



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
BAJA CALIFORNIA



ESPECIALIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL

TRABAJO TERMINAL

**Sistema de Información Geográfica y profundidad
como herramientas para zonificar el espacio acuícola
en Bahía, San Quintín, B.C.**

PRESENTA

NATALIA IVONELI BLANCAS GALLANGOS

Ensenada, Baja California, Diciembre del 2009



**FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
FACULTAD DE CIENCIAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS**



PROGRAMA DE POSGRADO

ESPECIALIDAD EN GESTIÓN AMBIENTAL

TRABAJO TERMINAL

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL DIPLOMA DE
ESPECIALISTA EN GESTIÓN AMBIENTAL

PRESENTA

NATALIA IVONELI BLANCAS GALLANGOS

Aprobado por:

M. en C. Oscar Delgado González

Presidente del Jurado

RESUMEN

La producción acuícola de ostión, *Crassostrea gigas*, en Bahía Falsa, San Quintín, Baja California, obedece a diferentes factores, entre otros se pueden mencionar la temperatura, la disponibilidad de alimento y la profundidad de la zona concesionada. Las condiciones naturales de esta Bahía han permitido mantener la producción acuícola por más de 30 años. Se ha observado que dentro de este espacio acuícola de 860.31 hectáreas pueden encontrarse diferencias importantes en los factores que intervienen en el crecimiento del ostión, lo que puede dar origen a zonificaciones. El presente trabajo consiste en zonificar en relación a la profundidad los espacios acuícolas de Bahía, San Quintín, Baja California, México utilizando un Sistema de Información Geográfico (SIG), con el fin de identificar la posible relación entre el tiempo que tardan los ostiones en alcanzar una talla comercial de 8 a 10 cm y el tiempo de exposición que tienen los cultivos ostrícolas de acuerdo a las características del arte de cultivo con estantes y el nivel de marea. Con la información geográfica que ocupan las áreas concesionadas se generaron los polígonos correspondientes a cada concesionaria mediante el paquete de SIG ArcView GIS 3.3, los cuales se desplegaron sobre una fotografía satelital de Bahía Falsa, San Quintín, a la cual se sobrepuso la batimetría de la zona generada mediante el paquete de graficado Surfer 8. Esta información permitió ubicar los polígonos de las concesiones con las zonas de diferente profundidad. De los 44 polígonos repartidos en 22 concesionarios, se observó que la mayor parte de las áreas concesionadas poseen profundidades variables, predominando profundidades menores a 1.5 m; 26.34% del total de las áreas concesionadas se distribuyó en el rango de 1.1-1.5 m, mientras que sólo el 6.15% se distribuyó entre 2-2.5 m de profundidad, siendo estas últimas zonas de mayor profundidad, las que se consideran mejores para el desarrollo de la ostricultura por el menor tiempo de exposición de los cultivos y por lo tanto menor tiempo en alcanzar la talla comercial. Se espera que esta caracterización permita hacer un uso más eficiente de los espacios costeros destinados a la acuicultura.

AGRADECIMIENTOS

- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para la realización de los estudios de Especialidad.
- A la UABC en todas sus modalidades por la oportunidad brindada para realizar mis estudios.
- A mi director de tesis el M.C Oscar Delgado González, por siempre brindarme su apoyo, facilidades y conocimientos para el desarrollo satisfactorio de esta tesis y por todo el tiempo que me dedicaste muchas gracias Oscar.
- A la Doctora Concepción Arredondo por el tiempo dedicado a la mejora de esta tesis, así como por el apoyo brindado durante la especialidad
- Al Dr. George Seingier por todo el apoyo brindado.
- A mis padres por su confianza, por su gran apoyo y su amor incondicional.
- A mis sobrinos por ser mi alegría de cada día que me impulsa a seguir adelante.
- A mi amor chiquito por ser como eres, por ti, para ti y por siempre. Algún día nos volveremos a encontrar.

ÍNDICE

RESUMEN.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE.....	iii
LISTA DE FIGURA.....	iv
LISTA DE TABLAS.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. JUSTIFICACIÓN.....	9
3. ANTECEDENTES.....	9
4. OBJETIVOS.....	12
4.1 General.....	12
4.2 Particulares.....	12
5. ÁREA DE ESTUDIO.....	13
5.1 Ubicación y dimensiones.....	13
5.2 Características oceanológicas de BSQ, B.C.....	14
a) Volumen de Agua.....	14
b) Temperatura.....	15
c) Vientos.....	15
d) Mareas.....	15
e) Corrientes.....	15
5.3 Actividades Económicas.....	17
a) Acuicultura.....	17
6. METODOLOGÍA.....	18
6.1 Desarrollo del SIG.....	18
7. RESULTADOS.....	21
8. DISCUSIÓN.....	29
9. CONCLUSIONES.....	34
10. RECOMENDACIONES.....	34
11. LITERATURA CITADA.....	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual de la interacción de ostricultura en sistemas costero relacionado con: (A) movimiento de partículas suspendidas durante la filtración de alimento; (B) bio-depositación de materia orgánica no digerida en eses y pseudoeses; (C) excreción de nitrógeno de amonio; y (D) movimiento de materia (nutrientes) en la cosecha de bivalvos.....	11
Figura 2. Mapa del área de estudio BSQ, B.C, México. Características morfológicas de la laguna costera. Se observan las dos bahías que constituyen BSQ.	13
Figura 3. Batimetría de la BSQ.....	14
Figura 4. Corrientes residuales A) a 1 m sobre el fondo. B) En la superficie. (Tomado de Flores Vidal, 2006).	16
Figura 5. Batimetría de la BSQ, B.C.	22
Figura 6. Distribución de los polígonos por concesionaria en BSQ, B.C. (De lado izquierdo Bf y de lado derecho Bsq).....	24
Figura 7. Porcentajes de áreas por profundidad.....	26
Figura 8. Zonificación de los polígonos en relación a la profundidad.....	28

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla I. Concesionarias existentes en BSQ, B.C y sus polígonos correspondientes.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla II. Porcentajes que representa el área encontrada en cada profundidad en las que se distribuyen los polígonos por concesionaria.</i>	<i>25</i>
<i>Tabla III. Sistema de clasificación de las áreas de los polígonos en función a la profundidad en que se distribuyen. La clasificación obedece al uso del espacio empleando técnicas de estantes.....</i>	<i>26</i>

1. INTRODUCCIÓN.

La zona costera mexicana es un espacio estratégico para el país dada la gran diversidad de actividades que en ésta se desarrollan. Una de las actividades que aún no son tradicionales en la zona costera mexicana es la acuicultura, la cual tiene antecedentes en la parte continental del país, mas no en la zona costera, en donde su desarrollo es aún incipiente y acotado (Aguirre-Muñoz *et al.*, 2001).

Con el incremento demográfico se ha presentado la necesidad de aumentar la producción de alimentos para dar abasto a las demandas globales, lo cual ha posicionado a los recursos acuáticos como una vía con grandes posibilidades para satisfacer las demandas. Sin embargo, el aumento en la explotación de los recursos acuáticos ha llevado a un decremento o incluso desaparición de las poblaciones naturales, lo cual ha alterado procesos naturales que repercuten en diferentes niveles tróficos. Una alternativa ante la explotación por pesquerías es la acuicultura, actividad que promete compensar el déficit de abasto alimenticio mundial (FAO, 2007).

En la actualidad, se ha alcanzado una producción mundial de cerca de 40 millones de toneladas de productos acuáticos mediante las prácticas acuícolas, sin contar a las algas, de igual forma la FAO (2007), proyecta una demanda de más de 80 millones de toneladas para dar abasto a la población mundial dentro de 40 años. La acuicultura produce el 50% de los recursos del mar que es consumido por la población mundial y se estima que tiene la facultad permisible de cubrir el aumento de la demanda de alimentos acuáticos en el futuro cercano (FAO, 2007).

Parte de los requisitos necesarios para poder plantear un manejo sostenible acuícola son conocimientos con base científica sobre la biología de los organismos por cultivar y del medio, sobre las técnicas de cultivo y sobre los aspectos naturales que determinan la dinámica del medio en el cual se propone desarrollar la actividad. La integración del conocimiento tiene como finalidad lograr una actividad acuícola eficiente con el menor costo posible que optimice resultados y aproveche al máximo el área de cultivo (Aguirre-Muñoz *et al.*, 2001). En las últimas décadas las zonas costeras han sido sobre usadas por actividades humanas,

siendo la acuicultura la actividad productiva que ha tenido un mayor crecimiento en los últimos 50 años (FAO, 2007).

Las bahías y lagunas costeras son conocidas por su alta productividad, estas zonas cuentan con sustratos que contienen gran cantidad de nutrientes disueltos, restos orgánicos y microorganismos heterótrofos, que siempre están presentes y se están renovando constantemente debido a la dinámica ocasionada por las condiciones oceanográficas como la marea y el viento (Vannuci, 1969), esta dinámica mantiene una condición distinta a la del mar abierto, permitiendo tener una fuente constante de alimento que no es consumida en su totalidad (Margalef, 1969), dichas características hacen de estas zonas lugares ideales para la acuicultura de especies de importancia alimenticia y económica como los bivalvos (Lara-Lara *et al.*, 1980).

La acuicultura de bivalvos marinos es una actividad que se desarrolla en lagunas, estuarios y bahías costeras ya que son lugares protegidos o semiprotectidos. Para el caso del cultivo de ostión *Crassostrea gigas*, se ha venido presentado un incremento en su producción mundial, reportando un registro histórico para el 2004 de 4.4 millones de toneladas, siendo los chinos los que obtuvieron el 84% de la producción, siguiéndole Japón y Corea con 261,00 ton y 238, 00 ton respectivamente (FAO, 2007).

