

Uso de la lisa cabezona (*Mugil cephalus*) como forrajero de sedimentos enriquecidos en un área de cultivo en jaulas flotantes

Pablo Torres-Hernández*

Resumen

Uso de la lisa cabezona (*Mugil cephalus*) como forrajero de sedimentos enriquecidos en un área de cultivo en jaulas flotantes. Se evalúa a la lisa cabezona (*M. cephalus*) como una especie forrajera de sedimentos en un área circundante a un cultivo en jaulas flotantes. En la laguna de Chacahua, se instalaron tres áreas (A,B,C) utilizando una red perimetral de 7x13x4 m. Dentro de las áreas A y C, se encontraban presentes un set de tres jaulas con cultivo de pargo amarillo (*Lutjanus argentiventris*). Se capturaron lisas con una talla media de 21 cm, estableciéndose una densidad de 3 org./m² en B y C; al finalizar 78 días de encierro se analizó el crecimiento y el factor de condición mediante ANOVA. El contenido de materia orgánica (M.O.) presente en los sedimentos de las áreas fue evaluado mensualmente y los resultados se analizaron mediante la prueba de Friedman. No se presentó diferencia significativa entre las lisas de los encierros B y C, encontrándose que el período de pastoreo de la lisa en los encierros no representó un incremento en su biomasa y una reducción en el estado de condición para ambos grupos. Durante el período experimental se observó en el área un incremento en el contenido de M.O. en el sedimento de 0.466 % a 4.03 %, sin encontrarse diferencias significativas entre A,B y C en

Abstract

Use of the Striped Mullet (*Mugil cephalus*) as a forager of enriched sediments in an area of floating-cage fish cultivation. The Striped Mullet (*M. cephalus*) was used as a foraging species of enriched sediments from an area surrounding floating-cage fish cultivation. In the Chacahua lagoon three areas (A, B, and C) were delimited using a net of 7x13x4 meters. Areas A and C each included a set of three floating cages with cultivated Yellow Snapper (*Lutjanus argentiventris*). Mullet with an average size of 21 cm were captured, establishing a density of 3 organisms/m² in areas B and C. After 78 days, growth and a condition factor were analyzed using ANOVA. The quantity of organic matter present in the circumscribed areas was evaluated on a monthly basis, and was analyzed using the Friedman test. No significant difference was found between mullets in areas B and C, and results suggest that during foraging periods, mullets did not experience an increase in biomass, nor was there a reduction in the condition factor in both groups. In December and January, during the experimental period, an increase of 0.466 to 4.03 % in organic matter contained in sediments was observed, but no significant difference between areas A, B, and C was found. However, by February, organic matter in

Résumé

Utilisation de lisa cabezona (*Mugil cephalus*) comme fourragère de sédiments enrichis dans une aire d'élevage en cages flottantes. Dans une aire entourée par des élevages en cages flottantes, on a évalué lisa cabezona (*M. cephalus*) comme une espèce fourragère en sédiments. Au lac de Chacahua, on a installé trois aires (A, B, C), en utilisant des filets avec un périmètre de 7x 13x4m. Dans les aires A et C, c'est trouvé présents un set de trois cages flottantes avec la culture de pargo amarillo (*Lutjanus argentiventris*). On a capturé lisas de taille moyenne de 21 cm et on les a établis une densité de 3 org./m² dans les aires B et C; à la fin de 78 jours de l'avoir mises en clôture, on a analysé la variable croissance et le facteur de condition par une ANOVA. La teneur de matière organique (M.O.) présente dans les sédiments des aires ont été évalué et les résultats ont été analysé par l'essai de Friedman. Il y n'a pas eu de différence significative entre les lisas des clôtures B et C, il se trouve que le pâturage des lisas en clôture n'a pas présenté un incrément de la biomasse produite dans le système, ni une réduction de l'état de condition pour les deux groupes. Pendant l'étude, on a observé un incrément de 0,466% à 4,03%, sur le teneur de la matière organique dans l'aire, sans différence significative en

*Instituto de Industrias, Universidad del Mar

diciembre y enero; sin embargo, para febrero se observó un decremento significativo de las áreas B (34 %) y C (58 %) con respecto al área A. Lo anterior es un indicador de la importancia de la lisa como un factor en la disminución de los contenidos de materia orgánica en sedimentos enriquecidos en lagunas costeras.

Palabras clave: *Mugil cephalus*, sedimentos, materia orgánica, jaulas flotantes.

sediments had decreased in areas B and C with respect to area A, by 34% and 58%, respectively. Results suggest important mullet foraging activity, and underscore its importance as an organic matter-reducing species in enriched sediments in coastal lagoons.

