tengan conchas frágiles, conchas que se rompen al tratar de despegarlos, ocasionando pérdidas económicas, de ahí que en este trabajo se propongan zonas con profundidad adecuada para satisfacer el requisito de que las conchas de los ostiones cultivados adquieran suficiente dureza y que los tiempos que tarde el producto en alcanzar su talla comercial sean redituables, empleando diferentes alturas de las artes de cultivo .

## **Procesos en Bahía Falsa**

BSQ es una laguna en la que circulación y renovación del agua está controlada esencialmente por la marea (Flores-Vidal 2006). La marea es mixta con predominancia semidiurna, con rangos entre 2.5 y 1 m en mareas vivas y muertas respectivamente (Ocampo-Torres, 1980).

La disponibilidad de nutrientes en la columna de agua promueve el desarrollo fitoplanctónico en presencia de suficiente energía solar. En la zona de estudio los nutrientes deben provenir del océano adyacente, de los mismos cultivos y

del reciclado por bacterias. De modo tal que la distribución en la concentración de nutrientes estará influenciada por la hidrodinámica interna de la laguna; el agua que ocupa volumen en la cabeza de BSQ, tendrá menor contacto con el agua que ocupa el espacio cercano a la boca, la cual se renuevan constantemente por el flujo y reflujo diario de marea, y por lo tanto se espera que la concentración de nutrientes en el área de la cabeza dependa de la capacidad del reciclamiento interno, dado que los vertidos de desechos orgánicos e inorgánicos asociados con la presencia humana en los campos pesqueros cercanos a los cultivos y en las zonas agrícolas son nulos.

Además del papel que determina la hidrodinámica y el filtrado de los bivalvos cultivados en la distribución del fitoplancton en Bfa, se tienen los posibles efectos ocasionados por la presencia de las mismas granjas que funcionan como barreras que interactúan con los flujos, reflujos y corrientes superficiales, de las cuales se pueden generar distribuciones espaciales particulares de fitoplancton dentro de la zona de cultivos, de acuerdo a la orientación y profundidad del cultivo. Los cultivos más próximos al canal principal y con mayor profundidad tendrán mayor oportunidad de conseguir alimento, ya que estarán expuestos por más tiempo a flujos y reflujos generados por la marea o las corrientes superficiales que aquellos alejados de éste y con menor profundidad (Delgado-González, 2010).

## **Capacidad de Carga**

En su concepto más elemental, la capacidad de carga describe la relación entre el tamaño de la población y el cambio en los recursos de los cuales depende. Supone que existe un tamaño límite de la población que puede ser

soportado por el recurso. El concepto se utilizó inicialmente a fines de los años cincuenta en el manejo de praderas con pastos para describir las máximas reservas de pasto que podrían lograrse antes que se notaran deterioros en la calidad del pasto o las reservas. Posteriormente se ha utilizado en una amplia gama de contextos (Inglis *et al.*, 2000).

El proceso para establecer la capacidad de carga ambiental para cualquier actividad, requiere describir la relación entre los niveles de la actividad (cultivo de ostión) y sus efectos ambientales, y una evaluación crítica de los posibles alcances de los diferentes efectos ambientales bajo formas alternas de manejo.

El proceso para determinar la capacidad de carga ambiental para el desarrollo de cualquier actividad involucra por tanto dos elementos: 1) una descripción de las relaciones entre los niveles de la actividad y sus efectos ambientales y 2) una evaluación crítica de los efectos ambientales admisibles o deseados (Inglis *et al.*, 2000).

La capacidad de carga física de un área está relacionada con el tamaño y número de granjas que pueden acomodarse en el espacio físico disponible. Los límites de este espacio están establecidos por la geografía física del área, las restricciones de planeación (los espacios requeridos para navegación o las áreas especificadas como recursos costeros especiales), y los requisitos para el desarrollo acuícola (profundidad del espacio, proximidad a facilidades para carga y descarga, temperatura, entre otras). En las propiedades físicas también se pueden incluir algunas variables químicas (salinidad, concentración de oxígeno disuelto), pero no las variables biológicas como el carbono orgánico particulado o la concentración de clorofila, las cuales se incluyen dentro de la capacidad de carga ecológica. La capacidad de carga física de un área también

depende del tipo de cultivo; algunas áreas son adecuadas para el cultivo en sogas pero no para cultivos en el fondo, debido a la batimetría o las restricciones hidrodinámicas (McKindsey *et al.*, 2006).

La capacidad de carga de producción se refiere a la densidad o cantidad de organismos por granja que permiten maximizar una cosecha de manera sostenible. El enfoque se debe hacer en determinar la cosecha óptima de bivalvos a largo plazo que un área puede soportar. Los efectos de otras componentes del ecosistema se consideran sólo si tienen el efecto potencial para afectar la producción de bivalvos. Se diferencia de la capacidad de carga ecológica de un área en que el enfoque de manejo está enfocado en los efectos que la densidad de organismos tiene en el ecosistema.

La capacidad de carga ecológica se puede describir como aquel tamaño de las granjas más allá del cual los impactos ecológicos son inadmisibles, por lo general significa maximizar el nivel de producción posible sin tener un impacto ecológico indeseable, pero ésta debe tomar en consideración otros factores limitantes, tales como la disponibilidad de semilla o el área utilizable para el cultivo.

La capacidad de carga social se puede definir como aquel tamaño de la actividad a partir del cual los impactos sociales no pueden ser aceptados. En este concepto se incluyen las otras tres categorías de capacidades de carga descritas más los acuerdos entre todos los usuarios del espacio. La finalidad de esta inclusión es lograr atender las demandas de la población.

## **Sistemas de Información geográfica (SIG)**

### **Terminología y conceptos sobre SIG**

Un SIG es un sistema integrado por hardware, software, datos geográficos y personas de diseño para que en forma eficiente adquieran, almacenen, manipulen, recuperen, analicen, muestren y reporten todas las formas de información referenciada geográficamente orientada hacia un conjunto de propósitos (BURROUGH, 1986; KAPETSKY Y TRAVAGLIA, 1995).

Existen esencialmente dos tipos de información, en modo vector y modo cuadrícula (raster). Estos sistemas difieren en la manera en la cual los datos espaciales son representados, almacenados y visualizados. BURROUGH (1986), MEADEN Y KAPETSKY (1991) entregan en forma resumida las comparaciones entre los sistemas vector y cuadrícula. En ambos sistemas, se utiliza un “sistema de coordenadas geográficas” para representar el espacio.

