

Tesis de Maestría



Evaluación del cultivo artesanal de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1766) en agua de mar, como alternativa pesquera de comunidades asociadas a áreas marinas protegidas

Autora: Liliana Olga Quesada Pérez

Octubre, 2018

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Centro de Estudios Jardín Botánico de Villa Clara



Tesis en opción al Título Académico de Máster en Conservación de la Biodiversidad

Mención Fauna

**Evaluación del cultivo artesanal de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1766)
en agua de mar, como alternativa pesquera de comunidades asociadas a
áreas marinas protegidas**

Autora: Lic. Liliana Olga Quesada Pérez

Tutor: Dr. C. Ángel Quirós Espinosa

Santa Clara, 2018

**A mi familia y en especial a mi madre por ser el pilar
fundamental en todo lo que soy**

Agradecimientos

Quisiera agradecer:

Primero a mi familia, que siempre me ha apoyado y ha estado a la vanguardia.

A mi tutor Dr.C. Ángel Quirós Espinosa, que ha sido mi mentor, mi apoyo y mi *alma pater* durante todo mi desarrollo académico y a su esposa Dra.C. María Elena Perdomo.

Al CESAM y a los colaboradores de la maestría por darme esta oportunidad de superación.

Al Proyecto de Colaboración con Nicaragua, a los comunitarios de La Ballona y de Punta Alegre, que me facilitaron los datos para la ejecución de la tesis. A Chambita, héroe anónimo sin nombre, que atendió el cultivo todo el tiempo, pendiente de la toma de los datos.

A Ofer Berzak por brindarme información de su empresa.

Al M.Sc Domingo Fonticiella por su impulso inicial y consejos, que siempre fueron útiles.

A mis compañeros del Parque Nacional Los Caimanes y a los especialistas del Grupo Ecología por su apoyo y críticas que siempre fueron bien recibidas.

En fin, a todos

Muchas gracias

Resumen

En este trabajo se evalúa la idoneidad del cultivo de la tilapia *Oreochromis niloticus* como alternativa pesquera sostenible en comunidades asociadas a dos áreas marinas protegidas: La Ballona (Reserva Natural Padre Ramos, Nicaragua) y Punta Alegre (asociada al Parque Nacional Los Caimanes, Cuba). Se evaluaron los tres aspectos que se le imponen a una alternativa de este tipo: 1) su factibilidad económica (en lo que se involucran aspectos biológicos como adaptación al agua de mar, índices de crecimiento diario y de conversión alimentaria, factor de condición, tiempo de crecimiento) y factores puramente económicos (gastos e ingresos), 2) amigabilidad ambiental y 3) aceptación de la comunidad. El cultivo logró la adaptabilidad al agua de mar en 25 días con un 99,8% de supervivencia, 5 meses para alcanzar 460 g, índice de conversión de 1.29 y factor de condición final de 1.4, que justifican una alta rentabilidad demostrada en un flujo de caja. Se valoran las respuestas a posibles impactos ambientales negativos, a los que se les da respuesta tecnológica, y una encuesta a los pescadores demuestra la aceptación por la comunidad de la alternativa. La tecnología empleada se diseñó ajustada a condiciones artesanales, posible de ejecutarse por comunitarios sin una capacitación técnica elevada.

Palabras claves: alternativas pesqueras, áreas marinas protegidas, cultivo de tilapia, *Oreochromis niloticus*, adaptación, comunidades.

Abstract

In this work, the suitability of the *Oreochromis niloticus* tilapia culture as a sustainable fishing alternative in communities associated with two marine protected areas is evaluated: La Ballona (Padre Ramos Nature Reserve, Nicaragua) and Punta Alegre (associated with the Los Caimanes National Park, Cuba). The three aspects that are imposed on an alternative of this type were evaluated: 1) its economic feasibility (in which biological aspects are involved such as adaptation to sea water, daily growth rates and food conversion, condition factor, time of growth) and purely economic factors (expenses and income), 2) environmental friendliness and 3) acceptance of the community. The crop reached adaptability to seawater in 25 days, 99.8% survival, 5 months to reach 460 g, conversion rate of 1.29 and final condition factor of 1.4, which justify a high profitability that is demonstrated in a cash flow. The responses to possible negative environmental impacts are valued, to which a technological response is given, and a survey of the fishermen demonstrates the acceptance by the community of the alternative. The technology used was designed according to artisanal conditions, possible to be implemented by community members without high technical training.

Key words: sustainable fishing alternative, marine protected areas, cultivation of tilapias, *Oreochromis niloticus*, adaptation, coastal communities.

Índice

I. Introducción.....	1
II. Revisión Bibliográfica.....	4
II.1. Alternativas pesqueras como estrategia de conservación de las áreas marinas protegidas Parque Nacional Los Caimanes y la Reserva Natural Padre Ramos.....	4
II.2. El cultivo de tilapias	7
II.3. La tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1766).....	11
II 4. Mercado internacional	21
III. Materiales y Métodos	24
IV. Resultados.....	30
V. Discusión	44
VI. Conclusiones.....	56
VII. Recomendación.....	57
Referencias bibliográficas.....	

I. Introducción

Las áreas marinas protegidas establecen, con las comunidades costeras asociadas, una serie de relaciones complejas. Muchas de ellas son de carácter conflictivo a causa del uso de la biodiversidad marina, específicamente de los recursos pesqueros.

La Reserva Natural (RN) Padre Ramos, en Nicaragua, es un estero de gran diversidad, donde se desarrollan los juveniles de numerosas especies marinas. Las comunidades del lugar (entre ellas La Ballona) pescan dentro del estero peces antes de su primera reproducción, afectando así el reclutamiento de importantes recursos como el pargo lunarejo, *Lutjanus guttatus*, la concha negra *Anadara tuberculosa* y el casco de mulo *Gardiarca grandis* (FUNDAR, 2012; Quirós, 2014). Todos estos recursos se encuentran tensionados en mayor o menor grado, y la disminución de las abundancias ha provocado que los comunitarios salgan al mar exterior a pescar con explosivos.

Por su parte, en el Parque Nacional Los Caimanes, en la plataforma centro-norte de Cuba, existe el sitio de desove de pargos y meros más importante de Cuba, por el número de especies, (Quirós y Rodríguez, 2006; Quirós *et al.*, 2017). Entre pargos y meros se totalizan nueve especies, algunas de ellas con distinto grado de amenaza (Quirós y Rodríguez, 2006). Solo lo iguala en el Caribe Gladden Spit, en Belice (Heyman, 2004). Además, otros valores de la biodiversidad marina fundamentan este parque nacional. Por sus valores naturales, según los análisis de vacíos en la cobertura del Sistema Nacional de Áreas Protegidas Marinas de Cuba, se ha identificado como una de las cinco áreas marinas protegidas más importantes para la conservación en el país (Areces, 2005).

Los recursos marinos de Los Caimanes han estado sometidos tradicionalmente a la pesca en el momento de la reproducción, que afecta notablemente el reclutamiento, al punto de que en la actualidad el recurso escama no llega a tener capturas superiores al 30% de las que se obtenían en los años 70 del siglo pasado (información de la base de datos “históricos EPICAI.xls” de la Empresa Pesquera Integral de Caibarién, EPICAI). Betanzos y Valle (2015) confirman esta situación. De la misma base de datos del recurso “escama” se infiere, según la línea de tendencia, que la pesca no podría realizarse más allá de 28 años (Pichardo *et al.*, 2017). Debido a los efectos del huracán Irma, se calcula que se perderán en los próximos tres años un total de 61 millones

de dólares, solo en escama (Pichardo *et al.*, 2017) y su recuperación transita por la pérdida de resiliencia debido a las extracciones anteriores.

Ante esta situación, se hace necesario el desarrollo de estrategias de conservación para lograr un equilibrio entre el hombre y la naturaleza, y al mismo tiempo garantizar el bienestar de las poblaciones humanas costeras en las cercanías de áreas protegidas o dentro de ellas. Las alternativas pesqueras se entienden como una solución ecológicamente amigable y económicamente rentable, las cuales deben poder ser ejecutadas por pobladores no especializados y, a la vez, tener aceptación social (Quirós *et al.*, 2016a). Debido a este último requisito, es aconsejable mantener una línea pesquera o de cultivo en el mar, pues la idiosincrasia del pescador es muy fuerte y fracasan iniciativas fuera del escenario marino, como la cría de cerdos, trabajos artesanales y agroproducciones. De forma general, la estrategia de una alternativa pesquera es que, al resolver las demandas económicas de los pescadores, la presión de pesca disminuye y los bancos naturales de peces pueden recuperarse. Con las mismas especies de pargos y meros que las nuestras, en el Florida Keys National Marine Sanctuary las poblaciones se recuperaron entre tres y cinco años a partir de establecer zonas de “no tocar” (Keller, 2005), pero para ello es necesario que exista una alternativa en medios de vida.

En la Reserva Natural Padre Ramos se han establecido alternativas pesqueras para disminuir la presión de las pesquerías (Quirós, 2015a; 2015b; 2015c) y en Los Caimanes se prepara un paquete de ellas para su implementación. Desde el año 2013 existe un convenio de colaboración entre dichas áreas protegidas, lo cual ha permitido el trabajo conjunto en algunas de estas alternativas pesqueras, como el cultivo de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1766) en agua de mar. Es una especie dulceacuícola eurihalina (Stickney, 1986), al punto de poder adaptarse a aguas marinas de 36‰ de salinidad (El-Sayed, 2006), con lo que no adquiere el conocido sabor a tierra. Además, posee morfos rojos que la asemejan a peces arrecifales. Ambas características la hacen más atractiva y de mejor precio en el mercado. A ello se suma que, de forma general, presenta un crecimiento rápido y alta capacidad de adaptación a los cambios ambientales (Baltazar y Palomino 2004).

Implementar un cultivo de tilapias como alternativa de pesca requiere que se cumplan los tres requisitos antes mencionados, pero sustentados en tecnologías sencillas. No es aconsejable

implementar con un enfoque comunitario un cultivo intensivo, altamente atendido, que requiera la intervención de especialistas de alta calificación.

Justificado en lo anteriormente expuesto, esta tesis se plantea:

Problema científico:

Las comunidades costeras hacen uso insostenible, en ocasiones con artes de pesca sumamente agresivas al ambiente, de las poblaciones de peces objetos de conservación en las áreas marinas protegidas, sin que tengan una alternativa científicamente elaborada para evitarlo.

Hipótesis científica

Si el cultivo de *O. niloticus* en el ambiente marino resultara ser ambientalmente amigable, económicamente rentable y aceptada por la comunidad, pudiera entonces ser empleado como estrategia de conservación en comunidades costeras.

Objetivo general:

- Evaluar un método artesanal, de mediana escala, para el cultivo de tilapias *O. niloticus* en agua de mar, para ser desarrollado como alternativa pesquera en comunidades costeras.

Objetivos específicos:

1. Determinar la forma de adaptación al agua de mar, el tiempo de engorde, mortalidad y el factor de conversión alimentario de *O. niloticus* en el ambiente marino.
2. Estimar la sostenibilidad económica de dicho cultivo sobre la base de los costos e ingresos.
3. Evaluar la amigabilidad ambiental de este tipo de actividad sobre la base de su impacto físico y biológico.
4. Valorar el impacto social y aceptación del cultivo en las dos comunidades costeras.

II. Revisión Bibliográfica

II.1. Alternativas pesqueras como estrategia de conservación de las áreas marinas protegidas Parque Nacional Los Caimanes y la Reserva Natural Padre Ramos

Muchas áreas marinas protegidas han optado por la estrategia de las alternativas económicas a la pesca insostenible (Freire, 2003). En este sentido, el Parque Nacional Los Caimanes ha desarrollado una serie de acciones con este propósito, las cuales se iniciaron en el 2007 y se extienden hasta la actualidad. El trabajo realizado ha tenido impactos en Nicaragua, México y Belice. Posiblemente, por tener un extraordinario sitio de desove (Quirós y Rodríguez, 2006), se ha visto obligado a crear alternativas ante la extracción de peces.

Según declara su plan de manejo para 2017-2021 (Quirós *et al.*, 2016b), se encuentra situado en el Archipiélago Sabana-Camagüey, hacia el centro-norte de la isla de Cuba. Su territorio se extiende por la plataforma insular desde Villa Clara hasta Ciego de Ávila. En su entorno cercano se ubican cayos y bahías que poseen la mayor importancia para consideraciones de manejo. Sus límites abarcan un área de 288.31 km² totales, 287.17 km² sumergidos y 1.14 km² de tierras emergidas en forma de cayos (fig. 1).

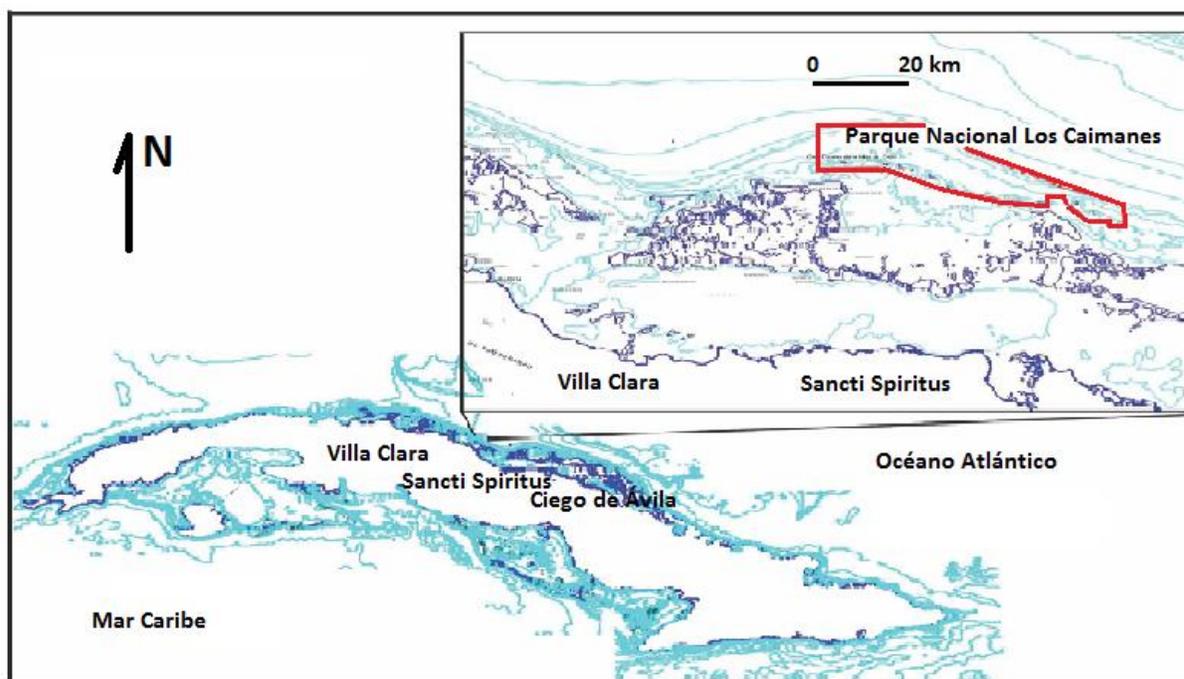


Figura 1: Ubicación del Parque Nacional Los Caimanes en el centro-norte de Cuba.

El área se caracteriza por poseer importantes valores naturales. De ellos, se destaca su alta biodiversidad. Posee un sitio de desove de peces comerciales y poblaciones de *Lobatus gigas*

en zonas profundas. Se encuentra en una zona de arrecifes coralinos con mejores índices de salud del archipiélago Sabana-Camagüey. Posee escenarios, submarinos y emergidos, de primera calidad para la contemplación, de alto valor turístico (Quirós *et al.*, 2016b).

El área posee un buen estado de conservación. No obstante, el sitio de desove ha sido sometido a pesca de forma tradicional, lo que evidentemente ha influido en el declive de las poblaciones que allí desovan y en corrimientos del lugar tradicional (Quirós y Rodríguez, 2006), manifiestos en los volúmenes de capturas, aunque no se pueda considerar la única causa.

Aunque la pesca está relativamente prohibida en la actualidad, las limitaciones de recursos impiden establecer una vigilancia efectiva. Por otra parte, la situación económica de las comunidades costeras (sobre todo en Punta Alegre) induce al furtivismo que, hasta cierto punto, se justifica (Perdomo y Quirós, 2014).

La filosofía de enfrentamiento a esta situación que tiene la administración de Los Caimanes transita por las acciones tradicionales (como el aseguramiento legal y la vigilancia), pero se potencia el diseño e implementación de alternativas pesqueras sostenibles y el fortalecimiento de la educación ambiental. Esto se basa en el convencimiento de que, resueltas las dificultades económicas y conscientes de la situación ambiental, los comunitarios disminuyen la presión pesquera dentro del parque. Con el restablecimiento de las densidades de peces, ellos satisfacen sus necesidades de pesca (Salm y Clark, 2000).

Por su parte, la Reserva Natural de Padre Ramos es un estero de alta productividad, como ocurre con estos accidentes geográficos mesoamericanos en el Océano Pacífico, que reciben muchos sedimentos terrígenos y cenizas volcánicas. Se encuentra al sur del Golfo de Fonseca, compartido por Nicaragua, Honduras y El Salvador. En la parte nicaragüense que nos ocupa, las áreas protegidas no poseen una administración definida estatalmente, sino por un llamado comité colaborativo elegido en la población (FUNDAR, 2012), en el que predominan los representantes más conspicuos de la economía y la política local.

Padre Ramos, según explica su plan de manejo (FUNDAR, 2012) es una reserva natural que abre al Pacífico por una bocana de unos 100 metros de ancho, donde los llenantes y vaciantes llegan a alcanzar velocidades de hasta nueve nudos. Dentro de este estero se desarrollan, además de las especies propiamente estuarinas, una gran variedad de especies en estadios juveniles, como son pargos de distintas especies. Estos juveniles son objeto de pesca indiscriminada por

medio de redes y anzuelos, lo que ha afectado el *stock* de las especies que allí crían para salir luego al océano. Como ya las poblaciones no son densas y existen grandes bancos de sardinas, los pescadores emplean explosivos para matar sardinas en la superficie, con lo que atraen los peces mayores y, cuando se agrupan, emplean redes para su extracción. El método de los explosivos difiere del de Pacífico Occidental debido a la mayor profundidad y a la ausencia de arrecifes.



Figura 2: Ubicación de la Reserva Natural Padre Ramos en el occidente de Nicaragua. Tomado del plan de manejo de la reserva natural.

Se ubica en el departamento de Chinandega, en el occidente de Nicaragua (Fig. 2). Posee una extensión de 88 km² (FUNDAR, 2012). A diferencia de Los Caimanes, posee numerosas comunidades muy pequeñas, de no más de 300 personas dentro de sus límites. Una de estas comunidades es La Ballona (unos 145 habitantes), donde se desarrolló el experimento de terreno de esta tesis. Otra diferencia, además de la población interna y el tipo de administración, es el sistema socio-económico del país, que marca fuertes disimilitudes con Los Caimanes. La

actividad productiva, de forma creciente, se organiza en cooperativas de pescadores que se corresponden con cada comunidad (Ángel Quirós, comunicación personal de julio de 2016). Los manglares de Padre Ramos han sido fuertemente intervenidos para el desarrollo de la camaronicultura, que había sido la única manifestación de maricultivo hasta que se inició el de pargos lunarejos, *Lutjanus guttatus*, en jaulas flotantes (Quirós, 2015a y 2015c).

En las comunidades de la RN Padre Ramos se han desarrollado múltiples proyectos encaminados a la erradicación de la pobreza, al empoderamiento de la mujer y a la conservación de los recursos naturales (Anónimo, 2013). Sin embargo, por diferentes razones sus resultados no han alcanzado el nivel deseado. Desde 2010 se vienen desarrollando dos iniciativas ajustadas a las alternativas pesqueras sostenibles: el cultivo de pargos en jaulas flotantes y el manejo de las capturas de conchas negras (MARENA, 2011). En 2015 se añadió el cultivo de tilapias en agua de mar, de forma demostrativa.

El lugar tiene una ventaja para el cultivo de peces, pues la industria camaronera desecha más de dos millones de libras de cabeza de camarón que se vertían en los esteros con la consecuente contaminación orgánica (Quirós, 2015a). Hoy parte de esa biomasa se transforma artesanalmente en alimento, de alto contenido proteico, para peces. Esto reduce notablemente los costos de mantenimiento de los cultivos, además de que disminuye una contaminación de gran proporción (Quirós, 2015a).

Como es común en las costas mesoamericanas del Pacífico, las carreras de mareas suelen alcanzar hasta tres metros y, consecuentemente, las corrientes cercanas a las bocanas son extremadamente fuertes. Esta es una condicional natural que influye notablemente en el esquema de cultivo. Otro problema considerable es la presencia de caimanes y murciélagos pescadores, que depredan los peces en jaulas y estanques. Los primeros de forma poco frecuente y los segundos constantemente.

