

CULTIVO INTENSIVO DE TILAPIA ROJA EN ENCIERRO CON ALIMENTACIÓN BASADA EN ORGANISMOS DEL MEDIO NATURAL. ALTERNATIVA DE PRODUCCIÓN PESQUERA EN UNA LAGUNA COSTERA TROPICAL SOBREEXPLOTADA

INTENSIVE CULTURE OF RED TILAPIA BASED ON THE NATURAL PRODUCTION. AN ALTERNATIVE OF FISHING PRODUCTION IN A TROPICAL COASTAL LAGOON

Eberhard Wedler y Yorcelis Cruz

RESUMEN

De acuerdo con los alentadores niveles de producción obtenidos con el cultivo de Tilapia roja en jaulas en la Ciénaga Grande de Santa Marta, se planteó como objetivo de este trabajo el estudio de esta especie bajo condiciones de encierro en corrales. Se evaluó en dos diferentes experimentos, el primero a una densidad de siembra de 10 peces/m² y el segundo a 20 peces/m², el aprovechamiento de la oferta natural: I) el uso de sustrato artificial para aprovechamiento del perifiton y II) el uso iluminación nocturna para aprovechamiento del plancton. En cultivos experimentales de Tilapia roja se ha registrado hasta el momento una carga máxima en jaulas de 75 kg/m³, con densidades de siembra de hasta 200 peces/m³; al intentar aumentar la densidad de siembra se registraron aumentos de la mortalidad. Así mismo la máxima carga obtenida en corrales hasta ahora con una densidad de siembra de 20 peces/m³ ha sido de 1,67 kg/m³ con alimentación exclusiva de la oferta disponible en el sistema. Los pesos medios finales fueron 416,26 ± 0,96 g y 405,38 ± 4,22 g en el primer experimento y de 447,47 ± 4,065 g y 399,43 ± 0,376 g en el segundo experimento durante 9 y 6 meses de cultivo, respectivamente. En general la clave del éxito de este tipo de producción está basada en el uso de lámparas de económico y fácil diseño, que permiten la alimentación continua de los peces y el aprovechamiento de la abundante producción de plancton disponible durante el día y la noche.

PALABRAS CLAVE: Tilapia roja, eutroficación, laguna costera, plancton, jaulas, corrales.

ABSTRACT

Following up the encouraging levels of production of Red Tilapia in cages, has been proposed the study of this fish in fenced enclosures. The effect of feeding based solely on the natural availability on the growth was evaluated through two experiments with seed densities of 10 fish/m³ and 20 fish/m³, respectively, and with a method to both exploit the enormous amount of available natural food: I) use of artificial substrate

Dirección de los Autores:

Universidad del Magdalena. Grupo de Biodiversidad y Ecología aplicada - Carrera 32 No. 22-08 - Santa Marta D.T.C.H. Colombia. Dirección actual: Granja Piscícola La Katia (Calabazo, Magdalena) Tel. + + 57 (5)4218727 Email: ebwedler@yahoo.com (E.W.). Universidad de Humboldt. Instituto para la producción Animal en Trópicos y Subtrópicos - Philippstr. 13, Haus 9, 10115 Berlin, Alemania. Tel. + + 49 (0)30 20936385 - Fax. + + 49 (0)30 20936370 Email: yorcelisc@gmail.com (Y.C.)



for perifiton and II) use of underwater lights at night. Up to now the maximum obtained capacity in cages has been of 75 kg/m³, with seed densities of up to 200 fish/m³. However, when the seed density was increased, in the little available space, contact among animals was frequent, causing maltreatment and ulcerations which ended in diseases and in an increase in mortality. Mean final weight were 416,26 ± 0,96 g and 405,38 ± 4,22 g in the first experiment and 447,47 ± 4,065 g and 399,43 ± 0,376 g in the second experiment during 9 and 6 months of culture, respectively. Although has not established the maximum carrying capacity, so far has been obtained a production of 1,67 kg/m³ with seed densities of 20 fish/m³ without employing supplementary food. In general the key to the success of this type of production method was the use at night of underwater lights of cheap design, which allow for continuous feeding by fish, and takes advantage of the nighttime abundance of zooplankton.

KEY WORDS: Red Tilapia, eutrophication, lagoon coast, plankton, cage, fenced enclosures.

INTRODUCCIÓN

Desde el año 1991 se experimenta con la producción intensiva de peces con el fin de obtener una alternativa viable de producción pesquera en regiones socio-económicamente deterioradas, como es el caso de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), la laguna costera más grande en el Mar Caribe y una de las más productivas del mundo.

Hasta el momento los problemas ambientales y los costos en la implementación de alternativas productivas se han presentado como un obstáculo difícil de superar. En este sentido, las intenciones de desarrollar el cultivo de la ostra (*Crassostrea rhizophorae*) se vieron obstaculizadas por la desaparición de la misma en el sistema lagunar, la escasez de las semillas necesarias y la extrema baja en la salinidad durante la época mayor de lluvias (Wedler, 1978) y aunque actualmente se ha logrado ya la reproducción artificial de la especie, la época de agua dulce todavía constituye un grave problema para su implementación definitiva (Vélez, 2000). De otro lado el cultivo de camarón sería una alternativa, pero está fuera del alcance de un acuicultor artesanal, como el pescador de la zona. En cuanto a las especies nativas de importancia para la pesca no se presenta hasta el momento ninguna alternativa para una piscicultura que prometa ser una base de subsistencia para una familia. Solamente hay cultivos esporádicos del sábalo (*Tarpon atlanticus*) por su fácil mantenimiento, sin embargo, los alevinos y la alimentación se consiguen solamente en una forma limitada que no permite la masificación de los cultivos.

Pero la idea del cultivo de la tilapia bajo condiciones naturales ha sido estudiada por diferentes autores, en los trabajos realizados por Watanabe et al. (1996) sobre el cultivo de Tilapia roja en ambientes marinos, se concluye que el crecimiento de esta especie en aguas salobres o marinas es significativo, con un coeficiente

de conversión bueno, resaltando en ésta una actividad rentable económicamente y que merece ser objeto de curiosidad. En este mismo sentido, la Ciénaga Grande de Santa Marta de acuerdo a sus características naturales se presenta como un ambiente idóneo para el aprovechamiento de la oferta de alimento disponible con fines acuícolas, especialmente en el sector de Palmira, donde según Mejía & Romero (2002), los valores de biomasa zooplanctónica muestran una disponibilidad promedio entre 242 y 2.210 mg/m³ para la época seca y el periodo de lluvias, respectivamente.