### **Aspectos técnicos del SIG**

Básicamente, el SIG permite obtener una gran cantidad de información de distinto tipo, para convertirla en conjuntos de datos compatibles, combinarlos y exponer los resultados sobre un mapa. Algunas de las operaciones estándar del SIG son:

- integración de mapas trazados a escalas diferentes, o con proyecciones o leyendas distintas;

- sobreposición de distintos tipos de mapas de una determinada zona para formar un nuevo mapa en el que se incluyen los datos descriptivos de cada uno de los mapas.
- creación de zonas intermedias o próximas en torno a las líneas o polígonos de un mapa.
- preguntas de carácter espacial e informativo a través de bases de datos.

## **Aplicaciones de la tecnología del SIG**

La utilidad final del SIG radica en su capacidad para construir modelos del mundo real a partir de las bases de datos digitales. La construcción de modelos constituye un instrumento muy eficaz para analizar las tendencias y determinar los factores que influyen en ellas, o para exponer las posibles consecuencias de las decisiones o proyectos de planificación que repercuten en la utilización y ordenación de los recursos.

## **METODOLOGÍA**

Los datos que se requirieron para poder generar los resultados fueron:

- Fotografía georreferenciada del área de estudio.
- Batimetría de BSQ para poder representarla en el SIG.
- Serie de tiempo de 1 año del comportamiento de la marea dentro de BSQ para poder obtener las horas de exposición de la superficie de Bfa.
- Coordenadas de las concesiones dentro de Bfa
- Características de las artes de cultivo y área de amortiguamiento como lo estipula el dictamen técnico de la concesión.

El sistema de coordenadas utilizado fue WGS 84 por las unidades que maneja ya que en este trabajo se utilizan áreas y distancias además de que los datos de batimetría y la fotografía georreferenciada se encontraban en este sistema de coordenadas.

### **Distribución de profundidades en Bahía Falsa.**

Se realizó una interpolación de datos de profundidad para modelar su distribución dentro de Bfa (Flores-Vidal, 2006). Este cálculo se hizo en Surfer 8 y se utilizó el método de interpolación Kriging por considerarse el que modela mejor la distribución de profundidades del área de estudio. Se generaron contornos en una profundidad de 0 a 6 metros con intervalos cada 10

centímetros. Los contornos batimétricos se exportaron en formato *shapefile* para poderlos visualizar en ArcGIS 9.2, ya que en este programa se realizaron los polígonos correspondientes a los diferentes rangos de profundidad utilizados.

### **Obtención del tiempo de exposición**

Se generó una serie de tiempo para el año 2009 en el programa MAR V0.9 (CICESE, 2010). La serie de tiempo se introdujo en un código escrito en MATLAB 8 que calcula el número de horas de exposición por cada rango de profundidad definido. En la figura 3 se presenta la forma en que utilizaron los tiempos de exposición una vez que se realizaron los cálculos empleando el código señalado.