Key words: *Mugil cephalus*, sediments, organic matter, floating cages.

décembre et janvier entre les aires; cependant, pour le mois de février on a observé une décroissance significative pour les aires B (34%) et C (58 %) en relation avec l'aire A. Cela indique l'importance de lisa comme un facteur de diminution de la teneur de matière organique dans des aires riche en matière organique des lacs côtiers.

Mots clés: *Mugil cephalus*, sédiments, matière organique, cages flottantes.

Introducción

En la actualidad existen beneficios socioeconómicos importantes que provienen del crecimiento de la acuicultura, generando beneficios en la nutrición de la población, aumentando los ingresos del sector y generando empleos (Pullin, 1987; Barg, 1994). Simultáneamente se han generado algunos problemas de degradación del medio ambiente en zonas costeras en algunos casos debido a operaciones intensivas de cultivo de peces en jaulas flotantes en Europa y la práctica de cultivo de camarones en el Sudeste asiático y en América Latina (Barg, 1994).

Los posibles problemas ecológicos relacionados con el enriquecimiento de nutrientes y de materia orgánica en o fuera de la unidad de cultivo, se dan normalmente en cultivos semintensivos y especialmente en intensivos en los que se requiere de suministros de alimentos en grandes suministros (Mok, 1982).

Esquemas de producción en policultivo tienen como objetivo intensificar el uso del sistema optimizando cada nivel trófico del cultivo con especies que obtengan el mejor provecho del medio en que habitan. Las estrategias de policultivo están regidas por un equilibrio entre la optimización de los rendimientos con un manejo integral de la

columna del agua, especies coparticipantes y la demanda del mercado (Matena y Berka, 1987).

Existen reportes sobre la utilidad de la lisa en policultivos realizados en encierros, estanques, y experimentalmente en jaulas (Jones y Strawn, 1983; Marichamy y Rajapackiam, 1986; Tamaru *et al.* 1993; Bardach *et al.* 1986). De acuerdo al modelo de policultivo pueden obtenerse cosechas adicionales de especies secundarias, por ejemplo el método de pastoreo que consiste en el acondicionamiento de ciertas poblaciones nativas que aprovechan el alimento subutilizado en el cultivo intensivo en operación (Penczack *et al.* 1982; Flores, 1990)

Estos modelos de producción resultan muy útiles como estrategias que permiten reducir las descargas de materia orgánica y nutrientes al medio procedentes de maricultura, como son las prácticas de cultivos de bivalvos y algas (Ruying y Qingyin, 1992), en las granjas de cultivo intensivo de camarón (Sandifer y Hopkins, 1996) y en el empleo de jaulas flotantes para el cultivo de peces marinos (Barg, 1994; Porter *et al.* 1996),

El presente trabajo evalúa la eficiencia de la lisa cabezona (*Mugil cephalus*) como una especie forrajera de sedimentos enriquecidos por las descargas de materia orgánica y nutrientes, generados en el cultivo del pargo amarillo en jaulas flotantes en una laguna costera.

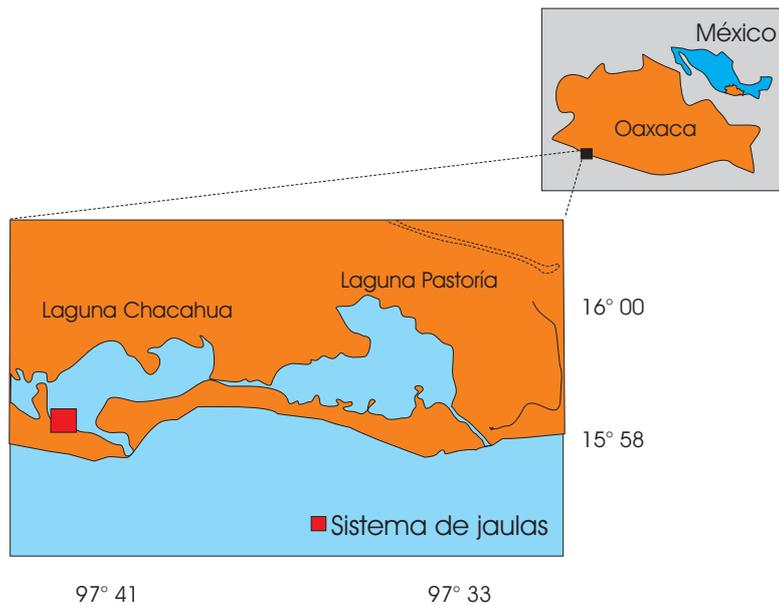


Figura 1. Sistema lagunar Chacahua-Pastoría; área de instalación del sistema de cultivo.