Para el caso específico de México, el estado de Baja California es el estado con mayor producción de acuicultura de ostiones, registrando en el 2006 la máxima producción de ostiones con 1294 Ton. La producción máxima se registra regularmente en los meses de mayo, junio, julio y agosto donde se supera la media mensual. Más del 50% de la producción de ostión de Baja California proviene de las granjas ostrícolas de la Bahía de San Quintín (BSQ), laguna costera ubicada en la costa del Pacífico mexicano, caracterizado por ser un sistema aislado geográficamente muy productivo (zona de surgencias). Dentro de la Bahía de San Quintín, la actividad económica que domina es la acuicultura del ostión japonés (*Crassostrea gigas*), la cual se desarrolla exitosamente desde 1979. Para el 2004, se localizaban 21 empresas ostrícolas que mantenían aproximadamente 9000 estantes de cultivo distribuidos a lo largo de las 730 ha concesionadas para el

cultivo de ostión en el brazo oeste (García-Esquivel *et al.*, 2004). El desarrollo de la ostricultura en esta bahía es excelente, ya que tanto el mar como la bahía se encargan de proporcionar el alimento necesario para el crecimiento y desarrollo de los ostiones (Rodríguez-Cardozo, 2007).

A partir de 1987 toda la producción de *C. gigas* en BSQ se fundamenta en la fijación remota de larva pediveliger. La fijación de larva se efectúa en tanques que se llenan con agua bombeada de la bahía y que tienen un sistema de aireación y conchas que sirven como sustrato de fijación. Las conchas están dispuestas formando sartas, ya fijada la larva, las sartas son colocadas en las balsas de preengorda por un periodo de 1 a 2 meses, y después son colocados en estantes localizadas en la zona intermareal, en donde permanecen hasta el momento de la cosecha (Polanco *et al.*, 1988).

Los cambios de marea y el oleaje pueden afectar directamente la cantidad y calidad del alimento disponible para los organismos sésiles que se alimentan por filtración en BSQ. La fluctuación en las características del alimento disponible reducen la tasa de crecimiento de los organismos de cultivo, tal como concluyeron García-Esquivel *et al.*, (2004), quienes observaron una reducción en la tasa de crecimiento de *Crassostrea gigas* a lo largo de nueve meses en BSQ.

El Sistema de Información Geográfica (SIG), es una herramienta que se ha utilizado para modelar problemáticas ambientales, de ordenamiento territorial y las condiciones que afectan el desarrollo de organismos de producción acuícola, como lo muestra Hunter *et al.*, (2006), quienes realizaron un submodelo de jaulas diseñadas para regiones expuestas y semi-expuestas para el cultivo de peces. El SIG muestra los lugares mediante mapas que son ambientalmente sensitivos y de importancia para la conservación en relación a la localización de las zonas acuícolas usando base de datos existentes.

Planteando todo lo anterior en este trabajo se utilizan las herramientas de un SIG para identificar el posible efecto que tiene la profundidad sobre la producción ostrícola, ya que se plantea que las diferencias de profundidad en las que se localizan las granjas ostrícolas presentes en la BSQ, determinan el tiempo de exposición aérea de las artes de cultivo del ostión, condición que puede

asociarse con el desarrollo y el tiempo de crecimiento del ostión (*Crassostrea gigas*).

2. JUSTIFICACIÓN.

Las costas mexicanas muestran un aumento sostenido del cultivo acuícola, particularmente el camarón, lo que obliga a generar propuestas de gestión territorial de sus espacios costeros. Disponer de este tipo de propuestas permitirá hacer un mejor uso de ellos, ya que prevé un crecimiento ordenando que incorpora, tanto a sus usuarios antropogénicos actuales y futuros, como a las diversas especies naturales.

Las actividades que se desarrollan en el espacio acuícola de BSQ, B.C., tiene más de 30 años realizándose, lo cual sugiere que hasta ahora se han desarrollado de manera adecuada. Sin embargo, son varios los usuarios cuyas prácticas las realizan como resultado de prueba, error e imitación de lo que hacen los usuarios con mayor producción, más que por disponer de un conocimiento adquirido por estudios sistemáticos. Esta forma de realizar la actividad, imitando lo que hacen sus vecinos, puede no ser la más adecuada, situación que perjudica el estado contable de su empresa y quizás las condiciones naturales del espacio concesionado. De ahí que sea importante disponer de información que permita hacer el mejor uso del espacio concesionado, como la información que se propone generar con este trabajo.

3. ANTECEDENTES.

3.1 Beneficio de las surgencias para las ostrícolas.

Rodríguez-Cardoso (2007), realizó una valoración económica de las surgencias costeras en función de los beneficios que éstas generan para la industria ostrícola en BSQ. El periodo de estudio abarcó de octubre de 1996 a febrero del

2002, las surgencias se presentaron con una intensidad media-baja (100-150 m³/s/100 m de línea de costa). Se encontró una correlación negativa en la que el tiempo de cultivo disminuye cuando el índice de surgencia acumulado aumenta a 450 a 850 m³/s/100 m de línea de costa, con lo cual se estimó un ahorro en el tiempo de cultivo entre 8 y 10 meses con respecto a un escenario sin surgencias.

3.2 Cultivo de bivalvos

García-Esquivel *et al.*, (2004), cuantificaron de 1995 a 1998 la biomasa del ostión del Pacífico, *C. gigas*, cultivado en dos sitios del brazo oeste de Bahía San Quintín, conocido como Bahía Falsa (Bfa). Adicionalmente evaluaron *in situ* (1999–2000) las tasas de filtración e ingestión para estimar la capacidad de carga ostrícola del brazo oeste. Al final de nueve meses la producción por sarta varió entre 0.8 y 2.8 kg ostión, registrándose los valores más bajos en un año de intensa mortalidad (1998) y en las sargas con menor densidad de siembra inicial. El porcentaje de intercambio del agua entre el brazo oeste y el mar adyacente (6% al 76% del volumen total, referido al NMM) y la concentración media de seston total (2.5 a 14.3 mg L⁻¹) estuvieron fuertemente afectados por las mareas.

Aguirre-Muñoz *et al.*, (2001), investigaron el uso sustentable de los recursos costeros en San Quintín, México. La utilización de los recursos en BSQ es dominada por el cultivo del ostión; el alimento para los ostiones es provisto por el intercambio de mareas entre la BSQ y el mar adyacente. La respiración del ostión y el sistema de respiración sugieren que el nivel presente de acuicultura es de cerca del 40% del nivel sostenible.

DFO (2006), realizaron un diagrama conceptual de las interacciones de los bivalvos de acuicultores en los ecosistemas costeros (Fig. 1).

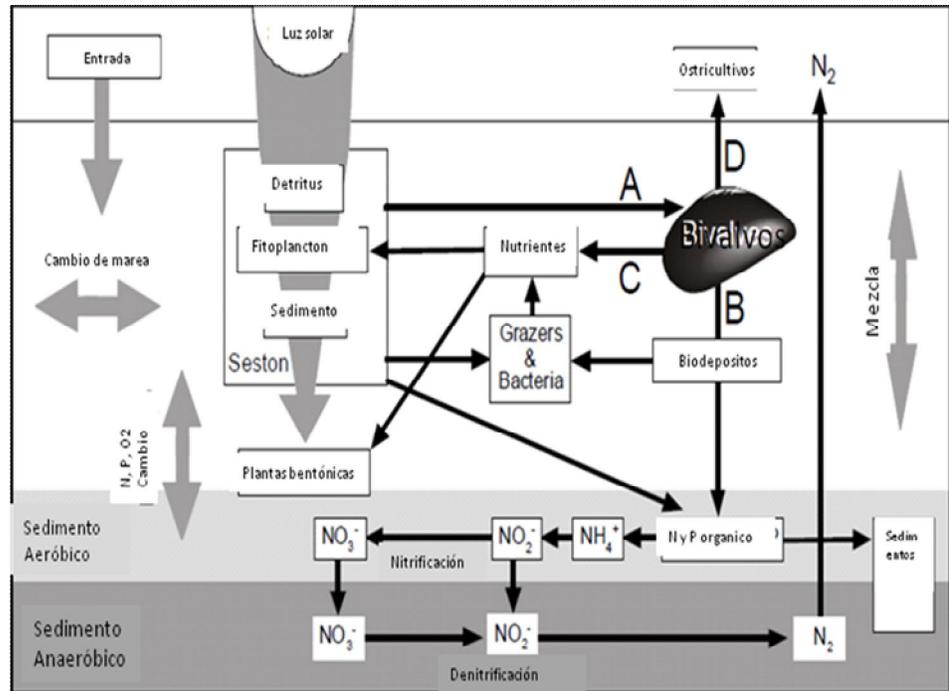


Figura 1. Diagrama conceptual de la interacción de ostricultura en sistemas costero relacionado con: (A) movimiento de partículas suspendidas durante la filtración de alimento; (B) bio-depositación de materia orgánica no digerida en eses y pseudoeses; (C) excreción de nitrógeno de amonio; y (D) movimiento de materia (nutrientes) en la cosecha de bivalvos.