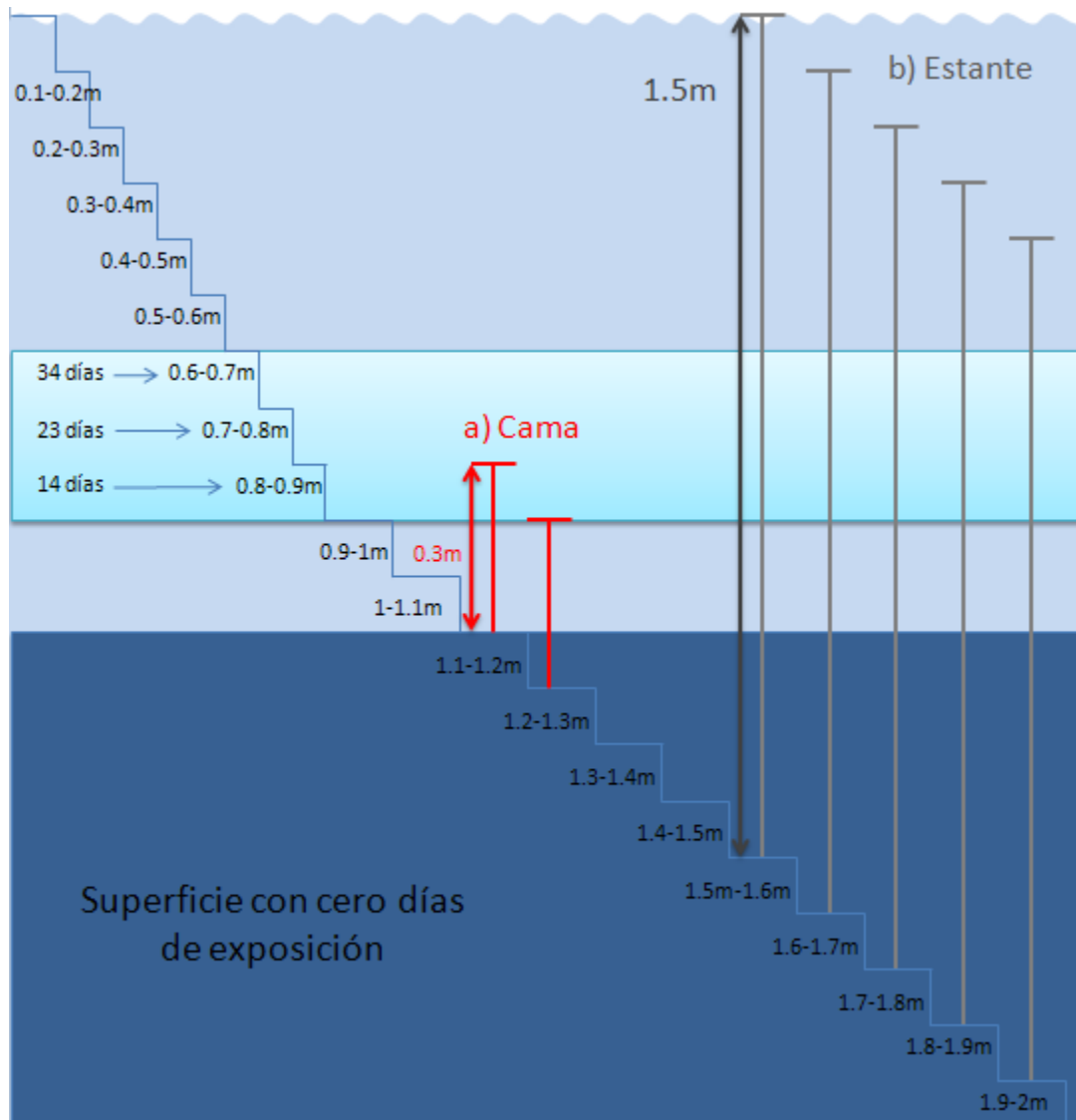


Figura 3. Corte transversal de la columna de agua, superficie al fondo, en donde se puede visualizar el acomodo de las artes de cultivo y las porciones que se descubrirán o no de los tipos de estructuras utilizadas en la actualidad. Rangos de profundidad para camas y estantes en la que cierta porción de estructura se expone 34, 23 y 14 días al año. La superficie está referida al nivel medio del mar.

## Detalles técnicos de artes de cultivo y concesiones

Las coordenadas de cada concesión, las áreas de amortiguamiento entre cada arte de cultivo y sus características se obtuvieron de los títulos de concesión expedido por la CONAPESCA. Las dimensiones de las camas se obtuvieron en

comunicación personal de Oscar Delgado con Carlos Guerrero, concesionario que está haciendo uso de ellas (Figura 4).



Figura 4. Artes de pesca que se utilizan en BSQ. Fotografía izquierda: estantes de 1.5 m de altura. Fotografía derecha: estructuras tipo cama con 0.3 m de altura.

*“La dimensión del estante es de 1.2x6m largo por ancho, con una altura de 1.5m por encima del substrato marino. Los estantes son colocados a manera de “líneas continuas” formando hileras de diversa longitud, conservando una distancia de amortiguamiento de 40m a los laterales, que sumado al ancho del marco dará como resultado 250m<sup>2</sup>/estante para el cultivo de Bahía Falsa, San Quintín”* (Dictámen técnico y económico para el otorgamiento de una concesión acuícola. CONAPESCA). Como el área paralela a la superficie del agua de las camas y los estantes son las mismas, se utilizó el mismo tamaño de polígono para estos. De modo tal, que la principal diferencia entre una estructura tipo cama y otra tipo estante radicó en la altura que cada una tiene (Figura 4).

## **Construcción de shapefiles**

Se construyó un polígono en ArcGis 9.2 que representa una hilera de 50 estantes, por tanto mide 300m de largo. Éste se orientó de la manera en que se encuentran acomodados los estantes en Bfa, disposición que obedece a la dinámica de las corrientes de marea, el reflujó, y se ha observado en la práctica dentro de Bfa que en esa orientación los efectos sobre las estructuras son menores. La inclinación de los polígonos se hizo de acuerdo a como se puede observar la inclinación de las hileras con artes de cultivo en la fotografía georeferenciada. Tomando las especificaciones de amortiguamiento del dictamen técnico de la CONAPESCA el polígono tiene las dimensiones de 21.2m x 300 m ancho y largo, quedando así con un área de 6, 360 m<sup>2</sup>. Para las camas se utilizaron las mismas dimensiones de área definiendo una altura de 0.30 y 0.60m para éstas.

## **Cálculo de la capacidad de carga física**

Se calculó la capacidad de carga física acomodando estos polígonos dentro de las profundidades correspondientes tantas veces como fuese posible. Para lo cual se tomaron aquellas profundidades en donde las partes superiores de las camas o estantes quedarían dentro del rango de exposición de 34, 23 y 14 días al año (Figura 4), pues éste rango de días, son el periodo de tiempo en el que se considera que los ostiones alcanzan las condiciones de dureza en sus conchas y alcanzarían sus características comerciales dentro de los 9-10 meses de tiempo.

No todos los polígonos de 6,360m<sup>2</sup> se pudieron acomodar completos en los espacios con la profundidad deseada, por lo que tratando de cubrir la mayor área posible, éstos se recortaron para poder acomodarlos en sitios en donde se encontraban las profundidades requeridas. Se evitaron las zonas cercanas a los canales puesto que las corrientes que fluyen a través de ellos pueden afectar las estructuras.

Para las camas se consideró una profundidad de entre 1.00 m y 1.20 m, asegurando con esta profundidad que su parte superior estuviera dentro de un rango con los tiempos de exposición antes mencionados. Para los estantes se consideró que lo ideal es colocarlos en una profundidad entre 1.5 m a 2 m.

### **Propuesta de cama con altura de 0.60 m**

Con el fin de maximizar los espacios aprovechables de Bfa, se propone que los usuarios de esta zona, construyan estructuras tipo cama con una altura de 0.60 m y de ese modo poder colocarlas dentro de zonas con rangos de profundidad de 1.30 a 1.50 m. Las dimensiones de área de estas estructuras con el área de amortiguamiento son las mismas que para las estructuras utilizadas actualmente en la Bahía.

## RESULTADOS

Como resultado se presentan dos mapas temáticos de Bfa. El primer mapa (Figura 5) muestra las horas de exposición del fondo de Bfa dividiendo los rangos de exposición del suelo con base en los rangos de profundidad utilizados. Los rangos de profundidad van en intervalos de 0.1 m desde 0 m a 1.2 m, y definiendo una sola clase para las profundidades mayores a 1.2 m, pues a partir de esa profundidad se presentan las exposiciones de cero días. Se puede observar que el fondo solo se expone en condiciones de marea baja. En condiciones de marea viva la exposición del suelo se presenta por debajo de 1.2 m sólo algunas horas. El mapa también muestra la ubicación de algunos polígonos concesionados en Bfa.