Material y Métodos

La selección del sitio donde se desarrolló el cultivo experimental se determinó a partir de prospecciones de campo realizados en agosto de 1998 y enero de 1999 en el sistema lagunar Chacahua Pastoría. Durante las prospecciones se seleccionó una área de 400 m² del canal de la laguna de Chacahua con las siguientes coordenadas: 15° 58' 41 N y 97° 41' 64 W (Fig. 1). Se procedió a la realización de una batimetría, así como a cuantificar la variación en la profundidad durante un ciclo de marea considerando los niveles superficiales de la laguna mediante el uso de un estadal fijado en el manglar y correlacionado a un banco de nivel.

Se consideraron tres unidades experimentales, cada una de ellas delimitadas por una red perimetral con una área de 100 m² y denominadas A, B, C. En dos de éstas unidades experimentales (A y C) seleccionadas aleatoriamente, se encontraban instaladas en línea tres jaulas flotantes con cultivo de pargo amarillo (*Lutjanus argentiventris*) (Torres-Hernández, 2001), por último la unidad experimental (B) fue considerada como un blanco comparativo del área de estudio (Fig. 2).

La unidad experimental se delimitó en una área de 7 x 14 m con una red perimetral de red de poliamida (PA) con hilo num. 24, luz de malla de 2.54 cm y caída de 4 m. La relinga superior se elaboró de cabo polipropileno 1.27 cm de diámetro

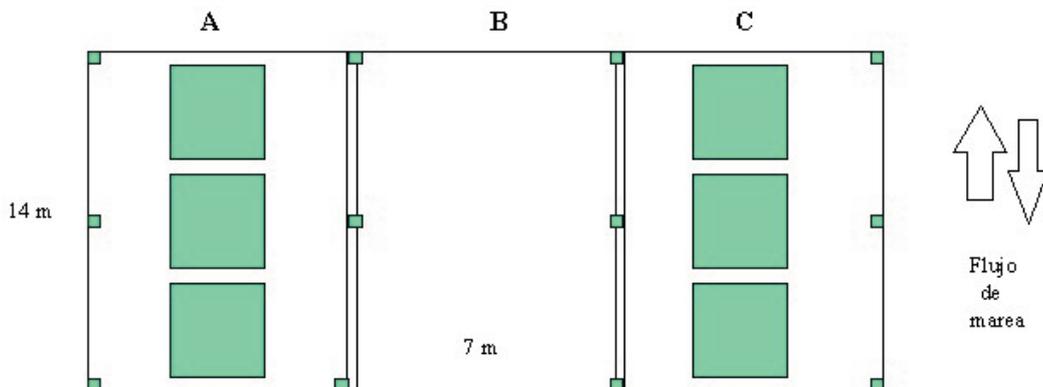


Figura 2. Infraestructura experimental compuesta por tres unidades experimentales (A, B, C) y localización de jaulas flotantes con cultivo de pargo amarillo.

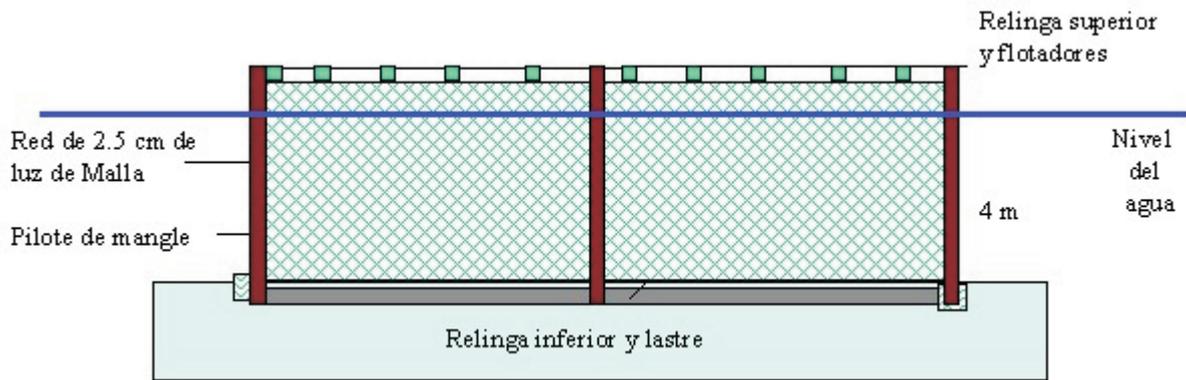


Figura 3. Red perimetral, corte longitudinal.

y una flotación basada en espuma de poliestireno (EPS) con flotadores de barril del num. 8 distribuido cada 0.45 m para mantener la estabilidad. La relinga inferior se elaboró de cabo de polipropileno de 0.635 cm y se distribuyeron plomos de 10 g. cada 0.2 m. Se instalaron pilotes de mangle en los vértices de la red perimetral con la finalidad de elevar 0.90 m la red de la superficie del agua e impedir la salida y entrada de organismos (Fig. 3). La instalación de las unidades se realizó perpendicularmente a las corrientes dominantes para que su efecto fuese homogéneo en cada una de las unidades, instalándose un total de diez "muertos" de 400 k/c.u. en la periferia del área; este sistema de anclaje permitió la estabilidad de las unidades experimentales.