Así mismo, varios experimentos realizados por Wedler (1991, 1994) y más recientemente por De la Rosa y Rivero (2001) muestran que el cultivo de la Tilapia roja en este sistema lagunar bajo diferentes condiciones de experimentación presenta resultados notables. Wedler (1994), evaluó el cultivo de la Tilapia roja en jaulas fijas con densidades de siembra entre 80 y 200 peces/m³, suministró alimento concentrado comercial Mojarra 24 y adicionalmente utilizó lámparas subacuáticas consiguiendo un incremento en peso promedio de 2,3 g/día de los animales del cultivo. De la Rosa y Rivero en su trabajo, también en jaulas fijas y con densidades de siembra entre 110 y 140 peces/m³, registraron incrementos en peso desde 0,30 hasta 3,50 g/día, coincidiendo los mejores valores con los tratamientos en los cuales habían suministrado alimento.

En el trabajo realizado por Wedler (1994) se obtuvo un crecimiento en peso promedio desde los 26 g hasta los 503 g en el engorde de Tilapia roja en jaulas en la CGSM durante un periodo de 7 meses, con la menor densidad de siembra de 80 peces/m³. Por su parte, De la Rosa y Rivero (2001), realizaron el engorde de la Tilapia roja, consiguiendo en 4 meses un crecimiento en peso desde los 60 g hasta los 250 g sin alimento y sin lámparas.

Los alentadores resultados obtenidos durante el estudio de esta especie en jaulas y en ambientes tropicales de



alta productividad motivaron el desarrollo de la presente investigación en donde se evaluó el cultivo de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en corrales durante la etapa de engorde y en condiciones ecológicas sostenibles, para este fin se consideraron diferentes densidades de siembra y se orientaron las condiciones del ensayo hacia el aprovechamiento de la productividad natural a través del uso de lámparas para iluminación en horas de la noche y sustratos artificiales para la fijación del perifiton disponible. Hasta el momento no se había experimentado el cultivo en corrales de la especie tilapia roja en este sistema lagunar, sin embargo, los resultados obtenidos con el cultivo en jaulas hacen pensar que su desarrollo en corrales representa una alternativa sostenible para la implementación de cultivos artesanales con niveles de producción comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

Alevinos de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) con una talla promedio de 1,5 cm y un peso promedio $1,0 \pm 0,06$ g fueron obtenidos de la granja piscícola La Katia en el corregimiento de Calabazo, Magdalena. Los peces se transportaron a la estación experimental de la Universidad del Magdalena en la CGSM, en donde se efectuó la aclimatación de los animales a las condiciones de salinidad y temperatura de la laguna y se realizó la etapa de levante en jaulas y precría en corrales, las cuales no se incluyen en este trabajo, posteriormente se llevaron los animales a los corrales de engorde para experimentación.

Esta estación cuenta con un área total de 2.500 m², posee 6 corrales de 400 m² aproximadamente, de los cuales 3 están destinados para la experimentación con peces y fueron adecuados en unidades más pequeñas para llevar a cabo los procesos de precría y engorde de acuerdo con el material disponible, las unidades de cultivo están orientadas de manera perpendicular a las corrientes de la ciénaga para permitir que el flujo de agua a través de ellas sea efectivo. Además, el lugar está provisto con pasarelas que permiten el acceso a los corrales, jaulas y caseta de vigilancia en la cual se almacenan materiales e implementos de trabajo.

La CGSM es una laguna costera tropical con características estuarinas (Wiedemann, 1973; Wedler, 1978; Cosel, 1986), por su tamaño (450 km²), 25 km en su mayor extensión norte-sur y unos 20 km en su máxima anchura

este-oeste, es la más grande de Colombia y por su gran producción biológica, una de las más importantes en la cuenca del caribe (IGAC, 1993; Pro-Ciénaga, 1994; Gónima, 1998) (Ver figura 1).



Figura 1. Eco-región Ciénaga Grande de Santa Marta

Fuente: GTZ – CORPAMAG Plan de Manejo Reserva de Biosfera CGSM

La CGSM fue escogida para la realización del trabajo porque 1) la extrema eutrofización de la laguna ocasionada por diferentes efectos antropogénicos se traduce en una enorme cantidad de plancton disponible en el medio la cual se puede aprovechar, 2) el uso de especies filtradoras de plancton como Tilapia podría en teoría ejercer una influencia positiva sobre el sistema; y 3) de sus aguas derivan la subsistencia comunidades de pescadores como: Isla del Rosario, Tasajera, Nueva Venecia, Buenavista, Palmira y Bocas de Aracataca. En consecuencia todas estas comunidades se desarrollan en sitios que permiten su desplazamiento hacia áreas aprovechables ictiológicamente (IGAC, 1974).

DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento fue llevado a cabo usando 6 corrales de 126 m² (aproximadamente 7,0 x 18,0 m) con un ojo de malla de 15-20 mm y se ejecutó en dos fases. Durante la primera fase los peces se distribuyeron aleatoriamente en corrales triplicados en dos tratamientos: 1) con

empleo de sustrato artificial para perifiton y 2) sin empleo de sustrato artificial para perifiton o control, se sembraron con una talla promedio de 14,4 cm y un peso promedio 58,8 g, en una densidad de siembra de 10 peces/m³. Durante la segunda fase los peces se distribuyeron también de manera aleatoria en corrales triplicados en otros dos diferentes tratamientos: 1) con empleo de iluminación nocturna para aprovechamiento del plancton y 2) sin empleo de iluminación nocturna o control, se sembraron a una talla promedio de 15,1 cm y un peso promedio 78,8 g y la densidad de siembra fue aumentada a 20 peces/m³ tratando de explorar la capacidad de carga del sistema.

DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Iluminación del Zooplancton

Para la iluminación del zooplancton en las horas de la noche, de forma que fuese visible para los peces, se usaron lámparas en la superficie del agua. Las lámparas elaboradas artesanalmente fueron basadas en un diseño preliminar que consistió en el uso de un frasco con tapa plástica, casquilla plástica, bombillo, cable y mortero. Al frasco de vidrio se le elaboró un anillo delgado de cemento y arena que hizo las veces de flotador, la tapa fue sellada realizando las veces de un empaque y de esta manera la bombilla pudo ser cambiada en caso de quemarse, el peso del mortero se colocó en toda la base del frasco garantizando la estabilidad (Ver Figura 2).

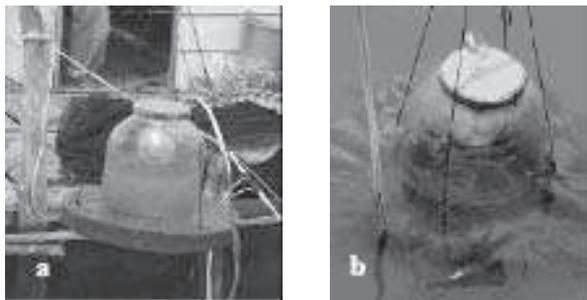


Figura 2. Lámparas elaboradas artesanalmente para la iluminación del zooplancton en las horas de la noche. a) diseño de la lámpara b) lámpara sumergida en el agua.

Sustrato artificial para fijación de Perifiton

Para efectos de la disponibilidad de perifiton se dispuso de tiras de neumático de 2 cm de ancho y 80 cm de largo como sustrato artificial. Las bandas de neumáticos se agruparon en moños de 5 tiras y se distribuyeron a lo largo de los corrales a los que les fue asignado el tratamiento (ver Figura 3).



Figura 3. Tiras de neumático utilizadas como sustrato artificial para perifiton.

DETERMINACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN

Como parámetros de análisis y evaluación de los tratamientos se midieron el peso (g) y la longitud estándar (cm) de los peces del cultivo. Se tomaron 33 peces por cada corral, es decir, un total de 99 peces por tratamiento y se midió su longitud con un ictiómetro de 50 cm y su peso con la ayuda de una balanza gramera y una báscula de reloj de 20 kg de capacidad. Las biometrías se realizaron con una periodicidad mensual para evitar el maltrato de los animales por manipulación y se prolongaron hasta la obtención de tallas comerciales (aproximadamente 400 g de peso promedio), lo que significó un periodo de tiempo de 270 días para el primera fase de experimentación, entre el 22 de noviembre de 2001 y el 21 de agosto de 2002 y de 180 días para la segunda fase, entre el 02 de septiembre de 2002 y el 01 de marzo de 2003.

Se registraron las pérdidas por mortalidad diariamente, en primer lugar, porque la zona presenta épocas de cambios bruscos en la salinidad generando en los animales el llamado «estrés ambiental» con el consecuente aumento de la mortalidad en determinadas épocas del año, y en segundo lugar, por los hurtos que se presentan comúnmente antes de las cosechas en esta zona de alta vulnerabilidad de la población, de esta manera se posibilitó el cálculo aproximado de la sobrevivencia real en el cultivo. Al final del experimento la sobrevivencia (%), producción por área (kg/m²), la producción por año (kg/ha/año), la ganancia de peso (g) y el incremento de peso diario (g/día), fueron calculados.

MONITOREO DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y AMBIENTALES

La salinidad y la conductividad se registraron con un conductímetro WTW LF 191, la temperatura se

registró con un termómetro de mercurio sumergible, la visibilidad fue tomada con un disco secchi y el nivel del agua se obtuvo con una reglilla metreada. La toma de los datos se realizó dos veces por día durante los cambios de la marea (alta y baja), lo que condujo a la toma de datos cualitativos como la dirección de la corriente de agua.

Mensualmente se hicieron seguimientos por 24 horas para el oxígeno disuelto, que se determinó con el método electroquímico (membrana semipermeable) con una sonda WTW OXI 320/set, el pH, que fue medido con un pH-meter WTW 320, y la velocidad de la corriente, adicionalmente se observó el comportamiento de la salinidad, conductividad y temperatura durante el ciclo diario.

Dentro del componente ambiental los datos relacionados con la biomasa zooplanctónica disponible fueron suministrados por Romero y Mejía quienes desarrollaron esta investigación simultáneamente al desarrollo del cultivo y en la misma zona de estudio.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las diferencias entre los tratamientos se determinaron al 95% por medio del análisis de varianza a una vía (ANOVA). Se consideró que las diferencias entre los datos finales eran significativas cuando la probabilidad

presentó valores menores a 0,05. Todos los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el paquete Statgraphics Plus para Window 5,1 (2000).

RESULTADOS

VALORACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Temperatura

La radiación solar en la zona es la más alta y constante del país lo que permite que las oscilaciones de las temperaturas no sean muy pronunciadas, de 26,19 a 34,77 °C (Figura 4), sin embargo, los períodos climáticos marcaron un comportamiento característico de la temperatura para cada época. Los máximos variaciones promedios de la temperatura se registraron para los meses de septiembre, octubre y noviembre, período de lluvias, con diferencias promedios de 6°C, mientras que los menores variaciones de la temperatura sucedieron en los meses de enero, febrero y marzo, período seco caracterizado por vientos fuertes, con diferencias promedio de 3°C. Durante el ciclo diario las mayores temperaturas se observaron en horas de la tarde cuando la dirección de la corriente va de norte a sur por efecto de la marea, sin embargo, durante la época seca los registros de la temperatura en horas de la tarde son menores a los reportados en horas de la