**Polígonos de las concesiones y días de exposición de la superficie de estos dentro de Bahía Falsa**

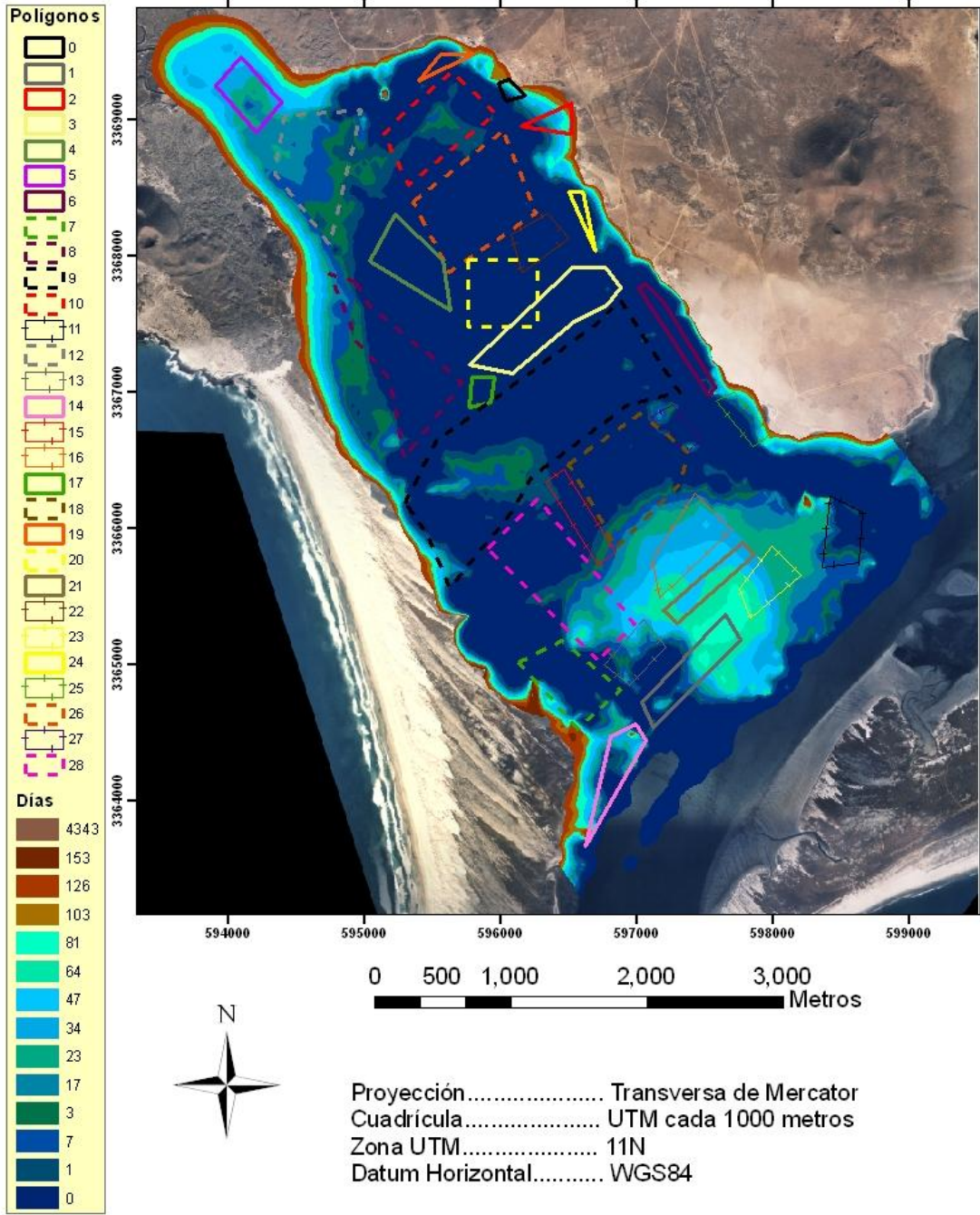


Figura 5. Días se exposición del suelo de Bfa y ubicación de algunas concesiones dentro de esta.

En la Tabla I. se detallan las profundidades respecto a los días de exposición al año del suelo de cada polígono mostrado en la Figura 3. Como se observa, la mayoría de los polígonos mostrados cuentan con diferentes profundidades

Tabla I. Distribución de la profundidad que presentan los polígonos concesionados y el número de días que esa distribución estaría expuesta durante las condiciones de marea en 2009.

Polígono	Profundidad (m)													
	0.00	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.3	0.3 - 0.4	0.4 - 0.5	0.5 - 0.6	0.6 - 0.7	0.7 - 0.8	0.8 - 0.9	0.9 - 1	1 - 1.1	1.1 - 1.2	>1.2
	Días expuestos al año													
	4343.00	153.00	126.00	103.00	81.00	64.00	47.00	34.00	23.00	14.00	7.00	4.00	1.00	0.00
Hectáreas del polígono														
0		0.07		0.13	0.17		0.41	0.15	0.12	0.11	0.09	0.07	0.06	0.19
1					4.16	3.56	0.47	0.63	0.75	0.77	1.09	0.63	0.63	4.92
2			0.17	0.56	0.66		0.76	0.67	0.26	0.21	0.17	0.15	0.13	0.35
3												0.00	0.04	32.36
4										0.00	0.10	0.50	0.12	6.36
5														18.89
6							0.58	4.77	5.35	1.72	0.19	0.01		
7				0.00	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.19	7.31
8			0.04	0.08	0.13		0.63	0.50	0.50	0.43	0.48	0.64	0.57	18.99
9								0.01	0.11	0.22	0.88	10.84	11.01	23.14
10									0.02	1.05	1.45	2.56	1.45	33.49
11							0.26	0.60	1.42	2.05	4.81	11.11	10.70	116.01
12											0.37	2.73	6.34	23.00
13					0.00	1.40	2.15	1.09	1.24	1.88	1.62	1.63	0.85	5.65
14						0.00	0.00	0.01	0.33	0.50	1.80	1.55	1.40	5.91
15														0.65
16														2.97
17								0.07	1.20	10.50	11.49	10.44	3.14	1.09
Polígono	Profundidad (m)													
	0.00	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.3	0.3 - 0.4	0.4 - 0.5	0.5 - 0.6	0.6 - 0.7	0.7 - 0.8	0.8 - 0.9	0.9 - 1	1 - 1.1	1.1 - 1.2	>1.2