Existen al menos cinco tipos de cultivos de bivalvos (mejillones suspendidos, ostiones suspendidos, ostiones en el fondo, ostiones cerca del fondo y cultivo de almeja entre mareas) practicados en Canadá. Todos estos tipos de cultivos tienen sus propias peculiaridades y ocurren en un amplio rango de ambientes marinos, variando en tiempo de exposición, profundidad, temperatura y tipo de sedimento que determina el potencial para los efectos adversos del hábitat. Los bivalvos afectan el flujo de energía en los ecosistemas y el ciclo de nutrientes y pueden afectar la dinámica y estructura de las comunidades bentónicas y pelágicas. Las interacciones en las zonas de costa entre los bivalvos de las granjas, la recarga de nutrientes y las dinámicas son altamente complejas y todos los aspectos necesitan ser balanceados objetivamente e integrados cuantitativamente antes de concluir cuáles son los efectos netos sobre el hábitat del cultivo de los bivalvos y otras actividades antropogénicas. Muchos efectos del cultivo de bivalvo

parecen estar relacionados con la escala (intensidad y extensión) de la acuicultura más que con el tipo de la infraestructura.

3.3 *Sistema de Información Geográfica y sus Aplicaciones*

Hunter *et al.* (2006), realizaron un proyecto basado en SIG, con el cual lograron modelar las implicaciones de operar una granja piscícola sobre los parámetros ambientales sensibles, aéreas o lugares de interés de conservación en el área costera de Escocia. Haciendo uso de las herramientas de SIG construyeron los mapas con los sitios ambientalmente sensibles y de importancia de conservación, en relación con la ubicación de la acuicultura; utilizaron bases de datos disponibles e implementaron el modelaje a través de SIG usando modelos de dispersión para investigar el impacto de las jaulas de peces sobre estos hábitat sensibles.

4. OBJETIVOS.

4.1 *General*

Caracterizar los espacios concesionados al sector acuícola en la zona costera de Bahía San Quintín, B.C., empleando el criterio de profundidad.

4.2 *Particulares*

- Transformar la información disponible a formato digital.
- Representar la información digital de los polígonos ostrícolas concesionados en Bahía San Quintín sobre una fotografía ortoreferenciada
- Representar la información batimétrica de la zona de Bahía San Quintín en una fotografía ortoreferenciada.
- Clasificar la posición de los polígonos concesionados de acuerdo a la profundidad.
- Desarrollar la habilidad para integrar información de profundidad y de los espacios concesionados al sector acuícola en la zona costera empleando un sistema de información geográfica.

5. ÁREA DE ESTUDIO

5.1 Ubicación y dimensiones

La BSQ, se localiza en la costa noroeste de estado de Baja California, México B.C entre las coordenadas $30^{\circ} 30'$ a los $30^{\circ} 45'$ latitud N, y $115^{\circ} 57'$ a los $116^{\circ} 01'$ longitud W, a una distancia de 200 km de la ciudad de Ensenada (Figura 2). 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^2 en forma de “Y”; en donde uno de los brazos es “Bahía San Quintín” (BSq) (lado este) y el otro “Bahía Falsa” (Bfa) (lado oeste).

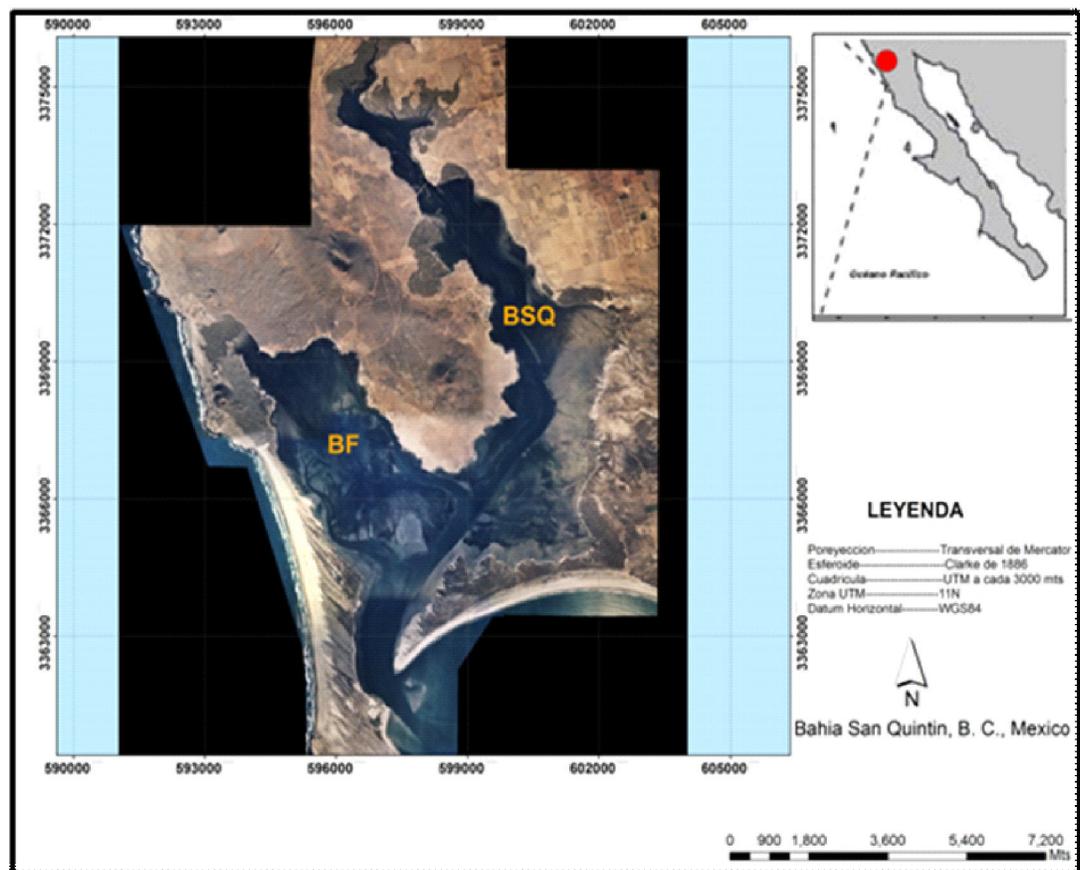


Figura 2. Mapa del área de estudio BSQ, B.C, México. Características morfológicas de la laguna costera. Se observan las dos bahías que constituyen BSQ.

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 3). 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 (Ibarra-Obando *et al.*, 2004).

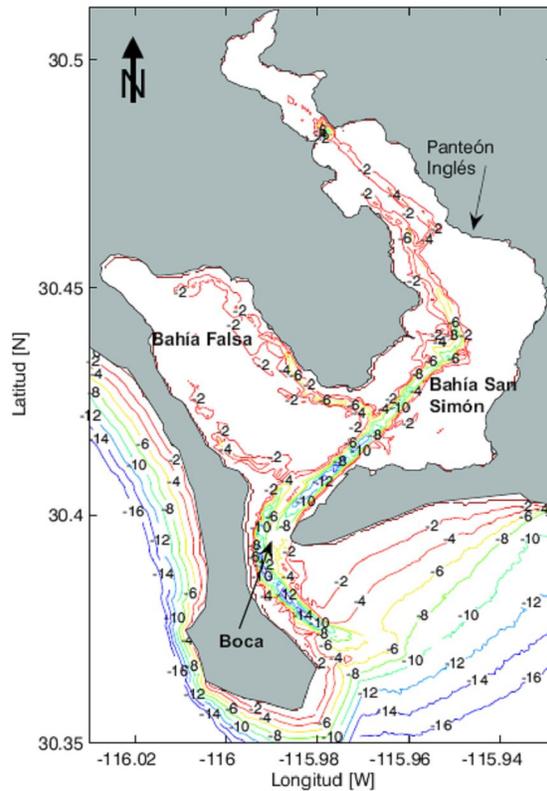


Figura 3. Batimetría de la BSQ.

5.2 Características oceanológicas de BSQ, B.C.

a) Volumen de Agua

De acuerdo a Ocampo-Torres (1980), el volumen de agua que almacena la Bahía es de aproximadamente 61 Mm^3 en bajamar media inferior, de 92 Mm^3 al nivel medio y de 124 Mm^3 en pleamar media superior. El área superficial varía desde 30 Mm^2 en bajamar a 41 y 53 Mm^2 al nivel medio y pleamar

respectivamente, sin embargo, esta estimación podría ser errónea por el año de edición de la carta batimétrica empleada.

b) Temperatura

El clima que predomina es muy seco templado (BwKS), para la zona de planicie costera que tiene pendiente ligera hacia el mar. La temperatura media anual oscila entre 18° y 22° C, la media mensual más alta es de 20°C para agosto; los meses más fríos son diciembre y enero con medias mensuales de 11° y 12° C. La precipitación más alta es en diciembre y en enero con medias mensuales de 20 a 25mm y las mínimas para los meses de mayo, junio y julio con medias menores a 1mm (González-Barradas, 1999).

c) Vientos

Los vientos que dominan son del noreste con variación diurna, en un régimen predominante de brisas marinas. Debido a lo somero de algunas zonas éstas se encuentran sujetas a un intenso calentamiento que crean gradientes de temperatura causante de cambios en la densidad y corrientes (Juárez, 1982).

d) Mareas

La marea es mixta con predominancia semidiurna, con rangos entre 2.5 y 1 m en mareas vivas y muertas respectivamente; son el motor principal del intercambio de volumen agua entre BSQ y el océano Pacífico, ya que explican el 89-97% de la variabilidad de las corrientes medidas. Se tiene un retraso aproximado de los componentes semidiurnas de 40 minutos entre la boca y la parte de la cabeza en BSQ y de 20 minutos para las diurnas. Los efectos friccionales del fondo sobre la propagación de la onda de marea son similares, dado que las amplitudes asociadas con las componentes sextidiurnas son similares en Bahía Falsa (Bfa) y BSq (Ocampo-Torres, 1980).

e) Corrientes

Angulo-Larios (2006), analizó datos de corrientes, temperaturas y variables meteorológicas para estudiar la hidrodinámica de BSQ, durante el periodo de

mayo-junio del 2004. Los resultados sugieren que la circulación residual en esta localidad es inducida por las interacciones no lineales de la marea, cuyas velocidades se incrementan durante mareas vivas y disminuyen durante mareas muertas. Se encontró que los flujos residuales son inducidos por la marea y el viento principalmente.