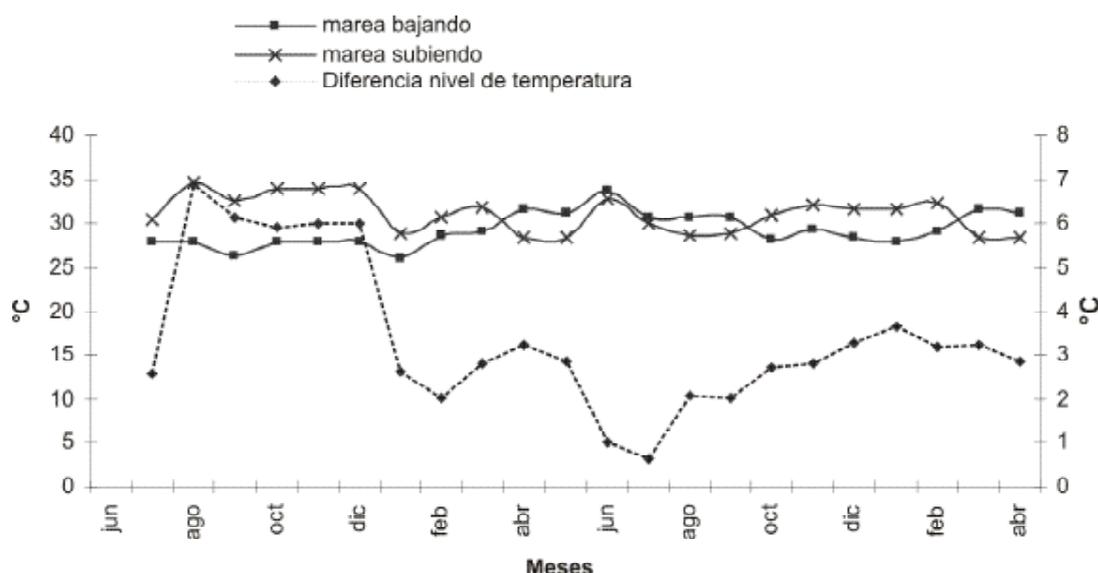


Figura 4. Temperatura (°C) de acuerdo al cambio de la marea durante el período de estudio correspondiente a junio 2001 hasta mayo de 2003. CGSM, Colombia.



mañana por el efecto de los vientos que como es sabido son predominantes en esta época permitiendo una mayor recirculación del agua lo que se traduce en una homogenización de la temperatura.

Salinidad

La salinidad, tal vez el factor más importante en el desarrollo del cultivo, presentó los máximos valores durante los meses de abril y mayo (37,4 ups), mientras que los menores valores de la salinidad se presentaron durante el período de noviembre, diciembre y enero (12,6 ups), época en que incrementaron las precipitaciones en la zona. La salinidad (ver Figura 5), muestra un patrón de comportamiento regido por las dos épocas climáticas disminuyendo hacia la época de máximas precipitaciones e incrementándose en el período seco.

Visibilidad

La visibilidad en la zona es limitada ya que la turbidez del agua es muy alta durante todo el año, los valores registrados fueron de 25,07 cm y 35,83 cm para casi todo el período de estudio, sin embargo, en la época seca la visibilidad presentó niveles muy elevados con registros de 57,9 cm hasta 92,0 cm en los meses de marzo y abril, respectivamente (Figura 6).

Nivel del agua

La zona de estudio está regida por un patrón de marea que aun siendo de una amplitud reducida ejerce una gran influencia en el comportamiento de los parámetros

mencionados, éste contacto con el mar y, además, los vientos estacionales ocasionan las variaciones en el nivel del agua durante el día, observándose incrementos para el período seco de 0,5 m en el nivel del agua en las horas de la tarde cuando los vientos soplan de norte a sur y de hasta 0,7 m para el período correspondiente a las lluvias.

Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto osciló entre 3,2 y 9,7 mg/l, registrándose los valores promedios más altos para los meses de agosto (8,2 mg/l), noviembre (8,3 mg/l) y enero (9,7 mg/l). Así mismo, los menores valores se registraron para los meses de marzo (3,2 mg/l), junio (4,8 mg/l) y julio (3,4 mg/l).

Durante el ciclo diario el comportamiento del oxígeno presentó incrementos hacia la hora meridiana lo que se puede explicar por las variaciones de los procesos fotosintéticos, esta concentración disminuyó hacia las horas de la tarde para luego mantenerse en un promedio de 4,87 y 4,90 mg/l de oxígeno durante las horas de la madrugada. En general, se presentaron sólo algunas disminuciones en la concentración de oxígeno durante las horas de la madrugada para los días en que se registraron sobresaturaciones en las horas meridianas.

Dirección y Velocidad de la corriente

La dirección y velocidad de la corriente de agua son un componente importante para el desarrollo de la

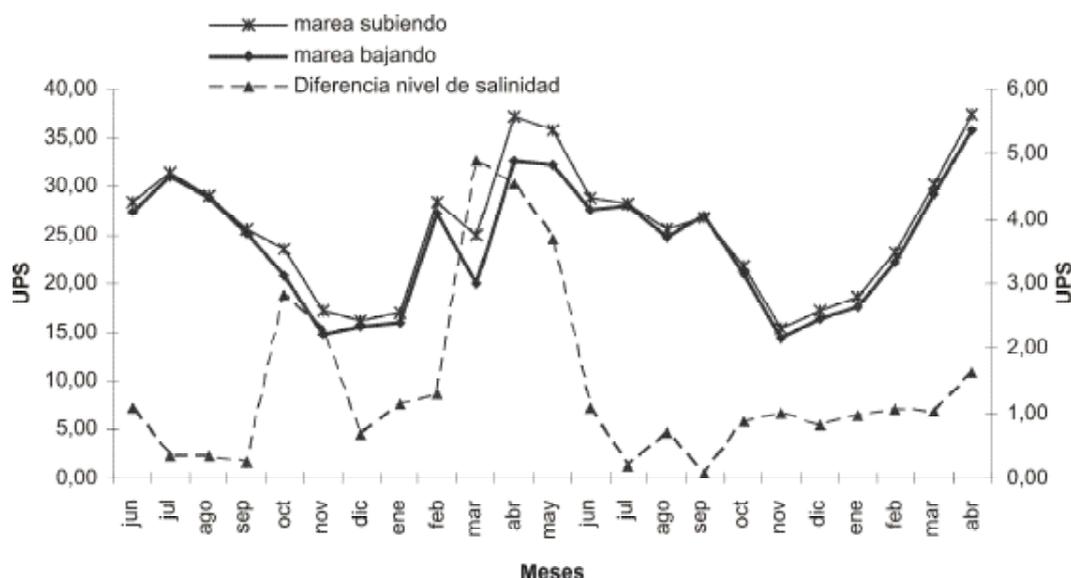


Figura 5. Salinidad (ups) de acuerdo al cambio de marea durante el período de estudio correspondiente a junio 2001 hasta abril de 2003. CGSM, Colombia