En el mes de noviembre se capturaron lisas mediante una atarraya lisa de 3 m de diámetro y una luz de maya de 1.9 cm; los organismos fueron transportados a las jaulas flotantes utilizando una sección inundada de 0.75x 0.60 x 0.40 m de un cayuco de madera. Se determinó la biometría del 20 % de los organismos obteniéndose el peso con una balanza digital y la longitud total con un ictiómetro. Los organismos fueron colocados a una densidad de 3 organismos /m² en el área restringida por las redes perimetrales B y C. Finalmente, durante el mes de febrero fueron recapturados mediante una red agallera de 2.54 cm de luz de malla las lisas presentes en ambas secciones, obteniéndose la biomasa total, la tasa de recaptura, la tasa de crecimiento y el factor de condición.

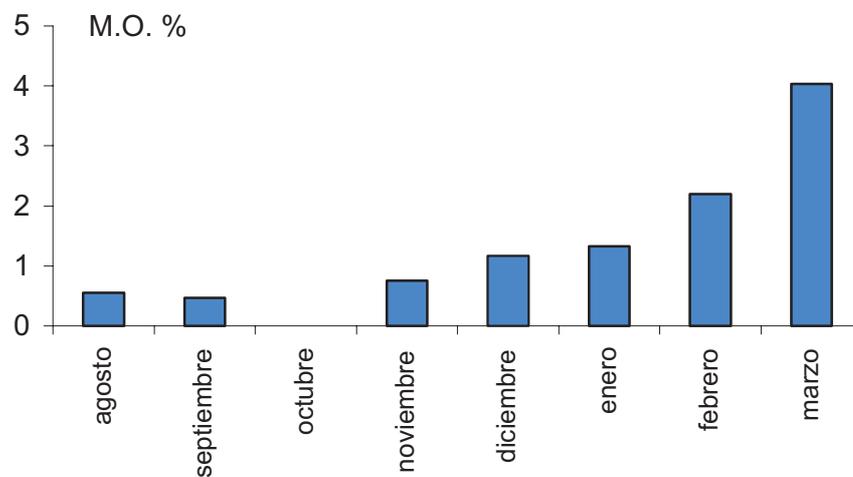


Figura 4. Porcentaje de materia orgánica presente en el área.

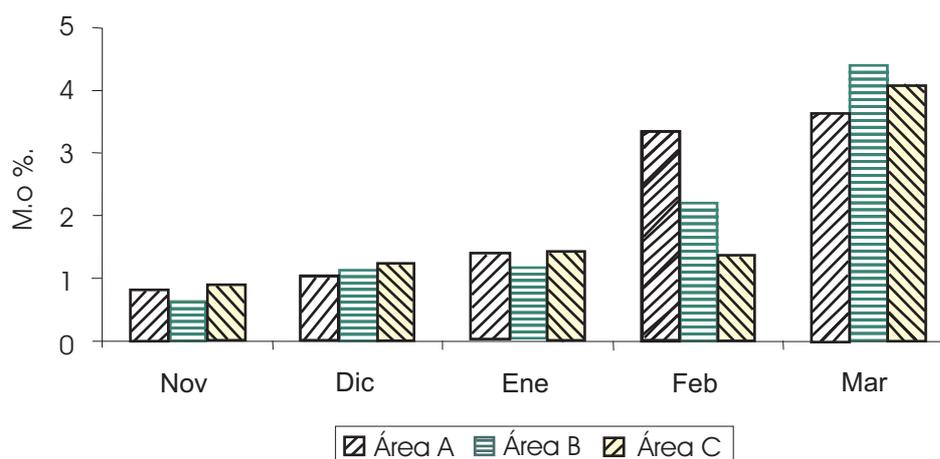


Figura 5. Porcentaje de materia orgánica presente en el sedimento de las áreas experimentales: monocultivo de pargo amarillo (A), lisa (B), y policultivo de pargo-amarillo-lisa (C).