II.2. El cultivo de tilapias

Las poblaciones de peces marinos objeto de pesca han descendido notablemente en los últimos años (FAO, 2010 y 2016). La respuesta común y errónea a esto ha sido intensificar el esfuerzo pesquero, con un consecuente incremento de gastos y la elevación del precio de los productos marinos en el mercado. El complejo panorama tiene efectos económicos, ambientales y sociales. Entre ellos encontramos la disminución de especies explotadas, la afectación de las

que no son objeto de pesca (pesca incidental, al emplear artes masivas no selectivas), la limitación de amplios sectores de la población debido a los precios elevados y otros (Gualdoni, 2010). Todo esto está aparejado al empobrecimiento de los pescadores, pues los intermediarios solucionan el fenómeno fijando precios bajos a sus compras y elevados a sus ventas.

La opción más recurrida para recuperar los *stocks* y mantener el mercado, es el empleo de cultivo de especies alternativas, lo que viene incrementando desde hace algunos años (FAO, 2016). Entre las más empleadas están las diferentes especies de tilapias (Quirós y Quesada, 2018), que alcanzan hasta el cuarto lugar entre las especies dulceacuícolas (FAO, 2016).

El cultivo de tilapias es uno de los más desarrollados en volumen y técnicas en el mundo en los últimos años (FAO, 2016; Bardarch *et al.*, 1990; FAO, sf). Desde hace unos años se ha fomentado su cultivo en las islas del Caribe, donde existe disminución de recursos pesqueros debido a sobre-explotación (Richards y Bohnsack, 1990), fácil de ocurrir por tener plataformas insulares estrechas, a lo que se suman los problemas ambientales generados por "El Niño". En estas islas la disponibilidad de agua dulce es priorizada para el consumo humano directo y, consecuentemente, la producción agropecuaria, incluido el cultivo de peces, es una actividad poco práctica cerca de la costa (Leonce, 1980).

Hasta cierto punto, el tema del agua dulce se resuelve con el cultivo en el mar. El interés por el cultivo de tilapia en agua de mar en zonas áridas y cerca de costas marinas se inició a mediados del 1985 (Watanabe *et al.*, 1997). En estas áreas los productos piscícolas son la principal fuente de proteínas y las costumbres alimentarias no tienen preferencia por el pescado proveniente de agua dulce, aceptando la oferta en el mercado de estos organismos adaptados al agua salada (Head *et al.*, 1996; Watanabe *et al.*, 1997). Así entonces, el cultivo de la tilapia en ecosistemas salobres y marinos se perfila como una actividad local interesante desde el punto de vista económico, social y ecológico (Watanabe *et al.*, 1997).

Según manifiestan Quirós y Quesada (2018), en el mercado la tilapia tiene un precio relativamente bajo, si se compara con los de algunas especies marinas, principalmente las arrecifales como pargos y meros. En buena medida, el bajo precio de la tilapia se debe a dos causas: 1) su color oscuro (el mercado aprecia mejor los tonos rojos) y 2) a su consabido sabor "a tierra", que se debe a los hábitos filtradores de la especie: filtra el fango del fondo. Las sustancias responsables de este sabor se producen en el fondo de los estanques y son asimiladas

por los peces que filtran sedimentos¹ (Quirós y Quesada, 2018). Sin embargo, es posible eliminar, o mejor dicho cambiar, estas dos características indeseables, y obtener animales con un color atractivo y mejor sabor.

Las tilapias, originarias de África, son de crecimiento rápido en aguas cálidas, resistentes y robustas, que se adaptan con facilidad a condiciones variables en su entorno. Por sus múltiples bondades, la tilapia es utilizada ampliamente en programas de desarrollo rural (Merchán, 2007).

Las especies más conocidas en Cuba son las siguientes (Quirós y Quesada, 2018):

- *Oreochromis niloticus* (Tilapia del Nilo; la más usada en cultivos intensivos).
- *Oreochromis aureus* (Tilapia azul; la más representada en todo el país).
- *Oreochromis mossambicus* (Tilapia prieta).
- *Oreochromis hornorum*
- *Tilapia rendalli* (Cirila o tilapia yerbera: poco representada).

Todas se pueden hallar en Cuba y las tres primeras se encuentran también en Centroamérica, así como un morfo rojo de *O. niloticus* en la región norte de Nicaragua y Honduras (Quirós y Quesada, 2018); Damas *et al.* (2015) también mencionan el morfo rojo en México, y Calixto (2011) describe importantes resultados en este país con un morfo rojo que denominan Pargo-UNAM.

Según Gadea (2003), las especies pertenecientes al género *Oreochromis* se clasifican como omnívoras, con hábitos alimentarios que tienden a ser planctófagos. Biológicamente se distinguen de los cíclicos nativos de América (por ejemplo, las biajacas cubanas y los guapotes nicaragüenses) por presentar un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza. La cabeza del macho es más grande que la de la hembra, aunque existen otros caracteres distintivos más conspicuos y confiables (Saavedra, 2006). La incubación de huevos y cuidado de los alevines la efectúa la hembra en su cavidad bucal, quien migra a las áreas más resguardadas (Cantor, 2007).

Gadea (2003) consigna que tienen gran capacidad de adaptación a diferentes medios, que es la causa por la que colonizan hábitats muy diversos, como arroyos, ríos y lagos profundos y pantanosos, lagunas dulces, salobres y saladas. En varias zonas de Cuba, como en el mismo

¹El sabor a tierra se produce por metabolitos de cianobacterias y actinobacterias del fondo: 2-metilisoborneol (MIB) y geosmina (GSM). Se acumula en músculo, grasas y peritoneo de los peces filtradores.

Punta Alegre, la autora ha encontrado ejemplares de tilapia del Nilo viviendo y reproduciéndose, perfectamente adaptadas al agua de mar. Es propia de climas tropicales y subtropicales, con temperaturas entre 20-30 °C. Esas mismas características las hacen atractivas para el cultivo.

Entre todas las especies pertenecientes al denominador común de “tilapias” (géneros *Tilapia* y *Oreochromis*), la tilapia del Nilo o tilapia nilótica es la de mayor conocimiento y producción a nivel mundial, junto al morfo “tilapia roja”. Por lo tanto, el género *Oreochromis* es el que se considera de mayor importancia dentro de los cultivos comerciales existentes (Popma y Lovshin, 1994; FAO, sf).

Las tilapias se han cultivado profusamente alrededor del mundo para la obtención de carne. Tanto es así, que se les conoce como el “pollo de agua” y el “pescado de San Pedro”². Los atractivos para su cultivo, según Quirós y Quesada (2018) son:

- Alto índice de reproducción: pocos ejemplares generan muchos alevines.
- Alcanza la madurez sexual aproximadamente con 12 a 17 cm, incluso antes; los machos lo logran entre 4 y 6 meses de edad y las hembras entre 3 y 5. En la medida que son mayores producen mayor cantidad de huevos. La hembra incuba los huevos en la boca de 48 a 72 horas hasta que eclosionan, y posteriormente las crías son protegidas por los padres durante 7 a 12 días (Baltazar y Palomino, 2004). Esta es una característica muy buena para la obtención de alevines, pero indeseada en los cultivos que no son mono-sexo porque se reproducen antes de la cosecha, y los nuevos alevines consumen parte del alimento destinado al engorde y crean sobre-poblamiento.
- Crecimiento rápido: de la siembra a la cosecha hay pocos meses. Puede alcanzar una libra en seis meses, aunque el crecimiento siempre va a estar relacionado con la calidad y tipo del alimento suministrado y las condiciones ambientales, lo que incluye la densidad del cultivo.
- Alimentación omnívora: es fácil fabricar artesanalmente pienso alimentario para ellas. En condiciones naturales se alimenta filtrando el fitoplancton (algas microscópicas) y otros materiales suspendidos en el agua (Baltazar y Palomino, 2004); además puede alimentarse de organismos que están en el fondo. Muy importante es que acepta alimento peletizado.
- Buena carne: tienen aceptación en el mercado por su color claro y de pocas espinas.

²Es una referencia al pasaje de la Biblia donde Jesús con siete peces alimentó una multitud

- Alta capacidad de adaptación: son poco exigentes en las condiciones de cultivo.
- Es posible masculinizar las crías recién nacidas, lo que es conveniente porque las hembras tienen un crecimiento entre 30 y 40% menor que los machos. Además, si ocurrieran escapes de los cultivos existen garantías de su no proliferación en los ambientes naturales. Recordemos que se trata de especies introducidas.

II.3. La tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1766)

Para el sistema que propondremos es recomendable emplear *Oreochromis niloticus* es la especie de tilapia más importante en la acuicultura mundial (FAO, 2010 y 2016; FAO, sf). Esta especie puede adaptarse a salinidades de hasta 36‰ (Hsien-Tsangy y Quintanilla, 2008), que es precisamente lo que se busca para eliminar el sabor a tierra. Es muy parecida a *O. aureus*, pero es fácil identificarla por el ornamento de la aleta caudal. En la tilapia del Nilo los ornamentos son uniformes, a manera de círculos concéntricos, mientras que en la tilapia azul son irregulares.

Es un cíclico (familia Ciclidae) ampliamente distribuido desde Siria, y a través de Egipto a todo el este y occidente de África por la cuenca del río Congo (Sterba, 1966; Wohlfarth, 1994), desde donde ha sido llevada a muchas otras regiones del trópico: Centroamérica, Suramérica, sur de Estados Unidos, Indonesia, Tailandia, China, Taiwán, Asia suroriental, Israel, India y otros países. Según Plutarco y Bernal (1997), *O. niloticus* también se conoce con los sinónimos *Tilapia nilotica* y *Sarotherodon niloticus*. En Cuba se conoce comúnmente como tilapia nilótica.

Su cultivo se realiza en numerosos países desde América del Norte, Central (incluyendo al Caribe) a Sudamérica, así como en gran parte de los países del sudeste asiático, norte de Australia, y algunos países europeos. El entusiasmo inicial por su cultivo se detuvo cerca de la década del 50 al 60, debido al problema suscitado por la superpoblación resultante en estanques al trabajarse con individuos de ambos sexos. Estos problemas fueron, en parte, resueltos posteriormente con la obtención de poblaciones monosexos y el control de los cultivos a partir del año 1960 (Popma y Lovshin, 1994).

Aunque la tilapia nilótica es muy adaptable a diferentes condiciones ecológicas, de forma natural vive en ambientes preferiblemente lénticos. Gómez y Rico (1990) señalan importantes parámetros ambientales de la mayor relevancia para los piscicultores: en cuanto a su tolerancia a altas salinidades, puntualizan que se reproduce en salinidades de hasta 29 ‰ y sobrevive a 35

‰. En Punta Alegre, donde la autora ha observado ejemplares de tilapias en el ambiente natural, la salinidad supera las 50‰, pero se desconocen importantes parámetros como la velocidad de crecimiento en estas condiciones, por lo que el dato no se debe asumir como conveniente a un cultivo. Quirós y Quesada (2018) consignan que las temperaturas por debajo de los 12°C son letales y tolera 8°C por 3 ó 4 horas; sobrevive por largos periodos a 15°C; a 42°C mueren. Desova 5 a 7 veces al año entre 22 y 24 °C. Su crecimiento óptimo ocurre alrededor de los 28°C. Se adapta a fuertes cambios de oxígeno disuelto en el agua; niveles por debajo de 3 mgO₂/l los soporta sin mayores consecuencias, incluso llega a tolerar periodos largos en aguas hipóxicas alternantes con anoxia, donde su crecimiento es nulo.

Alimentación y nutrición

Se alimenta en ambientes naturales en un amplio espectro, como: plancton, organismos bentónicos, invertebrados de la columna de agua, larvas de peces, detritus, materia orgánica en descomposición, etc. (Baltazar y Palomino, 2004). En policultivo con otros peces (carpas/tilapia; *catfish*/tilapia, etc.), el alimento natural se considera muy importante (Morales, 1999). Las especies mencionadas son eficientes, aunque no perfectamente “filtradoras” de organismos de la columna de agua, sino que sus branquias generan un mucus que atrapa las partículas y las células del fitoplancton (Popma y Lovshin, 1994).

La tilapia nilótica es muy eficiente en consumo de algas del fitoplancton. Si bien esta especie no ingiere activamente vegetales superiores como otras (*Oreochromis rendalli* y *Oreochromis aureus*), puede limitar su crecimiento cuando es cultivada en estanques. En cambio, Popma y Lovshin (1994) consignan que digiere entre un 30-60% de la proteína contenida en el plancton (algas azules y verdes), siendo las primeras mejor digeridas que las segundas.

Cuando los estanques son fertilizados con abono animal (excretas de cerdos, de gallina u otros animales de granja), estos actúan también como alimento. Las tilapias no disturbán significativamente los fondos como ocurre en el cultivo de carpas comunes (Cantor, 2007). Los peces buscan invertebrados durante el día e ingieren, principalmente, aquellas bacterias contenidas en la materia orgánica en descomposición (detrito). También incluyen en su alimentación, invertebrados de la columna de agua y, aunque no son piscívoras, pueden abastecerse, ocasionalmente, de larvas de peces e inclusive de las propias.

Los juveniles grandes y los adultos son muy territoriales, y la turbidez del agua reduce su agresividad; este fenómeno produce desigual crecimiento a altas densidades, cuando el alimento es limitado (Toledo y García 2000), lo que aconseja una alimentación cercana a *at libitum*. Los mismos autores consignan que utilizando alimento natural, los rendimientos son de más de 1 500 kg/ha que pueden sostenerse en estanques, sin alimento externo, solo con una adecuada fertilización. En Israel se ha llegado a obtener hasta 3 000 kg/ha (Ofer Berzak, comunicación personal del 6 de agosto de 2017).

Oreochromis niloticus presenta un crecimiento rápido (PRODUCE, 2004) porque aprovecha mejor el alimento natural y artificial. Presenta mejor biotipo y, por ende, un mayor tamaño y mayor ganancia de peso; dependiendo del tiempo de cultivo puede llegar a pesar de 250 g a 700 g en cosechas.

La producción industrial de *O. niloticus* requiere del suministro de un alimento mínimo con 28-30% de proteínas, y se ha determinado que tenores de proteína entre 25 a 45% no afectan la reproducción (Cabrera *et al.*, 2001). El alimento vivo es importante como iniciador del cultivo (pre cría), y estos autores señalan que el óptimo de digestibilidad es a 25°C. Se pueden alimentar con dietas sin harina de pescado siempre y cuando se satisfaga el requerimiento de aminoácidos; en este caso, Cabrera *et al.* (2001) recomiendan entre 28 a 29% de proteínas, que es lo común en los piensos industriales. A continuación (tabla I), se dan los requerimientos nutricionales por estadio de esta especie:

Tabla I: Requerimiento nutricional de *O. niloticus* (Linnaeus, 1766)

ESTADIO	PROTEINA (%)	LIPIDOS (%)	CARBOHIDRATOS (%)
Alevines	35-50	10	< 25
0.02-2.0 g	25-40	10	25-30
2.0-35.0 g	25-35	6-8	25-30
De 35 g hasta la cosecha	30-32	6-8	25-30

Fuente: Cabrera, *et al.*, (2001)

Para el caso de larvas y alevines, se señala un requerimiento de 45% de lípidos, 4% de fibra, 2% de lisina, 0.9 % de metionina, 1.2% de treonina y entre 120 y 75 mg de proteínas/Kcal (0 y 16 ‰).

La forma de alimentación depende directamente del manejo, el tipo de producción, edad y los hábitos de la especie (Baltazar y Palomino, 2004). Los mismos autores mencionan que entre los más comunes se encuentran: la alimentación en un solo sitio, adecuado para animales de 1 a 50 g (pre cría) ya que no le exige gran actividad de nado; la alimentación en “L”, sugerida para pesos entre 50 y 100 g (juveniles), el cual se realiza en dos orillas continuas del estanque y la alimentación periférica, esta se realiza en todas las orillas del estanque y se recomienda para peces mayores de 100 g, ya que son considerados territoriales.

En términos económicos, la alimentación es uno de los factores de gasto más importante, por lo que los piscicultores experimentan variantes de sustitución de alimento industrial por componentes naturales de bajo costo (Poot-López, Gasca-Leyva y Olvera-Novao, 2012). En Nicaragua, para la alimentación de *Lutjanus guttatus*, se produce harina proteica (49-52% de proteínas) de forma artesanal a partir de cabeza de camarón, con un precio de 8-9 USD/quintal: una cuarta parte del precio del pienso industrial (Quirós, 2015a).

Reproducción

Este pez, como muchos otros cíclicos, se reproduce en cautiverio y brinda cuidado parental a sus crías (Plutarco y Bernal, 1997; Baltazar y Palomino, 2004). Para la reproducción en ambiente natural, el macho construye un nido de unos 40 a 60 cm de diámetro de promedio en el fondo del estanque o hacia el litoral del embalse, mediante el uso de sus aletas pectorales, ventrales y de su boca. Una vez que termina busca una hembra en celo y la atrae al centro del hueco, colaborando en el desove por medio de golpes con su hocico en la región abdominal de la hembra. Luego del desove el macho los fecunda, la hembra recoge los huevos en su boca y abandona el nido (Alcántar *et al.*, 2014). El macho busca otra hembra, llegando a aparearse con tres o más durante el mismo periodo reproductivo. En cautiverios de estanques de cemento se reproduce en alguna orilla sombreada.

El cuidado parental de la hembra puede durar hasta ocho días con el fin de proteger a las crías frente a la depredación de otros organismos acuáticos. Esto, junto con su precoz reproducción antes de los seis meses y al hecho de desovar los mismos peces varias veces (5-7) al año, permite su fácil incremento exponencial en los sistemas lenticos (ciénagas, embalses, estanques) (Plutarco y Bernal, 1997), pero es un problema en los cultivos en etapa de engorde controlado, por aparecer ejemplares de diferentes cohortes.

Según autores como Popma y Lovshin (1994), en estanques de cultivo y en el trópico, bajo condiciones de máximo crecimiento, alcanzan su madurez sexual a la edad de 5-6 meses y alrededor de los 150 g; aunque esta relación edad-peso-maduración sexual no se ajusta a lo expresado por otros autores (Alcántar *et al.*, 2014).

Parámetros físico-químicos:

Las especies de tilapias son, en general, altamente tolerantes a las altas temperaturas, bajas concentraciones de oxígeno y altos niveles de amoníaco (Alcántar *et al.*, 2014). La ausencia de habilidad de la tilapia para tolerar las bajas temperaturas, se convierte en un serio problema en la instalación de sus cultivos en regiones de clima templado. Las temperaturas letales se ubican entre los 10-11°C. El mismo autor consigna que su alimentación cesa por debajo de los 16-17°C y las enfermedades o muertes se producen cuando se las maneja por debajo de estos valores.

Popma y Lovshin (1994) también dan a conocer que cuando los peces son alimentados a saciedad, el crecimiento se manifiesta 3 veces superior que a los 20- 22°C. Cuando la temperatura excede los 37-38°C se producen también problemas por estrés. La primera limitante del cultivo de peces es la calidad del agua en los encierros utilizados. Esta especie sobrevive a concentraciones de 0,5 mgO₂/l, niveles considerados menores que para otras especies. Esta particularidad se debe, en parte, a su habilidad de extraer el oxígeno disuelto de la interfase agua-aire, cuando el gas se encuentra en los cultivos por debajo de 1 mg/l. Por ello, no se recomienda mantener una alta producción de plantas acuáticas superficiales en los mismos estanques, ya que ellas impiden la entrada de oxígeno de la atmósfera, por efecto de los vientos (Saavedra, 2006). Además, de noche las plantas consumen oxígeno y no lo producen, por lo que se convierten en competidoras por este gas y esto limita la densidad de siembra en cultivos no oxigenados artificialmente. La concentración normal de oxígeno para una correcta producción es de 2-3 mg O₂/litro o superior, ya que el metabolismo y el crecimiento disminuyen cuando los niveles son bajos o se mantienen por períodos prolongados. Crecen mejor en aguas de pH neutro o levemente alcalino (Alcántar *et al.*, 2014). Su crecimiento se reduce en aguas ácidas y toleran hasta un pH de 5. El alto valor de pH, de 10 durante las tardes, no las afecta y el límite, aparentemente, es el de pH 11, ya que, a alto pH, el amonio se transforma en amoníaco tóxico. Este fenómeno puede manifestarse con pH situados también a valores de 8, 9 y 10 (Baltazar y Palomino, 2004). El amoníaco es más tóxico a altas temperaturas (más a 32 que a 24°C, por

ejemplo). La disminución del oxígeno disuelto también aumenta la toxicidad del amoníaco, disminuyendo el apetito y el crecimiento en los peces, a concentraciones tan bajas como 0,08 mg/l. En cuanto a los niveles de predación (especialmente por pájaros) las líneas de tilapias rojas y blancas son las más susceptibles a sus ataques (Popma y Lovshin, 1994).

