

MANEJO INDUSTRIAL DE LAS TILAPIAS

Un inicio en el biofloc

Espejo, C¹.

1. GENERALIDADES

Las tilapias pertenecen a una gran familia de peces conocida como cichlidae caracterizadas por tener el cuerpo oblongado, con aletas dorsales largas que tienen entre 23 a 31 espinas y rayos. Hopher et.al 1988.

Este es un pez considerado bíblico (St. Peter's fish) originario de África, muy apreciado en las Filipinas e Indonesia, en estos dos países es adoptado como pez nativo. En 1995, China fue el primer país productor de tilapia en el mundo, con 160.000 toneladas métricas por año, seguido de Filipinas con 63.000 toneladas métricas, en la actualidad se le conoce como uno de los más importantes peces en los países latinoamericanos. Costa-Pierce 1997.

Las tilapias son peces de aguas cálidas tropicales, el más óptimo rango de temperatura para obtener un mayor rendimiento en términos de crecimiento es de 25 a 30 °C, su crecimiento se ve afectado cuando esa temperatura desciende por debajo de los 15 °C, si la temperatura se acerca a los 9 °C, su muerte es inminente.

El cultivo de estos peces y su consumo ha ido creciendo aceleradamente en los países latinoamericanos, en el caso de los Estados Unidos su carne es bien apreciada en todas las presentaciones, pero especialmente en forma de filete.

En el gran mercado de los norteamericanos es el tercer producto de importación, después del camarón marino y el salmón del atlántico, las estadísticas del Departamento de Comercio de los EEUU muestran que desde el segundo semestre de 1992 hasta finales de 1998 las importaciones pasaron de 3389 toneladas métricas a 27820 toneladas métricas, en dólares de US 6.016.115 a US 52.740.016. Jory et.al 1999.

En países latinos como Costa Rica la tilapia ocupa los primeros lugares en el renglón de las exportaciones, de igual forma en esos países centroamericanos como Honduras, este cultivo se acrecienta cada día más, en los últimos meses se espera que Méjico dé el paso hacia la industrialización de estos ciclidos; es de aclarar que en esta región los esquemas de producción se llevan a cabo bajo el sistema intensivo.

En cuanto a la producción de tilapia en los países sudamericanos se destaca Colombia, Ecuador, Perú, Brasil y Venezuela, en cada uno de ellos la producción se hace en modelos de producción que van desde extensivo hasta intensivo, pasando por la modalidad de semiintensivo.

En Perú y Venezuela se sostiene una fuerte polémica con respecto al impacto ecológico que la especie pueda tener en el ecosistema acuático de esos países, se conoce que en la zona de Tumbes existen ya proyectos que están produciendo la tilapia roja con miras a la exportación para el mercado de los Estados Unidos.

¹ M. V.Z. Msc, Director Corporativo línea Acuícola ITALCOL—Colombia-Panamá-Ecuador, 2012

En el Ecuador la industria de la tilapia se hace todos los días más importante, la crisis por la que atraviesa la producción del camarón, sobre todos en estos países ubicados en las costas del océano pacífico, han obligado a estos tradicionales camaroneros a buscar alternativas que les permitan recuperar la rentabilidad que no les permite obtener la industria del crustáceo.

En este país la producción de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) se hace con densidades no superiores a 0.4 ó 0.5 peces por metro cuadrado, de esta forma se puede hablar de biomasa no mayores a 0.4 ó 0.5 kilos de carne de pescado por metro cuadrado, es decir, los cultivos son extensivos.

En el Brasil la industria de la tilapia se ha desarrollado en torno a la pesca deportiva ó “pesca y pague” Barbieri 1998.

Se espera que con el auge de los cultivos en jaulas, esta especie produzca un aumento en la oferta lo que necesariamente puede hacer crecer la demanda por el pez.

ESPECIES TRABAJADAS INDUSTRIALMENTE EN LATINOAMÉRICA

Las especies que más se han trabajado desde el punto de vista de la producción de carne son:

- La tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) vr. Chitralada
- La tilapia roja (*Oreochromis* sp.)

En el caso particular de Colombia en el año de 1967 la Federación Nacional de Cafeteros introdujo la especie tilapia mossambica (*Oreochromis mossambicus*) pero este pez no fue muy apreciado por su conformación morfológica y especialmente por su coloración marcadamente oscura. Salazar 1995.

De otro lado en todos los países del cono sudamericano se encuentran ejemplares de tilapia rendalli (*Oreochromis rendalli*), y tilapia hornorum (*Oreochromis hornorum*), estas especies se han tenido con el fin de efectuar cruces que mejoren la resistencia a condiciones adversas en los animales utilizados en cultivos industriales.