En la determinación del enriquecimiento orgánico del sustrato en el área experimental se obtuvieron tres muestras de sedimentos por cada una de las unidades experimentales (unidad de policultivo, unidad de monocultivo y testigo). Las muestras fueron obtenidas por buceo autónomo, utilizando un recipiente de plástico de 5.0 cm de diámetro y de 10 cm de longitud; el sustrato recolectado se depositó en bolsas de plástico y se registró la fecha, la unidad de procedencia y el número de muestreo. La muestras fueron homogeneizadas por el método de cuarteo obteniéndose submuestras para cuantificar el porcentaje de materia orgánica presentes en los sedimentos, determinándose el contenido total de carbono por el método del ácido crómico (método de Walkley-Black), basado en la calefacción espontánea por dilución de ácido sulfúrico (Jackson, 1970). Se compararon

los porcentajes de materia orgánica totales en los sedimentos en cada una de las unidades experimentales (policultivo, monocultivo y blanco) y se realizó un análisis no paramétrico de las medianas para cada uno de los componentes.

Resultados

En la Tabla I se presenta el registro de los parámetros biológicos obtenidos en el mes de diciembre, al realizarse la siembra de las lisas en las áreas B y C. El peso promedio inicial de las lisas fue de 81.5 +/- 1.6 g con una longitud total de 20.9 +/- 0.15 cm. Los organismos se mantuvieron en cautiverio durante 78 días, decidiéndose obtener la biometría final de las lisas en el mes de febrero debido a que se presentó una disminución considerable en el número de organismos. Los organismos

Tabla I. Control biológico de la lisa en las áreas experimentales B y C.

Área	Densidad peces/ m ²	Longitud inicial (cm)	Peso inicial (g)	Longitud final (cm)	Peso final (g)
Red perimetral					
B	3	20.4 +/-0.18	80.4 +/-1.91	21.3 +/-0.23	70.3 +/-2.02
C	3	21.3 +/-0.20	81.2 +/-2.48	22.0 +/-0.27	72.1 +/-2.42
Media	3	20.9 +/-0.15	81.5 +/-1.56	21.6 +/-0.18	71.2 +/-1.56

+/- error standard

Tabla II. Porcentaje de recaptura de lisas y factor de condición.

Área Red perimetral	Días de cultivo	Recaptura %	F.C. inicial	F.C. Final
B	78	11.7	0.9457	0.7331
C	78	9.6	0.8411	0.6724
Media	78		0.8934	0.7028

colectados presentaron un peso de 71.2 +/- 1.56 g y una longitud de 21.6 +/- 0.184 cm, caracterizándose por presentar un decremento promedio de 10.3 g en el peso de los organismos y un incremento en su longitud total de 0.089 mm/día.

Se aplicó un anova de dos vías para analizar el peso y la longitud de los individuos al iniciar (diciembre) y finalizar la experiencia (febrero), así como la respuesta de estas variables en las dos áreas consideradas (B y C). Se encontró que la variable peso no presentó diferencia significativa entre los organismos mantenidos en las diferentes áreas ($P > 0.05$) durante el transcurso de la experiencia, pero que el decremento en peso observado en el muestreo final sí representó una diferencia significativa ($P < 0.05$) para ambas áreas. Con respecto a la longitud, el análisis correspondiente indicó una diferencia estadística entre las longitudes registradas en las áreas B y C ($P < 0.05$), así como en los dos tiempos correspondientes ($P < 0.05$).

El porcentaje de recaptura de las lisas al finalizar el periodo de policultivo para el área B se calculó en 11.7 % y para el área C de 9.6%.

El factor de condición de los organismos al momento de su encierro presentó una media de 0.8934. Al finalizar el periodo experimental, se observó al igual que en el peso de los organismos, un decremento en el factor de condición de los organismos mantenidos en ambas áreas, obteniéndose un valor de condición de 0.7028 (Tabla II).

En la Fig. 4 se presenta el porcentaje de materia orgánica presente en los sedimentos del área del cultivo experimental, obtenidos durante el periodo de agosto de 1999 a marzo del 2000. El porcentaje de materia orgánica contenida en los

sedimentos presenta una variación en el transcurso del tiempo, observándose en el mes de septiembre un sedimento arenoso con presencia de conchas de bivalvos con concentraciones bajas (0.466 %); para el mes de marzo el contenido de M.O. había incrementado paulatinamente encontrándose 4.03 % de M.O. Al finalizar el periodo de evaluación se encontró un sedimento areno limoso que había incrementado en su espesor, aproximadamente 7 cm, cubriendo en su totalidad el estrato compuesto por residuos de conchas. En la Fig. 5 se observa la variación en el contenido de materia orgánica presentes en el sedimento de las áreas. Los registros obtenidos durante diciembre, enero y febrero, corresponden al periodo de cautiverio en las áreas B y C.

La concentración de materia orgánica en cada área, muestra un comportamiento similar a la encontrada en toda la zona de cultivo, sin embargo el muestreo realizado en el mes de febrero presentó un incremento considerable en la sección de monocultivo (A), en comparación con las registradas en la sección: lisas (B) y en la sección de policultivo (C).