Todas estas preocupaciones en el cultivo se evitan cuando se desarrollan en jaulas o en encierros, pues el agua dentro es la misma que fuera debido a la circulación que se hace posible (Bocek, sf). Evidentemente, el sistema baja los precios de mantenimiento y puede ser la causa fundamental de su atractivo (Rojas y Wadsworth, 2008), aunque requiere de constante limpieza de los organismos incrustantes (Quirós, 2015a).

Salinidad

Aunque se trata de un factor ambiental físico-químico, para los objetivos y propósitos de este trabajo amerita un tratamiento diferenciado. Los peces pueden tolerar diferentes salinidades, pero son sensibles a los cambios bruscos de la misma. La tilapia *Oreochromis niloticus* puede sobrevivir y crecer favorablemente a una salinidad de 24‰ y más (Saavedra, 2006).

Otros autores (Gómez y Rico, 1990) plantean reportes de supervivencia a salinidades de 35‰, pero su crecimiento se reduce por causas de un estrés osmo-regulatorio. Watanabe *et al.* (1997), El-Sayed (2006), y Hsien-Tsangy y Quintanilla (2008), la declaran como ideal para cultivar en aguas salobres y saladas hasta 36 ‰; sin embargo, por encima de 12 ‰ (nivel isosmótico) la fertilización, incubación y supervivencia de juveniles no es óptima.

Las experiencias de investigadores como Hernández y Rivas (2012) han reflejado que cinco especies de tilapia (*O. aureus*, *O. spilurus*, *O. niloticus*, *O. mossambicus* y el híbrido de *O. aureus* x *O. niloticus*) son tolerantes a la salinidad y se concluye que la pre-adaptación a baja salinidad y gradual transferencia a altas salinidades resultó en una buena supervivencia en todas las especies. La tilapia roja se ha cultivado en aguas salobres con buenos resultados de incrementos diarios desde 1.32 a 3.20 g (Mena *et al.*, 2002). En algunos estudios definitorios al respecto, estos autores documentaron que el peso ganado por día de la tilapia aumenta en relación directamente proporcional con la salinidad hasta un punto denominado isosalino, definido con una salinidad de 12 ‰.

Ontológicamente, la máxima resistencia a la salinidad se presenta luego de los 40 a 45 días posteriores a la incubación, por lo que Castillo (2001) realiza una importantísima observación: aclimatar a los alevines a la salinidad de cultivo en forma gradual (aumento de 5 ‰ al día), lo que no solo mejora la supervivencia, sino también el crecimiento.

La tilapia puede sobrevivir en condiciones de bajas concentraciones de oxígeno disuelto, debido a que su sangre posee la capacidad de saturarse de oxígeno aun cuando la presión parcial de éste sea baja. Asimismo, presenta la facultad de reducir el consumo de oxígeno cuando la concentración en el medio es baja. Finalmente, cuando la concentración disminuye hasta 0.5 mg/l o menos, su metabolismo se vuelve anaeróbico (PRODUCE, 2004). En función de los principios subsidiarios de la Ley de Shelford, si se pretende mantener tilapias en ambientes hipersalinos, es necesario que otros factores ambientales se encuentren en los valores óptimos.

En estudios realizados en Cuba, en la bahía de Casilda, con híbridos *Oreochromis mossambicus* x *O. aureus*, se determinó que los alevines con un peso promedio de 5 g fueron aclimatados gradualmente a 35 ‰ cinco días antes de su traslado hacia los sitios de engorde, logrado 100 % de supervivencia (Damas *et al.*, 2015). Otros autores (Fraga *et al.*, 2012) plantean que con las mismas especies y en el mismo lugar se logró una adaptación al agua de mar en 24 horas manteniendo un flujo de agua marina de 2.8 l/s alcanzando valores de 35 ‰, con supervivencias entre 93 y 99%. Hopkins *et al.* (1989) es del criterio de que el proceso de adaptación a la salinidad debe realizarse de forma más lenta y progresiva, con lo que se disminuye la mortalidad.

Control de la especie

La búsqueda de mejores rendimientos en el cultivo de peces comerciales se basa en resistencia a enfermedades, altas tasas de crecimiento, eficiente conversión alimentaria, resistencia a cambios en el ambiente (temperatura, salinidad, oxígeno) y desarrollo de tecnologías, como el manejo de poblaciones monosexo de peces (Chakraborty, 2010). Poblaciones monosexo de machos en tilapia muestran mayor conversión alimenticia en el engorde, y mejores rendimientos y uniformidad de tallas al momento de la cosecha (Drummond *et al.*, 2009).

Para el caso de los cultivos de tilapias en países donde las especies no son autóctonas, existe siempre el peligro de escapes al ambiente natural, donde pueden proliferar. Este peligro se enfrenta con el uso de ejemplares de un solo sexo (Hahn *et al.*, 2012) que, teniendo en cuenta que los machos tienen mejor rendimiento, deben ser masculinos.

Además de la separación manual de sexos y del control pro hibridación, Quirós y Quesada (2018) indican dos métodos de masculinización (se conoce también como reversión sexual) basados en el uso de la hormona 17 alfa-dimetil-testosterona: suministrada en el alimento o disuelta en el agua, siempre en los primeros días de vida.

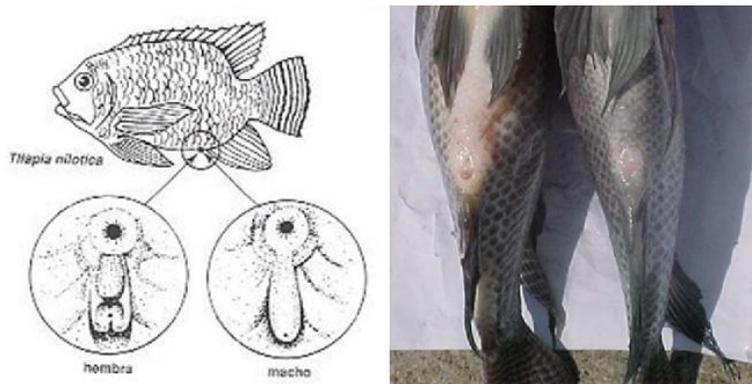


Figura 3: Diferencias sexuales de las tilapias. Las hembras a la izquierda. Tomado de Quirós y Quesada, 2018.

Phelps y Pompa (2000) concluyeron que el uso de hormonas sexuales cambia las características sexuales secundarias de los peces y altera las gónadas. En la fase inicial de desarrollo, tanto machos como hembras producen los mismos esteroides; la diferencia está en la capacidad de algunos de ellos por influir sobre la actividad celular, demarcando el desarrollo de la diferenciación sexual (Rowell *et al.*, 2002).

Existen dos formas de definición sexual en peces, hermafroditas y gonocóricos, aspectos que hacen posible que el sexo sea manipulable por medio de hormonas (Hurtado, 2005).

Las tilapias son gonocóricas indiferenciadas (sistema de determinación del sexo XX/XY); sus órganos sexuales durante los primeros días de vida no están determinados, independiente de su genotipo. Durante los días cinco y seis post-eclosión se presenta una manifestación de genes (en ambas gónadas XX y XY) que influye sobre el paso de gónadas indiferenciadas a diferenciadas (Ijiri *et al.*, 2008; López *et al.*, 2007).

Antes que el tejido gonadal de la hembra se diferencie en ovarios, el sexo de los animales no se ha determinado y es inestable, siendo susceptible a factores fisiológicos y ambientales. El procedimiento de reversión sexual puede desarrollarse por inyección, inmersión o alimento (Gale *et al.*, 1999; Quirós y Quesada, 2018).

Reversión por alimento hormonado: El mecanismo más efectivo y práctico es la administración de un andrógeno (generalmente 17 alfa-dimetil-testosterona) en el alimento que se suministra a las larvas en sus primeros 20 a 30 días de vida, iniciando a partir del tercer día post eclosión (Homklin *et al.*, 2009).

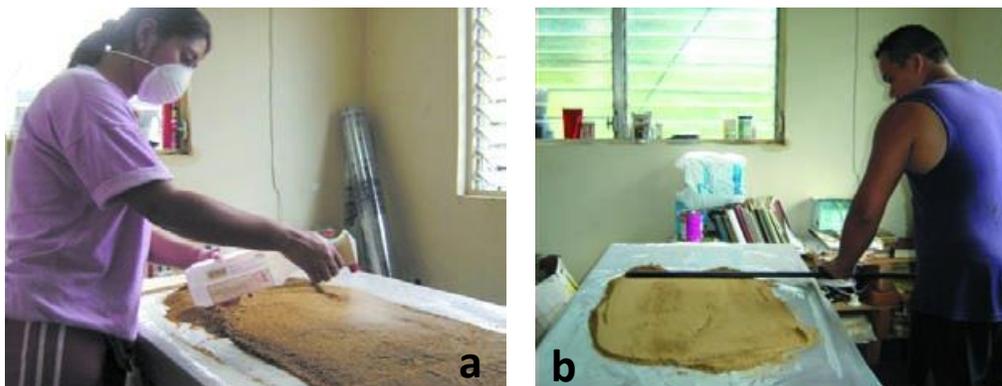


Figura 4: A la izquierda (a), adición del alcohol con hormonas a la harina. A la derecha (b), la masa se expande para su mejor deshidratación.

Se utiliza la hormona 17 alfa-dimetil-testosterona. 60 miligramos de hormona se disuelven en 700 mililitros de alcohol al 90% y se mezcla con un kilogramo de un concentrado de 40-50% de proteína (Fig. 4a). Después de la mezcla, el alimento se deja secando durante 1-2 horas, a la sombra (Fig. 4b) y moviéndola constantemente, para que las partículas de la hormona se adhieran completamente al alimento y se evapore el alcohol. Luego se refrigera para su conservación (Hsien-Tsang y Quintanilla, 2008).

Reversión por inmersión: Otro método consiste en mantener las hormonas en el agua de los alevines. Para ello, los factores determinantes son: densidad, temperatura, presencia o ausencia de alimento vivo, dosis de hormona, tamaño, momento de inicio y duración (Manosroi *et al.*, 2004), además de la uniformidad de la hormona en el alimento y características genéticas de los individuos (Tachibana *et al.*, 2004). Altas densidades en las poblaciones tratadas por el método de inmersión conllevan a una disminución en los porcentajes de reversión (Fitzpatrick *et al.*, 1999).

La duración del proceso se relaciona con la talla inicial, condiciones para su crecimiento (promedio ideal: 14 días de tratamiento, entre los 12 a 18 mm de talla) al iniciar el tratamiento hormonal o presencia del saco vitelino; es efectivo hasta los 18 a 20 mm (20 a 30 días de edad) de los animales (Phelps y Popma, 2000).

Los rangos de temperatura adecuados están entre 28,5°C y 31°C; para mayor supervivencia y ganancia de peso (Drummond *et al.*, 2009). Los animales revertidos sexualmente por mecanismos hormonales presentan mayor tasa de crecimiento que sin tratamiento, por sus efectos androgénicos y anabólicos (Macintosh, 2008).

La acción androgénica de las hormonas implementadas para el proceso de reversión está determinada en la producción de tejido gonadal germinal y en la repoblación del tejido testicular por gonocitos (Manosroi *et al.*, 2004). No existe un valor de referencia estándar para la dosis de hormona necesaria en la producción de población monosexo de machos, pero está relacionada con las condiciones ambientales y tiempo de implementación (Mateen y Ahmed, 2007; Phelps y Popma, 2000).

Altas temperaturas pueden masculinizar poblaciones de *O. niloticus* de manera eficaz, iniciando el procedimiento el día 10 post-fertilización y durante 10 días. Rangos de temperaturas de 18 a 19 °C no afectan las tasas de sexo de las progenies, pero rangos de temperatura inferiores a 17.5°C desatan altas tasas de mortalidad. Al incrementarse los rangos de temperatura en los primeros 10-20 días de la tilapia, la aromatasa cerebral aumenta, pero los receptores a estrógenos no se afectan, factor que puede asociarse con un proceso cerebral de diferenciación sexual (masculinización) (Tessema *et al.*, 2006).

Azaza *et al.* (2008) obtuvieron 80% de machos a 36.83°C durante 20 días, iniciando al ser absorbido el saco vitelino, con tasas de supervivencia del 60%.

La sensibilidad de la tilapia nilótica a la temperatura durante el período de diferenciación sexual no se manifiesta en toda la progenie, pero dicha sensibilidad (hembras genéticas a machos funcionales) puede ser heredable en un 90 a 93%, pudiendo ser seleccionado para este carácter (Tessema *et al.*, 2006).

Selección de reproductores

La selección de los reproductores tiene la mayor importancia. Existen varios criterios para la selección de aquellos animales que van a proveer los alevines para el cultivo. En primer lugar, deben seleccionarse aquellos que dentro de una cohorte muestran un crecimiento más rápido; eso quiere decir que genéticamente están favorecidos para aprovechar mejor el alimento, y pueden alcanzar la talla y el peso de cosecha con menor tiempo en el sitio de engorde. Con ello

se hace un mejor aprovechamiento del alimento (Alcántar *et al.*, 2014).

Otro criterio de selección es el color. Ya anteriormente se trató la preferencia de los tonos rojizos. En muchas partes, por selección de los reproductores se ha llegado a obtener morfos rojos muy atractivos, como el citado Pargo-UNAM (Calixto 2011).

Los centros de alevinaje, no obstante, surgieron casi siempre asociados a la siembra de alevines en presas y otros grandes espacios, o para cultivos desarrollados en jaulas flotantes; para evitar la depredación por las aves acuáticas eliminaban los ejemplares rojos o amarillos, que eran más perceptibles. En estos momentos, por lo contrario, se trata de seleccionar estos morfos y fijarlos en la población por razones de mercado (Quirós y Quesada, 2018).

Los peces seleccionados como reproductores deben tenerse separados por sexos en estanques de buenas condiciones (Baltazar y Palomino, 2004).

II 4. Mercado internacional

La mayor parte del incremento de la producción mundial de peces se espera que provenga de la acuicultura, como camino para aliviar el déficit prospectivo que en oferta de proteína animal se vislumbra, incentivada por el crecimiento de la demanda de alimentos del sector pesquero tradicional (FAO, 2016), el colapso a nivel mundial de las pesquerías comerciales y motivado, además, por el esfuerzo de captura y la degradación de ecosistemas litorales, especialmente las zonas estuarinas (Lovatelli *et al.*, 2008; Pillay, 2004).

Los pronósticos mundiales relativos a los límites máximos de la pesca de captura, según la FAO (2014), que se habían realizado desde comienzos de los años setenta, se están confirmando cada vez más, estimándose en el 2012 que alrededor del 61.3% de las poblaciones se hallaban plenamente explotadas y por ello se producían capturas próximas a sus límites máximos sostenibles. Las capturas anuales no se incrementan desde hace tres décadas (FAO, 2016). Actualmente el cultivo de peces aporta más del 42.2% de la producción pesquera mundial y aproximadamente el 49% del suministro mundial de peces para la alimentación, incrementándose el consumo per cápita de 9.9 kg en 1960 a 19.2 kg en el 2012 (Isla *et al.*, 2016; FAO, 2016).

Las tilapias son el grupo de peces más producidos por la acuicultura mundial, según Castillo (2001), pero la FAO (2016) la ubica en el cuarto lugar. Tienen una contribución a la producción

de aproximadamente el 20% del volumen total de peces, incrementándose en más del 85% exclusivamente entre 1984 y 1992. La especie *O. niloticus* (tilapia nilótica) equivale al 80% de la producción, seguida de la *O. mossambicus* con el 5%.

En la actualidad, solo *O. niloticus* acumula cerca de cuatro millones de toneladas anuales (FAO, sf) y el incremento del cultivo de esta especie muestra un crecimiento casi exponencial a nivel mundial (Fig. 5).

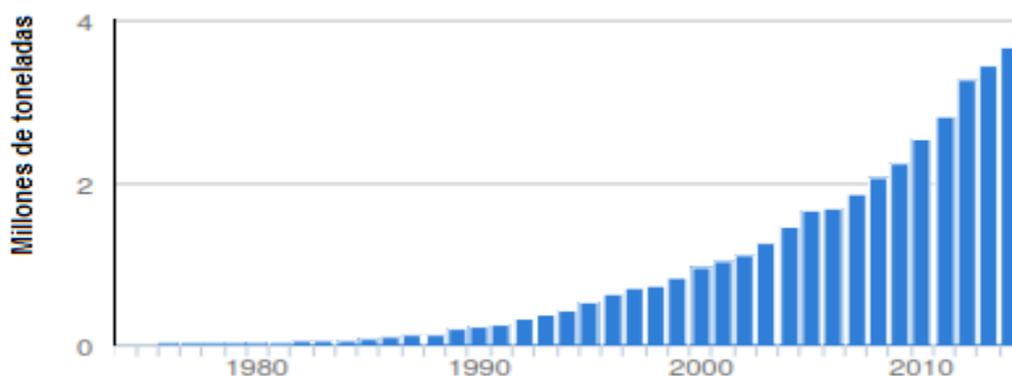


Figura 5: Incremento de la producción de *O. niloticus* a nivel mundial. Tomado y modificado de FAO sf La producción de tilapia en América, ya en el año 2000 sobrepasaba las 250,000 TM, presentando enorme crecimiento en los últimos años; los mayores productores fueron: México (102,000 TM), Brasil (45,000 TM), Cuba (39,000 TM), Colombia (23,000 TM), Ecuador (15,000 TM), Costa Rica (10,000 TM), USA (9,072 TM), Honduras (5,000 TM) y el resto (12,420 TM), se calculaba que para el año 2010 la producción ascendiera a 500,000 TM y se duplique en el año 2020 (Fitzsimmons, 2001).

En 1980 Cuba reporta por primera vez una producción de más de 5.000 toneladas de tilapia (Fonticiella y Sonesten, 2000), convirtiéndose en la especie de mayor demanda dentro de la isla. En 1990 Cuba supera las 18,600 toneladas de tilapia producida principalmente en reservorios y lagos, pero en esta nueva década con el empleo de alimento suplementario y laboratorios de producción de alevines, ya se establecen estanques para la producción semi-intensiva e intensiva (Fonticiella y Sonesten, 2000).

El propósito de FAO (2016) conocido como Iniciativa Crecimiento Azul ayuda a los países a elaborar y llevar a la práctica el nuevo programa mundial en relación con la pesca de captura y la acuicultura sostenibles, los medios de vida y los sistemas alimentarios, y el crecimiento

económico derivado de los servicios de los ecosistemas acuáticos. En ella se promueve la aplicación del Código de Conducta para la pesca responsable de la FAO y del enfoque ecosistémico de la pesca y la acuicultura (FAO, 2015). Esto refleja las metas de varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas. La iniciativa está especialmente dirigida a las numerosas comunidades costeras vulnerables y que dependen de la pesca de zonas en que los ecosistemas están ya sometidos a tensiones debido a la contaminación, la degradación del hábitat, la sobrepesca y las prácticas perjudiciales. La relación con las áreas marinas protegidas salta a la vista.

No obstante, el creciente desarrollo de los cultivos marinos ha provocado serios impactos en el equilibrio natural de las zonas costeras; entre ellos podemos citar: la tala indiscriminada de bosques de mangle para la construcción de estanques de cultivo (principalmente de camarones), la descarga al medio marino de residuales sin tratamiento, la introducción de especies foráneas y la fuga de estas al ambiente natural, considerado un peligro real de contaminación genética, enfermedades, disminución de la biodiversidad, el uso inadecuado de alimentos y antibióticos, entre otros (GESAMP, 1996; Pillay, 2004; Lovatelli *et al.*, 2008). Establecer cultivos artesanales de pequeña escala, con comunidades de baja capacitación y recursos limitados, indudablemente requiere que estos particulares sean tomados en cuenta. A esto se suma algo parecido a una inercia que genera indisciplina tecnológica (Quirós, 2015b). Los fenómenos mencionados gravitan, con signo negativo, en el propósito de que las alternativas pesqueras sean una forma de disminuir presión de pesca en las áreas protegidas y fuera de ellas y, por ende, contribuyan a la conservación de la biodiversidad marina.