Flores-Vidal 2006, estudio el patrón de circulación residual en BSQ, B.C. Los datos mostraron corrientes cerca del fondo del orden de 10 cm s^{-1} , con dirección preferencial hacia el interior de la bahía y moduladas principalmente por la marea. Cerca de la superficie, las corrientes tienen magnitud $\sim 30\text{ cm s}^{-1}$, dirección preferencial hacia el sur-este y son influenciadas esencialmente por el viento (Figura 4).

Las diferencias de las mareas entre la superficie y el fondo, podrían deberse al efecto de la fricción con el fondo de la bahía y a los efectos del esfuerzo del viento sobre la superficie del agua (Figura 4).

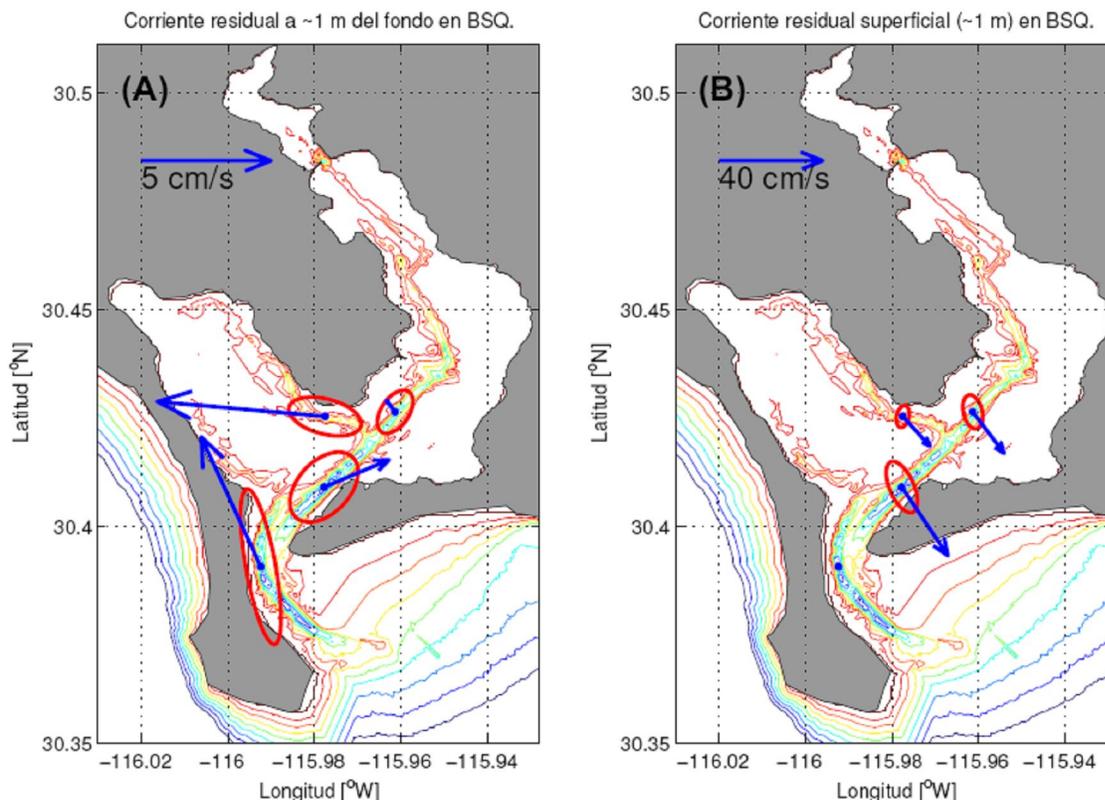


Figura 4. Corrientes residuales A) a 1 m sobre el fondo. B) En la superficie. (Tomado de Flores Vidal, 2006).

5.3 *Actividades Económicas*

El valle de San Quintín, es una zona con vocación y factibilidad productiva, se trabaja en la explotación integral ganadera, cuenta con el 70% aproximadamente de animales pecuarios. En la agricultura es productor de papas, tomate, fresa, pepino, chile, granos entre otros, en el ámbito nacional es el principal productor de tomate. La economía en el valle de San Quintín también se sostiene de las actividades mineras, turística, industrial, comercial, pesqueras y de acuicultura (Álvarez-Borrego y Chee, 1974).

a) Acuicultura

En el año 1987 la actividad acuícola estaba orientada al cultivo del ostión japonés, se cultivaba además la almeja y mejillón. En marzo de 1993, se autorizó el uso de 422 has en el brazo de Bf, garantizándole un horizonte de largo tiempo a la acuicultura (25 años renovables); prohibiendo el uso para acuicultura en BsQ (SEDECO, 1998)

En 1994 existían ochos granjas que operaban en el ámbito comercial la mayoría a través de concesiones y dos granjas a nivel de proyecto, Así como una granja con participación extranjera en la etapa de integración del proyecto o convenios de coparticipación (González-Barradas, 1999).

En la temporada 1995, la producción alcanzó las 448 toneladas de cosecha, con un valor comercial estimado de \$ 1' 700, 000. 00 de la cosecha; así como de derrama económica producto de la compra de insumos y servicios entre Valle de San Quintín y Municipio de Ensenada. Además se generaron 200 empleos directos o cabezas de familia que laboran en las diversas granjas acuícolas de la zona, así como 800 empleos indirectos generados en cascada, la situación de los trabajadores directos, éstos percibieron un salario estándar de \$ 45.00 diarios (Gobierno del Estado de Baja California, 2006).

En 1998 varias de las nuevas empresas conformaron una “Empresa Integradora” la cual se encarga de resolver en forma conjunta trámites administrativos, requerimientos técnicos, así como insumos necesarios para la producción. Para el año de 1999 eran aproximadamente 14 empresas, de las cuales

algunas corresponden a las encontradas en 1994 y el resto nuevas empresas con la figura administrativa de sociedades de reproducción rural y que estaban bajo el régimen de permisionarios (García Esquivel *et al.*, 1999).

6. METODOLOGÍA.

6.1 Desarrollo del SIG

1.- Se generó la batimetría de BSQ con la paquetería para graficado Surfer 8, a partir de una base de datos ya existente. Los datos de la batimetría se obtuvieron a nivel medio de mar (Flores-Vidal, 2006), autor que gentilmente proporcionó una copia de su base de datos.

- El primer paso fue transformar el archivo Excel (la base de datos) en un archivo tipo .txt (documento de texto), para poder ser leído mediante la utilización del programa Surfer, que permite leer la ubicación de los puntos en este caso las coordenadas geográficas y la profundidad.
- En el paquete surfer 8 se utilizaron distintos comandos de la barra de menú: el primero fue el comando GRID, ahí se buscó el archivo guardado con el formato txt. En la ventana que se abrió se verificó que cada columna de puntos vectorizados correspondieran a su eje: columna A (latitud) eje X, columna B (longitud) eje Y y columna C (profundidad) eje Z. Para generar la batimétrica se utilizó el proceso de interpolación Kriging, ahí se asignaron los rangos de profundidad a cada 0.5 m. Por último se indicó la ruta o el destino donde se guardó el archivo generado. Las distribuciones batimétricas fueron almacenadas en archivos *.grd, que son la base para realizar los gráficos y cálculos de volúmenes dentro de Surfer.
- El siguiente comando que se utilizó fue MAP, ahí se seleccionó la opción contour Map y después la opción de New countour map y se cargó el

archivo generado del proceso anterior (.grd) y de esta forma se obtuvo la batimetría.

- El siguiente paso fue blanquear la batimetría que se generó. Es decir, se limpió la imagen dejando sólo la batimetría de la zona de estudio. Este proceso se hizo mediante el comando MAP, se seleccionó la opción Digitalizar. Con el cursor que aparece se trazó un polígono por las zonas e isobatas que no se necesitaban. También aparece un recuadro donde se van registrando las coordenadas de los puntos donde se va formando el polígono, este recuadro se guardó cuando se terminó de trazar el polígono el cual quedó almacenado como archivo .bln.
- Después se utilizó el comando GRID, seleccionando la opción Blank, se cargó primero el archivo .grd (gráfico de la batimetría), después se cargó el archivo generado del blanqueamiento (.bln) y por último se guardó con un nuevo nombre este nuevo archivo. Teniendo como resultado la batimetría blanqueada.

2.- De los títulos de cada concesión de la CONAPESCA se obtuvieron las coordenadas de todos los cultivos ostrícolas por concesión.

- Se convirtieron las coordenadas de geográficas obtenidas de CONAPESCA a coordenadas UTM
- Las coordenadas del archivo excel se guardaron a un formato dbf.

3.- Se generaron los polígonos correspondientes a cada concesionaria mediante el software ArcGIS 9.2.

- A partir de los archivos .dbf se crearon los shapfile de cada polígono.
- Se generaron temas de puntos para después crear los temas de polígonos. La escala que permitió generar los polígonos fue de 1: 63,500.

4.- Sobre una fotografía aérea (satelital) de Bahía Falsa (Bfa), se superpusieron los polígonos de las concesiones y la batimetría de la zona.