Se utilizó la prueba de Friedman obteniéndose una Ji cuadrada = 1.733, g.l.= 2 y $P < 0.4238$, implicando que no se presenta diferencia estadística entre las áreas analizadas a lo largo del periodo experimental.

Se analizó la concentración de sedimentos en las áreas A, B y C, para cada uno de los meses del periodo experimental, encontrándose que solamente en el mes de febrero se presentó diferencia estadística entre las áreas experimentales, Ji cuadrada = 6.0, g.l.=5, y $P = 0.044$.

Discusión

Se considera que la alimentación de las lisas en estanques de cultivo es predominantemente a partir de la materia orgánica presente en el detritus, del zooplancton y fitoplancton (Cardona *et al.* 1996). Por otra parte, existe la práctica de alimentación artificial en base a pellets balanceados en cultivos semi-intensivos e intensivos (Jones y Strawn, 1983; Tamaru *et al.* 1993; Essa, 1996)

El periodo de cautiverio se encontró caracterizado por una pérdida de peso en las lisas, observándose que el alimento no consumido por los pargos en las jaulas, era atrapado por las lisas y en algunos casos inmediatamente era regresado al medio. Por otra parte, en las lisas que presentaban un nado cercano a la superficie se observó que consumían algas heteromorfas incrustadas en las redes perimetrales y jaulas flotantes.

Las lisas presentaron un incremento en longitud de (0.089 mm/día) durante el periodo, valores por debajo de los reportados para el primer y segundo año de vida de *M. cephalus*, 0.356 y 0.274 mm/día, respectivamente (Bardach *et al.* 1986).

El incremento en peso de *M. cephalus* durante el primer año de vida, presenta una tasa de crecimiento de 0.403 g/día en su primer año de cultivo en estanques (Tamaru *et al.* 1993); sin embargo, ensayos para determinar la influencia de la variabilidad genética en las tasas de crecimiento reportan valores dentro de un rango de 0.52 a 1.9 g/día (Tamaru *et al.* 1996).

En el presente trabajo no se encontró diferencia significativa en el crecimiento en peso y longitud entre las lisas mantenidas en cautiverio: área B, sin alimento complementario y el área C con suministro de alimento a los pargos cultivados en jaulas flotantes.

El factor de condición (FC) en los organismos de ambas áreas (B y C), evidencia un decremento entre el valor inicial y final de FC. Es posible considerar que la reducción indicada sea una respuesta a la falta de alimentación complementaria de las lisas durante el periodo

de encierro. Sin embargo, fue evidente la influencia del estrés provocado por el cautiverio, dada la reducción de los espacios para el libre desplazamiento de las lisas, lo que provocaba constantes contactos con las redes perimetrales y jaulas flotantes, principalmente en los cambios de marea, observándose que el mayor decremento en el factor de condición de las lisas se presentó en el área C, en donde se encontraban las jaulas flotantes, lo que restringía de mayor manera el espacio que en el área B. La presencia de atrofas en aletas y tejidos epiteliales en las lisas recuperadas al final del periodo de cautiverio permiten suponer que el decremento en el estado de condición fue condicionado por este factor.

El decremento en el factor de condición representa una alteración importante en el estado fisiológico de las lisas, sin embargo no se observaron organismos muertos en el cultivo. La fuga de organismos de las áreas de encierro, así como la dificultad de capturar la totalidad de organismos presentes en las áreas perimetrales al término del periodo de encierro, impidió la evaluación de la tasa de mortalidad y se evidenció una baja tasa de recaptura de los organismos.

Los contenidos de materia orgánica presente durante el periodo de estiaje concuerdan con lo reportado por Sandoval-Orozco (2000), en los estudios realizados en dos periodos en la laguna de Chacahua (abril de 1998 y febrero de 1999), identificando a los sedimentos del área como suelos arenosos y areno-limosos con contenidos de 3 a 4 % de materia orgánica.

El análisis de interacción de las lisas con la acumulación de materia orgánica solo es aplicable de diciembre a febrero, periodo en el cual se mantuvieron a las lisas en los encierros B y C.

No se encontró diferencia estadística en M.O. en las tres áreas analizadas a lo largo del periodo de cultivo (noviembre-marzo), sin embargo, en el análisis para cada mes, se encontró que el área A (sin lisas en encierro) muestra un mayor contenido de M.O. estadísticamente significativo en comparación a las áreas B y C (con presencia de lisas), lo que posiblemente indique

la eficiencia de la lisa para disminuir el contenido de materia orgánica depositada en áreas de jaulas flotantes. Resultados semejantes reportan Sandifer y Hopkins (1996) y Porter *et al.* (1996).