	Días expuestos al año													
	4343.00	153.00	126.00	103.00	81.00	64.00	47.00	34.00	23.00	14.00	7.00	4.00	1.00	0.00
	Hectáreas del polígono													
18							0.38	0.75	1.00	1.58	1.31	1.40	0.69	2.90
19														32.35
20	0.09	0.05	0.07	0.10	0.26	0.16	0.90	2.04	1.42	0.98	0.82	0.98	1.46	3.14
21										0.00	0.41	1.15	1.46	8.60
22					0.02	1.59	6.79	9.42	1.47	0.36	0.05			
23														3.16
24										1.31	2.58	2.73	2.82	37.34
25				0.00	0.07		0.11	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	1.87
26														24.97
27														4.81
28						4.08	4.83	0.95						
29														9.51
30					0.75	1.82	1.67	2.11	4.77					
31											0.00	0.01	0.03	2.24
32				0.13	0.18		0.55	0.28	0.53	0.61	0.45	0.38	0.28	2.98
33													0.04	49.28
34							0.00	0.03	0.07	0.25	0.39	0.56	0.30	3.90
35						0.59	1.95	3.90	4.77	4.42	2.23	1.94	4.23	4.23

En la figura 6 se muestra la capacidad de carga física para camas y estantes de acuerdo a las profundidades que se consideraron son las mejores para estos dos tipos de arte de cultivo (Figura 4). Se dividieron las profundidades en cuatro rangos para visualizar la diferencia entre las áreas destinadas al acomodo de camas, estantes y la áreas que se consideraron fuera de los rangos ideales con los artes de cultivo antes mencionados.

**Capacidad de carga física de Bahía Falsa utilizando dos tipos de artes de cultivo: camas y estantes**

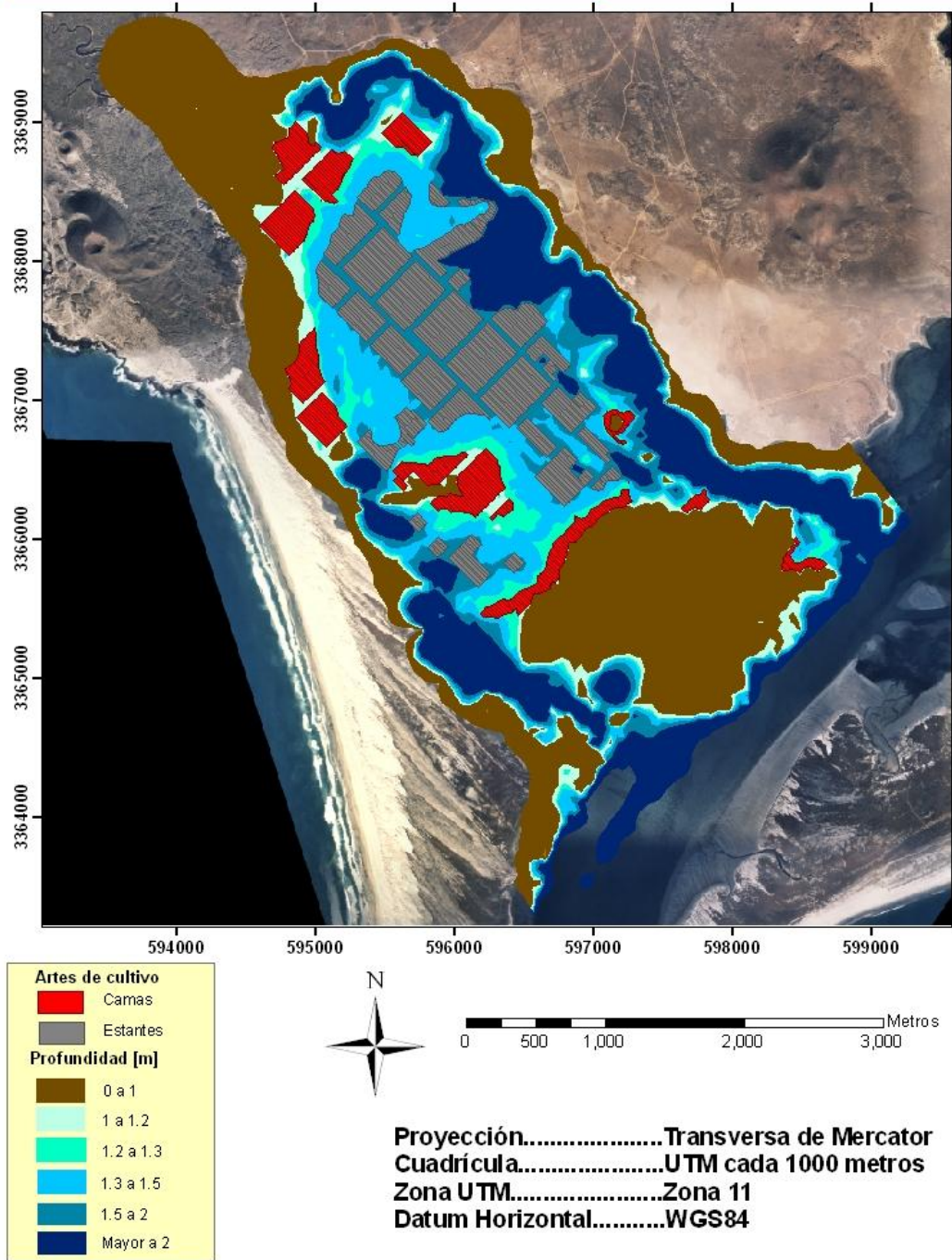


Figura 6. Distribución de camas y estantes en las profundidades que se consideran dentro de los tiempos de exposición para que los moluscos obtengan sus características comerciales.

Para obtener la distribución de las camas, se estimó que la altura de éstas es de 0.3 m de armazón y que la bolsa para ostiones que se coloca sobre este

armazón tiene una altura de 0.2 m, por lo que se utilizaron los rangos de profundidad de 1 m a 1.2 m para que la bolsa caiga dentro de los días de exposición que requiere el molusco para alcanzar sus características comerciales.

Para los estantes se eligió un rango de profundidad que va de los 1.5 m a los 2 m. Como cada estante tiene una altura de 1.5 m se eligió desde una profundidad 1.5 m para que la estructura quede totalmente cubierta al NMM y como tope una profundidad de 2 m para la mayoría de los moluscos en la sarta no queden en el rango de cero días de exposición.

En la tabla II se muestra el área total de la superficie que cubren las camas y los estantes acomodados en Bfa de acuerdo a las profundidades que se consideraron para los dos tipos de arte de cultivo. También se muestra el número de camas y estantes que caben en las áreas antes mencionadas. El número de ostiones se obtuvo considerando que en cada estante se producen 360 docenas de ostiones (Delgado-González, 2010) y en cada cama 120 docenas. En términos generales, en Bfa se utilizan aproximadamente 8,500 estantes para cultivo, cada estante está constituido por 120 sartas y cada sarta tiene un número variable de individuos, sin embargo, se reconoce que una buena cosecha se obtiene cuando cada sarta posee 3 docenas de individuos, cantidad que se eligió para calcular el número de ostiones en estos 8.500 estantes, dando un total aproximado de 37.6 millones de individuos (Delgado-González).