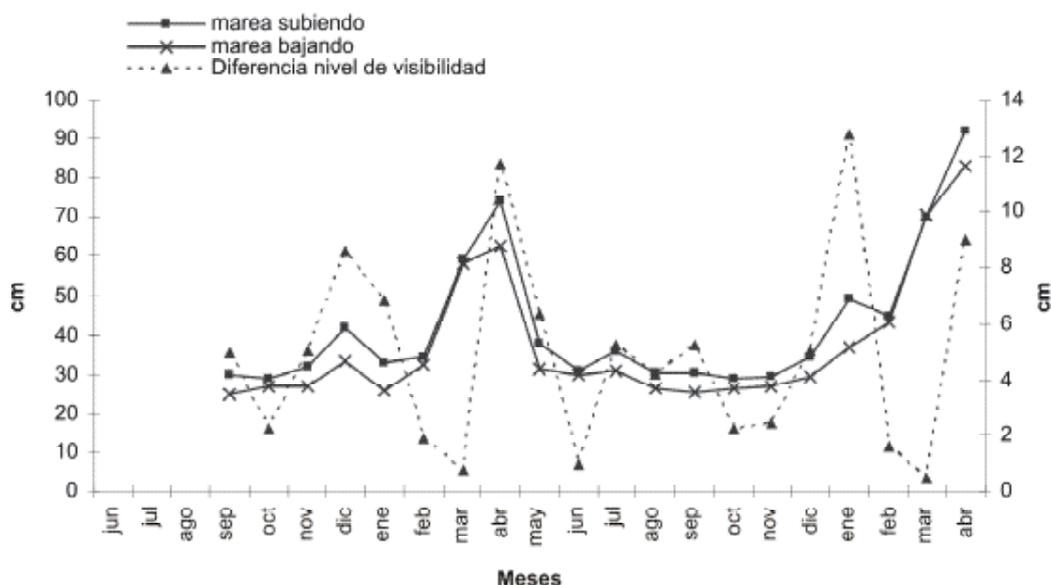


Figura 6. Visibilidad (cm) de acuerdo al cambio de la marea durante el período de estudio correspondiente a Junio 2001 hasta Abril de 2003. CGSM, Colombia.

actividad acuícola en un ecosistema como la CGSM. En general, la dirección de la corriente durante las horas de la tarde es del mar hacia la ciénaga debido a que el fenómeno de marea es favorecido por los vientos que soplan de norte a sur; caso contrario se presenta en las horas de la madrugada cuando la corriente de agua dulce se ve favorecida por los vientos que soplan de sur a norte. Es así como la ubicación de jaulas y corrales debe hacerse perpendicular a la dirección de la corriente de manera que el flujo de agua a través de los mismos sea efectivo y se asegure la disponibilidad de alimento y oxígeno. La velocidad de la corriente está influenciada por las corrientes de agua propias de la ciénaga y por el efecto de los vientos en las diferentes épocas climáticas, en el sitio de cultivo experimentado se estimó en 5,8 cm/seg.

Biomasa zooplanctónica disponible

Los valores de biomasa zooplanctónica obtenidos durante los meses de muestreo en el sector de Palmira en la CGSM registraron, según Mejía & Romero (2002), máximos valores en los meses de octubre y noviembre, de manera que la disponibilidad promedio de la biomasa varió desde 242 hasta 2210 mg/m³. Con una tasa de recambio de agua estimada en 1,4 m³/seg, se calculó que para un período de 8 meses de cultivo existe una disponibilidad de zooplancton aproximada entre 11,1 Tn/corral para la época seca y 49,5 Tn/corral para la época de lluvias.

VALORACIÓN DEL CRECIMIENTO Y LA PRODUCCIÓN

Efecto del sustrato artificial en el cultivo para aprovechamiento del perifiton

El uso de sustrato artificial para perifiton durante el periodo de cultivo no tuvo una influencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$) en el crecimiento de los peces. Los pesos medios finales fueron $416,26 \pm 0,96$ g y $405,38 \pm 4,22$ g en los tratamientos con sustrato y sin sustrato adicional, respectivamente (Figura 7). El uso de sustratos artificiales tampoco afectó el incremento en peso, el mayor valor se presentó durante el mes 7 (junio) y fue de 2,4 g/día y el más bajo durante el mes 2 (enero) (0,2 g/día). La longitud media final de los peces del cultivo registró valores de $28,02 \pm 0,062$ cm y $27,06 \pm 0,304$ cm para los tratamientos con sustrato para fijación del perifiton y sin sustrato, respectivamente.

La sobrevivencia media estuvo por encima del 60% y no fue afectada por los tratamientos (Tabla 1), el peso medio ganado fue aproximadamente de 350 g sin diferencias entre los tratamientos (Tabla 1). La producción fue fuertemente afectada por las pérdidas por hurto en los días antes de la cosecha. Como no se presentaron diferencias estadísticas significativas en la mortalidad entre los diferentes tratamientos, se determinó un porcentaje promedio general de las pérdidas por hurto (35,7%) con base en el número de animales cosechados para no afectar los resultados entre

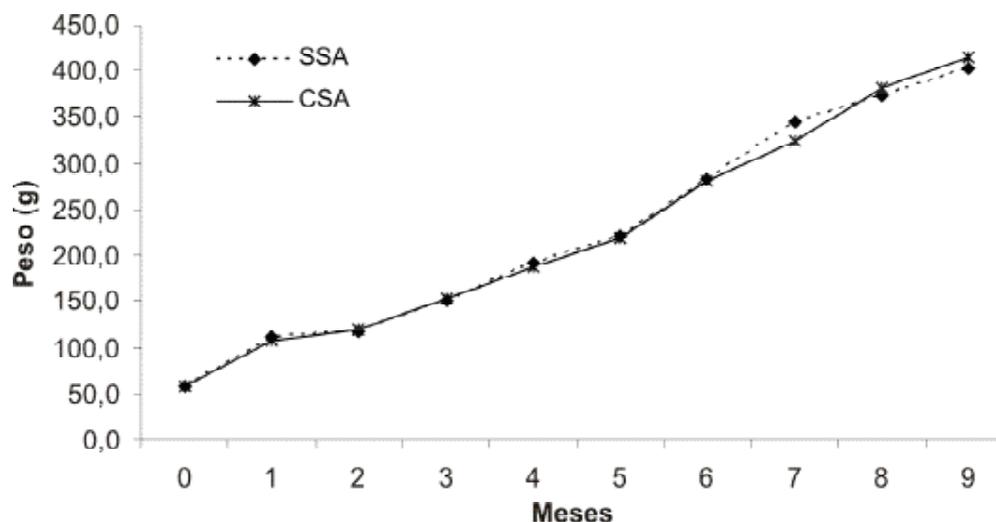


Figura 7. Tilapia roja, *Oreochromis spp.* Peso promedio (g) durante 9 meses de cultivo en corrales, bajo los tratamientos de uso de sustrato artificial para aprovechamiento del perifiton (CSA) y sin sustrato artificial (SSA). CGSM, Colombia.