- La fotografía aérea está georeferenciada en WGS84 zona UTM 11
- La fotografía fue tomada a una altitud de 770m. El vuelo se realizó el 16 de enero de 2000. Se realizó en un bimotor equipado para tomar fotografías verticales de formato largo. (Wardet al., 2004)

5.- Se realizó el mapa de zonificación de los polígonos en relación a la profundidad. La amplitud de rango empleado para la zonificación fue de 0.49 m debido a que la profundidad del área no es muy variable, por lo que se establecieron rangos pequeños para poder observar diferencias que a un rango mayor no se podrían visualizar. El rango que se estableció para zonificar permitió conocer la distribución del área de los polígonos.

6.- Al tener el mayor tiempo de exposición, y en base a la consideración de que a mayor tiempo de exposición mayor desecación y menor crecimiento, las profundidades de 0 a 0.5m se consideraron como “Pobres” en términos de producción. En esta clasificación, al rango siguiente, 0.51-1m, se le asignó la clasificación de “Muy Mala”; al de 1.1-1.5, “Mala”; 1.51-2m, “Buena”; 2.1-2.5m, “Muy Buena”; y finalmente, las profundidades ≥ 2.51 m, se les consideró como “Excelente” ya que éstas presentan el menor tiempo de exposición.

7. RESULTADOS.

Se obtuvieron un total de 3 mapas, uno base (batimétrico), un analítico (polígonos) y un mapa final producto de la sobre posición de los mapas temáticos, donde se refleja las unidades de evaluación, con el que se calificó la zonificación de los espacios acuícolas de acuerdo a la profundidad,

La batimetría generada indicó que las zonas más profundas se localizan hacia la boca de la bahía, donde se unen con el mar adyacente, siendo 16 m la mayor profundidad dentro de la bahía. Las profundidades que predominan son de uno a dos metros.

Para el mapa de batimetría los rangos se establecieron a partir de 0.5 m a 6.49, y un último rango que abarcaba las profundidades iguales o mayores a 6.5 m. Se observa que las profundidades mayores se localizan hacia los canales de la bahía (Figura 5).

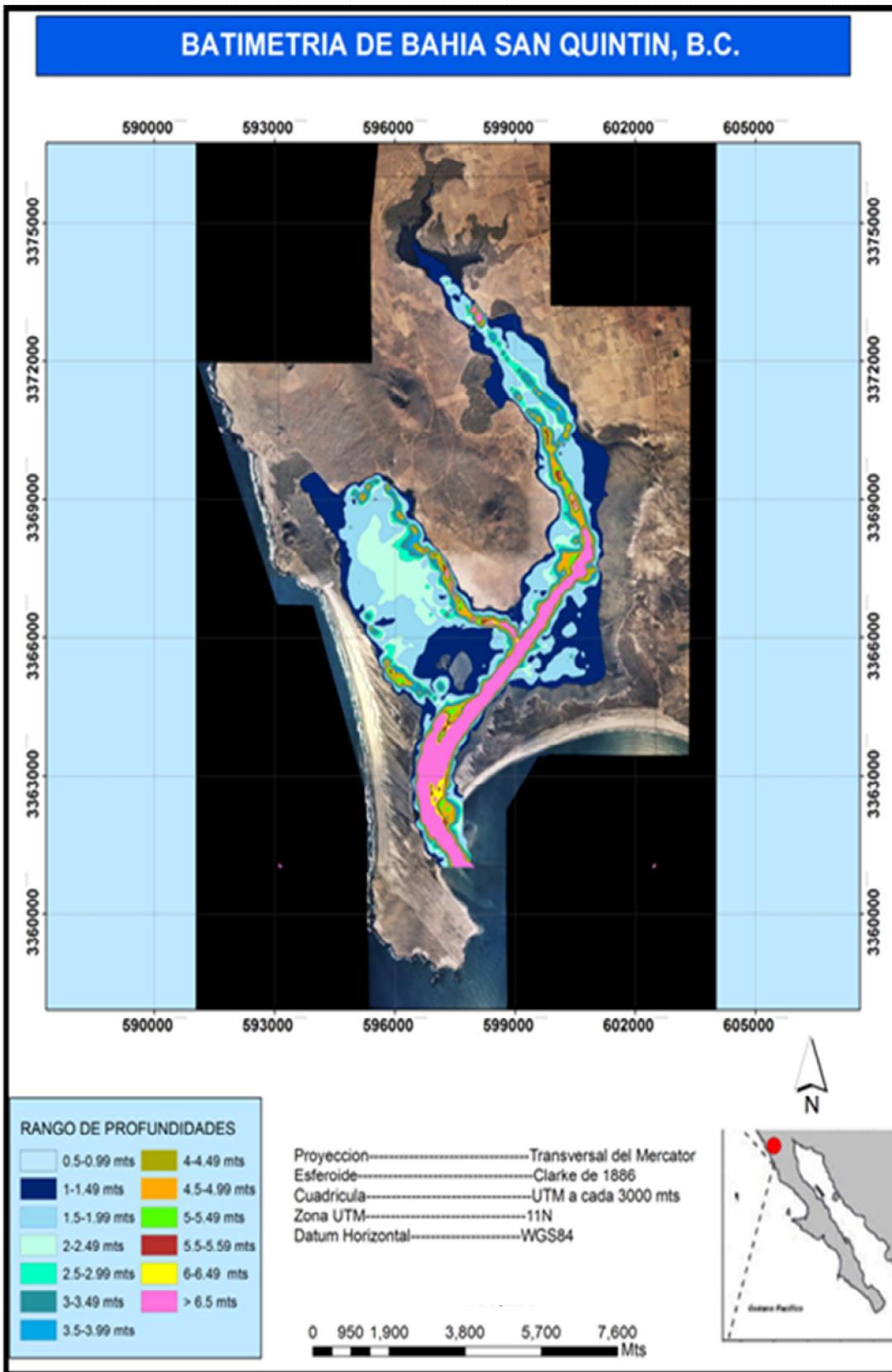


Figura 5. Batimetría de la BSQ, B.C.

Actualmente en BSQ existen 22 concesionarias dedicadas a la actividad ostrícola, que en conjunto suman un total de 44 polígonos (Tabla I). La mayoría de las concesionarias tienen uno o dos polígonos concesionados, solamente los concesionarios A y U poseen cuatro y siete polígonos respectivamente.

Tabla I. Concesionarias existentes en BSQ, B.C y sus polígonos correspondientes

CONCESIONARIA	No. Pol
CONCESIONARIO A	2
CONCESIONARIO B	4
CONCESIONARIO C	1
CONCESIONARIO D	2
CONCESIONARIO E	2
CONCESIONARIO F	2
CONCESIONARIO G	2
CONCESIONARIO H	2
CONCESIONARIO I	2
CONCESIONARIO J	1
CONCESIONARIO K	1
CONCESIONARIO L	2
CONCESIONARIO M	1
CONCESIONARIO N	2
CONCESIONARIO O	2
CONCESIONARIO P	2
CONCESIONARIO Q	2
CONCESIONARIO R	1
CONCESIONARIO S	2
CONCESIONARIO T	1
CONCESIONARIO U	1
CONCESIONARIO V	7

TOTAL 44

Se encontraron 36 polígonos en el brazo izquierdo de la Bahía, por lo que el 81.8 % se distribuyó en Bfa, mientras que en Bsq solamente se distribuyeron ocho correspondiente al 18.18 % de los polígonos (Figura 6).