Según Cicin-Sain y Knecht (1998) y GESAMP (2001), el primer problema de la acuicultura marina es su expansión demasiado rápida en regiones donde las consecuencias no son conocidas inmediatamente. Se expande sin datos de línea-base, sin evaluación de impactos ambientales ni sociales, ni planes de manejo para el uso de recursos productivos frágiles de los cuales depende. En respuesta al aumento de conciencia y comprensión de los problemas ambientales y sociales del maricultivo, actualmente existe un creciente consenso internacional en que la mitigación y restauración ambiental debe ser parte integrante del manejo del cultivo (Wurmann, 2012). El reto urgente es avanzar en la comprensión de la manera de lograr que los principios de una acuicultura marina sustentable sean trasladados a prácticas tangibles a nivel mundial.

III. Materiales y Métodos

La alternativa pesquera del cultivo de tilapia *O. niloticus* en agua de mar se desarrolló en comunidades costeras asociadas de dos áreas marinas protegidas: La Ballona, asociada a la Reserva Natural Padre Ramos, en Nicaragua, y Punta Alegre, asociada al Parque Nacional Los Caimanes, en Cuba. Se analizan los aspectos económico y social derivados de la ejecución de la alternativa en ambas comunidades costeras y el aspecto biológico, solamente en la comunidad de La Ballona, debido a la imposibilidad de la ejecución de las tareas relacionadas con el proceso de adaptación de las tilapias al medio marino como consecuencia de los efectos del huracán Irma en el poblado de Punta Alegre. La toma de los datos en Nicaragua se realizó en el 2015, y su procesamiento en el 2017 en Cuba.

Las diferencias en el contexto social y económico (una en un sistema socialista y la otra en el capitalismo) permiten ciertas comparaciones que, a su vez, facilitan generalizaciones para cualquier comunidad costera. Vale aclarar que, en lo biológico, las experiencias no poseen diferencias, dadas las condiciones ambientales que se asumen semejantes por ser de la misma región climática.

Aspecto Biológico

*Adaptación de *O. niloticus* al agua de mar*

Se trabajaron dos grupos de peces separados, en estanques de cemento, con dimensiones de 10x5x1 metros (50 m³) con facilidades de rebozo y desagüe para limpieza (Fig. 6). El material fue ladrillo repellido y estucado. En cada estanque se dispusieron inicialmente 25 000 alevines (40 alevines/m³) de unos cinco centímetros de talla promedio, lo que se puede considerar una edad temprana. Se emplearon morfos rojos de *O. niloticus* masculinizados mediante la aplicación en el alimento de 17 alfa-dimetil-testosterona (Arboleda, 2005), obtenidos de la Universidad Centroamericana de Managua.



Figura 6: Estanque de adaptación de las tilapias al agua de mar. Obsérvese la malla anti-depredadores. Antes de la siembra de los peces se igualó la temperatura del agua de transporte y la de los estanques. Esto se realizó manteniendo las bolsas plásticas de traslado flotando sobre la superficie del agua de los estanques durante un periodo de aproximadamente 20 minutos y finalmente se abrieron las bolsas y los peces nadaron hacia su nuevo ambiente.

Los estanques tenían agua dulce y una vez que se liberaron los alevines y esto se desestresaron³, se inició el proceso de adaptación a la salinidad. Para esto se sustituyó diariamente aproximadamente el 10% del total del volumen del agua del estanque (medido por la columna de agua) con agua de mar de 36‰ de salinidad. Se monitoreó sistemáticamente la salinidad de los estanques con auxilio de un salinómetro refractómetro marca ATAGO (0-100‰). Al transcurrir 25 días los estanques poseían agua de 36‰ de salinidad. Se observó el efecto de las variaciones de la salinidad en la morfología de los peces y se planeó suspender el proceso de adaptación si aparecían señales de trastorno fisiológico. Se registró diariamente el número de

³ Se considera que los peces han perdido el estrés del traslado cuando comienzan a comer.

individuos muertos y el acumulado, a fin de calcular la mortalidad (número de muertes por cada 100 individuos) y la supervivencia (ecuación 1), donde S es la supervivencia y M es la mortalidad; ambos parámetros se expresaron en porcentos. Los resultados se llevaron a gráfico mortalidad vs. quincenas, y mortalidad acumulada vs. quincenas (Cruz, Ricque y Martínez, 1993).

$$S = 1 - M \quad (1)$$

Crecimiento

Los alevines fueron alimentados en los estanques de adaptación con harina artesanal de cabeza de camarón, con adición de una mezcla de paja de arroz y moringa (carbohidratos baratos) para disminuir el contenido proteico hasta un 35% (ver Quirós, 2015a). Los alevines fueron engordados hasta 30 g. Con este peso, los mismos no pasan por la malla de 2 cm de abertura (según las tablas de Galidi, Israel), con la que se confeccionó el encierro.

El encierro fue de 40 x 40 x 1.5 metros, construido con malla plástica de 2 cm de abertura (Fig. 7). La malla se dispone desde el fondo hasta encima del nivel superior al de mareas altas. Una vez en el encierro, los alevines se alimentaron con pelets de 2 mm de diámetro confeccionados con la misma harina hasta la semana 5 y de 4 mm de diámetro en lo adelante, hasta el final de la experiencia. El contenido proteico de la alimentación en el encierro fue de 28%. La diferencia en proteínas de las dos etapas se ajusta a dos razones: un contenido inicial más alto para lograr un crecimiento acelerado y uno más bajo después por tratarse de peces omnívoros.



Figura 7: Malla plástica rígida empleada en el encierro.

Se utilizó el *software* de alimentación y control confeccionado por Quirós y Quesada (2017) para determinar la cantidad de alimento suministrado por día, en cada etapa (Tabla III).

Cada dos semanas se tomó una muestra de 30 individuos para la determinación de la talla y peso individual utilizando un ictiómetro artesanal (Fig. 8) y una balanza tipo dinamómetro de 0.1 gramos de precisión. Los datos así obtenidos tributan al *software* antes mencionado.



Figura 8: En la foto, se observa la medición de la talla con uso de un ictiómetro.

Tabla III: Cantidad de alimento suministrados para el engorde de *O. niloticus* durante su desarrollo (Quirós y Quesada, 2018).

Para alevines		Para juveniles y adultos (ceba)	
Rango de peso (g)	% de la biomasa total que se da en alimento	Rango de peso (g)	% de la biomasa total que se da en alimento
< 1	40	30 - 50	8
1 - 3	35	50 - 100	6
3 - 5	15	100 – 150	5
5 - 10	11	150 – 200	4
10 - 30	8	> 200	3 – 3.5

Los datos se asentaron en pares talla (cm) / peso (g) en hojas de Excel 2016, que permiten su exportación a STATISTICA 12.0 (StatSoft, 2014). para determinar diferencias significativas entre quincenas, tanto en tallas como en peso; se determinaron las medias e intervalos de confianza, con empleo del test ANOVA de Kruskal Wallis (con $p < 0.05$), pues es reconocido que este análisis gráfico es confiable para determinar diferencias (Johnson, 1999).

Se determinó el factor de conversión alimenticia (FCA) de acuerdo a la ecuación (2), el cual considera la ganancia en peso diario en comparación con la cantidad de alimentos suministrados, sin corrección por el alimento sobrante (Kuri-Nivon, 1979; Baltazar y Palomino, 2004).

$$FCA = \frac{\text{Alimento suministrado en un intervalo de tiempo}}{\text{Incremento en peso en el mismo tiempo}} \quad (2)$$

Se calculó el Factor de condición (FC) para determinar el aprovechamiento del alimento

$$FC = \frac{\text{Peso}_{(g)}}{(\text{Talla}_{(cm)})^3} \quad (3)$$

Aspecto económico y ambiental

Para decidir acerca de la sostenibilidad económica de la experiencia, se llevó el registro de gastos de inversión y de mantenimiento (combustible, compra de alevines, electricidad, transporte, mano de obra y otros gastos menores) e ingresos (ventas) hasta la cosecha y venta.

Los datos así obtenidos permiten confeccionar un análisis costos-ingresos-ganancias, que se valora para diferentes cantidades de encierros: uno, dos y tres, de forma separada.

Para los aspectos ambientales se confeccionó una tabla con los posibles impactos ambientales que el cultivo pudiera influenciar sobre el medio, analizando los factores abióticos y bióticos.

Aspecto social

Al iniciar la experiencia, se realizó una entrevista a los pobladores de las comunidades costeras estudiadas con el propósito de conocer la percepción acerca del cultivo de *O. niloticus* en ambientes marinos, ya que es una experiencia nueva en las comunidades. En el caso de la comunidad La Ballona, se realizó otra entrevista al concluir la experiencia para valorar si se produjeron cambios en la opinión de la población sobre la alternativa pesquera implementada. Los efectos del huracán Irma y las dificultades con algunos suministros no permitieron desarrollar la experiencia de cultivo en Punta Alegre, pero este particular no afecta los propósitos de la tesis.

Los temas de la entrevista fueron:

1. Expectativas que tienen en el cultivo.
2. Dificultades que enfrentan.
3. Opinión que tienen acerca de continuar pescando a pesar de mantener un cultivo de tilapias.

Además, a fin de valorar el impacto social del proyecto, se realizaron observaciones en cuanto a:

1. Información acerca del proyecto
2. Generación de empleos en la comunidad
3. Cambios en el paisaje
4. Cambios en el modo de vida
5. Cambios en la densidad de población
6. Influencias en salud y seguridad
7. Influencias en el transporte
8. Cambios en las pesquerías
9. Cambios en las actividades recreativas

IV. Resultados

Aspecto Biológico

La adaptación gradual de las tilapias al agua de mar (36‰ como límite superior) se desarrolló durante un período de 25 días (Fig. 9). Durante este proceso no se observaron variaciones morfológicas en los peces como pudieran haber sido síntomas de ceguera, sangramientos, abultamientos del vientre u otros.

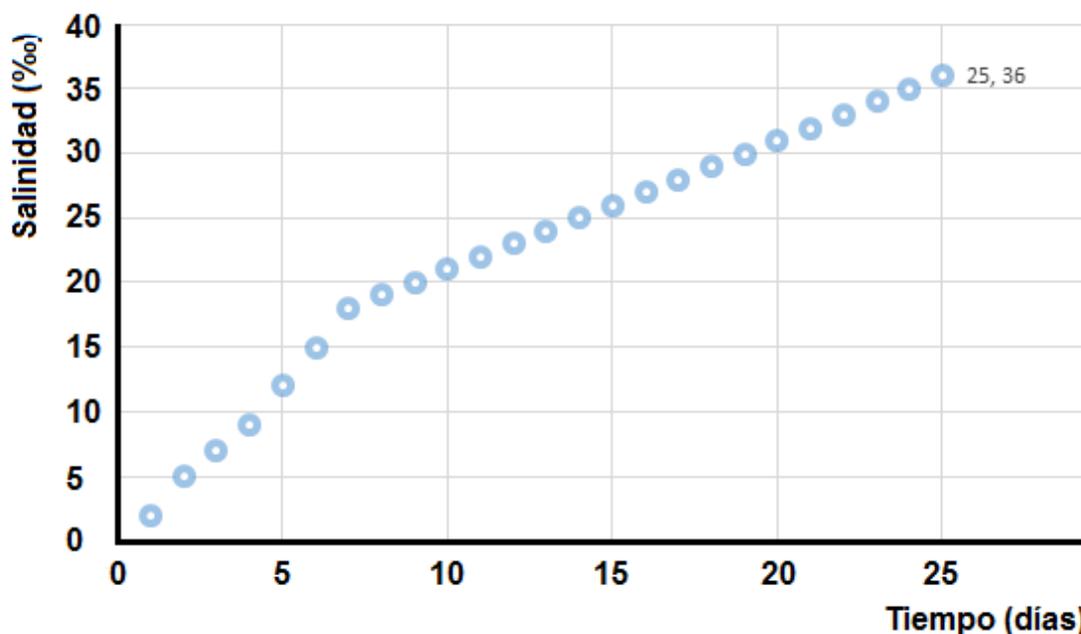


Figura 9. Variación de la salinidad impuesta a dos pruebas de adaptación con 25000 tilapias. Obsérvese que a los 25 días se alcanza 36 ‰ de salinidad.

En general, los valores de mortalidad obtenidos fueron bajos, siendo ligeramente diferentes en las dos pruebas efectuadas (Fig. 10). En ambos casos, se observa una tendencia positiva en el tiempo, alcanzándose los máximos valores al final del período de adaptación, lo cual coincide con el máximo incremento de la salinidad. Sin embargo, la mortalidad acumulada al final del periodo de aclimatación fue baja en los dos experimentos desarrollados (0.016 y 0.015%) (Fig. 11). La mortalidad acumulada no presentó grandes diferencias finales entre las dos pruebas, como tampoco a lo largo de los 25 días de adaptación (Fig. 11).

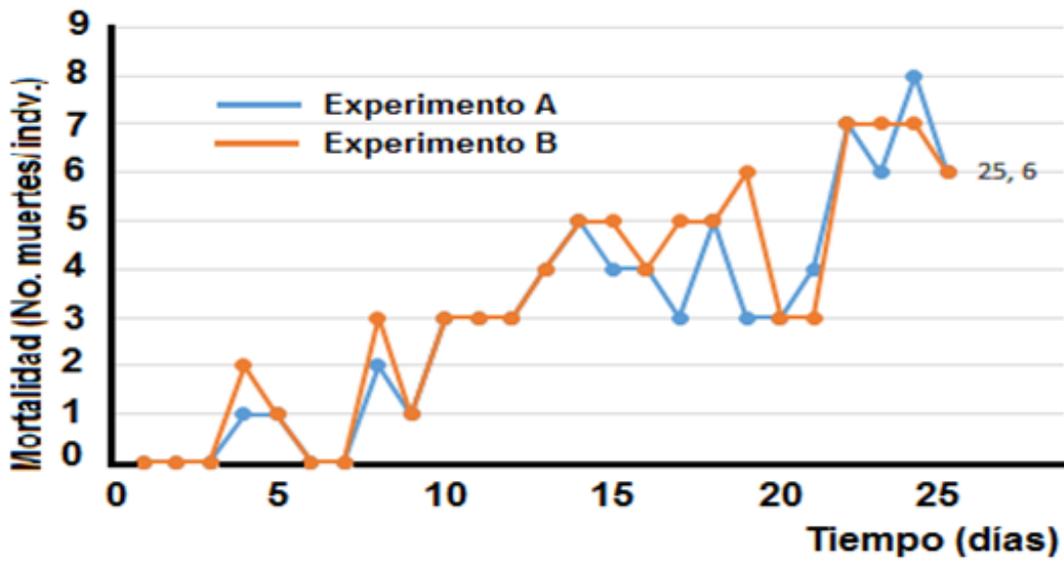


Figura 10. Mortalidad de tilapias en dos experimentos con 25000 peces, donde paulatinamente se aumentó la salinidad hasta alcanzar 36‰ en 25 días.

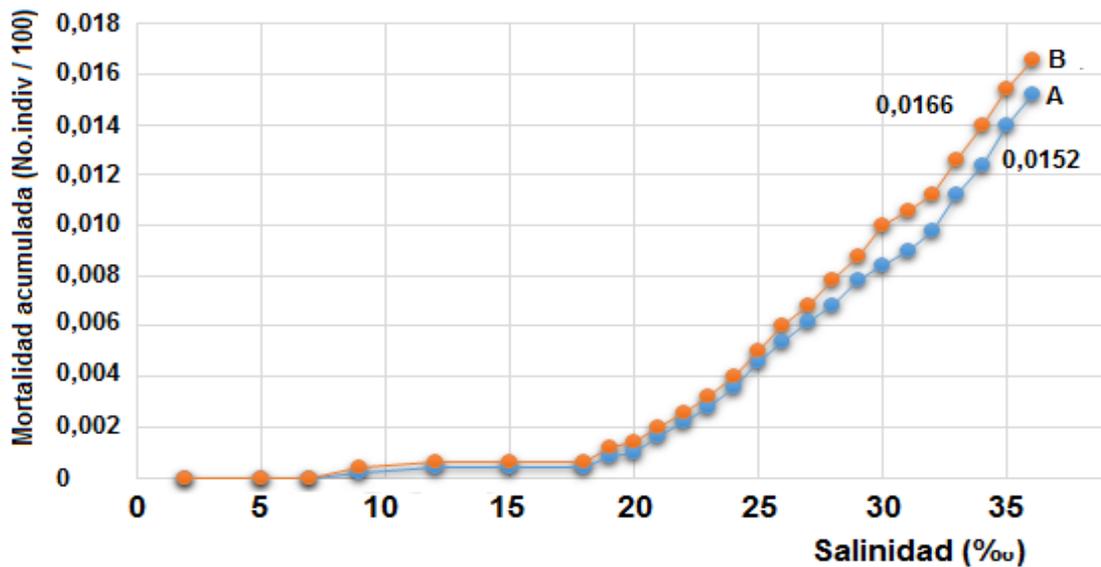


Figura 11. Mortalidades acumuladas, debidas al aumento de la salinidad, en dos experimentos de adaptación de *Oreochromis niloticus*

La variación de la talla (cm) durante las 14 quincenas (7 meses) analizadas se ajusta a una recta de expresión:

$$y = 2.3319x + 3.4308 \quad (3)$$

Esta muestra una pendiente positiva indicando el incremento de la talla en el tiempo (Fig. 12). El coeficiente de determinación (R^2) calculado, que puede considerarse alto, fue de 0.993.

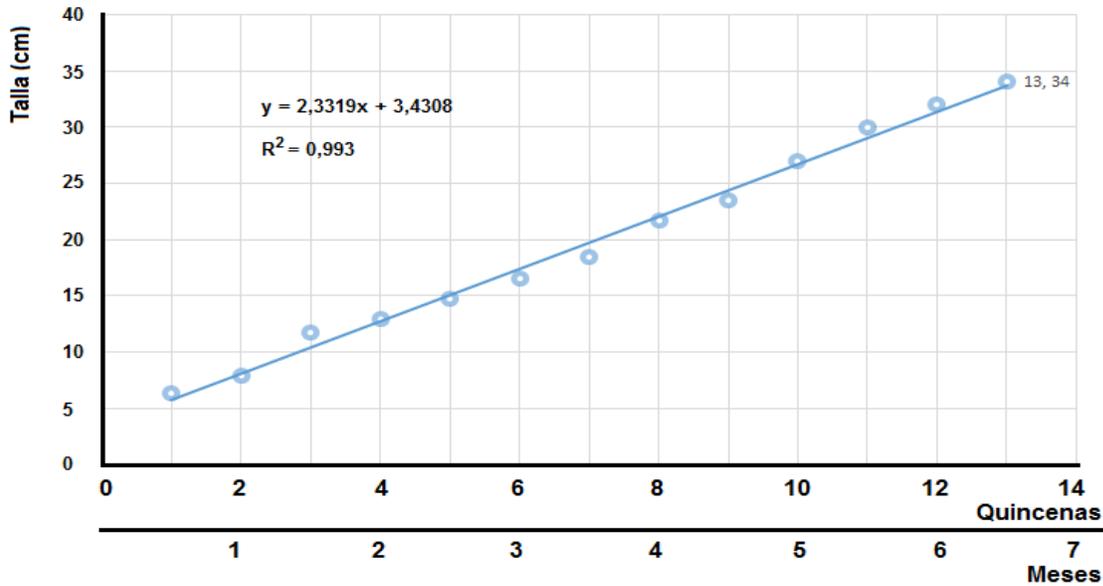


Figura 12. Curva de variación de la talla de *Oreochromis niloticus* en un cultivo en agua de mar, mantenido durante 14 quincenas.

La variación del peso en las quincenas de estudio se ajusta mejor a un modelo logarítmico de la forma:

$$y = 209.98 \ln(x) - 16.993 \quad (4)$$

como se observa en la figura 13, para el cual se obtiene que $R^2=0.987$. Como el objetivo de los cultivos es alcanzar un peso comercial de 460 g (una libra), se calculó el valor de x para el correspondiente de $y=460$ g a través del modelo logarítmico, obteniéndose $x=9.69$ quincenas. Consecuentemente, se considera que a partir de la novena quincena y los 10 días puede comenzar la cosecha. Un valor de $x=9.69$ pudiera ser aproximado a 10 quincenas; sin embargo, esto implicaría cinco días más de cultivo con los gastos consecuentes en alimentación para los peces y mano de obra de los trabajadores.