Tabla II. Superficie (ha) que cubren las camas y los estantes y número de ejemplares que caben en esta áreas.

Profundidad [m]	Arte de cultivo	Superficie que abarca [Ha]	Número de artes de cultivo	Número de ostiones
1-1.2	Camas	85	6,682	9.6 millones
1.5-2	Estantes	196	15,408	66.5 millones
	Total	281	22,091	76.2 millones

Bfa cuenta con un área aproximada de 1060 Ha. La tabla III muestra el porcentaje que ocupan las áreas de camas y estantes de acuerdo a la capacidad física encontrada; por lo que la capacidad de carga física del sistema, si sólo se usan estantes y camas con las características indicadas, 1.5 m y 0.3 m de altura, es de 26.5% del área.

Tabla III. Porcentaje de área que ocupan las camas y estantes en Bfa

Superficie Bahía Falsa	Superficie [Ha]	Porcentaje %
Total	1060.0	100.0
Camas	85.0	8.0
Estantes	196.0	18.4

De acuerdo al valor de POM consumido por cada ostión según García-Esquivel et al (2004), Delgado-González (2010) calculó que aproximadamente 37.6 millones de ostiones consumirían 0.9 ton a razón de  $0.023\text{gr } 6\text{h}^{-1}$  del total que entra en la boca de la Bahía en condiciones de marea muerta. Este porcentaje de consumo se reduciría el 3% si se considera el escenario de marea viva, en el cual se introducen aproximadamente 36 ton. Con los datos calculados por Delgado González (2010) y con los valores obtenidos de la capacidad de carga física para camas y estantes obtenidas, se estimó que el número de ostiones que caben en estas artes de cultivo (Tabla II) consumirán el 53% del alimento que entra en la Bahía en condiciones de marea muerta (Tabla IV).

Tabla IV. Porcentaje estimado que consumirán los moluscos de acuerdo a la capacidad de carga física obtenida.

Alimento en Marea Muerta	Toneladas	Porcentaje %
Alimento total	3.4	100
Alimento consumido por 37.6 millones de ostiones	0.9	26
Alimento consumido por 76.2 millones de ostiones	1.6	53

Si además de los estantes y camas de 1.5 y 0.3 m de altura, se utilizan los estantes de 0.6 m, que en este trabajo se propone, se podrían utilizar otros espacios que satisfacen el requisito de exposición temporal (Figura 7). La distribución espacial de las camas con estas características ocuparía el rango de profundidad entre 1.3 m y 1.5 m, lo cual aumentaría la capacidad de carga física del sistema en aproximadamente 65 hectáreas.

**Capacidad de carga física de Bahía Falsa utilizando estructuras tipo cama de 0.6 metros**

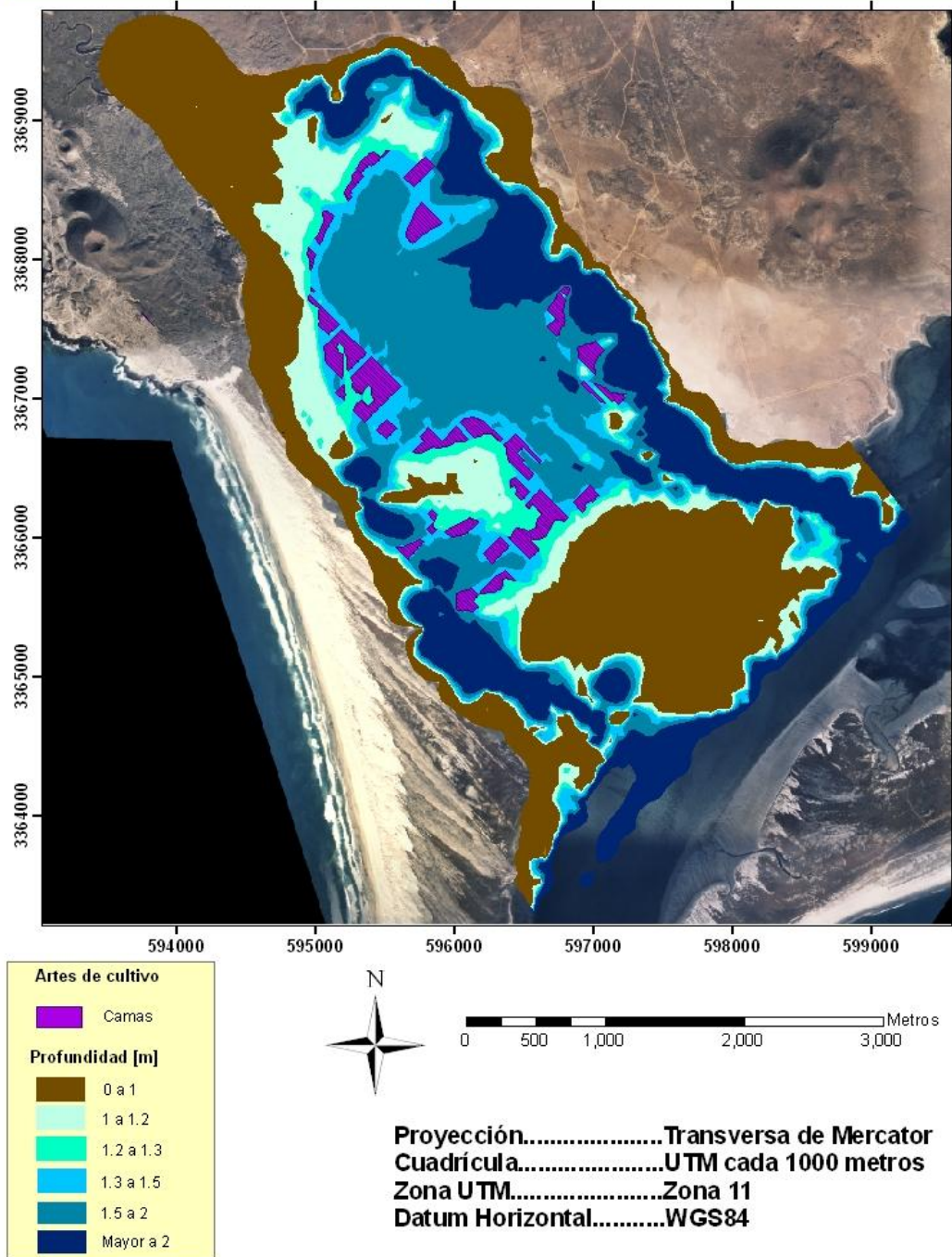


Figura 7. Capacidad de carga física calculada para rangos de profundidad entre 1.3 m y 1.5 m con camas de armazón de 0.6 m de altura y bolsa de 0.2 m.