tratamientos. De esta manera para un cultivo considerando las condiciones de la zona se estima una producción anual media de 14,095 Tn/ha/año. En este mismo sentido la producción por área más alta fue de 1,25 kg/m² y la más baja de 0,93 Kg/m² (Tabla 1).

Efecto de la iluminación nocturna en el cultivo para aprovechamiento del plancton

El uso de lámparas en el cultivo tuvo una influencia estadísticamente significativa en el crecimiento de los peces ($p < 0,05$). Los pesos medios finales fueron $447,47 \pm 4,065$ g y $399,43 \pm 0,376$ g en los corrales

en los que se empleó iluminación nocturna para aprovechamiento del plancton y sin iluminación nocturna, respectivamente (Figura 8). La iluminación durante horas de la noche también afectó el incremento en peso, el más alto peso ganado se presentó durante el mes 3 (diciembre) y fue de 3,41 g/día y el más bajo durante el mes 5 (enero) (0,38 g/día). La longitud media final de los peces del cultivo registró valores de $28,6 \pm 0,289$ cm y $26,4 \pm 0,058$ cm para los tratamientos en los que se empleó iluminación nocturna para aprovechamiento del plancton y sin iluminación nocturna, respectivamente.

Tabla 1. Tilapia roja, *Oreochromis spp.* Parámetros de producción durante 9 meses de cultivo en corrales, bajo los tratamientos de uso de sustrato artificial para aprovechamiento del perifiton (CSA) y sin sustrato artificial (SSA).

Parámetros	Experimento 1	
	CON	SIN
Ganancia Peso (g)	$357,46 \pm 0,96^a$	$346,58 \pm 4,22^a$
Incremento en peso (g/día)	$1,32 \pm 0,04^a$	$1,28 \pm 0,043^a$
Sobrevivencia ¹ (%)	$66,4 \pm 2,37^a$	$65,07 \pm 1,82^a$
Sobrevivencia ² (%)	$30,7 \pm 2,37^a$	$29,37 \pm 1,82^a$
Producción por área ² (Kg/m ²)	$1,1 \pm 0,087^a$	$1,02 \pm 0,049^a$
Producción anual ² (Tn/ha/año)	$14,64 \pm 1,16^a$	$13,55 \pm 0,68^a$

Valores medios ($\pm DS$) de 3 corrales para cada tratamiento. Las medias seguidas por diferentes letras presentan diferencias estadísticas ($p < 0,05$).

1 Estimada con base en la mortalidad registrada durante el cultivo.

2 Estimada con base en el número de animales cosechados.

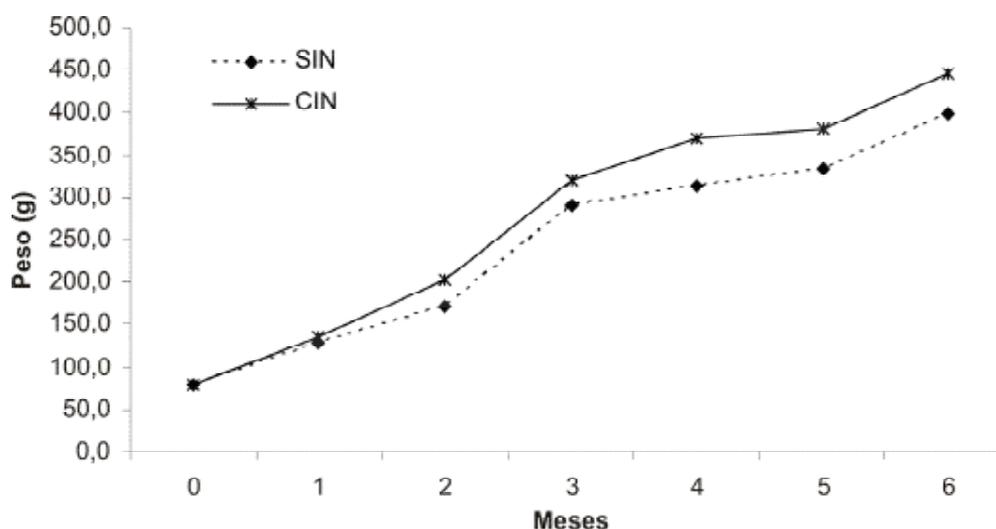


Figura 8. Tilapia roja, *Oreochromis spp.* Peso promedio (g) durante 6 meses de cultivo en corrales, bajo los tratamientos de uso de luz nocturna para aprovechamiento del plancton (CIN) y sin iluminación nocturna (SIN). CGSM, Colombia.

Tabla 2. Tilapia roja, *Oreochromis spp.* Parámetros de producción durante 6 meses de cultivo en corrales, bajo los tratamientos de uso de luz nocturna para aprovechamiento del plancton (CIN) y sin iluminación nocturna (SIN).

Parámetros	Experimento 2	
	CON	SIN
Ganancia Peso (g)	368,69 ± 4,080 ^a	320,63 ± 0,358 ^b
Incremento en peso (g/día)	2,04 ± 0,078 ^c	1,79 ± 0,074 ^d
Sobrevivencia ¹ (%)	72,1 ± 1,328 ^a	69,97 ± 0,081 ^b
Sobrevivencia ² (%)	42,2 ± 1,328 ^c	40,07 ± 0,85 ^d
Producción por área ² (Kg/m ²)	1,55 ± 0,06 ^a	1,283 ± 0,029 ^b
Producción anual ² (Tn/ha/año)	20,76 ± 0,81 ^c	17,13 ± 0,369 ^d

Valores medios (±DS) de 3 corrales para cada tratamiento. Las medias seguidas por diferentes letras presentan diferencias estadísticas ($p < 0,05$).