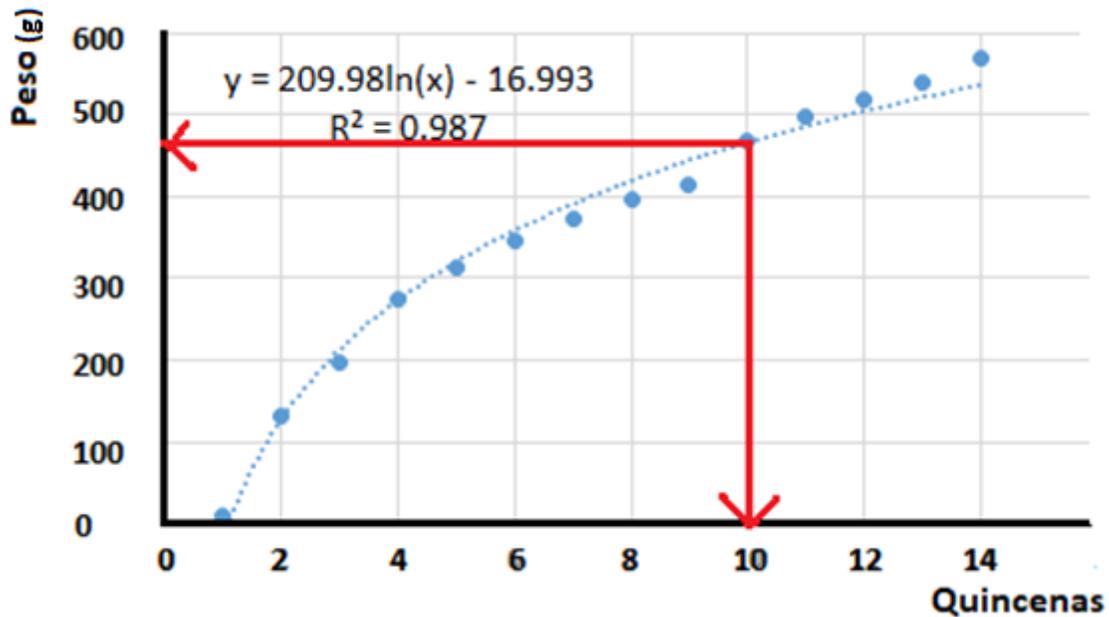


Figura 13. Crecimiento promedio en peso de un cultivo de la tilapia *Oreochromis niloticus* en agua de mar. La flecha proyectada en el eje del tiempo indica el momento en que los animales alcanzan una libra.

El coeficiente de determinación de la relación talla/peso es de 0.9178 (Fig. 14). Estas variables se relacionan linealmente de acuerdo a la ecuación (5).

$$y = 0.0556x - 0.9662 \quad (5)$$

El ajuste de una recta responde a que se trata de los primeros momentos del desarrollo de los individuos: es una parte de la curva exponencial que puede asumirse una recta en términos prácticos.

El incremento en peso diario promedio del cultivo fue de 2.86 gramos durante las 14 quincenas del experimento. Este incremento no fue constante durante todo el tiempo, como puede apreciarse en la figura 14. Los individuos de esta especie pueden vivir hasta varios años y alcanzar pesos de varias libras, lo que permite asumir una recta en las etapas iniciales, como las que se presentan. Si se calcula el incremento diario durante el tiempo que demora en alcanzar el peso comercial, que es el interés del cultivo, el incremento diario fue de 3.21 g. El mayor valor de los primeros meses se ajusta a la recta de tendencia decreciente que se aprecia en la figura 15.

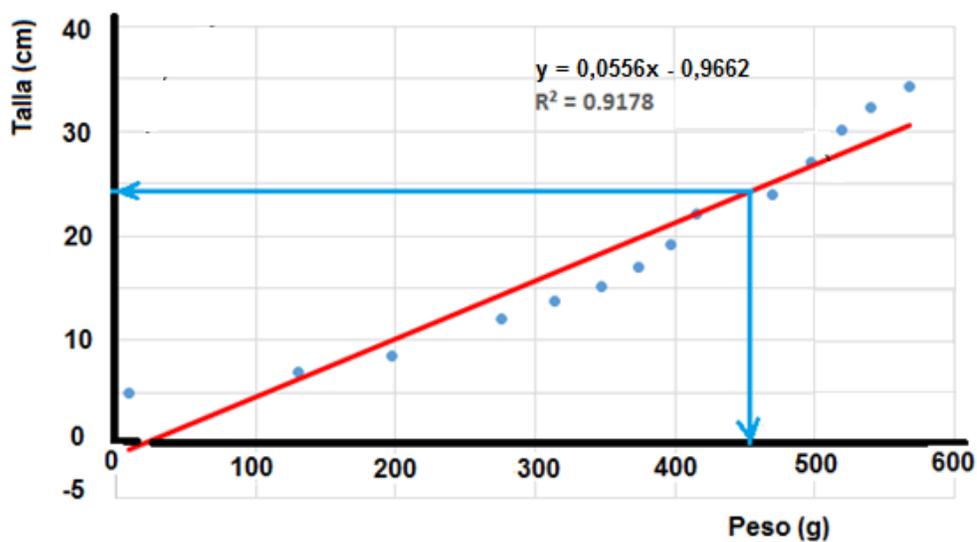


Figura 14. Relación talla/peso (cm/g) de un cultivo de *Oreochromis niloticus* en agua de mar.

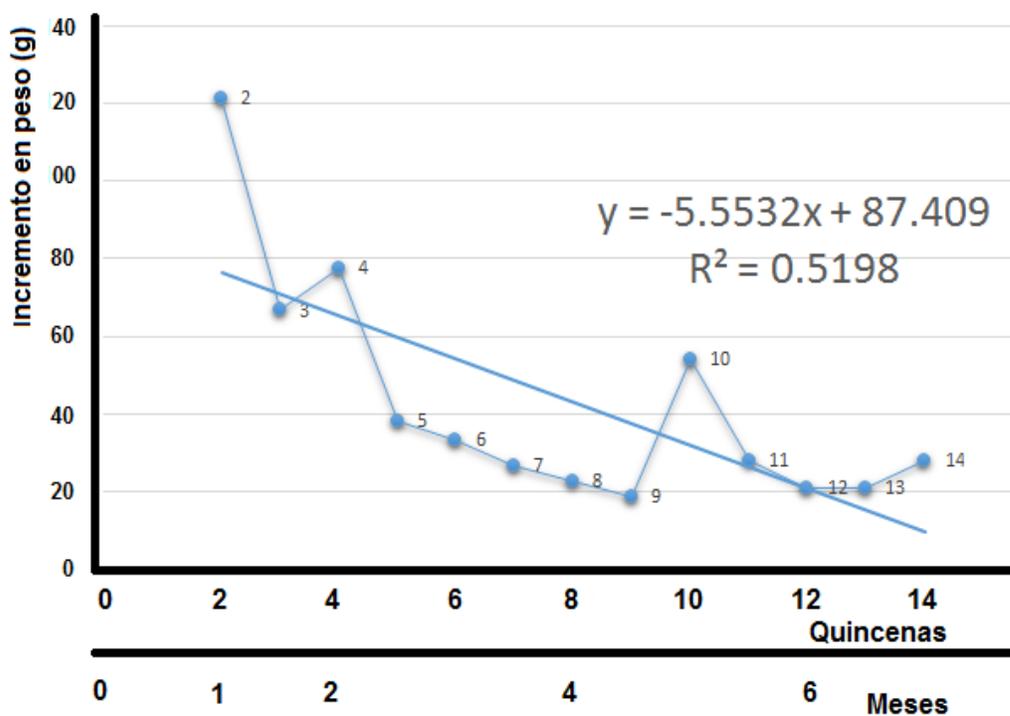


Figura 15. Incremento promedio de peso (g) de los individuos en un cultivo de *Oreochromis niloticus* en agua de mar, mantenido durante 14 quincenas.

La curva de aumento del peso (Fig. 14) es ligeramente exponencial, pero aun así pueden diferenciarse dos partes ligeramente distintas, que fundamentan asegurar un aumento de peso

alométrico: desde el inicio hasta la quincena cuatro y desde esta hasta la quincena 10, cuando alcanzan los 460 g de peso.

La tabla IV muestra los valores de conversión de estas dos etapas, así como de una tercera después de alcanzar la libra y el valor total de la experiencia.

Tabla IV: Valores de peso promedio (W) de los peces (kg), de la variación de biomasa (kg) en la etapa, del alimento consumido en la etapa (kg) y del factor de conversión (kga de alimento por cada un kgb de biomasa producida). La última fila se corresponde con toda la etapa experimentada y la de 1-10 se corresponde con la etapa de engorde recomendada hasta una libra (0.46 g).

Etapa	W media (kg)	ΔW media (kg)	Δ biomasa (kg)	Alimento (kg)	Conversión (kga/kgb)
1-4	0.27	0.26	522	648	1.24
5-10	0.46	0.20	398	515	1.29
1-10		0.46	920	1163	1.26
11-14	0.57	0.11	220	290	1.32
1-14	0.57	0.56	1122	1453	1.30

La tabla refleja el aumento del factor de conversión de la primera a la segunda etapa, y el valor para el tiempo de alcanzar una libra resulta intermedio (1.26). Aunque ya en la quincena 10 se ha alcanzado una libra, la experiencia se continuó 14 quincenas y para ese tiempo de engorde el factor de conversión resultó de 1.30, algo mayor que los de las primeras etapas.

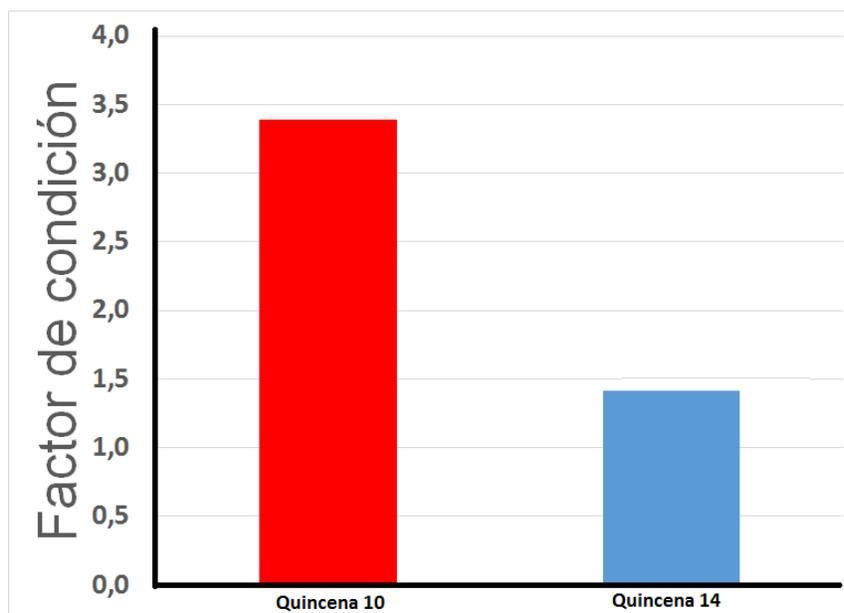
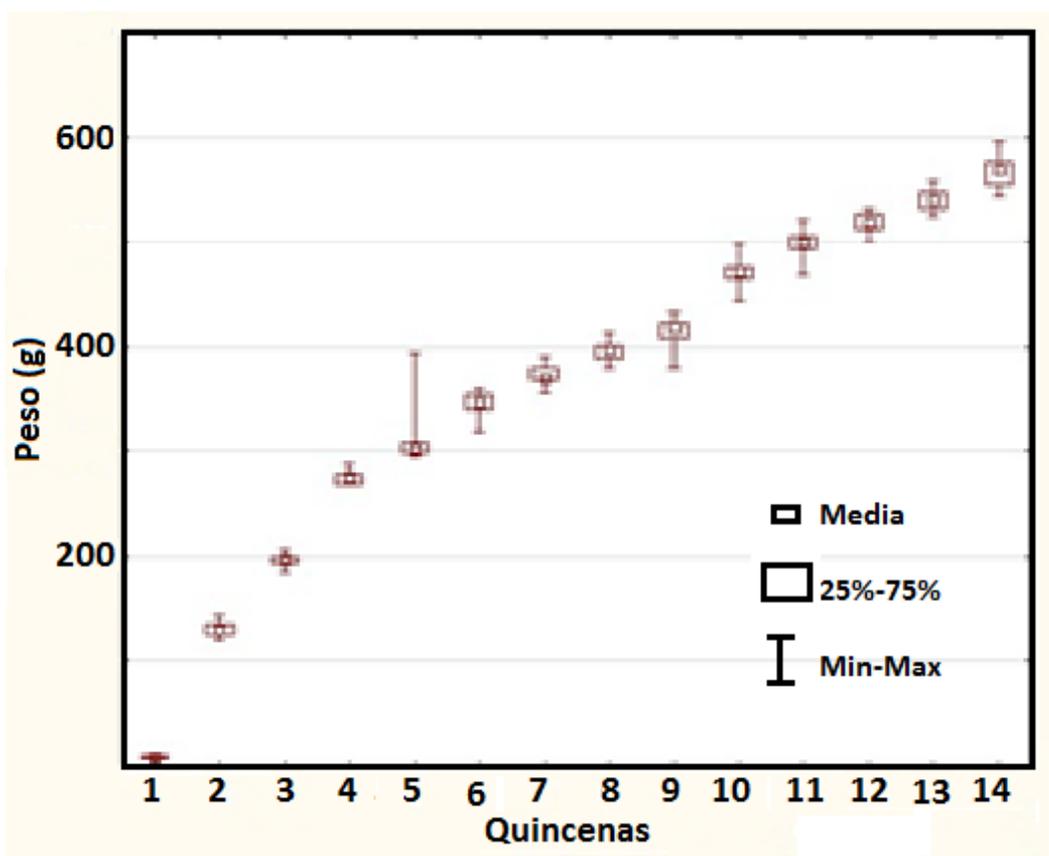


Figura 16. Factor de condición de *Oreochromis niloticus*

La figura 16 tiene una información interesante: al concluir la quincena 10 el factor de condición era mucho mayor que el alcanzado en la quincena 14. Un cultivo estabilizado en el alimento debe exhibir un factor de condición cercano a la unidad; los valores por encima reflejan un suministro de alimento superior al necesario, que se interpreta como que los animales tienen un peso superior al que debían tener para una talla determinada: están muy gordos para su talla. Tratándose de un cultivo donde la cosecha se vende por peso, esto no parece ser un problema económico que se genere por exceso de alimento.

El resultado estadístico descriptivo obtenido denota una variación de la talla y el peso (Fig.17) similar a la mostrada en las figuras 12 y 13. Todas las mediciones quincenales, de peso y de talla, difieren significativamente de las adyacentes.



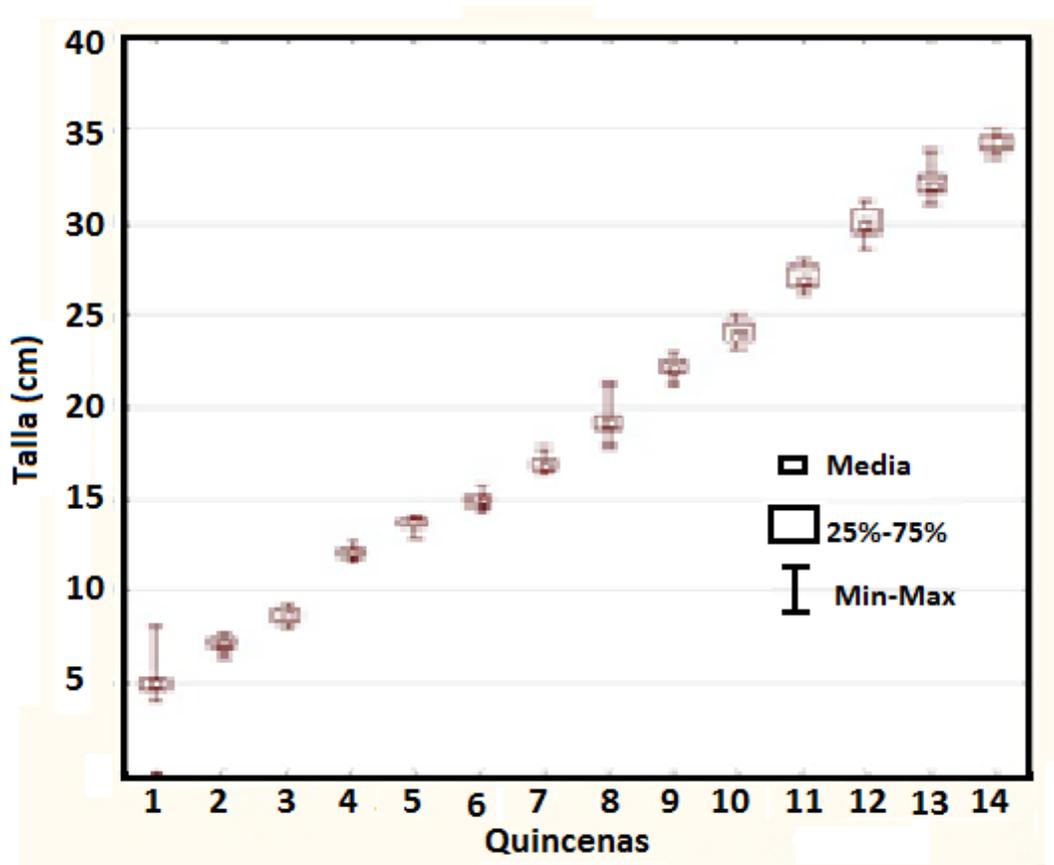


Figura 17: Representación gráfica de cajas de los resultados estadísticos de peso y talla del cultivo de *O. niloticus*.

Aspectos económicos

El montaje de una granja, con un solo encierro para 25 000 animales (40x40x1.5 metros), tiene un costo de 28 815 USD. En esto se incluyen elementos como el estanque de adaptación a la salinidad y la caseta de cuidado, que no se incrementan porque se aumente el número de encierros, con excepción del costo de propio encierro que se adiciona. Son los gastos de inversión. Los gastos variables se corresponden con salarios, alimentos, energía, etc.

La tabla V resume los gastos de inversión y mantenimiento para encierros de 25 000 peces que se cosechan con 460g, que tienen un precio de dos dólares por ese peso (una libra). La parte inferior de la tabla muestra un balance entre gastos e ingresos, lo que determina las ganancias potenciales para cada variante: uno, dos y tres encierros. Debido a la baja mortalidad, que se asume como despreciable, no se consideran las pérdidas por muertes.

Tabla V. Gastos de inversión (Inv) y mantenimiento (Man) para granjas de uno, dos y tres encierros. Se calculan 25 000 peces en cada encierro y un precio de dos USD la libra.

Insumos	Gastos según número de encierros					
	1		2		3	
	Inv	Man	Inv	Man	Inv	Man
Estanque de adaptación a la salinidad	800					
Bomba de agua	50					
Encierro (malla y cabillas)	565		1130		1695	
Caseta de cuidado	718					
Molino - Peletizadora	1000					
Prensa	500					
Salinómetro	80					
Balanza	20					
Nevera	35					
Motor	200					
Termo	27					
Equipo de buceo	820					
Alevines		2500		5000		7500
Alimento peces		4000		8000		12000
Mano de obra		17500		35000		52500
Gastos por concepto	4815	24000	1130	48000	1695	72000
Gastos Totales		28815		49130		73695
Ingresos		50000		100000		150000
Ganancias		21185		50870		76305

El escenario económico del cultivo varía notablemente con el aumento de los encierros en la granja. Suponiendo que un colectivo de cinco personas no puede humanamente atender más de tres encierros, el cálculo se llevó hasta esa meta. Los resultados se asientan en la tabla V, mientras que la figura 18 muestra gráficamente la relación entre el número de encierros y las ganancias.

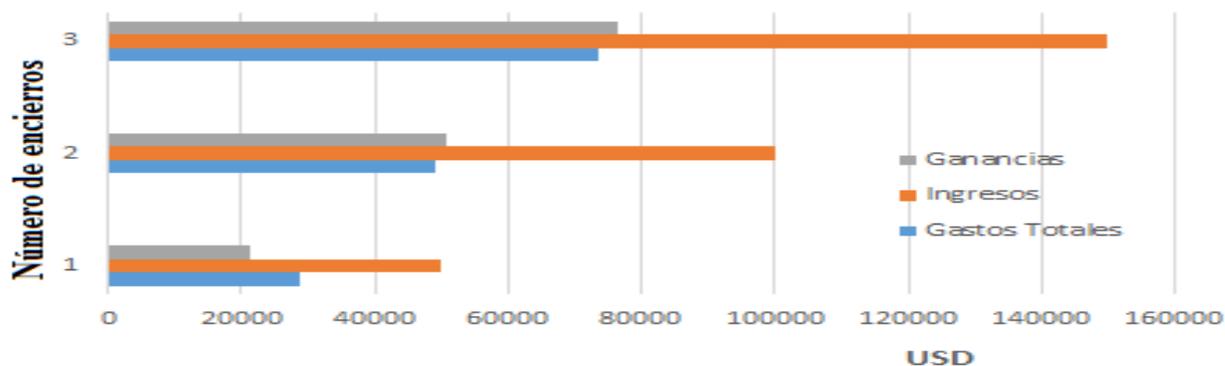


Figura 18. Incremento de los gastos, los ingresos y las ganancias en tres situaciones distintas: con uno, con dos y con tres encierros.