En la superficie que ocupan los rangos de 1.3m a 1.5 m de profundidad se podrían colocar aproximadamente 5,110 camas lo cual equivale a 613,200

docenas de ostión (Tabla V). Las toneladas de alimento que consumirían los ostiones colocados en esta superficie (Figura 7), sumado con el alimento que consumirían los ostiones ocupando el área obtenida con la capacidad de carga física (Figura 6), sería de aproximadamente 58% del total de alimento que entra a la Bahía en condiciones de marea muerta.

Tabla V. Hectáreas de superficie estimada para camas de 0.6 m de altura.

cama	Hectáreas	Número de artes de cultivo	Número de ostiones	Alimento consumido [Ton]
0.6 m	65	5,110	7,344,000	0.17

## DISCUSIONES

Los rangos de profundidad utilizados permitieron tener un mejor control de las horas de exposición en Bfa. Las horas de exposición se consideraron en condiciones de marea baja. Delgado-González (2010) encontró que la bajamar de marea viva máxima se presentan en invierno y disminuye hasta 1.4 m por debajo del nivel medio del mar. Este dato no se tomó en cuenta puesto que la exposición sólo es de unas cuantas horas y este tiempo es insignificante para modificar las características comerciales que requieren los ostiones, a no ser que esta condición coincida con el fenómeno Santana, en la cual se presentan condiciones atmosféricas de un clima desértico, cero humedad, vientos secos y cálidos, que pueden perjudicar a los ostiones cultivados.

Ciertos rangos de profundidad se descubren en algunas condiciones de marea baja, quedando los ostiones en condición de exposición aérea, lo cual produce el endurecimiento de las conchas de los bivalvos (Tapia *et al.*, 2008). Se requiere que los ostiones no se sometan a periodos muy largos de exposición puesto que el tiempo de consumo de alimento es menor y el molusco tarda más en llegar a su talla comercial. Tampoco es lo ideal que el molusco se encuentre siempre debajo del agua, pues aunque el ostión tenga más tiempo para alimentarse y crezca más pronto que los de menor exposición, la concha no endurece y al momento de separarlo de la sarta éste se rompe, lo que se considera una pérdida económica.

Los polígonos que se muestran en la figura 5. son los que se consideraron representativos del tipo de ejercicio que en este trabajo se desarrolló. La tabla I no indica si los polígonos se encuentran en zonas con las condiciones consideradas como más adecuadas para su aprovechamiento, la tabla sólo permite verificar cuánta porción del suelo de la concesión se expone al aire.

En la figura 7 se presenta el área que estarían ocupando las artes de pesca propuestas, camas con una altura de 60 centímetros. El objetivo de esta propuesta fue utilizar los rangos de profundidad entre 1.3 m y 1.5 m para así maximizar el uso en el espacio aprovechable. Cabe señalar que en ciertas zonas con profundidades acordes con el criterio requerido no se colocaron polígonos por ser áreas con espacios reducidos o alejados de los campamentos terrestres de los productores, por lo que la producción de las estructuras colocadas en esos lugares no cubrirían los gastos que implicaría el mantenimiento de estos cultivos

Los polígonos que representan hileras de camas que se pueden observar en las figuras 6 y 7, fueron elaborados en ArcGIS 9.2. La ventaja de usar sistemas de información geográfica, en este caso ArcGIS permite editar los elementos encontrados en los formatos shapefile (en este trabajo los polígonos de artes de cultivo). Se mencionó que el polígono que se construyó para calcular la capacidad de carga física se hizo con las dimensiones de 21.2 m x 300 m ancho y largo, sin embargo, algunos polígonos se recortaron para poder abarcar áreas más pequeñas que éste y respetar también los canales de navegación los cuales deben de ser de 40 m de ancho.

De las encuestas realizadas por Delgado-González (2010) se sabe que las empresas tienen instalados 8500 estantes con producto en Bfa, sin embargo,

quienes tienen producto para trabajar todos los días del año, programan sus cosechas con anticipación y se puede decir que durante un año sólo el 50% de éstos tendrán producto con talla comercial, el otro 50% de los estantes se cosechará durante el año siguiente. Para que un estante no genere pérdidas, se requiere que al menos produzca 120 docenas de ostión, cantidad variable entre estantes y que puede cambiar temporal y espacialmente. Al aumentar la cantidad de artes de cultivo al triple, se esperaría que se conservara esta forma de administrar los cultivos, sin embargo, se podrían generar más empleos y favorecer las condiciones sociales y económicas del sector acuícola.

Este trabajo no pretende caracterizar los espacios de las concesiones y manifestar si éstas se encuentran en lugares productivos. El primer objetivo fue conocer la distribución de profundidad en Bfa para obtener las horas de exposición de sus suelos. Con las características antes mencionadas, las condiciones de crecimiento de los ostiones y las características de las artes de cultivo, se definieron los rangos de profundidad a los que se consideró deberían colocarse estas estructuras para así poder estimar el número de estantes y camas que caben en los que se consideraron los mejores sitios de Bfa.

La manera en la que se presentan los polígonos en las figuras 6 y 7 es una forma de acomodo en la cual se respetan las áreas de amortiguamiento entre estructuras para cultivo y se deja espacio para canales de navegación. Esta forma de distribución se realizó a manera de poder estimar la carga física de Bfa, sin embargo, no quiere decir que se tengan que conceder espacios para cultivo siguiendo la misma distribución presentada en este trabajo, eso ya dependerá del número de hectáreas que vaya a considerarse para la concesión

y el espacio disponible para otorgarla. Lo que si se debe de tener en cuenta es la distribución de profundidades que tendrá la concesión para saber qué tipo de estructura es mejor emplear.