Las producciones con tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) se iniciaron por los años 60 s a partir de investigaciones llevadas a cabo en las zonas de ladera como solución a una falta de proteína de origen animal para las clases menos favorecidas, es decir, esta especie se cultivo como posibilidad de autoconsumo eminentemente, tan solo en países como Costa Rica se le ha dado la importancia que este pez realmente posee, es aquí donde persiste en la explotación industrial de la especie con densidades que exceden los 40 kilos / m³.

El verdadero auge de la producción de tilapia en estos países se genera a partir de los años 80 s con el ingreso de la tilapia roja (*Oreochromis* sp.), con ella se inician las empresas que producen con criterios de exportación, con tecnologías del alta densidad y generando un valor agregado al producto primario, es así entonces como se inicia uno de los renglones más productivos en las economías primarias de los países latinoamericanos.

ASPECTOS REPRODUCTIVOS

A diferencia de otras muchas especies la reproducción de las tilapias es considerada como prolífica, esta condición ha hecho que se busque alternativas a esa alta reproducción, se pueden reproducir a edad temprana, 3 a 6 meses. Hopher et al. 1988.

Conteos realizados a las larvas de ejemplares hembras (200 gramos) de tilapia nilotica (Oreochromis niloticus) han permitido establecer 370 larvas eclosionadas en la boca, esto indica que por cada gramo de hembra se pueden esperar 1.8 larvas, la viabilidad de estos pececillos es precaria si las condiciones medioambientales del estanque no les favorecen.

Para efectos de planificación de la empresa piscícola se estima que una hembra de 200 gramos puede producir aproximadamente 0.5 larvas viables por gramo de peso de la hembra. Popma (1990). Ver tabla.

ESTIMATIVOS EN LA PRODUCCIÓN DE LARVAS DE TILAPIA POR GRAMO DE PESO VIVO DE LA HEMBRA

FUENTE	PESO PROMEDIO gr.	LARVAS EN BOCA	LARVAS POR GRAMO
Experiencia personal	200	370	1.8
Popma (1990)	200	Sin reporte	0.5

Tanto la tilapia nilotica (Oreochromis niloticus) como la tilapia roja (Oreochromis sp.) son especies incubadoras bucales, es decir, que guardan los huevos fertilizados en sus cavidades bucales, esta característica hace que la sobrevivencia de las larvas, al ingresar a la reversión sexual sea mayor, entre 85 y 90 %.

En cuanto al tamaño ideal de los reproductores se ha podido establecer que el mayor pico de producción se logra a partir de los 160 gramos y hasta los 300 gramos, de allí en adelante la motilidad espermática en el macho se ve fuertemente afectada, de igual forma se ha podido identificar a nivel de campo que en las hembras se presenta taponamiento del oviducto lo que hace que no puedan llevar a cabo su función de ovoposición.

En general los grupos de reproductores que excedan los 300 gramos como peso promedio presentan inconvenientes de manejo y de fisiología reproductiva, se constituyen en peces más delicados para las faenas de traslado, pesajes, muestreos y en términos generales para todas las tareas que se requieren cuando se lleva a cabo una producción intensiva de alevinos.

En toda estación piscícola que posea planta de producción de alevinos se debe contar con un plantel permanente de reposición de reproductores, ese grupo deber ser del 25 % del total de peces que estén trabajando en reproducción, es decir, si el plantel de reproductores es de 1000 peces entre machos y hembras, en el grupo de reposición debe haber por lo menos 250 reproductores en la talla de 150 a 200 gramos para reponer cualquier faltante del grupo principal de reproductores.

El grupo de reposición debe permanecer separado por sexos y cuando el pez haya llegado a la talla de reproducción sus alimentos balanceados no deben contener un nivel inferior al 30 % de proteína cruda y la cantidad de alimento se debe suministrar con base en el 2% de la biomasa sembrada en el estanque.

No se ha investigado mucho acerca de los requerimientos nutricionales de los reproductores de tilapias, la experiencia en el campo indica que la relación energía - proteína debe mantenerse entre 9 y 10, es decir que un alimento que garantice 30 % de proteína debe igualmente contener entre 2800 y 3000 kcal por kilo de alimento balanceado, con esta relación se busca especialmente que el padrote no se engorde ó no deposite excesivo tejido graso alrededor de sus órganos reproductivos, este requerimiento nutricional debe ir acompañado de la necesidad de no alimentarlos con más del 2 % sobre la biomasa.