¹ Estimada con base en la mortalidad registrada durante el cultivo.

² Estimada con base en el número de animales cosechados.

La sobrevivencia media estuvo por encima del 65% y no fue afectada por los tratamientos (Tabla 2), el peso medio ganado fue mayor a 300 g pero se presentaron diferencias entre los tratamientos (Tabla 2). La producción fue fuertemente afectada por el hurto antes de la cosecha con pérdidas mucho mayores que las presentadas durante el primer experimento. Se consideró que el promedio general de las pérdidas por hurto fue de 42,3%, el cálculo fue hecho con base en el número de animales cosechados para no afectar los resultados entre tratamientos. De esta manera para un cultivo considerando las condiciones de la zona se

estima una producción anual media de 18,94 Tn/ha/año. La producción por área más alta fue de 1,67 Kg/m² y la más baja de 1,23 Kg/m² (Tabla 2).

DISCUSIÓN

VALORACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

La influencia de la salinidad en el desarrollo del cultivo fue el fenómeno que más se evidenció durante el período



de investigación. A pesar de que la tilapia roja es capaz de adaptarse casi a cualquier nivel de salinidad, también es cierto que las fluctuaciones en cortos períodos de tiempo (por ejemplo, por efecto de las mareas) pueden causar lo que se ha denominado «stress ambiental» y que se traduce en una baja en su sistema inmunológico dejando a los organismos expuestos a la acción bacteriana presentando ulceraciones cutáneas que llegan a ocasionarles la muerte si no es convenientemente manejada esta patología (Ver Figura 9).



Figura 9. Ulceraciones presentadas en las Tilapias del cultivo durante el periodo de estrés ambiental en la CGSM.

Las épocas críticas relacionadas con los dos períodos climáticos influyen decisivamente en la estabilidad del cultivo, estas variaciones se presentan en los meses de Marzo-Abril y Octubre–Noviembre. El cambio más fuerte ocurre durante la época seca cuando las amplias variaciones de la salinidad determinan un importante aumento de la mortalidad en el cultivo debido a afecciones cutáneas producidas por infecciones bacterianas. Todo indica que para esta época la mortalidad es un problema grave en esta modalidad de cultivo por lo que debe prestarse severa atención a este período y en algunos casos es aconsejable anticipar la cosecha si los animales ya han alcanzado la talla para su comercialización.

VALORACIÓN DEL CRECIMIENTO Y LA PRODUCCIÓN

Efecto del sustrato artificial en el cultivo para aprovechamiento del perifiton

El uso del sustrato artificial para perifiton no surtió los efectos esperados, aun cuando se observó frecuentemente el pastoreo de los animales en los sustratos adicionales y en las paredes del corral, su uso no representa un efecto significativo en el crecimiento en peso de la tilapia. Se podría atribuir este resultado al tipo de sustrato utilizado ya que puede influir sobre la productividad de perifiton, sin embargo, este aspecto no fue estudiado.

En otros ensayos efectuados para determinar el potencial del uso de perifiton en sistemas de cultivo en jaulas se han observado resultados similares. Huchette *et al.* (2000) y Huchette & Beveridge (2003) en diversos experimentos para determinar el potencial del cultivo en jaulas de tilapia nilótica basado en el uso sustrato adicional para fijación del perifiton en el río Meghna–Gumti (Bangladesh), llegaron a la conclusión de que el efecto del sustrato adicional ubicado en las jaulas fue marginal, siendo definitivamente el alimento filtrado y el pastoreo de las paredes de las jaulas la más importante fuente de energía. Así mismo, concluyen que el uso de sustrato adicional para perifiton en jaulas no es económicamente viable. En general la importancia del perifiton para la producción de peces es aun discutida.

Efecto de la iluminación nocturna en el cultivo para aprovechamiento del plancton

El uso de lámparas para el aprovechamiento del alimento vivo disponible resulta efectivo en formas de producción masivas en un ecosistema eutroficado como la CGSM, lográndose incrementos en peso diarios de hasta 3,4 g/día. Comparando los resultados de este tipo de producción con los reportados por granjas piscícolas comerciales que utilizan alimento concentrado como Mojarra 32, se puede considerar que en un periodo de tiempo razonable se obtienen con el cultivo en corrales de la tilapia roja en la CGSM niveles de producción similares (Tabla 3).

Resultados como los obtenidos por De la Rosa y Rivero (2001), quienes realizaron el engorde de la tilapia roja en jaulas en la CGSM a densidades entre 110 y 140 peces/m³ y anterior a éstos los de Wedler (1994) que obtuvo biomasa netas similares a las de esta investigación con el engorde de de esta misma especie en jaulas en la CGSM (Tabla 3), indican que esta forma de producción representa una alternativa viable para el desarrollo de una actividad económica complementaria a la pesca tradicional. En este sentido se podría experimentar posteriormente el aumento de la densidad en el cultivo basándose exclusivamente en el aprovechamiento del plancton para de esa manera conseguir mayores niveles de producción sin generar costos adicionales por alimentación.

Finalmente es necesario anotar que además de los problemas ambientales enfrentados por las variaciones climáticas de la zona, se evidenciaron durante la investigación notables pérdidas por hurto o robo de los peces debido a las condiciones de extrema pobreza en

Tabla 3. Comparación de los resultados de la etapa de engorde en el cultivo de la Tilapia roja en la CGSM con otros autores. (Po = peso inicial; Pf = peso final; Ds = densidad de siembra; TA = tasa de alimentación; t = tiempo; IP = incremento en peso)

ITEM	Torres (1995)	Hda Potreritos	De la Rosa & Rivero (2001)	Wedler (1994)	Cruz (2003)	
					Experimento_1	Experimento_2
Tipo	Estanques	Estanques	Jaulas	Jaulas	Corrales	Corrales
Po (g)	150	25	60	26	58,8	78,8
Pf (g)	350	400	250	503	414	447
Ds	5 p/m ²	-	140 p/m ³	80 p/m ³	10 p/m ²	20 p/m ²
Alimento	Comercial	Mojarra 32	Sin alimento	Comercial	Sin alimento	Aprovechamiento zoo (lámparas)
TA	2,5 %	-	-	5 % - 0,8%	-	-



Figura 10. Secuencia de la captura con chinchorro de la tilapia roja en los corrales durante la cosecha. CGSM, Colombia.