Sandifer y Hopkins (1996) indican que los cultivos de mugilidos y ostras, permiten la remoción de materia orgánica depositada en los canales de descargas de granjas de camarón. El uso de *M. cephalus* en jaulas colocadas en el fondo marino, ubicadas a 20 m de profundidad por debajo de una granja flotante, evidenció que densidades de 1000 g/m² reducían la cantidad de materia orgánica hasta en un 50% en comparación a los controles ubicados en áreas adyacentes. Sin embargo, densidades de 400 g/m² no mostraron diferencia significativa en comparación con los sitios de control. (Porter *et al.* 1996). La densidad de 3 lisas/m² utilizada en el encierro en las áreas perimetrales B y C, equivalente a una biomasa aproximada de 250 g/m², es una densidad inferior a lo reportado en trabajos que evalúan el consumo de *M. cephalus* de materia orgánica presente en los sedimentos.

La magnitud y propagación del enriquecimiento orgánico generado por las descargas de un sistema de jaulas flotantes dependen de factores como: características productivas del cultivo, profundidad, batimetría, la capacidad de poblaciones bentónicas para asimilar y mineralizar los desechos orgánicos, la velocidad de la corriente y la exposición a eventos meteorológicos de gran magnitud. Estos factores influyen directamente en la sedimentación de partículas, en la cantidad de materia orgánica por unidad de superficie, así como en el acarreo y redistribución de los desechos acumulados en el fondo (Barg, 1994).

El cultivo en jaulas flotantes generalmente se encuentra localizado en áreas protegidas caracterizadas por la presencia de corrientes de poca intensidad, lo que favorece el enriquecimiento bentónico por la sedimentación de partículas de materia orgánica provenientes de los cultivos. Muestras colectadas a 250 m de distancia de una producción de salmón en jaulas flotantes, reportan que los sedimentos se encontraban compuestos principalmente de

arcillas y limos con concentraciones de materia orgánica de 9.1 % a 17.3 % (Johannessen *et al.* 1994). Actualmente el desarrollo de las granjas flotantes se encuentra dirigido a ambientes que presentan macro mareas, dado que la dinámica de corrientes reduce la acumulación de las descargas en los sedimentos (Frid y Mercer; 1999).

El sistema de cultivo experimental se localizó en un área de gran dinámica de corrientes de marea, por lo que es probable que el uso de redes perimetrales y jaulas flotantes funcionaran a su vez como trampas de partículas acarreadas por las corrientes de marea, incrementando las concentraciones de materia orgánica en el área de cultivo experimental; sin embargo, este factor no fue analizado en el presente estudio.

Conclusiones

El pastoreo de la lisa en áreas adyacentes a las jaulas flotantes no representó un incremento en la biomasa producida en el sistema de policultivo. Las lisas en encierro a una densidad de 3 org/m², presentaron un decremento en su estado de condición debido principalmente al estrés provocado por el cautiverio y al continuo contacto con redes perimetrales.

No se observó diferencia en talla, peso y factor de condición entre las lisas mantenidas en las áreas (B y C), considerándose que las descargas de materia orgánica provenientes de las jaulas flotantes no influyó de forma determinante en su condición biológica.

En el periodo de cultivo se observó un incremento en el contenido de materia orgánica en el sedimento del área; este incremento fue debido a material particular acarreado por los ciclos de marea y depositados en el área de cultivo, provocado principalmente por el decremento de las corrientes al hacer contacto con las perimetrales y jaulas flotantes. Las descargas provenientes del cultivo en jaulas flotantes influyeron en menor medida en la acumulación de M.O. en los sedimentos.

Se encontró que los sedimentos en las áreas de encierro de *M. cephalus* presentaron un menor contenido de materia orgánica al finalizar el periodo experimental, a diferencia del área A sin lisas. Lo anterior evidencia que la lisa influye en la disminución de los contenidos de materia orgánica en áreas adyacentes a cultivos intensivos en jaulas flotantes.

Es importante continuar con los estudios que permitan evaluar el policultivo en lagunas costeras, dirigidos a potenciar las especies presentes en el sistema como es el caso de *M. cephalus*. El desarrollo de estos policultivos se encuentra implícito en la búsqueda de procesos tecnológicos sustentables al entorno ambiental.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte de los resultados del proyecto 97SIBEJ-05-003, realizado con el financiamiento del Sistema de Investigación Benito Juárez (SIBEJ)/Delegación Regional Sur del CONACyT, la Universidad del Mar y la Subdelegación de Pesca del Edo. de Oaxaca (SAGARPA). Agradezco la apreciable colaboración en el trabajo de campo, a los colegas: Leonardo Pérez Cuellar, Erika Cabrera Neri, Delfino Audelo Ramos, Heladio Espíndola y Alfonso Lavariaga.