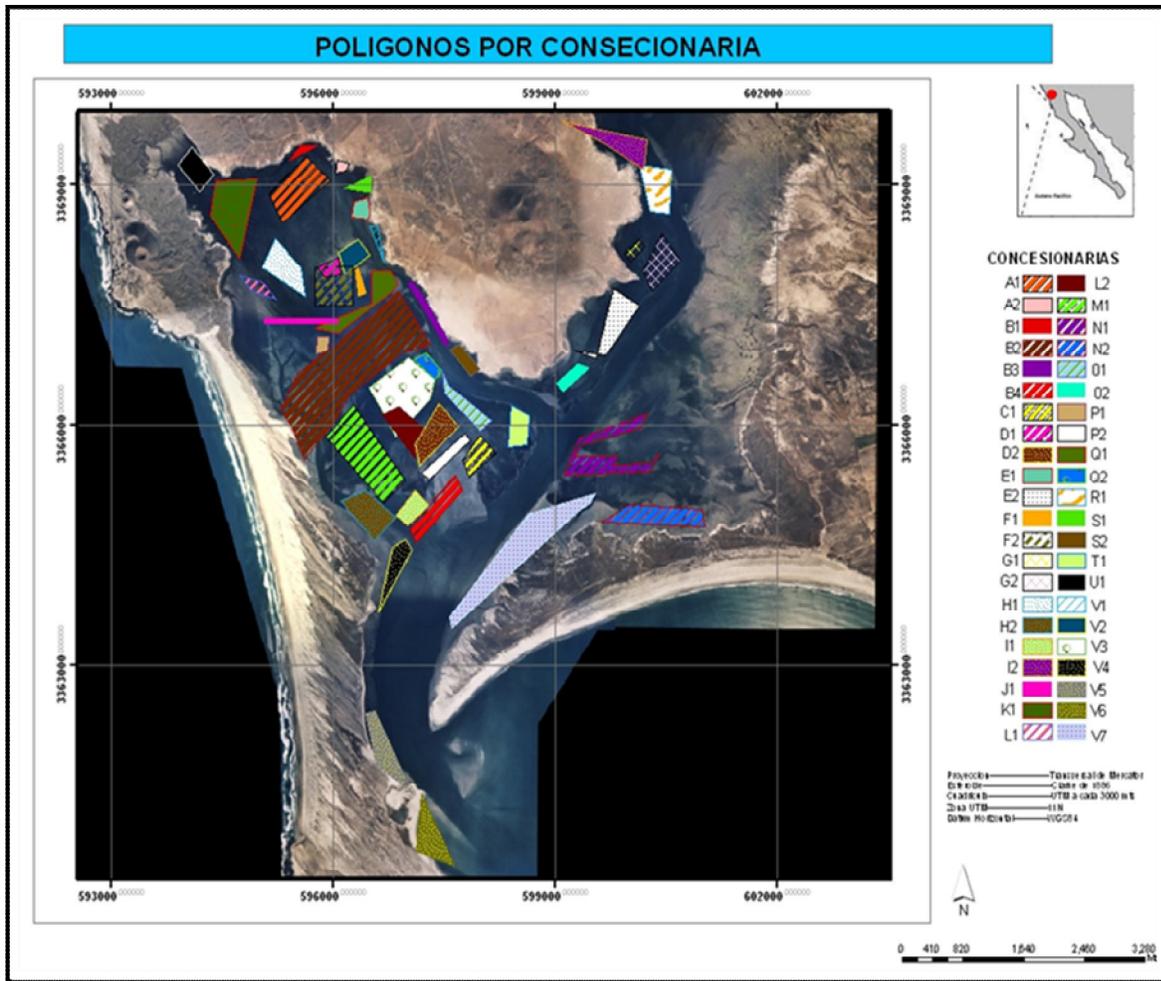


Figura 6. Distribución de los polígonos por concesionaria en BSQ, B.C. (De lado izquierdo Bf y de lado derecho Bsq).

En la zonificación hecha en base a la profundidad se observó que las áreas de 41 polígonos (93.18%) se distribuyen en distintas profundidades y solamente 3 polígonos (6.82%), se ubican en una sola profundidad, un polígono a 1m y dos polígono a 2m de profundidad (Tabla II).

El 96.30 % del área del polígono N2 está distribuido a una profundidad entre 0-0.5 m, mientras que el 84.37% de la superficie del polígono R1 se localizó a una profundidad mayor a 2.51 m (Tabla II).

Tabla II. Porcentajes que representa el área encontrada en cada profundidad en las que se distribuyen los polígonos por concesionaria.

CONCESIÓN	% de áreas por profundidad					
	0 - 0.5 m	0.51 - 1 m	1.1 - 1.5 m	1.51 - 2 m	2.1 - 2.5 m	> 2.51 m
A1	-	0.59	67.75	19.34	6.16	6.16
A2	-	44.44	39.56	16.00	-	-
B1	17.57	7.30	5.68	5.95	11.35	52.16
B2	-	6.06	42.96	43.21	4.59	3.18
B3	-	2.32	12.22	5.01	3.67	76.77
B4	36.90	26.36	21.09	10.54	4.32	0.79
C1	27.27	72.73	-	-	-	-
D1	-	-	-	60.00	40.00	-
D2	5.26	94.74	-	-	-	-
E1	16.26	48.78	5.69	11.54	5.37	12.36
E2	-	4.83	27.43	54.33	6.71	6.71
F1	-	-	-	25.00	50.00	25.00
F2	-	-	2.96	76.80	19.20	1.04
G1	-	-	24.39	73.17	2.44	-
G2	-	-	6.43	23.39	17.54	52.63
H1	-	-	-	100.00	-	-
H2	-	4.52	9.62	13.56	13.56	58.74
I1	-	18.52	28.79	21.88	11.61	19.19
I2	2.75	5.72	11.44	11.44	11.44	57.21
J1	-	-	42.86	57.14	-	-
K1	-	64.73	33.79	0.60	0.88	-
L1	-	16.67	66.67	16.67	-	-
L2	-	75.00	25.00	-	-	-
M1	0.98	32.72	47.26	18.36	0.67	-
N1	-	26.31	36.44	13.88	10.25	13.11
N2	96.30	3.70	-	-	-	-
O1	-	47.28	31.52	10.40	2.92	7.88
O2	-	32.36	48.54	16.18	2.91	-
P1	-	-	-	100.00	-	-
P2	47.89	47.89	4.21	-	-	-
Q1	-	-	5.56	66.67	5.56	22.22
Q2	-	17.96	33.05	28.74	14.37	5.89
R1	-	-	1.39	3.47	10.77	84.37
S1	39.14	39.14	19.57	2.15	-	-
S2	11.89	29.37	14.68	14.68	29.37	-
T1	-	21.51	57.55	19.64	1.29	-
U1	-	100.00	-	-	-	-
V1	-	3.92	24.40	11.45	30.12	30.12
V2	-	2.91	-	-	32.36	64.72
V3	-	8.64	41.04	41.04	6.48	2.81
V4	0.99	43.55	38.97	10.36	4.09	2.04
V5	5.56	5.56	11.11	11.11	11.11	55.56
V6	-	0.87	10.93	5.47	2.79	79.93
V7	77.92	14.61	5.14	-	1.53	0.80

El rango de profundidad de 1.1-1.5 m cubre el mayor porcentaje de área de los ostricultivos (26.34%), en segundo lugar se encuentra las profundidades entre 1.51-2 m con el 25.16%. Los anteriores suman el 51.5% del total del área de cultivo de ostión, correspondiente a 443 hectáreas. Mientras que la profundidad entre 2.1-2.5 m sólo presentó el 6.15% de las áreas, equivalente a 51.5 hectáreas (Figura 7).

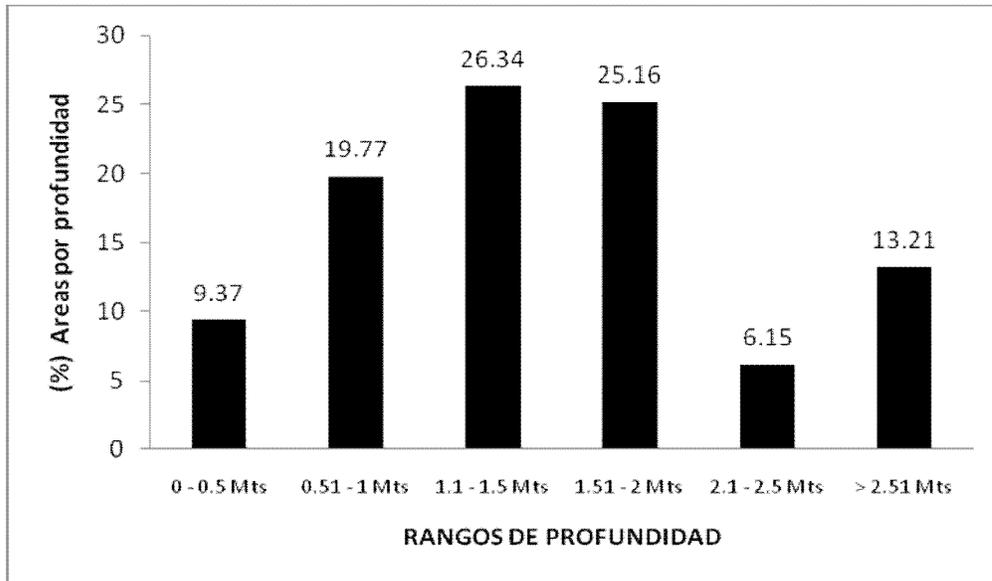


Figura 7. Porcentajes de áreas por profundidad.

Como resultado de la zonificación se obtuvieron seis unidades de valoración, (Tabla III).

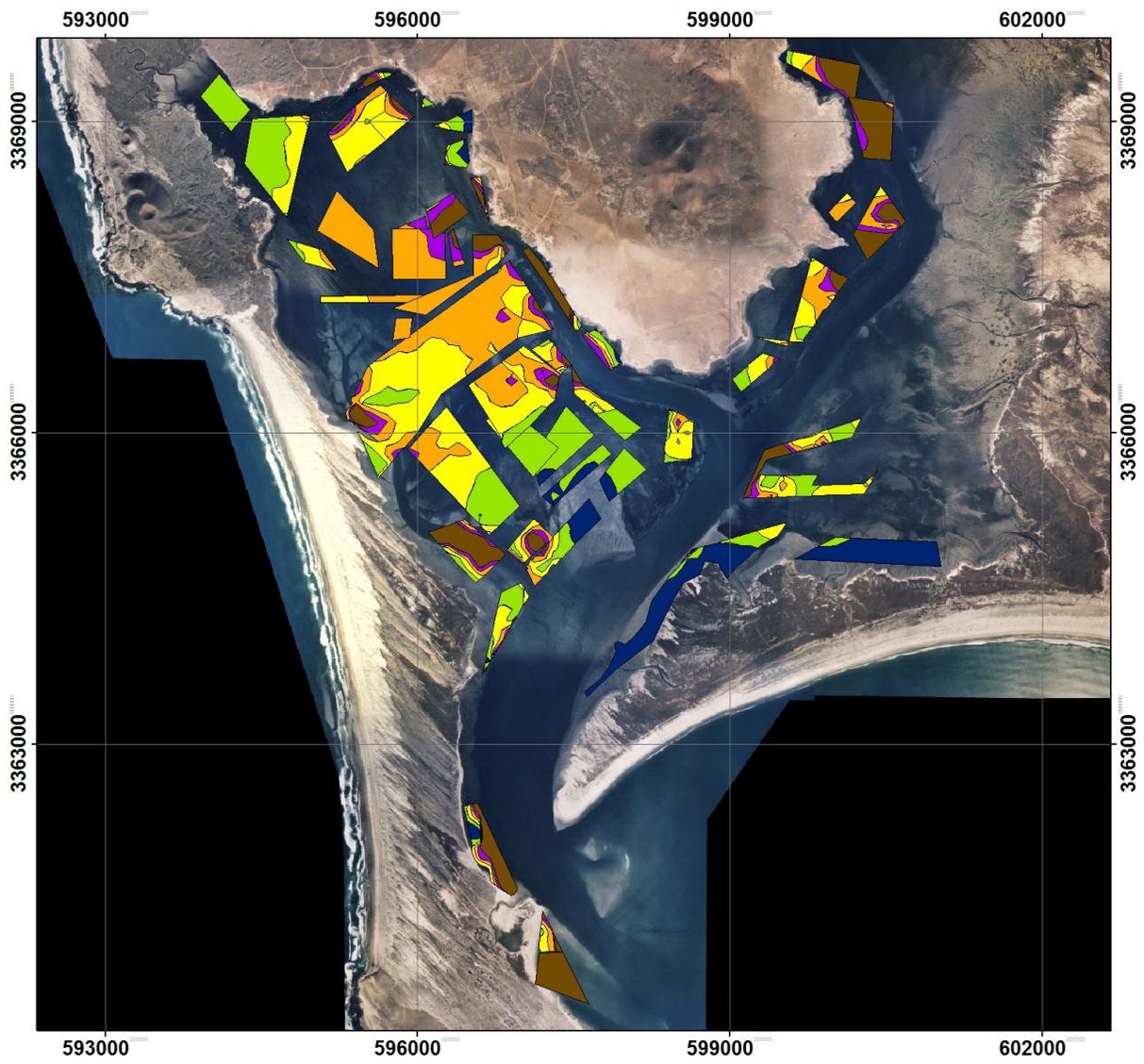
Tabla III. Sistema de clasificación de las áreas de los polígonos en función a la profundidad en que se distribuyen. La clasificación obedece al uso del espacio empleando técnicas de estantes.