Aspecto ambiental

Se evaluaron 20 posibles impactos ambientales sobre distintos factores, como se muestra en la tabla VI.

Tabla VI: Resumen de los impactos ambientales analizados en factores abióticos y bióticos de posible influencia por el cultivo. En cada valoración se representa los signos del impacto: (+) positivo; (-) negativo; (0) no afectación.

No	Factor	Valoración	
		Punta Alegre	La Ballona
IMPACTOS SOBRE FACTORES ABIÓTICOS			
1	Temperatura del agua (superficial y de fondo)	No sufre afectación alguna por efecto de la construcción de los encierros, ya que las estructuras no generan frío o calor. (0)	
2	pH	No sufre cambios. Los arrecifes son estructuras calcáreas estabilizadoras del pH. (0)	No sufre cambios. Existen otras estructuras carbonatadas (como conchas de moluscos) que equilibren el pH. (0)
3	Corrientes	Las corrientes superficiales no cambian por efecto de las estructuras o por los encierros de tilapias; las submarinas pasan a través de las estructuras sin sufrir cambios en su dirección y magnitud. (0)	
4	Oleaje	El oleaje normal no se ve interrumpido en su patrón por el efecto de las estructuras, pero se atenúa en caso de tormentas. (+)	
5	Viento	No se influye por efecto de los encierros o de las jaulas (0)	
6	Marea	La marea no se verá impactada por la presencia de las estructuras instaladas (0)	
7	Salinidad	La salinidad no será impactada en ninguna de las etapas. (0)	
8	Sedimentos	Los sedimentos superficiales podrían incrementarse por alimento sobrante, lo que se resuelve manteniendo una alimentación sin sobras, ajustado al patrón indicado. (-)	

9	Sólidos disueltos	No se presentarán cambios porque las estructuras no desprenden materiales a la columna de agua. En el caso de los alimentos añadidos (pocos en la extensión del mar), las corrientes deben mantener concentraciones bajas por su efecto de dispersión. (0)
10	Sólidos sedimentables	Es un impacto bajo y efímero a causa de las corrientes que los dispersan (0)
11	Turbidez	La turbidez no se verá impactada por la presencia de las estructuras ni del proceso de alimentación. En la limpieza se generan pocas sustancias orgánicas (restos de algas) que se dispersan por las corrientes. (0)
12	Línea de costa	La línea de costa no se verá impactada por la presencia de los encierros o de las jaulas, ya que serán colocados lejanos de la costa; no modifican la hidrodinámica. (0)
13	Batimetría	La profundidad no se verá impactada. (0)
14	Oxígeno disuelto	No se reportan cambios en la concentración de oxígeno disuelto por la presencia de alta concentración de peces a causa de las corrientes; la alimentación de peces debe ser sin excesos para que los desperdicios no generen consumo de oxígeno. Por otra parte, las macrófitas que colonicen las estructuras deben aportar oxígeno a la columna de agua, siendo un bajo impacto y benéfico. (0)
15	Materia orgánica	No existen reportes que indiquen una mayor concentración de material orgánica en la columna de agua por efecto del cultivo, si la alimentación de las tilapias se suministra sin excesos. (0)
16	Nutrientes	Los nutrientes en la columna de agua y en el fondo no se verán impactados. (0)
17	Conductividad	Este valor no se verá afectado por la presencia de las estructuras. (0)
18	Hidrocarburos en la columna de agua	Las estructuras no tendrán efecto en las concentraciones de hidrocarburos. (0)
19	Hidrocarburos en sedimentos marinos	Las estructuras no tendrán efecto en las concentraciones de hidrocarburos. (0)
20	Materia orgánica en sedimentos	Es probable que dentro de los encierros se concentren restos orgánicos derivados alimento de las tilapias, que puede generar proliferación de algas. Las tilapias, que son omnívoras, deben controlar esta biomasa. Es impacto es positivo ya que incorpora alimento adicional. (+)
IMPACTOS SOBRE FACTORES BIÓTICOS		
1	Tipo de fondo	Solo se verá impactado en el área por sombra del cardumen, siendo este impacto bajo y despreciable en cuanto al porcentaje de cobertura por modulo. (-)
2	Zooplankton abundancia	Puede incrementarse la abundancia de zooplankton por efecto domino de la cadena alimentaria, pero el zooplankton constituye alimento adicional a las tilapias. (+)

3	Zooplankton diversidad	La diversidad se verá impactada localmente, asociada a sombras y nuevos sustratos, pero constituye alimento adicional, por lo que se controla. (-)
4	Fitoplancton, abundancia	La abundancia de las comunidades de fitoplancton se verá impactada de manera constante y permanente por la aparición de nuevo sustrato y por el aumento de la abundancia de diversos organismos que se alimentan de él. (-)
5	Fitoplancton, diversidad	La diversidad se verá impactada antes del zooplankton y zoobentos, pero constituye alimento de las tilapias, por lo que se controla. (-)
6	Macrofauna abundancia	La abundancia de la macrofauna será de las variables que más fuertemente serán impactadas por la presencia del cultivo (desperdicios de alimentos, excretas, sustratos y sombra). El proporcionar hábitat para que sea colonizado por diversos organismos impactará de manera gradual, constante y permanente, pero son elementos de alimentación natural de los peces omnívoros en cultivo. (+)
7	Macrofauna diversidad	La proporción de superficies adecuadas para la colonización de larvas, incrementará la diversidad de organismos en zonas en las cuales anteriormente no existían, pero deben ser controlados por peces omnívoros en cultivo. (+)
8	Macrófitas abundancia	La macrófitas aumentarán su abundancia por la colonización de nuevo sustrato, este impacto será permanente y constante. (-)
9	Macrófitas diversidad	La diversidad se verá impactada por la presencia de macrófitas que al encontrarse en deriva no podían asentarse por falta de sustrato, este impacto será permanente y constituye alimento adicional. (-)
10	Ictiofauna abundancia	La abundancia de las comunidades de peces externos se verá impactada de forma permanente y constante, debido a sobrantes alimentarios. Deben ser principalmente especies omnívoras. (+)
11	Ictiofauna diversidad	La diversidad de las comunidades de peces se verá fuertemente impactadas y de manera constante, pues los omnívoros atraerán depredadores. (+)
12	Colonización larvaria	Esta variable será otra que será impactada en buen grado porque las mallas brindan un sustrato adicional no existente anteriormente. Las larvas de especies sin estructuras calcáreas (como tunicados e hidrozoos) pueden ser retirados con facilidad, no así los cirripedios que requieren mayor efecto. (+)

Aspecto social

El resultado de la entrevista a las comunidades de Padre Ramos y Punta Alegre se asienta en la tabla VII. La última columna de la tabla no posee datos debido a que, como ya se explicó, el

huracán Irma destruyó las instalaciones y no permitió culminar el proceso de cultivo antes de la presentación de esta tesis.

Tabla VII. Resultados de las encuestas realizadas a los participantes en el cultivo de tilapias en la Reserva Natural de Padre Ramos (Nicaragua) y en Punta Alegre, asociada al Parque Nacional Los Caimanes (Cuba).

	Padre Ramos (15)		Punta Alegre (18)	
	Antes	Después	Antes	Después
Expectativas en el cultivo				
Cercanía a la casa	8	10	15	
Mejoras económicas	15	15	18	
Trabajar con la familia	5	9	11	
Ampliar la granja	0	12	0	
Cultivar otras especies	0	2	3	
Enseñar a otros pescadores	1	6	0	
Dificultades en el cultivo				
Desconocimiento de la tecnología	14	1	16	
Problemas de coordinación	13	15	18	
Problemas de suministro	2	1	18	
Preparación de alimento	0	2	15	
Escapan los peces	7	0	2	
Suministro de alevines	0	7	16	
Asesoramiento	2	6	3	
Amenazas naturales	0	11	17	
Robos	13	15	18	
Ventas	6	14	14	
Transporte	2	5	17	
Almacenamiento	0	12	18	
Adaptación	0	2	1	
Depredación	0	15	0	
Seguir pescando				
No es necesario	2	13	2	
No alcanza el tiempo	0	14	0	
Subsistencia	2	15	60	
Seguir	12	1	10	

Los impactos sobre los factores ambientales de tipo social que se consideraron (9) se asientan en la tabla VIII:

Tabla VIII: Resumen de los impactos analizados en factores sociales sobre posible influencia por la implementación del cultivo. En cada valoración se representa los signos del impacto:

(+) positivo; (-) negativo; (0) no afectación.

No	Factor	Valoración	
		Punta Alegre	La Ballona
IMPACTOS SOBRE FACTORES SOCIALES			
1	Información del proyecto	La información del proyecto se extiende a la comunidad y no solo a los participantes del proyecto, por lo que se convierte en un factor importante en el control de efectos generales. (+)	La información del proyecto se limita inicialmente a los participantes en el mismo, lo que no permite una participación general en el control de efecto; posteriormente se divulga por el mecanismo pescador a pescador. (+)
2	Generación de empleos	Durante la etapa de construcción de las estructuras no se verá impacto sobre las poblaciones costeras ubicadas cerca de las zonas en las cuales se implementa la alternativa. El impacto será alto y constante por efectos de la operación de las granjas, por el aumento de biomasa con fines de pesca comercial, como por el aumento de otras actividades posibles, promoviendo la diversificación de las actividades productivas en las comunidades de pescadores. (+)	
3	Paisaje	El paisaje submarino no se verá impactado por la presencia de jaulas o encierros. (0)	
4	Modo de vida	El impacto será a largo plazo y gradual, al producirse la diversificación de las actividades económicas. (+)	
5	Densidad de población	El aumento de la población se impactará a largo plazo por disminución de causas de migración. (+)	
6	Salud y seguridad	No afecta de forma directa, pero de forma indirecta se beneficia por aumento del poder adquisitivo. (+)	
7	Transporte	Solo impacta en la necesidad de transporte para llevar cosechas fuera de la localidad. (-)	
8	Pesquerías	Las pesquerías tendrán un impacto alto, de mediano a largo plazo y de manera constante, y a causa de todas las alternativas planificadas. (+)	
9	Actividades recreativas	No se prevé impacto inmediato en actividades recreativas, incluyendo el turismo. (0)	Las actividades recreativas tendrán un impacto alto, a mediano plazo y de manera constante, debido al uso turístico de las granjas. (+)

V. Discusión

Resulta de la mayor importancia el haber desarrollado la adaptación a la salinidad en 25 días, un tiempo mucho más dilatado que otros referidos en la literatura. El incremento gradual de la salinidad es el método más utilizado para adaptar a un gran número de especies al agua salada, aunque dependiendo de la especie, esto requiere en general de periodos de dos a cinco días, lo cual pudiera elevar el costo de este proceso debido al mayor uso de agua y de mano de obra (Martínez, 2003).

La tolerancia a la salinidad de las diferentes especies de tilapia se ha estudiado usando diferentes métodos de adaptación (Martínez, 2003), por lo que se dificulta la comparación del método empleado en el presente estudio con los resultados reportados por otros autores. Por ejemplo, Hernández y Rivas (2012) desarrollaron un protocolo de laboratorio para la adaptación gradual y directa, en 60 minutos de exposición. Ellos obtuvieron un 99% de mortalidad para un valor de salinidad de 32.7‰ durante la adaptación gradual. Este resultado pudo haber estado determinado por el corto período de adaptación a la salinidad, por lo que este protocolo no es aconsejable para escalas productivas en condiciones artesanales, ni para salinidades superiores. Hernández y Rivas (2012) señalan que la adaptación gradual es ligeramente superior a la directa, a pesar del corto tiempo.

Por otra parte, Fraga *et al.* (2012) reportan una adaptación exitosa, para un 93-99% de supervivencia de tilapias al agua de mar, exponiéndolas durante 24 horas de forma directa, asegurando un alto recambio de agua para mantener alto el oxígeno disuelto hasta alcanzar los 35‰. En este caso, aunque se desarrolló un protocolo de adaptación directo, la duración del mismo fue mayor que en el caso analizado anteriormente, lo cual evidencia la importancia de un periodo prolongado de adaptación.

Otros autores, como Damas *et al.* (2015), exponen que los alevines fueron adaptados gradualmente a 35‰ durante cinco días antes de su traslado a los encierros, logrando 100% de supervivencia. Los resultados de Damas *et al.* (2015) confirman la importancia que tiene la aplicación de un protocolo gradual de adaptación a la salinidad durante un periodo de tiempo prolongado. Esto quedó evidenciado en el presente estudio donde se obtuvieron valores muy bajos de mortalidad (0.016% y 0.015%).

Mena *et al.*, (2002) consignan que el valor de 25‰ es el máximo de tolerancia de las tilapias nilóticas. Los resultados aquí obtenidos tienen una diferencia sustancial con las experiencias de estos autores: una adaptación gradual en un relativo largo plazo (25 días), que permitió reacomodo fisiológico de los individuos. No obstante, el entorno de las 25‰ parece ser una frontera importante en el proceso adaptativo, como se aprecia en la figura 11, que distribuye los valores acumulados de mortalidad.

La supervivencia lograda (99.8) es un valor alto, obtenido en condiciones de campo, sin control de los factores ambientales, en una situación típica de un cultivo artesanal llevado a cabo por personal no especializado, que solo cuenta con una capacitación básica. La experiencia desarrollada no va más allá de los 36‰, por lo que el lugar donde se ubican finalmente los encierros no deben sobrepasar nunca este valor, aunque, como ya se dijo, la autora ha observado tilapias en la costa de Ciego de Ávila en salinidades superiores.

El crecimiento logrado en 14 quincenas adquiere una forma lineal que no se corresponde con las curvas de crecimiento en los animales, que es exponencial. Sin embargo, hay que considerar que se trata solo del inicio del crecimiento de estos animales, que puede ser durante años, y lo que apreciamos es un ajuste de la primera parte de esta curva, que puede asimilarse como una recta para fines prácticos. La talla de los peces, en la práctica del cultivo, solo tiene importancia para seleccionar el paso de las redes con que se extraen de los encierros, como se verá más adelante.

La figura 13 indica que los animales alcanzan 460 g (una libra) en los días cercanos a las 10 quincenas (5 meses). Este resultado supera los logrados por otros autores en agua de mar (Mena *et al.*, 2002; Saavedra, 2006) y posiblemente esto se deba al alimento empleado: pellets de harina de camarón con alrededor de 35% de proteínas, confeccionados artesanalmente. Si manteniendo en la fase de encierro el mismo contenido proteico dado a los alevines (35%), y no reduciéndolo a 28%, que es lo indicado para individuos adultos (Baltazar y Palomino, 2004), el tiempo de crecimiento hasta una libra disminuye, es algo que requiere un análisis económico que no fue objeto de esta tesis.

La velocidad de crecimiento no fue uniforme en el tiempo de la experiencia (fig. 15). El incremento diario promedio alcanzado en 14 quincenas fue de 2.86 g y es un buen parámetro de cultivo. Mena *et al.* (2002) reporta 2.24 g/día en 15‰ de salinidad, 1.6 g/día en aguas de 25‰

y para 35‰ 1.49 g/día durante 30 días de cultivo, que evidentemente es una experiencia muy corta. Corrales y Castro (2013) reportan un crecimiento de 1.1 g/día en 15‰ en 30 días de cultivo. Los resultados alcanzados en este trabajo resultan superiores a los obtenidos por estos autores. La calidad del parámetro se hace aún mejor si se considera el tiempo en que alcanzaron una libra, y que debe ser el indicador económico del cultivo (3.21 g/día).

Pruginin *et al.* (1988) cultivaron *O. niloticus* (morfo rojos) en agua salobre; con peso inicial de siembra de 50 g lograron un crecimiento promedio de 240 g en 160 días con un incremento peso diario variable de 1.32 (mínimo) a 3.2 g (máximo), valor semejante al de esta tesis en el tiempo de alcanzar una libra, pero con una salinidad menor.

Martínez (2003) encontró incrementos diarios bajos (0.75 g/día en agua dulce; 0.51 g/día en 17‰ y 0.48 g/día en 33‰) en un experimento que duró ocho semanas. Estos también resultan valores menores que los obtenidos en este trabajo, a pesar de desarrollarse en salinidades menores. Las causas que pudieron motivar estos valores bajos son varias y transitan desde la calidad del alimento y su suministro, hasta las cualidades genéticas de los peces.

Las causas de los mejores resultados de incremento diario de peso que se obtienen en este trabajo apuntan, si se analizan las condicionales que los autores discutidos exponen, a dos factores fundamentales: 1) el proceso de adaptación al agua de mar empleado, que fue fisiológicamente menos estresante, y 2) la calidad del alimento. En esto último hay dos aspectos a considerar, que es el origen de la harina (camarón) y uno de los componentes carbohidratados empleados para bajar el contenido proteico, la moringa, que posee un alto contenido de proteína vegetal. Dilucidar este escenario requiere de nuevos experimentos controlados. El paso de los alevines al encierro, con malla de 2 cm, no resultó un problema, pues ya los peces superaban el peso (30g) y la talla (9 cm) que impedía escapes.

El volumen de las jaulas o los encierros es un tema que ha motivado a los investigadores, así como a los cultivadores prácticos. Según Ono y Kubitaz (2003), en jaulas con un alto volumen (mencionan 18 m³), los incrementos son bajos debido a un menor intercambio de agua, por lo que ellos recomiendan encierros de menor volumen sembradas a altas densidades (hasta 250 kg/m³). La empresa Galidi (líder mundial en el cultivo de peces)⁴ enfoca su atención al costo

⁴Galidi es una empresa israelita, líder a nivel mundial. Puede revisarse en www.galidi.co.il

inicial de las jaulas o encierros: mientras más grandes, menor costo del metro cubico encerrado, por lo que recomiendan las jaulas o encierros grandes. Por otra parte, una de las ventajas que se les asigna a los encierros y a las jaulas son las garantías de mantener los parámetros físico-químicos del entorno (Bocek, sf; Rojas y Wadsworth, 2008; Quirós, 2015a), aunque es obligatoria la limpieza de organismos incrustantes en las mallas que pueden dar al traste con esta característica (Bocek, sf; Quirós, 2015a).

La malla para extraer los peces del encierro, según Ofer Berzak (comunicación personal del 28 de mayo del 2017), es de 50 mm de abertura. Este paso de malla permite la extracción de solo los animales que han alcanzado el peso comercial: los demás quedan en el encierro y continúan su crecimiento.

El peso para la comercialización de la tilapia se alcanzó al cabo de los cinco meses en este estudio, mientras que en otros estudios se ha reportado que a los nueve meses se alcanza un peso máximo de cosecha entre los 300 a 350 g (García, Tume y Juárez, 2011). Esta diferencia puede estar dada por la alimentación recibida (cualitativa y cuantitativamente) en los estadios tempranos del desarrollo o en otras causas no controladas ni expuestas por los autores, pero nueve meses resulta un tiempo de engorde muy prolongado para cualquier piscicultor de tilapias.

Quirós (2015a) recomienda, para el cultivo de los juveniles de pargos, el empleo de una incubadora de carrusel, que tiene la posibilidad de una alimentación constante, a la vez de mantener al agua limpia de desperdicios. Esto facilita un crecimiento acelerado en las primeras semanas. Posiblemente el empleo de tales incubadoras pudiera ser de mucha utilidad en las tilapias.

El factor de conversión de alimento (FCA) valora la conversión de peso seco del alimento a peso húmedo de la especie alimentada, una eficiencia muy cercana a 100% es altamente improbable para cualquier especie y en especial para organismos del necton, en vista del alto gasto energético que implica su actividad de natación. El FCA determinado hasta la libra fue 1.26 y es inferior en comparación a lo consignado por Martínez (2003) que plantea que, en comparación con otras especies, *O. niloticus* fue la que mantuvo un mayor FCA (2.33) mantenido tanto en aguas salobres como en marinas. Esto es muy superior, pero puede estar dado a que empleó solo siete días en el proceso de adaptación gradual al agua de mar, y un alimento de contenido proteico mucho menor en la primera fase de cultivo.

En la Figura 17 se observa que la mayor diferencia entre los valores mínimos y máximos de la talla y el peso ocurren en las quincenas 1 y 5, respectivamente. De los 30 valores de talla reportados en la primera quincena, 29 se encontraban en el intervalo de 4 a 5.7 cm y solo un valor fue de 8.0 cm. Este último pudiera ser considerado como un valor extremo, no representativo de la muestra. Para el caso del peso, sucede igual con el mismo ejemplar. En la quincena 5 se reportaron 6 individuos con pesos entre 320 y 395 g, mientras que el resto presentaron valores similares a la media de la muestra. La explicación de estos ejemplares grandes pudiera estar en el suministro de alevines: se pescan en estanques de cría donde posiblemente quedaran animales de crías anteriores.