Bibliografía

Bardach, J. E., J. H. Ryther, y W. O. Mclarney, 1986. Acuicultura, crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AGT Editor, México. 718 pp.

Barg, U. C., 1994. Orientaciones para la promoción de la ordenación medioambiental del desarrollo de la acuicultura costera. FAO, Documento técnico de Pesca 328, Roma, Italia. 138 pp.

Cardona, L., X. Torras, E. Gisbert y F. Castello, 1996. The effect of striped mullet (*Mugil cephalus* L.) on freshwater ecosystems. *Israeli Journal of Aquaculture/Bamidgeh* 48(4): 179-185.

Essa, M. A., 1996. The effect of fish density and feeding frequency on both (*Oreochromis niloticus*) and (*Mugil cephalus*) fish reared as mixed culture in floating cages. *Bulletin of the National Institute of Oceanography and*

Fisheries Egypt. Vol 22: 181-197.

Flores, N. A., 1990. Breves consideraciones sobre el impacto ambiental de la piscicultura en jaulas flotantes. *Universidad y Ciencia*, 7(14): 31-37.

Frid, C. L. J. y T. S. Mercer, 1999. Environmental monitoring of caged fish farming in macrotidal environmental. *Mar. Pollut. Bull.* 20(8):379-383.

Jackson, M. L., 1970. Análisis químico del suelo. Ed. Omega, 2º edición. España. 662 pp.

Johannessen, P. J., H. B. Botnen y O.F. Tvedten, 1994. Macrobenthos]: Before, during and after a fish farm. *Aquaculture Fish Management*. 25(1):55-66.

Jones, F.V. y K. Strawn, 1983. Growth and food utilization of caged Atlantic croaker and striped mullet reared on various lipid diets in a heated water system. *Journal World Mariculture Society*. 14: 590-594.

Marichamy, R. y S. Rajapackiam, 1986. The culture of milkfish, mullet and prawn in a experimental marine fish at Tuticorin. *Proceeding of the Symposium on Coastal Aquaculture Marine Biological Assoc.* |India. (6): 256-265.

Matena, J. y R. Berka, 1987. Fresh-water fish-pond management in the world. In : Michael, R.G. (ed). *Managed aquatic ecosystems (Ecosystems of the world, 29)*. Elsevier. Amsterdam. 3-27.

Mok, T. K., 1982. The environmental impact of cage culture operations. UNDP/FAO South China Sea Fisheries Development and Coordinating Orogramme, SCS/GEN/82/34, 129-131 p.

Porter, C. B., P. Krost, y H. Gordin, 1996. Preliminary assessment of grey mullet (*Mugil cephalus*) as a forager of organically enriched sediments below marine fish farms. *Israeli Journal of Aquaculture/Bamidgeh*, 48 (1): 47-55.

Pullin, R. S. V., 1987. Third World aquaculture and the environment. *NAGA ICLARM Quartely*, 12 (1): 10-13

Ruying, S. y W. Qinyin, 1992. Laminaria culture in China. *INFOFISH int.*, 1/92: 40-43

Sandifer P. A. y J. S. Hopkins, 1986. Sustainable design of a suitable pond-based shrimp culture system. *Aquacultural Engineering* 15 (1):41-52

Sandoval-Orozco, G., 2000. Caracterización sedimentológica de las lagunas Región costa chica de Oaxaca. In: M. A. Ahumada-Sempoal (Coord.). *Caracterización ambiental de los recursos naturales de los sistemas lagunares de Chacahua-Pastoría y Corralero-Alotengo*. Informe Técnico final. Proyecto SIBEJ-CONACYT-REGIONAL OAX-RNMA-005-96.

Tamaru, C. S., W. J. FitzGerald. y V. S. Sato, 1993. Hatchery manual for the artificial propagation of striped mullet (*Mugil cephalus* L.). Guam Aquaculture Development and Training Center, Technical report 15: 167 p.

Tamaru, C. S., C. Carlstrom-Trick y W. J. FitzGerald, 1996. Differences in growth strains of *Mugil cephalus*. Proceeding of the Pacon conference on sustainable aquaculture 95: 357-364

Torres-Hernández, P., 2001. Comparación de las descargas de nutrientes y materia orgánica, generadas en el monocultivo intensivo de pargo amarillo en jaulas flotantes y un policultivo de pargo amarillo (*Lutjanus argentiventris*) y lisa (*Mugil cephalus*) en el Sistema Lagunar Chacahua-Pastoría. Informe Técnico final. Proyecto SIBEJ-CONACYT-REGIONAL OAX-97SIBEJ-05-003.

Recibido: 5 de marzo de 2003

Aceptado: 13 de agosto de 2003