PRODUCCIÓN Y SELECCIÓN DE REPRODUCTORES

En el cultivo de las tilapias es apropiado hablar de animales comerciales y de animales de selección, esos animales comerciales son los que se cultivan en los estanques de producción y en ultimas los que llegan al consumidor final, sobre estos peces es apropiado mantener un proceso de selección que permita identificar las mejores características de producción en términos de ganancia de peso y así mismo en términos de características externas como fenotipo.

Es óptimo que en toda estación piscícola se separen grupos de alevinos durante las cosechas de larvas para la reversión sexual y que esas larvas separadas sean sometidas a registros de crecimiento, conversión de alimento y sobrevivencia.

Los peces separados deben ser tratados como futuros reproductores, es decir, el manejo conlleva una alimentación que mantenga la relación energía-proteína no inferior a 9, los niveles de proteína deben manejarse según la fase por donde se ubique el pez, lo sugerido es:

NIVELES DE PROTEINA SUGERIDOS PARA LA ALIMENTACIÓN DE REPRODUCTORES EN LEVANTE

PESO PROMEDIO (gr.)	NIVEL DE PROTEINA
1 – 10	38 %
10 – 50	32 %
50 – 150	28 %
150 – 200	25 %

Estos peces seleccionados deben ir a estanques que garanticen la no mezcla con otras "líneas" ó con peces de otros orígenes, además estos animales deben ser seleccionados por sexo tan pronto como sus papilas permitan la identificación.

La densidad sugerida para el manejo de estos futuros reproductores es de 2 peces por metro cuadrado.

Este manejo anteriormente descrito debe ser acompañado de excelentes registros que dejen conocer los individuos mas adelantados en parámetros zootécnicos.

De otro lado con los animales de selección se debe llevar a cabo el mismo manejo en la alimentación y en las densidades de siembra pero sobre ellos se deberá hacer un manejo más estricto respecto a eliminar posibles fugas a otros estanques.

En lo que respecta a la tilapia roja (*Oreochromis sp.*) las especies consideradas como de selección deben ser manejadas como animales cruzantes, es decir, como peces que pueden mejorar ciertas características indeseables en los llamados peces comerciales.

Estos cruces de peces deben ser llevados a cabo en estanques pequeños, ojala en material duro (cemento) para poder de esta forma tener la seguridad que los alevinos allí encontrados son el producto de los cruces preestablecidos.

Una vez obtenida la reproducción se separan los alevinos de los padres para someterlos a crecimiento y entonces si conocer si la condición indeseable fue corregida.

PRODUCCIÓN COMERCIAL DE ALEVINOS Y REVERSIÓN SEXUAL

La producción comercial de alevinos de tilapia se considera de relativa facilidad por la ya referida precocidad de los reproductores en lo referente a la madurez sexual y al número de alevinos obtenidos por hembra.

La relación de machos por hembra sembrada en los estanques de reproducción es de 1 por 3 ó 1 por 2, es recomendable que la hembra no sea mayor que el macho, aunque se puede dar lo opuesto, pero es ideal que los reproductores sean del mismo peso.

Se estima que la reproducción se puede permitir a partir de los 60 gramos, aunque esto podría traer insuficientes desarrollos óseos en los padrotes, los mejores resultados se obtienen con reproductores cuyo peso es superior a los 120 gramos.

Una vez sembrados estos peces en los estanques de reproducción, que no deben exceder los 500 m², se pueden coleccionar las larvas al cabo de 10 días después de la siembra de los reproductores, las larvas se recolectan en las orillas por cuanto los pececillos toman de allí gran cantidad de alimento como fitoplancton y zooplancton.

El número total de alevinos cosechados aumenta al incrementar la frecuencia de recolección, si se siembran 5000 reproductores / ha, y se recolecta cada 7 días la cosecha será de 104.100+/- 17,644, pero si la cosecha se lleva a cabo cada 25 días la recolección es de 49.000 +/-9.037. Green et al. 2000.

PRODUCCIÓN DE LARVAS EN SISTEMAS DE INCUBACIÓN

Este sistema de producción de larvas se ha desarrollado incipientemente en el país, son pocas las empresas que lo hacen, esto debido a que implica una mayor implementación de tecnología de máquinas y de tiempo hora/trabajador.

Estos sistemas toman los huevos de la boca de la hembra que se ha sembrado mediante la metodología ya descrita y son llevados a incubadoras en fibra de vidrio para que mediante la recirculación del agua, se simule lo que hacen los huevos en la boca de la hembra.