De forma general, las diferencias en estas mediciones de peso y talla nos dicen que los individuos están creciendo de forma rápida, con buena asimilación del alimento, que de una quincena a la siguiente el incremento es significativo. En términos prácticos, la figura 17 apoya la idea de un cultivo exitoso.

Si el crecimiento es rápido, como se apreció anteriormente, y no se observa mortalidad en el encierro de engorde, cabe pensar que los peces se encontraban libres de estrés osmótico como resultado de la adaptación prolongada a 25 días. Esta es una condición que supera las alcanzadas por otros autores (Hernández y Rivas 2012; Fraga *et al.* 2012; Damas *et al.* 2015).

Economía y ambiente.

En las tablas V y en la figura 18 se evidencia que el cultivo desarrollado es altamente rentable, pues su resarcimiento ocurre al vender la primera cosecha. Esto constituye uno de los dos requisitos que debe reunir una alternativa pesquera sostenible: la rentabilidad.

El cálculo se realizó sobre la base de una granja con un solo encierro, en el que trabajan cinco pescadores. Sin embargo, esa mano de obra puede bastar para atender un espectro de encierros mayor, siempre en dependencia de la capacidad y entrega al trabajo que tengan las personas.

Según los resultados mostrados en la figura 18 los ingresos se incrementan linealmente en función del número de encierros. Este incremento de las ganancias pudiera estimular a los comunitarios a insertarse en las tareas de la alternativa pesquera. Sin embargo, la experiencia indica que una tecnología no rinde todo lo posible por problemas que transitan por las disciplinas tecnológicas y los conflictos internos de la comunidad. En cualquier caso, las

ganancias posibles son extraordinariamente altas para este tipo de cultivo. En buena medida, esto es así porque se trabaja con un alimento artesanal con un costo de 8-9 USD/quintal, mientras que el industrial suele superar los 40 USD el quintal.

Esto es un elemento que baja considerablemente los gastos del proceso. Además, considerando que el precio actual en Cuba de la tilapia entera congelada para el mercado en divisas es aproximadamente 2.01 USD/kg (Isla *et al.*, 2016), el costo de producción por cada dólar producido sería de 0.56 USD, lo que indica que este producto es rentable para su cultivo y comercialización a nivel nacional (la llamada exportación en fronteras).

Adicionalmente, el cultivo de tilapias de este tipo pudiera tener un mercado muy atractivo: el norteamericano. En los EE.UU. se importa tilapia desde Honduras, que está mucho más distante que Cuba. Otro aspecto a considerar es que el mercado norteamericano gusta de la tilapia y rechaza absolutamente el clarias, que es lo que se produce masivamente en la actualidad.

El cultivo de tilapia en encierros requiere de un nivel de inversión y costos de operación inferiores a otros sistemas como estanques; operan con costos entre 2.12 USD/kg y 2.80 USD/kg respectivamente y son muy utilizados en los países asiáticos (Gupta y Acosta, 2004).

Otro elemento de sostenibilidad, la amigabilidad ambiental, tiene consideraciones positivas. Si bien las jaulas flotantes permiten que parte del alimento escape por la malla del fondo, creando condiciones para la eutrofia o para el agrupamiento de fauna que no es de interés, no ocurre así con los encierros donde al fondo queda al alcance de los peces filtradores de sedimento. En las jaulas el problema se resuelve fabricando pelets que tengan flotabilidad, pero no es una garantía absoluta contra las pérdidas.

El otro posible problema ambiental es el escape de peces que no son autóctonos. Como se indicó anteriormente, el proceso de masculinización hormonal es bastante confiable y, además, existen formas de producir super-machos (Alcántar *et al.*, 2014). Con ello se evita una reproducción fuera de control en el ambiente natural. En este trabajo no se detectaron nacimientos dentro del encierro, lo que habla a favor de la eficiencia de la masculinización, o de que en 5 meses no hubo madurez sexual en agua de mar, o ambas cosas.

Por otra parte, los impactos ambientales sobre los factores abióticos y bióticos (tabla VI), son mayormente similares en ambas comunidades, a pesar de estar en distintos países. La mayoría

de los impactos sobre los factores abióticos no son negativamente influyentes sobre el ecosistema; los que tienen algún impacto, pueden considerarse de baja magnitud. Existen algunos impactos que por su acción logran ser positivos al ecosistema como el oleaje, materia orgánica en sedimentos; esta última aporta alimento adicional a la fauna existente.

En cuanto a los impactos sobre los factores bióticos, se observan algunos negativos, pero en menor grado, como por ejemplo encontramos afectación en el tipo de fondo, en la diversidad del zooplancton, abundancia y diversidad del fitoplancton y en la abundancia y diversidad de macrofitas. Estos impactos negativos son locales y pueden ser controlados por la especie cultivada, que en este caso se caracteriza por ser omnívora, por lo que traerían alimento adicional a las tilapias, contribuyendo a su engorde.

Por último, los altos ingresos y la amigabilidad ambiental son los elementos que se buscaban para que la actividad fuera una alternativa atractiva a la pesca dentro de las áreas marinas protegidas y, con eso, aparece una arista ambiental fuera del cultivo que fue la causa que motivó el diseño de la investigación.

Aspectos sociales

Como era de esperarse, la motivación económica prima en la incorporación y la permanencia de los comunitarios en el cultivo de tilapias, como alternativa a una pesca que realmente no cubre sus necesidades en un *stock* deprimido. En ese sentido, el fin económico favorece el éxito de la alternativa, pues es uno de los requisitos fundamentales que debe cumplir. El señalamiento de ampliar la granja, para aquellos que ya la iniciaron (tabla VII), también es un reflejo de la satisfacción económica de la iniciativa.

La cercanía al hogar es un aspecto que los comunitarios valoran altamente (Tabla VII). En el caso de Cuba es más pronunciado (15 de 18 pescadores) porque la costumbre es pasar muchos días en el mar en faenas de pesca, mientras que en Nicaragua no ocurre tan así al ser pescadores dentro del estero.

La manifestación de la cohesión familiar, característica dentro de las comunidades costeras, se aprecia en el deseo de trabajar en familia, aunque no sea una expectativa general. Otro aspecto interesante resulta que algunos pescadores manifiestan interés por difundir la experiencia, lo que es algo común en los campesinos cubanos (el proceso de capacitación campesino a

campesino que estimula Asociación Nacional de Agricultores Pequeños), pero verdaderamente pionero entre pescadores. Este particular puede manipularse para extender la alternativa, y con ello la conservación, a otras comunidades costeras asociadas a áreas marinas protegidas. En Nicaragua tomó proporciones extrafronterizas, pues pescadores de El Salvador y Honduras manifestaron interés por capacitarse y viajaron a Padre Ramos a tal fin.

En las dificultades radica, en buena medida, el éxito de la alternativa. Antes de iniciar el montaje de las granjas, el temor por el dominio de la tecnología ocupaba un lugar principal (Nicaragua 14 de 15 personas y en Cuba 16 de 18), pero el proceso de capacitación y la propia práctica eliminaron la dificultad inicial.

Un problema permanente lo constituyen los inconvenientes que genera la mala coordinación. La coordinación de los pasos de la tecnología es una función del jefe del grupo, como puede ser el presidente de una cooperativa pesquera. Enfrentar un proceso de este tipo necesariamente tiene que ser complicado para quien lo asume por primera vez. Tiene que coordinar gestiones como que el alimento producido no se acabe, que los alevines lleguen bien al estanque de adaptación, que la alimentación se corresponda con lo indicado y para ello debe mantener personas encargadas de ello. Todo esto genera conflictos con personas que no están acostumbradas a obedecer órdenes que, en última instancia, se corresponden con necesidades tecnológicas. Sin embargo, estas mismas gestiones se presentan en las grandes empresas de cultivo de peces del mundo y fluyen bien, aún en magnitudes muchas veces mayores. La autora es de la opinión que este problema tendrá una evolución favorable en la medida que los tomadores de decisiones del colectivo ganen en experiencia y el colectivo en disciplina.

Muy interesante se presenta el señalamiento de los suministros como dificultad. En Padre Ramos casi no mencionan este asunto (1 de 15), pero no así en Punta Alegre, donde todos los entrevistados (18) lo marcan como la principal dificultad. La situación se entiende por la forma en que llegan los insumos. Los nicaragienses los adquieren directamente en ferreterías y otras tiendas o almacenes, pero en Cuba dependen de procesos de importación-donación que se enredan hasta lo increíble. Debido a este particular, en Punta Alegre fue imposible pasar a la segunda etapa del proceso, la que le sigue a la adaptación al agua de mar. Debe tenerse en cuenta que en ambos lugares la inversión y el inicio de la alternativa es financiada por la colaboración internacional.

Las apreciaciones de los problemas generados por las condiciones climatológicas no fueron previstas anticipadamente en Padre Ramos, no así en Punta Alegre. Todo parece indicar que el tipo de amenaza es distinto y diferentes son los escenarios de instalación de las granjas. En Nicaragua la percepción del riesgo se asocia a corrientes muy fuertes, volcanes, terremotos y tsunamis, mayoritariamente, y estos fenómenos no tienen mucha repercusión dentro de un estero protegido. No es así en Punta Alegre, donde el riesgo se percibe por los huracanes y tormentas locales severas, muy devastadoras en mar abierto donde se ubicarían las granjas. El paso del huracán Irma justificó con creces esta percepción. En Padre Ramos cambió la percepción ya instalada la granja, pues sufrieron el embate de un post-tsunami que elevó el nivel del mar en unos dos metros.

Otro aspecto en que los dos lugares difieren es en lo relativo a las ventas. En Padre Ramos inicialmente no se le prestó mucha atención, pues siempre habían vendido pescado a intermediarios, pero en el momento de vender grandes volúmenes el proceso cambió y fueron víctimas de artimañas de los intermediarios que pagaron por debajo de lo considerado justo. En Punta Alegre hubo una preocupación inicial, eliminada cuando la UEB de Pesca del lugar se comprometió a comprar toda la producción al precio establecido para pescado entero.

El transporte, como era de esperarse, se perfiló desde el inicio como un problema para Punta Alegre (17 de 18), no así en Padre Ramos donde es posible contrataciones no complicadas en el sector privado.

Los robos fueron percibidos, en ambos lugares, como un problema por casi todos los participantes, tanto en el inicio como en el transcurso del cultivo. La apreciación tiene fundamentos que, unidos a la necesidad de atención permanente al cultivo, obliga a una presencia permanente de comunitarios en la granja. En Padre Ramos se solucionó con una caseta flotante y en Punta Alegre no se ha decidido, pero debe ser una caseta anclada (las cortas carreras de mareas lo permiten).

Los comunitarios de Punta Alegre no perciben problemas con los depredadores, lo contrario que los de Padre Ramos. En este lugar el estanque de adaptación es atacado por aves acuáticas y, sobre todo por los murciélagos pescadores del lugar. Ya en los encierros, existe la posibilidad del ataque de *Crocodylus acutus* (conocido entre los pobladores como “lagarto”) (Fig. 19). Este poderoso animal puede fácilmente destruir jaulas y encierros.



Figura 19: Ejemplar de *Crocodylus acutus* capturado en el entorno de la granja de tilapias.

Por último, el almacenamiento como dificultad no fue previsto en Padre Ramos y aparece cuando aperos y alimentos adquieren un volumen no previsto que requieren ser protegidos. En Punta Alegre este particular fue una preocupación desde el inicio, pues legalmente no pueden adquirir locales del Estado y, cuando lo lograron a través de la UEB de la pesca, el huracán lo barrió completamente.

La tercera parte de las entrevistas tienen, en última instancia, la mayor importancia para la conservación, pues indica el accionar y la actitud de los comunitarios ante la pesca en bancos naturales, es decir, directamente en la biodiversidad.

Para fines prácticos, el señalamiento de que no es necesario salir a pescar cuando se tiene un cultivo constituye el éxito ambiental de la alternativa. Es interesante que, además del asunto económico, que queda satisfecho, la atención al cultivo no deja tiempo para dedicar a la pesca en bancos naturales. No obstante, todos indican la intención de pescar para el consumo familiar, lo que se entiende desde el punto de vista de la tradición gastronómica de comer pescado fresco de diferentes especies.

La tabla VIII muestra los impactos analizados desde el punto de vista social. La mayoría se muestran positivos para el estudio. En cuanto a información del proyecto, a pesar de ser positivo en ambas comunidades, es innegable una diferencia de magnitud debido a la escolaridad del colectivo: debe esperarse que en Punta Alegre el dominio técnico del proyecto sea mayor. Por otra parte, en La Ballona también existe la limitación del número de personas que conoce el proyecto, que son solo los participantes en él. No obstante, estas diferencias no cambian el signo del impacto, positivo en ambos lugares.

Hay una diferencia en cuanto al impacto en las actividades recreativas. En Punta Alegre no se prevé impacto debido al ordenamiento del turismo en Cuba, aunque a largo plazo pudiera esperarse un cambio al respecto. No sucede así en Nicaragua, donde los comunitarios organizan libremente actividades turístico-recreativas en la granja, consistentes en visitas guiadas por ellos mismos en las que ofrecen gastronomía local que incluye a los propios peces que cultivan. Cabe aclarar que en Nicaragua al inicio del proyecto no se previó el uso turístico, pero según iba pasando el tiempo se demostró que tenía buen potencial, ya que los visitantes mostraban interés por el cultivo y la pesca que podían ejercer allí: una actividad que surgió de forma espontánea.

El resto de los impactos se presenta con igual signo en ambas comunidades. Del total analizado, solo uno aparece como negativo, que es el aumento de la necesidad de transporte originado por el trasiego del cultivo. Es un impacto ineludible que implica el aumento de gestiones y gastos.

Por su parte, se presentan como impactos sociales positivos, además del conocimiento acerca del proyecto en ambas comunidades y del uso en actividades recreativas en La Ballona, ya analizados: la generación de empleos, la mejora en modos de vida, la estabilidad en la población, las mejoras en la salud y la seguridad ciudadana y el tratamiento de las pesquerías (objetivo supremo de las alternativas pesqueras).

Solo se identifica un posible impacto, común a ambas comunidades, que no ocasiona afectaciones: la influencia sobre el paisaje. Por otra parte, se presenta con igual efecto la influencia en las actividades recreativas en Punta Alegre, ya abordado anteriormente.

El panorama social que refleja este análisis de impactos sociales justifica, plenamente, que las comunidades estudiadas acepten la implementación del cultivo de tilapias en agua de mar como una alternativa pesquera adecuada a sus conveniencias.

En la literatura revisada no se refleja los impactos sociales que pueden tener este tipo de cultivo. En el mejor de los casos, solo es posible distinguir un esbozo de la rentabilidad económica.

De esta experiencia se destaca que el morfo rojo de la tilapia nilótica puede adaptarse al agua de mar y engordar en encierros en zonas protegidas de las áreas costeras con altos porcentos de supervivencia y buenos rendimientos en la cosecha, empleando alimentos balanceados ricos en proteína vegetal con un bajo costo y de producción artesanal. Se observó que la tilapia crece de forma eficiente, manteniendo un manejo adecuado del cultivo; siendo esta una alternativa factible para garantizar la sustitución en el país de pescados importados de masa blanca y abastecer con una fuente de proteína animal al mercado nacional y al turismo. Además, contribuye a la conservación de especies marinas con una gran carga de explotación por parte de las comunidades pesqueras y la pesca nacional.

Teniendo en cuenta toda la panorámica analizada, las condiciones naturales de las costas de Cuba son óptimas para el desarrollo de la acuicultura marina de este tipo, y así lo corroboran Perigó *et al.* (2013), quienes presentan un análisis completo de la factibilidad del desarrollo del cultivo de especies marinas en las aguas de la plataforma cubana con estimados anuales de producción en función de las especies y áreas de cultivo; además, las oportunidades de mercado y la capacidad de ser competitivos son evidentes, por lo tanto las puertas al progreso están abiertas.

VI. Conclusiones

1. El método de cultivo empleado reúne buenos parámetros biológicos, como son la adaptabilidad no estresante al agua de mar, crecimiento rápido, conversión alimentaria alta y baja mortalidad.
2. El cultivo desarrollado tiene características económicas atractivas para la comunidad, como tiempo de engorde corto, buen precio en el mercado y bajo precio del alimento, que lo hacen tener buena rentabilidad, lo que puede aumentarse al incrementar el número de encierros.
3. La tecnología empleada reúne características ambientalmente amigables, de bajo impacto.
4. El cultivo de tilapias es una alternativa de impacto social positivo, que la comunidad acepta una vez que se demuestra su factibilidad biológica y económica.
5. La tecnología descrita, por su simpleza, es desarrollable artesanalmente por personas sin alto grado de preparación.
6. Los atractivos ambientales y económicos, y la aceptabilidad social del cultivo de tilapias en agua de mar, la convierten en una alternativa viable al uso no sostenible de los recursos marinos que las áreas marinas protegidas tienen el propósito de resguardar.

VII. Recomendación

1. Promover el cultivo de tilapias del Nilo en las comunidades costeras cuya actividad pesquera entra en conflictos de uso con la protección de la biodiversidad de las áreas marinas protegidas.

Referencias bibliográficas

- Alcántar, J. P. et al., (2014) *Manual para la producción de supermachos de tilapia del Nilo (Oreochromis niloticus)*. Universidad del Papaloapan-PIFI. Oaxaca. México. pp.81.
- Arboleda, D. A. (2005) “Reversión sexual de las tilapias rojas (*Oreochromis* sp.), una guía básica para el acuicultor” en *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*. 6(12). Diciembre 2005, pp. 1-5.
- Anónimo (2013) Gobierno sandinista ha fortalecido capacidades de los pescadores artesanales. *La Voz del Sandinismo*, Managua, 01 de agosto de 2013.
- Areces, E. (coordinador) (2005) *Análisis de vacíos en la cobertura del Sistema Nacional de Áreas Protegidas Marinas de Cuba*. Proyecto WWF Canadá y Environmental Defense, EE.UU. Informe final.
- Azaza, M.S., M.N. Dhraïefa, y M.M. Kraïema (2008) “Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in geothermal waters in southern Tunisia” en *Journal of Thermal Biology*.33(2). Febrero 2008, pp. 98-105.
- Baltazar, P. M. y A. R. Palomino (2004) *Manual de cultivo de tilapia*. FONDEPES-AESI, Lima, pp. 115.
- Bardarch, E., H. Rither y O. Mclarney (1990) *Acuicultura. Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce*. México, Editorial AGt.
- Betanzos A. y S. Valle (2015) “La subsistencia de los pescadores: alternativas y prácticas sostenibles” en Menéndez L., Arellano M., Alcolado P.M. (eds.) *¿Tendremos desarrollo socioeconómico sin conservación de la biodiversidad? Experiencia del Proyecto Sabana-Camagüey en países productivos*. La Habana, Editorial AMA.
- Bocek, A. (ed.) (sf) *El cultivo de peces en jaulas*. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments, Auburn University, Alabama.
- Cabrera, T., D. Jay y C. Alceste, (2001) *Actualización del Cultivo de Tilapia en el mundo*. VI Congreso Ecuatoriano de Acuicultura y V Congreso Latinoamericano de Acuicultura. Ecuador 2001.
- Calixto, N., (2011) *Pargo-UNAM: Una alternativa en el mundo de la acuicultura tropical*. Informe final. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura (IICA). México DF.
- Cantor, F. (2007) *Manual de producción de tilapia*. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla, Puebla, pp.135.
- Castillo, L. F. (2001) *Tilapia roja 2001. Una evaluación de 20 años, de la incertidumbre al éxito, doce años después*. [En Línea] No. 3. Diciembre 2002 Cali, Colombia, disponible en <http://www.ag.arizona.edu/azaqua/ista/reports/TILAPIAROJA2010.doc>. [Accesado el 18 de marzo de 2016]
- Chakraborty, S.B. (2010) “Comparative Growth Performance of Mixed-Sex and Monosex Nile Tilapia Population in Freshwater Cage Culture System under Indian Perspective”. *International Journal of Biology*. 2 (1). Abril 2010, pp. 39-50.
- Cicin – Sain, B. y R.W. Knecht, (1998) *Integrated Coastal and Ocean Management. Concepts and Practices*. Island Press, Washington, D.C., pp. 517.
- Corrales, W. J. y P. A. Castro, (2013) *Crecimiento de juveniles de tilapia Oreochromis niloticus en agua con salinidades 15‰ y 25‰, evaluando su desarrollo y sobrevivencia en un sistema de producción semi-intensivo*. Tesis para optar el título de Ingeniería Acuícola. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-LEON, Managua, Nicaragua.
- Cruz, L. E., D. Ricque y J. A. Martínez, (1993) “Evolución de dos subproductos de camarón en forme de harina como fuente de proteína en dietas balanceadas para *Penaeus vannamei*” en Cruz, E., D

Ricque y R. Mendoza (eds.) *Memoria del Primer Simposio Internacional de Nutrición. Tecnología de alimentos para acuicultura*. Monterrey, N. L. México.