Si bien la distribución de artes de cultivo es un resultado teórico basado en algunos criterios que deben ser considerados por los gestores de los espacios acuícolas, no se tomó en consideración la distancia que existe entre las artes de cultivo y la posición de las empresas en el terreno continental, como tampoco se consideraron espacios adicionales que pudiesen requerir el desarrollo de otras actividades, como lo son el turismo y espacios naturales para especies migratorias.

## CONCLUSIONES

El total del área dentro de los rangos de tiempo de exposición para camas y estantes obtenido a través del concepto de capacidad de carga física del sistema fue de 346 Ha. En este espacio pueden colocarse 27,201 artes de cultivo, de los cuales 15,408 son estructuras tipo estante, 6,682 estructuras tipo cama con 0.3 m de altura y 5,110 estructuras tipo cama con 0.6 m de altura. El número de ostiones que ocuparían estos artes de cultivo estarían consumiendo el 58% del total de alimento que entra en la bahía en condiciones de marea muerta, este porcentaje se reduciría a un 6.11% en condiciones de marea viva.

La capacidad de carga física sólo estima el área que necesita cierto número de estructuras para realizar una actividad productiva sin considerar los demás elementos que complementan el concepto de capacidad de carga. Este trabajo no evalúa factores importantes como la biodepositación del número de ostiones que caben en las áreas calculadas y si el ecosistema es capaz de asimilar este uso, por lo que se considera importante evaluar los otros tipos de capacidad de carga para no poner en riesgo el equilibrio del lugar.

La gestión integrada de los espacios acuícolas permite optimizar las actividades realizadas en estos espacios, beneficiar a los productores, reducir impactos negativos en el ambiente haciendo de esta una actividad sustentable al poder otorgar y asegurar beneficios a generaciones futuras. Una herramienta útil para realizar la gestión de espacios son los sistemas de información geográfica ya que permiten almacenar, analizar y manipular datos geográficos

y espaciales. Con los avances tecnológicos los SIG reducen los costos y tiempos de operación, además de que cuentan con la ventaja de que se les puede añadir información complementaria a fin de realizar un estudio más profundo, detallado e integral. En el caso de este trabajo, para hacer un estudio integral faltaría calcular los otros tipos de capacidad de carga mencionadas en los antecedentes.

### **Recomendaciones**

A fin de hacer un aprovechamiento eficiente de las áreas en Bfa, se recomienda que las concesiones se otorguen con base en criterios como los de profundidad para que se pueda especificar qué arte de cultivo es la mejor para utilizar en el sitio concedido.

## LITERATURA CITADA

Burrough, P.A., 1986. Principles of Geographic Information Systems, 1st ed. Oxford University Press, New York 336 pp.

Daesslé, Rendon-Márquez, Camacho-Ibar, Gutierrez-Galindo, Shumilin, Ortíz-campos, 2009, Geochemistry of modern sediments from San Quintín coastal lagoon, Baja California: Implication for provenance. Revista mexicana de ciencias Geológicas. Vol 26.

Delgado-González (2010). Desarrollo y aplicación de una herramienta de gestión para el aprovechamiento acuícola en Bahía San Quintín. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España. 182 pp.

CICESE (2010). Predicción de Mareas en México por Juan I González. <http://oceanografia.cicese.mx/predmar>

Dictámen técnico y económico para el otorgamiento de concesión acuícola. CONAPESCA

FAO (2008). El estado mundial de la pesca y acuicultura 2008. Departamento de pesca y acuicultura de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, FAO.

Flores-Vidal, Xavier. 2006. Circulación residual en Bahía San Quintín, B.C., México. CICESE MSc 91.

García-Esquivel, Z., González-Gómez M.A., Ley-Lou F. y Mejía-Trejo A. 2004. Oyster culture potential in the west arm of San Quintin Bay: Current biomass and preliminary estimate of the carrying capacity. Ciencias Marinas 30 1A. 61-74.

Gibbs, M.T. 2007. Sustainability performance indicators for suspended bivalve aquaculture activities. Ecological Indicators 7 94-107.

Inglis, G.J., Hayden B.J. y Ross A. H. 2000. An overview of factors affecting the carrying capacity of coastal embayments for mussel culture. Ministry for the Environment 31.

Kapetsky, J.M., Travaglia, C., 1995. Geographical information systems and remote sensing: an overview of their present and potential applications in aquaculture. In: Nambiar, K.P.P., Singh, T. (Eds.), AquaTech '94: Aquaculture Towards the 21st Century. INFOFISH, Kuala Lumpur, pp. 187–208.

Lara-Lara, J.R., y S. Álvarez-Borrego, 1975. Ciclo anual de clorofilas y producción orgánica primaria en Bahía San Quintín, B. C. Ciencias Marinas, Vol 2 (1): 77-98.

McKindsey, C. W., Thetmeyer H., Landry T. y Silvert W. 2006. Review of recent carrying capacity models for bivalve culture and recommendations for research and management. Aquaculture 261 451-462.

Meaden, G.J., Kapetsky, J.M., 1991. Geographical Information Systems and Remote Sensing in Inland Fisheries and Aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper, No. 318.

Ocampo-Torres, F.J. 1980. Análisis y predicción de velocidad mediante un modelo unidimensional en Bahía San Quintín, B.C, México. Universidad Autónoma de Baja California BSc 90 pp.

Plus, J.M., Deslous-Paoli M. y Degault F. 2003. Seagrass (*Zostera marina* L.) bed recolonization after anoxia-induced full mortality. Aquatic Botany 77 121-134.

Prins, T.C., Smaal A.C. y Dame R.F. 1998. A review of the feedbacks between bivalve grazing and ecosystem processes. Aquatic Ecology 31 349-359.

Tapia, V.O., H. Álcala, M. G., L. M. S. Gaxiola y García-Hirales R. (2008). "Manual de buenas prácticas en granjas ostrícolas de San Quintín, Baja California, México." Comité Estatal de Sanidad Acuícola e Inocuidad de Baja California.

Thompson, S.A., 1998. Water Use, Management, and Planning in the United States. Academic Press, New York 371 pp.

Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara Domínguez y D. Pauly. 1994. Coastal Lagoons as fish habitats, p. 363-376. In B Kjerfve (ed), Coastal Lagoon Process. Elsevier, Amsterdam. The Netherlands.