Rangos de profundidad	Calificación
0 - 0.5 m	Pobre
0.51 - 1 m	Muy Mala
1.1 - 1.5 m	Mala
1.51 - 2 m	Buena
2.1 - 2.5 m	Muy buena
≥ 2.51 m	Excelente

La profundidad mayor a 2.51m obtuvo la calificación más alta (Excelente), ya que los polígonos no están expuestos al aire por largos periodos. Un total del 13.21% de las superficies de los polígonos obtuvieron esta calificación.

El rango de 0-0.5 m, se le otorgó la calificación más baja “Pobre”, debido a los largos periodos que se exponen los ostricultivos al aire. El 9.37% del área de los ostricultivos obtuvieron dicha calificación (Figura 8).

ZONIFICACION DE LAS AREAS DE LOS POLIGONOS EN FUNCION A LA PROFUNDIDAD



SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS ACUÍCOLAS

Pobre		0 - 0.5 mts
Muy mala		0.51 - 1 mts
Mala		1.1 - 1.5 mts
Buena		1.51 - 2 mts
Muy buena		2.1 - 2.5 mts
Excelente		> 2.51 mts

Proyeccion-----Transversal de Mercator
 Esferoide-----Clarke de 1886
 Cuadrícula-----UTMA a cada 3000 mts
 Zona UTM-----11N
 Datum Horizontal-----WGS84

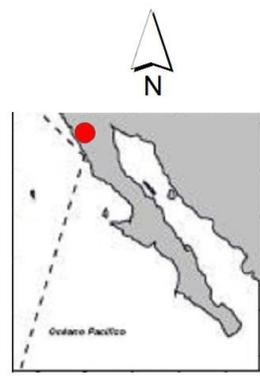
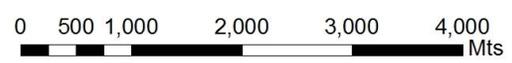


Figura 8. Zonificación de los polígonos en relación a la profundidad.

8. DISCUSIÓN.

Para la generación de la batimetría se utilizó el método de interpolación Kriging, sin embargo, para establecer que éste era el modelo ideal para la batimetría se emplearon distintos modelos de interpolación que contiene el programa Surfer 8 (Polynomial Regression, Minimum Curvature, Inverse Distance y Radial Basis Functions). En el método Kringing se observó que las isolíneas eran continuas, la trama tenían mayor detalle y la batimetría resultante fue la más similar a la batimetría generada por Flores-Vidal, 2006, mientras que por los demás métodos las isolíneas eran muy discontinuas, su trama era muy general y no tenían mucho parecido con la batimetría original.

El método de Kriging genera la mejor interpolación ya que es un interpolador exacto. Genera contornos visuales de la superficie con datos muy espaciados. Dicho método es el más recomendado debido a que utiliza un variograma lineal muy eficaz. El kriging presenta una ventaja sustancial con respecto a otros interpoladores, permite, una vez seleccionado el variograma que mejor explica la variabilidad espacial, seleccionar el tipo de malla de muestreo y el número de puntos muestrales mínimo para obtener un error predeterminado en la estimación de la cota de cualquier otro punto de la superficie (Oliver y Webster, 1990).

El rango de profundidad utilizado en el estudio, permitió observar mayor detalle en la distribución de la profundidad dentro de la bahía de San Quintín, como se observa en la figura 5. Con rangos mayores la batimetría de la bahía se estandarizaban muchas áreas dentro de la bahía, lo cual no permitía diferenciar o establecer la profundidad real a la que se encontraban los polígonos, resultando una zonificación inexacta. Y tomando en cuenta uno de los objetivos del presente estudio es la zonificación en función de la profundidad, se determinó minimizar los rangos de profundidad (0.49m), generando la batimetría que se necesitaba para cumplir con este objetivo.

La escala de trabajo fue de 1:63,500, con dicha escala se cubrió los requerimientos técnicos necesarios. Los rangos de profundidad que se utilizaron

para la zonificación de los espacios acuícolas fueron de 0 hasta ≥ 2.51 m, de este modo se generó la información necesaria para la clasificación de las áreas. Todas las unidades obtenidas de la sobreposición de la batimetría y los polígonos se tomaron en cuenta, debido a que se estableció que la unidad mínima cartografiable sería la unidad más pequeña que resultara de la sobreposición de información. El nivel de detalle que se empleó en el estudio, fue necesario para conocer la verdadera distribución de las áreas de cada polígono en función a la profundidad, para después obtener los porcentajes de áreas por profundidad.

El grado de detalle al que se colecta la información está en función en la práctica por la escala del trabajo, la cual debe estar vinculada con el ámbito espacial de la planificación y dependerá de los objetivos y metas que se pretendan lograr en cada estudio (Seingier, 1999)

Seingier (1999) señala que la zonificación forma parte de las metodologías de planificación ambiental y del ordenamiento Ecológico Territorial. Lo anterior implica que es un instrumento o mecanismo necesario para realizar la descripción temática de la biodiversidad y de los conflictos ambientales presentes en el área de estudio.

La zonificación, como herramienta de clasificación, se refiere al establecimiento de unidades geográficas temáticas. Para ello, la relación clave se establece entre el paisaje y la geografía como el sistema; así la región se conforma como un patrón natural establecido por el terreno. La aplicación de diferentes tipos de zonificación han resultado ser una herramienta muy útil en el desarrollo de planes de manejo y conservación de la biodiversidad biológica. De igual forma es factible su aplicación para analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones (Burrough, 1990).

Actualmente ya existen una gran cantidad de trabajos donde se han utilizado SIG con el objetivo de seleccionar o identificar áreas que contienen los factores apropiados para desarrollar actividades acuícolas. Kapetsky (1985 y 1987) fue de los primeros en utilizar herramientas de SIG para acuicultura.

En este estudio se realizó un SIG donde se integró información de profundidad y de los espacios concesionados al sector acuícola en BSQ. A partir

de los datos generados se realizó una calificación de acuerdo a la profundidad en que se distribuye las áreas de cada polígono, lo cual es requerido para estimar el tiempo de exposición del arte de cultivo.

La marea es el factor principal para el intercambio de volúmenes de agua entre la Bahía y el mar adyacente. Ryther (1969) menciona que si la hidrodinámica del océano se rige por corrientes de marea se puede estimar la influencia de estrés al que están expuestos los organismos. El estrés puede ser causado por la disponibilidad de alimento, ya que de no existir una recirculación continua de agua la disponibilidad de alimento será limitada, de igual forma el transitar agua continuamente provoca la renovación continua de oxígeno y nutrientes del agua.

La actividad acuícola en BSQ, comprende el uso de áreas ubicadas en el cuerpo de agua, aprovechando sólo algunos canales y las planicies en zonas entre mareas, en donde se instalan las artes de cultivo para el crecimiento del ostión japonés. Las áreas entre mareas se descubren en algunas condiciones de marea baja, quedando los ostiones en condición de exposición aérea, lo cuál produce el endurecimiento de las conchas de los bivalvos y la eliminación de epibiontes durante la engorda (Tapia *et al.*, 2008). Por lo tanto se requiere un mínimo período de exposición, por lo que las profundidades en las que los ostiones se encuentren sumergidos la mayor parte del tiempo y que les permita un corto período de exposición serán las ideales para su cultivo.