Damas T. *et al.*, (2015) “Mejoramiento genético de tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *O. aureus*) y su cría en ambientes marinos” en *Revista Cubana de Investigación Pesquera*. 32 (1). Enero-diciembre 2015, pp.40-47.

Drummond, C.D. Solis-Murgas, L.D. y Vicentini, B. (2009) “Growth and survival of tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) submitted to different temperatures during the process of sex reversal.” *Journal Ciência e Agrotecnologia*. 33(3). Junio 2009, pp 895-902.

El-Sayed, A.M. (2006) “Tilapia culture in salt water: Environmental requirements, nutritional implications and economic potentials” en El Cruz-Suarez, D. Ricque-Marie, M. Tapia, D. A. Villareal, A. C. Puello y A. García (eds). *Avances en Nutrición Acuicola VIII*. Memorias del VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola, 15-17 noviembre de 2006, México, Nuevo León.

FAO (2010) “The State of World Fisheries and Aquaculture”. [En Línea]. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, disponible en: <https://www.fao.org/3/a-i1820e.pdf> [Accesado 3 de septiembre de 2017].

FAO, (2014) *The State of World Fisheries and Aquaculture. Opportunities and Challenges*. FAO Fisheries and Aquaculture Department. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Roma. pp. 243.

FAO (2015) Enfoque ecosistémico pesquero: Conceptos fundamentales y su aplicación en pesquerías de pequeña escala de América Latina por Omar Defeo. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura No. 592. Roma, Italia. pp.94.

FAO (2016) El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Roma. pp. 224.

FAO (sf) Programa de información de especies acuáticas. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) en Departamento de Pesca y Acuicultura [En Línea]. Disponible en: <file:///FAOFisheries&Aquaculture/Programa/de/informacion/de/especie/acuaticas/Oreochromis/niloticus/.htm> [Accesado 26 de diciembre de 2017].

Fitzpatrick, M.S. *et al.*, (1999) “Effect of fish density on efficacy of masculinization by immersion in MDHT” en McElwee, K., Burke, D. Niles, M. y Egna, H. (eds.), Sixteenth Annual Technical Report. Pond Dynamics Aquaculture CRSP, Oregon State University, pp. 75-77.

Fitzsimmons, K. (2001) “Tilapia Production in the Americas”. 7-16. En *Tilapia: production, marketing and technological developments*. Proceedings of the Tilapia 2001 International Technical and Trade Conference on Tilapia, 28-30 mayo de 2001, Kuala Lumpur, Malasya.

Fonticiella, D.W. y Sonesten, L. (2000) “Tilapia aquaculture in Cuba” en Costa-Pierce B. A. y J. E. Rakocy, (eds.), *Tilapia Aquaculture in the Americas*, Vol. 2, The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, EE.UU.

Fraga, I., *et al.*, (2012) “Efecto de diferentes densidades de siembra en el engorde de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. aureus*) en jaulas colocadas en la bahía de Casilda, Cuba” en *Revista de Investigaciones Marinas*. 32(1). Julio 2012, pp. 12-23.

Freire J. (2003) Áreas marinas protegidas como herramienta de gestión pesquera. Taller sobre áreas marinas protegidas Cofradía de Lira

FUNDAR (2012) *Actualización plan de manejo de la Reserva Natural Estero Padre Ramos*. Informe final. Fundación Amigos del Rio San Juan, Managua, Nicaragua.

Gadea, V. (2003). *Estudio Biológico Pesquero de las especies comerciales en San Carlos y Solentiname. Rio San Juan, Nicaragua*. Asociación de Cooperación Rural en África y América Latina (ACRA).

Gale, *et al.*, (1999) “Masculinization of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by immersion in androgens”. *Journal Aquaculture*, 178. Febrero 1999, pp. 349–357.

García, A., J. Tume y V. Juárez, (2011) “Determinación de los parámetros de crecimiento de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en un estanque revestido con geomembrana y abastecido con agua del subsuelo” en *Revista Especial de Investigaciones* [En Línea] No. 2. Junio 2011, Universidad Nacional de Piura, disponible en: http://www.uap.edu.pe/Investigaciones/Esp/Revista_15-02_Esp_05.pdf [Accesado el 31 de octubre de 2017]

GESAMP. IMO/FAO/Unesco-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP (1996) Joint Group of Experts on the Scientific Aspect of Marine Environmental Protection. Monitoring the ecological effects of coastal aquaculture wastes. GESAMP Reports and Studies (57): 38 pp.

GESAMP. IMO/FAO/Unesco-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP (2001) Joint Group of Experts on the Scientific Aspect of Marine Environmental Protection. Planning and management for sustainable coastal aquaculture development. GESAMP Reports and Studies 68: 90 pp.

Gómez, D.M. y S. Rico, (1990) “Evaluación comparativa de tres densidades de siembra en un cultivo monosexo-machos de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1766), con alimentación suplementaria”. Tesis de diploma. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Gualdoni, G. (2010) Perspectiva de la acuicultura a nivel global. Tendencias mundiales en sistemas y nutrición en acuicultura. *Feedstuff*, septiembre del 2009.

Gupta, M.V. y B.O. Acosta. (2004) “A review of global tilapia farming practices” en *Aquaculture*.Asia.10 (1). Julio 2004, pp. 7 - 16.

Hahn von-Hessberg, C, M., A. Grajales-Quintero y M. A. Restrepo-Murillo (2012) “Monografía de protocolos para obtener poblaciones monosexo de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*; Trew. 1983)”. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat.* 16 (1). Aceptado 16 de abril de 2012, pp. 156 – 172.

Head, W. D., A. Zerbi y W. Watanabe. 1996. “Economic evaluation of comercial -scale, saltwater pond production of Florida red tilapia in Puerto Rico”. *J. WorldAquaculture Soc.* 27(3). Septiembre 1996, pp. 275-289.

Hernández, M. I. y Rivas L. M., (2012) *Evaluación de los límites de tolerancia a la salinidad en alevines de uno y 30 días de edad de tilapia roja Oreochromis sp. y del Nilo O. niloticus*. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agrícola. Honduras. Universidad de Zamorano.

Heyman, W., (2004) “Conservation of multi-species spawning aggregation sites”. Reef Fish Spawning Aggregations. Reports of 54th Annual Meeting of Gulf and Caribbean Fisheries Institute, 5, 6 y 7 de mayo 2004, Belice, Caribbean Fisheries Institute.

Homklin, S. *et al.*, (2009) “Biodegradation of 17a-methyltestosterone and isolation of MT-degrading bacterium from sediment of Nile tilapia masculinization pond”. *Journal Water Science and Technology.* 59 (2). Febrero 2009, pp. 59-65

Hopkins, K.D. *et al.*, (1989) “Screening tilapia foriculture in sea water in Kuwait”. *Aquaculture and FisheriesManagement.* 20 (4).398-397.

Hsien-Tsang, Su y Martín Quintanilla, (2008) Manual sobre cultivo y reproducción de tilapia. CENDEPESCA, El Salvador, [En Línea] Abril 2008. disponible en:<http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades del cultivo de Tilapia.pdf>,http://www.prouduce.gob.pe/mipe/dna/doc/ctilapia_I.pdf [Accesado el 19 de noviembre 2016]

Hurtado, N. (2005) Inversión sexual en tilapias. Revisión bibliográfica. Ingenieros consultores. Lima–Perú.

- Ijiri, S. *et al.*, (2008) “Sexual dimorphic expression of genes in gonads during early differentiation of a teleost fish, the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*”. *Journal of Biology of Reproduction*. 78 (2). Junio 2008, pp. 333-341.
- Isla, M., G. Arencibia y A. Betanzos, (2016) “Desarrollo del maricultivo en Cuba. Impactos y desafíos para lograr un manejo sostenible conservando los ecosistemas costeros. Áreas Naturales Protegidas Scripta” en *ANPScripta*. 2(1). Septiembre-diciembre 2015, pp. 7-26.
- Johnson, D. H. (1999) “The Insignificance of Statistical Significance Testing” in USGS Northern Prairie Wildlife Research Center en *Journal of Wildlife Management*. 63 (3). Junio 1999, pp. 763-772.
- Keller, B. D. (2005) Science Program: Florida Keys National Marine Sanctuary. Marine Protected Areas FIU/UNAM – Puerto Morelos.
- Kuri-Nivon, E., (1979) *Instructivo para la determinación del factor de conversión de alimento (F.C.A.)*. Manual técnico de acuicultura. Departamento de Pesca. México.
- Leonce, L. M. 1980. “Overview: Some aspects of water in Agriculture with particular reference to the smaller islands of the Caribbean area”. pp. 458-465. en Hadwen P. (ed.). *Proceeding of the Seminar on water Resources of the Caribbean and West Atlantic*. Bridgetown. Barbados.
- López, C.A., D.L. Carvajal, y M. C. Botero, (2007) “Masculinización de tilapia roja (*Oreochromis spp*) por inmersión utilizando 17 alfa–metiltestosterona”. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 20 (3). Julio-septiembre 2007, pp. 318-326.
- Lovatelli, A. *et al.*, (eds.) (2008) *The future of mariculture: a regional approach for responsible development in the Asia – Pacific region*. FAO Fisheries Proceedings No. 11. Rome. FAO.
- Macintosh, D.J. (2008) “Risks associated with using methyl testosterone in tilapia farming”. [En Línea] disponible en [http:// media.sustainablefish.org/MT_WP.pdf](http://media.sustainablefish.org/MT_WP.pdf) [Accesado el 20 de enero de 2017]
- Manosroi, J., K. Petchjul y A. Manosroi, (2004) “Effect of Fluoxymesterone Fish Feed Granule on Sex Reversal of the Hybrid, Thai Red Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn. x *Oreochromis mossambicus* Linn.)”. *Journal Asian Fisheries Science*, 17. Febrero 2004, pp. 323-331.
- Martínez, T. M. (2003) *Adaptación y crecimiento de las tilapias Oreochromis niloficus, Oreochromis aureus, Oreochromis mossambicus x Oreochromis niloticus en agua salada*. Tesis de Doctorado en Ciencias Pecuarias. México. Universidad de Colima.
- Mateen, A. e I. Ahmed, (2007) “Effect of androgen on sex reversal and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)”. *Journal Pak. J. Agri. Sci.* 44 (2). Mayo, pp. 272-276.
- Mena, A., H. Sumano y R. Macías (2002) “Efecto de la salinidad en el crecimiento de tilapia híbrida (*Oreochromis mossambicus* (Peters) x *Oreochromis niloticus* (Linnaeus)) cultivadas bajo condiciones de laboratorio” en *Vet. Mex.*, 33(1). Abril 2006, pp. 39-48.
- Merchán, J.P. (2007) *Reproducción de tilapia roja (Oreochromis spp.) a salinidades de 2000, 17000 y 32000 ppm*. Tesis en Ingeniería Agrícola. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana.
- MARENA (2011) Gobierno sandinista continúa restituyendo los derechos de las y los pescadores del Pacífico. Boletín en línea ambiental. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, Managua, file:///Colaboración/Nicaragua/Nicaragua%202011/1095-gobierno-sandinista-continua-restituyendo-los-derechos-de-las-y-los-pescadores-del-pacifico.htm (revisado el 27 de mayo 2016).
- Morales, F. (1999) “Policultivo de camarón (*Penaeus spp.*) con tilapia” en *Revista UNICIENCIA, Mayasal, Guatemala*. 15(16). Diciembre 1998-marzo 1999, pp. 39-44.
- Ono, E. A. y F. Kubitz, (2003) *Cultivo de peixes em tanques-rede*, 3ª ed. Rev. E ampl. Jundiá: Eduardo Ono, pp 112

Perdomo, M. E. y A. Quirós (2014) *Estrategia de educación ambiental para el uso alternativo de los recursos naturales en comunidades pesqueras de Villa Clara*. Informe final Unidad Ejecutiva Principa de Resultados. Centro de Estudios y Servicios Ambientales CESAM/CITMA. Villa Clara, Cuba.

Perigó, E. *et al.*, (2013) “Diagnóstico ambiental para la factibilidad del desarrollo sustentable de la acuicultura marina en Cuba. Impactos y respuestas” en *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras* 30 (1). Octubre 2013, pp. 57-60.

Phelps, R.P. y T. J. Popma, (2000) “Sex reversal of tilapia”. en Costa-Pierce, B.A. y Rakocy, J.E. (eds.). *Tilapia Aquaculture in the Americas*. The World Aquaculture Society.

Pichardo *et al.*, (2017) *Evaluación de impacto ambiental de desastres provocados por el huracán Irma en Villa Clara*. Informe final. Grupo de Evaluación de Riesgos. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Delegación Territorial, Villa Clara, Cuba.

Pillay, T.V.R. (2004) *Aquaculture and the Environment*. Second Edition, (ed.) Fishing News Books and Blackwell Publishing Ltd. México D.F. Editorial Limusa.

Plutarco, C. y G. Bernal, (1997) “Ecología y adaptaciones de la Tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) en ambientes naturales-Caso embalse de Betania y Ciénaga de Chilloa, sistema del río Magdalena, Colombia” en *Revista Asociación Colombiana de Ictiología*. 2. Mayo-julio 1997, 3- pp. 29.

Poot-López, G. R., E. Gasca-Leyva y M. A. Olvera-Novoa (2012) “Producción de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* L.) utilizando hojas de chaya (*Cnidoscolus chayamansa* McVaugh) como sustituto parcial del alimento balanceado” en *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 40(4). Agosto 2012, pp. 835-846.

Popma, T y L. Lovshin, (1994) Auburn University, Auburn, EUA. 1-40 p. Kubitza y Kubitza, 2000. Panorama da Aquicultura. FAO, 2003. Copescal.

PRODUCE, (2004) “Cultivo de Tilapia. Dirección Nacional de Acuicultura (DNA)”. Ministerio de la Producción de Colombia. Disponible en:http://www.produce.gob.pe/mipe/dna/doc/ctilapia_L.pdf [Accesado el 19 de noviembre 2016]

Pruginin, Y. *et al.*, (1988) “Intensive tilapia farming in brackish water from an Israeli desert aquifer” en R.S.V. Pullin, T. *et al.*, (eds). 2do Simposio Internacional de tilapia en acuicultura, 16-20 marzo de 1988, Israel, Universidad Tel Aviv/ Arava Valley.

Quirós, A. y E. Rodríguez, (2006) Contribución al estudio de los sitios de desove de peces comerciales en el Parque Nacional Los Caimanes. 59th Annual Meeting of Gulf and Caribbean Fisheries Institute 10 y 11 de octubre de 2006. Belice.

Quirós, A. (2014) *Uso sostenible de conchas negras y cultivo de pargos en jaulas*. Informe de asistencia técnica Managua, Nicaragua.

Quirós, A. (2015a) *Manual para el cultivo de pargos lunarejos en jaulas flotantes (2da ed.)*. Proyecto EcoPesca: Conservación y gestión efectiva de la biodiversidad marina con la mejora de condiciones de vida para el sector pesca artesanal en comunidades del ecosistema trinacional del Golfo de Fonseca. Amigos de la Tierra – LIDER, Managua, Nicaragua.

Quirós, A. (2015b) *Manual de buenas prácticas. Modelo de explotación sostenible de conchas negras*. Proyecto EcoPesca: Conservación y gestión efectiva de la biodiversidad marina con la mejora de condiciones de vida para el sector pesca artesanal en comunidades del ecosistema trinacional del Golfo de Fonseca. Amigos de la Tierra – LIDER, Managua, Nicaragua.

Quirós, A. (2015c) Informe de asistencia técnica en Nicaragua. Uso sostenible de los recursos del Golfo de Fonseca. Informe técnico, Managua, Nicaragua.

Quirós, A., *et al.* (2016a) “Tecnologías pesqueras sostenibles al servicio de la conservación y la estabilidad económica de las comunidades costeras” en VII Encuentro de Tecnologías y Gestión del conocimiento TECNOGESC 2016. Editorial Feijóo. ISBN 978 959 312 213 9. Días 20 y 21 de octubre de 2016.

Quiros *et al.*, (2016b) *Plan de manejo Parque Nacional Los Caimanes 2017-2021*. Informe final, Centro de Estudios y Servicios Ambientales. CITMA, Villa Clara, Cuba.

Quirós, A., *et al.*, (2017) “Las alternativas pesqueras como forma de protección de la biodiversidad en áreas marinas protegidas” en el X Congreso Internacional de Áreas Protegidas, La Habana, del 3 al 7 de julio del 2017.

Quirós, A. y L. Quesada (2017) Proyecto Internacional PPD/PNUD/GEF “*Acciones para adecuar el uso de los recursos naturales marinos y la protección de la biodiversidad por parte de comunidades asociadas al Parque Nacional Los Caimanes*”. Informe Técnico. Centro de Estudios y Servicios Ambientales. Santa Clara, Cuba.

Quirós, A. y L. Quesada, (2018) “Manual para el cultivo artesanal de tilapias costeras”. Proyecto Acciones para adecuar el uso de los recursos naturales marinos y la protección de la biodiversidad por parte de comunidades asociadas al Parque Nacional Los Caimanes, PNUD/GEF/PPD, La Habana, Cuba.

Richards, W. J. y J. A. Bohnsack, (1990) “The Caribbean Sea: A large marine ecosystem in crisis”. pp. 44-53. en K. Sherman, L. M. Alexander and B. D. Gold (eds.). *Large Marine Ecosystems*. American Association for the Advancement of Science. Washington. D.C.

Rojas, A. y S. Wadsworth, (2008) “Estudio de la acuicultura en jaulas: América Latina y el Caribe” en M. Halwart, D. Soto y J.R. Arthur (eds). *Acuicultura en jaulas – Estudios regionales y panorama mundial*. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 498. Roma, FAO. pp. 73–104.

Rowell, C.B. *et al.*, (2002) “Androgen and estrogen metabolism during sex differentiation in mono-sex populations of the Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*”. *Journal General and Comparative Endocrinology*, 12. Octubre 2002, pp. 151–162.

Saavedra, M. A. (2006) “Manejo del cultivo de tilapia” en *Coastal Resources Centra*. [En Línea]. Julio 2006, Universidad Centroamericana, Managua, Nicaragua, disponible en: [http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades_del_cultivo_de_Tilapia.p](http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades_del_cultivo_de_Tilapia.pdf)
df. [accesado 26 diciembre de 2017].

Salm, R. V. y J. R. Clark (2000) *Marine and coastal protected areas. A guide for planners and managers*. UICN, Gland Suiza, pp. 370.

StatSoft, Inc., (2014) STATISTICA (data analysis software system), versión 12.0, [En Línea]. Disponible en: www.statsoft.com. [Acesado el 15 de enero de 2018]

Sterba, G. (1966). *Freshwater fishes of the world*. Studio Vista, London. 877 p.

Stickney, R. R. (1986) “Tilapia tolerance of saline waters”. *A review. Progressive Fish Culturist*. 48(3). Julio 1986, pp. 161-167.

Tachibana, L. *et al.*, (2004) “Desempenho de diferentes linhagens de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de reversão sexual”. *Maringá*. 26 (3). Abril-septiembre 2004, pp. 305-311.

Tessema, M., A. Müller-Belecke y G. Hörstgen-Schwark, (2006) “Effect of rearing temperatures on the sex ratios of *Oreochromis niloticus* populations”. *Journal Aquaculture*, 258. Enero-marzo 2006, pp. 270–277.

Toledo, S.J. y M. C. García (2000) “Nutrición y alimentación de tilapia cultivada en América Latina y el Caribe”. pp 83-137 en Civera, R. *et al.*, (eds.) *Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México.

Watanabe, W. O. *et al.*, (1997) “Saltwater culture of the Florida red Tilapia and other saline-tolerant Tilapias” en *A review*. Septiembre 1997, pp. 54-141.

Wohlfarth, G.W., (1994) “The unexploited potential of tilapia hybrids in aquaculture”. *Journal Aquaculture and Fisheries Management*, (25). Marzo 2012, pp.781–788.

Wurmann, C.G. (2012) *Revisión Regional sobre la Situación y Tendencias en el Desarrollo de la Acuicultura en América Latina y el Caribe – 2010*. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1061/3. Rome, FAO. pp. 212.

Comunicaciones personales

Ofer Berzak (2017) Comunicación personal, acerca de la alimentación de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en Israel.

Angel Quirós (2016) Comunicación personal, acerca de las comunidades costeras en Nicaragua.