Figura 11. Cosecha de Tilapia roja y transporte para su comercialización. CGSM, Colombia.

que viven estas poblaciones. Fue tal vez éste el factor más difícil de manejar ya que el trabajo se efectuó de forma completamente artesanal con la participación de pescadores de la zona para conocer las posibilidades reales de este tipo de cultivo en la CGSM, de manera que esta modalidad de cultivo se pudiera implementar como una estrategia de desarrollo rural para las poblaciones que derivan su sustento de esta laguna. Aun con el alto porcentaje de hurto el cultivo generó cosechas notables

(figuras 10 y 11) y permitió además la participación de personas de la comunidad quienes aprendieron el manejo de la actividad acuícola.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue desarrollado a través del Instituto de Investigaciones Tropicales de la Universidad



del Magdalena –INTROPIC- y cofinanciado por COLCIENCIAS bajo el marco del proyecto «Desarrollo de un programa de tecnologías de acuicultura como combinación entre producción pesquera y manejo ambiental en lagunas eutrofizadas». Los autores expresan su agradecimiento a los pescadores Javier Monsalve, Cástulo Rodríguez y Jesús Rodríguez por su asistencia durante la ejecución del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

Barbosa, A. y J. Ovalle, 1993. Adaptación y ensayo de cultivo de la tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Tesis de grado, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Magdalena, 122 p.

Bernal, G. 1996. Caracterización geomorfológica de la llanura deltaica del río Magdalena con énfasis en el sistema lagunar de la C.G.S.M. Bol. Invest. Mar. Cost. Colombia., (25) : 19-48.

CORPAMAG y UNINORTE. 1994. Complejo laguna Ciénaga Grande de Santa Marta. Campañas de mediciones No 2. Proyecto Pro-ciénaga, Barranquilla. 70 p.

Cosel, R. 1986. Moluscos de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Costa Caribe Colombiano. a en. Inst. Invest. Mar. punta de Betín. Santa Marta. 15 y 16 : 79-370.

Cruz, Y. 2003. Cultivo ecológicamente sostenible de la Tilapia roja (*Oreochromis* Spp.) en corrales en un estuario eutroficado, Ciénaga Grande de Santa Marta. Tesis de grado, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Magdalena, 140 p.

De La Rosa y E. Rivero. 2001. Evaluación del crecimiento de la Tilapia roja *Oreochromis* sp. en jaulas con iluminación nocturna en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Santa Marta. Tesis de grado, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Magdalena, 97 p

Gonima, L; J. Mancera-Pineda y L. Botero. 1998. Aplicación de imágenes de satélite al diagnóstico ambiental de un complejo lagunar estuarino tropical: Cienaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. INVEVAR., 56 p.

Huchette, S.; Beveridge, M.; Baird, D., Ireland M. 2000. The impacts of grazing by tilapias *Oreochromis niloticus* L. on periphyton communities growing on artificial substrate in cages. Aquaculture 186, 45–60

Huchette S., Beveridge M. 2003. Technical and economical evaluation of periphyton-based cage culture of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in tropical freshwater cages. Aquaculture 218, 219–234

IGAC. 1993. Monografía del departamento del Magdalena, Bogotá. 147 p.

INVEVAR; BID; USL; CORPAMAG; GTZ; CIOH; UNAL. 2000. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las

comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga grande de Santa Marta. Informe técnico final. 264 pp.

Mejía, M. y I Romero. 2002. Variación espacio temporal del zooplancton en el nororiente de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Tesis de grado, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Magdalena, 97 p.

PRO-CIÉNAGA. 1994. Estudio de impacto ambiental. Proyecto: reapertura de canales en el delta exterior derecho del río Magdalena. Santa Marta., Informe final. 382 p.

PRO-CIÉNAGA. 1995. Proyecto de rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Santa Marta. 355 p.

Stickney, R. 1986. Tilapia tolerance of saline waters. A review the progressive fish-culturist. Washington.,

Torres Quevedo, E. 1995. Cultivo de la mojarra plateada (*Oreochromis niloticus*) y la mojarra roja (*Oreochromis* spp), EN: Fundamentos de acuicultura continental. INPA. Colombia

Vélez, G. 2000. Primera reproducción artificial de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* y el levante larval hasta su fijación en Colombia. XIV Congreso Nacional y IV Latinoamericano de Estudiantes de Ciencias Biológicas ANECB. Santa Marta D.T.C.H.

Watanabe, W. 1989. The effects of salinity on reproductive performance of florida red tilapia. Journal of the world aquaculture society, USA. Vol. 20, No 4. Pág: 223-229.

Watanabe, W.; et al. 1996. Production of florida red tilapia (*Oreochromis* spp.) in flowthrough seawater pools at three stocking densities. En: R.S.V. The third international symposium on tilapia in aquaculture, USA. Pág:168-174.

Wedler, E. y Vélez, G. 2002. Avances en los experimentos tecnológicos de alimentación en acuicultura con base en la biomasa obtenida a partir de la producción primaria y secundaria realizados en la Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia). Encuentros Regionales de Ciencia y Tecnología en Colombia.

Wedler, E. 1994. Cultivo en jaula de la Tilapia roja (*Oreochromis* sp) en una laguna costera bajo condiciones de una salinidad fluctuante. Proyecto de investigación y extensión. 105 p.

———. 1998. Introducción en la acuicultura con énfasis en los neotrópicos. Editorial Litoflash. Santa Marta. 388 p.

———. 1978. Ostricultura en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Primera etapa. Invevar-COLCIENCIAS. Santa Marta., Inf. Final. 59 p.

Wiedemann, H. 1973. Reconnaissance of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia: Physical parameters and geolical history. Santa Marta., Mitt. Inst. Colombo-alemán. Invest. Cient. 7, Pág: 85-119.

Fecha de recepción: 26/10/04

Fecha de aceptación: 09/08/06