El factor más importante de la dinámica de la bahía de San Quintín es la marea de tipo semidiurno, la cual genera corrientes en la boca de hasta 1 m s^{-1} (Ocampo-Torres, 1980). El transporte de propiedades fisicoquímicas entre Bfa y Bsq es menor del 10%. La zona principal del cultivo de ostión es Bfa, donde los estantes de cultivo quedan expuestos al aire un promedio de 15% del tiempo, durante las mareas bajas (García-Esquivel *et al.*, 2000). En este estudio se obtuvo que el promedio de áreas que quedan expuestas al aire durante la marea baja es de 29.13%, tomando solo en cuenta los espacios acuícolas que se localizan entre 0.5 y 1 m de profundidad, ya que son las áreas más afectadas. Como se puede observar este valor es superior al compararlo con García-Esquivel *et al.*, 2000, por lo que se sugiere que las áreas expuestas a la aeración en marea baja, es mayor, afectando el

desarrollo y crecimiento de un mayor número de ostiones. Sin embargo el promedio de áreas expuestas al aire puede aumentar, si se le agregan las siguientes profundidades por lo que a partir de este trabajo se puede conocer los porcentajes de áreas que van quedando expuestas al aire durante el proceso de cambio de marea. Y obtener el porcentaje total de áreas expuestas al aire, cuando la bahía presenta la marea más baja. Y partiendo de este dato se pueden conocer los tiempos de exposición que cada espacio acuícola presentará en el tiempo.

Se han encontrado investigaciones realizadas en BSQ que han demostrado que los ostiones de la boca de Bfa no sólo crecen más rápido, sino que contienen más carne (tejido) que los ostiones de talla similar cultivados en la cabecera de Bfa (García-Esquivel *et al.*, 2004). Si se toma en cuenta que las profundidades de la boca de Bfa son mayores a los 2 m y en la cabecera oscilan entre los 0 a 2 m, se puede inferir que uno de los factores importantes para el crecimiento del ostión no sólo en talla sino además en producción de carne es la profundidad, a partir de la cual se puede determinar el tiempo de exposición aérea de las artes de cultivo.

En relación al cultivo de ostiones, a mayor profundidad, menor tiempo de exposición aérea. En consecuencia, el nivel de estrés de los ostiones será menor debido a que se reduce el tiempo que se encuentran expuestos a desecación o sobrecalentamiento. También se reduce el tiempo sin disponibilidad de alimento y a bajas concentraciones de oxígeno que cambian con el ciclo de mareas (Tapia *et al.*, 2008).

Los valores obtenidos como resultado de la zonificación se pueden emplear para calificar la distribución de las áreas de los polígonos (Tabla III). Esta clasificación obedece al uso del espacio empleando técnicas de estantes para el cultivo de ostión y está en función del tiempo de exposición aérea de los ostricultivos, el cual afecta el desarrollo de los bivalvos y se deduce al conocer la profundidad en que se localiza el arte de cultivo y los datos de marea.

En este trabajo se plantea una clasificación de acuerdo a la distribución de profundidad de los espacios acuícolas. Respecto a esta clasificación las profundidades más bajas se consideran como zonas de producción pobre, esto se refiere a que las condiciones no son las ideales para acortar el tiempo en que se

alcance la talla comercial. Por otro lado, las profundidades clasificadas como buenas a excelentes para la producción corresponden a las zonas en que el tiempo en que se alcance la talla comercial será menor. Esto a largo plazo puede significar una mayor producción, dada por el menor tiempo en que el ostión alcanza su talla comercial.

9. CONCLUSIONES

- La distribución de la profundidad en el área que ocupan 41 polígonos (93.18%) es heterogénea..
- Solamente el área de 3 polígonos (6.82%) presentan la misma profundidad; un polígono con 1m y dos polígonos con 2m de profundidad.
- El mayor porcentaje de área de ostricultivo (26.34%), se ubica en la profundidad de 1.1-1.5 m, mientras que el 25.16% del área se encuentra en el rango de profundidad de 1.51-2 m y en la profundidad entre 2.1-2.5 m sólo se presentó el 6.15% de las áreas totales de cultivo del ostión.
- El 13.21% de las superficies de los polígonos tienen una calificación excelente, por otro lado, los polígonos de calificación pobre abarcan únicamente 9.37% del área total de producción.
- Una de las aplicaciones de SIG es la zonificación temática, la cual permite la generación de polígonos en relación a la profundidad, y conocer así el tiempo de exposición de las artes de cultivo de los polígonos de cada concesionaria.

10. RECOMENDACIONES

- Aún cuando son varios los factores involucrados en la producción, además de aquellos administrativos asociados con cada concesionario y las buenas prácticas, se espera que la caracterización por profundidad permita hacer un uso más eficiente de los espacios costeros destinados a la acuicultura.
- Emplear los SIG como herramienta para ampliar el conocimiento de las zonas destinadas a la acuicultura de diversos organismos para enriquecer la información sobre su distribución e implementar soluciones que incrementen la productividad.

11. LITERATURA CITADA

- Aguirre-Muñoz, A., R. W. Buddemeier, *et al.* (2001). "Sustainability of coastal resource use in San Quintín, México." *Ambio* 30: 142-149.
- Angulo-Larios, N. T (2006). Hidrodinámica De La Bahía De San Quintín, B. C. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Oceanografía Costera. Universidad Autónoma de Baja California. 145pp.
- Burrough, P. A. (1990). Principles of geographical information systems for land resources assessment.
- DFO (2006). Assessing Habitat Risks Associated with Bivalve Aquaculture in the Marine Environment. D. C. S. A. S. S. A. R. 2006/005.
- FAO (2007). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2006. Departamento de pesca y acuicultura de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, FAO: 176.
- Flores-Vidal, X. (2006). Circulación residual en Bahía San Quintín, B.C., México. Oceanografía física. Ensenada, Baja California, CICESE. MSc: 91.
- García- Esquivel, Z. *et al.* (1999). Mortandad de ostión en la Bahía de San Quintín durante 1998: una Evaluación Puntual. Reporte Técnico. IIO-UABC. 16pp.
- García Esquivel, Z., M.A. González Gómez, M.S. Galindo, J.M. Hernández Ayón, F. (2000). Microgeographic differences in growth, mortality and biochemical composition of the Pacific oyster (*Crassostres gigas*) from San Quintín Bay, northwest México. *Journal of Shellfish Research* 19: 789-798.
- Hunter, D. C., T.C. Telfer, L.G. Ross (2006). Development of GIS based tool to assist planning of aquaculture developments. Institute of Aquaculture University of Stirling. 59 pp.
- García-Esquivel ,Z., M.A. González-Gómez, F. Ley-Lou, A. Mejía-Trejo. (2004). Oyster culture potential in the west arm of San Quintín Bay: Current biomass and preliminary estimate of the carrying capacity. *Revista de Ciencias Marinas*. Vol. 30(11):47-60
- González-Barradas, R. M. (1999). Consideraciones ambientales y socioeconómicas que sustentan la actividad acuícola en Bahía San Quintín, BajaCalifornia. . Manejo de Recursos, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Licenciatura: 47.

- Gobierno del Estado de Baja California (2006). Programa de Ordenamiento Ecológico de La región de San Quintín, Baja California.
- Ibarra-Obando S., S. S. V., Poumian-Tapia Miriam, Camacho-Ibar Víctor, Carriquiry José D., and Montes-Hugo Martín (2004). "Benthic metabolism in San Quintin Bay, Baja California México." *Marine Ecology Progress Series* **283**: 99-112.
- Juárez, V. M. (1982). Modelo Unidimensional de Dispersión para un Estuario Ramificado y su Aplicación a Bahía de San Quintín. Tesis de Maestría, División de Oceanología, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. México 79 pp.
- Kapetsky, J. M. (1985). Mangroves, fisheries and aquaculture. Selected working papers submitted to the eleventh session of the advisory committee of experts on marine resources research. Supplement, 338. Rome: FAO.
- Kapetsky, J. M. (1987). Satellite remote sensing to locate and inventory small water bodies for fisheries management and aquaculture development in Zimbabwe. CIFA Occasional Paper (14). Rome: FAO Fisheries Department.
- Lara-Lara, J. R., S. Alvarez-Borrego y L. F. Small (1980). Variability and tidal Exchange of ecological properties in a coastal lagoon. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 11: 613–637.
- Margalef, R. (1969). Comunidades planctónicas en lagunas litorales. Memorias del Simposium internacional sobre Lagunas Costeros, U.N.A.M., UNESCO. México, D. F., Nov. 28-30. 545-562pp.
- Ocampo-Torres, F. J. (1980). Análisis de marea y predicción de velocidad mediante un modelo unidimensional en Bahía San Quintín, B.C. oceanografía física. Ensenada, Baja California, México, Universidad Autónoma de Baja California. **BSc**.
- Oliver, M.A. y R. Webster (1990). Kriging: a method of interpolation for geographic information systems. *International Journal of Geographical Information Systems*, pp. 313-332, v. 4, n° 3, 1990.
- Polanco, J.E., Mimbela, S.R., Beléndez, M.L., Flores, M.A. y Reinoso-Alvarez, A.L. (1988). Situación actual del cultivo de ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en el noroeste de México. En: Situación Actual de las Principales Pesquerías Mexicanas. Secretaría de Pesca, México, pp. 219–248pp.
- Ryther, J.H. (1969). The potential of the estuary for shellfish production. *Proc. Natl. Shellfisheries Assoc.*, 59: 18–22pp.

- Rodríguez-Cardozo, L. (2007). Valoración Económica de las surgencias en Bahía San Quintín, Baja California. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Oceanografía Costera. Universidad Autónoma de Baja California. 74pp.
- Seingier, H. G. (1999). Sistematización del proceso de regionalización con un sistema de información geográfico (SIG) en la región Punta Banda-El Rosario, BC. Tesina de especialidad en la Administración de Zona Costera, Universidad Autónoma de Baja California.
- 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.
- Vannuci, M. (1969). What is known about production potential of coastal lagoons. Memorias del Simposio Inter. Lagunas costeras. UNAM, UNESCO. México, D. F., Nov. 28-30.
- Ward (2004).