Los tiempos de eclosión dependen de la temperatura del agua que circula por las incubadoras, a 27 grados, la eclosión se da en 24 a 36 horas, si la temperatura baja un grado centígrado ese tiempo se puede incrementar hasta en dos días de eclosión.

Las ventajas de este sistema es que las larvas obtenidas son mas uniformes y el número de larvas por gramo de hembra se incrementa en por lo menos un 50 % frente a la recolección tradicional.

Las larvas deben ser pasadas por tamices para lograr que tan solo los peces de menos de 10 mm sean los que pasen la malla, esas larvas serán entonces los sometidos al tratamiento de reversión sexual, hasta ese tamaño los peces están indiferenciados sexualmente, tan solo esa talla podrá aprovechar completamente el andrógeno.

El alimento con el andrógeno 17 α metil testosterona debe ser suministrado a los pececillos durante por lo menos 12 veces al día, sobre la base de 10 % de la biomasa, este tratamiento se debe llevar a cabo en estanques de tierra pequeños, no más de 400 m² ó en japas ó jaula de poca profundidad, no superior a 40 cm, ó en canaletas de 2 metros de largo por 40 cm de ancho.

Se tiene en claro que si la reversión se lleva a cabo en estanques en tierra los alevinos terminaran el tratamiento con cerca de 1 gramo como peso promedio, si se hace en los otros dos sistemas entonces la talla final será de 0.6 a 0.7 gramos; esa diferencia en la talla final se debe al alimento adicional que los peces reciben como productividad primaria en los estanque de tierra.

El tratamiento de reversión debe durar por lo menos 21 días y máximo 28 días, durante este proceso es frecuente la presentación de afecciones por el protozooario conocido como trichodina que producen no solo epizootias entre los peces de agua dulce sino que son los más frecuentes en los peces de aguas marinas. Roberts 1981.

POSIBLES MODELOS EN LA CEBA DE LAS TILAPIAS

En las Américas se están utilizando básicamente tres modelos de producción en la fase de ceba para estos ciclidos:

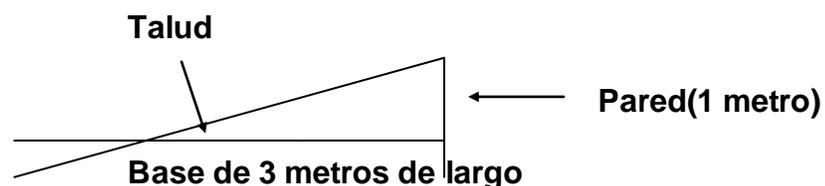
1. Producción en estanques de tierra
2. Producción en jaulas, en represas de generación eléctrica y en reservorios para riego.
3. En canales, en cemento ó en tierra.
4. En los últimos años se viene implementando el cultivo en tanques de geo membrana, circulares a alta densidad y en sistemas de biofloc

Dentro de la modalidad de cultivo de peces en estanques y en jaulas se puede dar el cultivo en ambientes eurihalinos, es decir, en aguas salobres, esto especialmente se ha hecho en las costas de países como Venezuela, Ecuador, Brasil, Costa Rica, Honduras Nicaragua, Méjico y Colombia.

1. Producción en estanques en tierra

Esta producción se hace en cuerpos grandes o pequeños de agua, estanques especialmente diseñados de forma que lleven a cabo los recambios de agua del fondo del mismo para movilizar de allí todos los metabolitos tóxicos que se encuentren depositados como producto de la degradación de los nutrientes contenidos en los alimentos ó como degradación de la propia digestión de los animales.

Estos estanques están construidos con taludes y fondos en tierra, los taludes se determinan por relaciones de 3 a 1, de esta forma se garantiza que cuando el macho realice el nido para la ovoposición de la hembra las paredes del estanque no se deterioren. Ver grafica.



Esta condición en la construcción de los estanques pocas veces se cumple, lo que trae posteriores inversiones en reconstrucción de los mismos en detrimento de la rentabilidad del proyecto.

Los estanques reciben como factor de recambio permanente de agua entre 10 y 50 litros por segundo.

Bajo el modelo de piscicultura semiintensiva la densidad de siembra es de 10 a 15 peces por metro cuadrado, el peso de siembra oscila entre 5 y 10 gramos, en algunos casos puede ser menor en la medida en que la tasa de cosecha de peces gordos sea muy acelerada.

En países como Ecuador, Perú y Colombia los estanques tienden a ser de áreas superiores a 1000 ó 2000 metros cuadrados, en el Ecuador en particular las piscinas tienen dimensiones superiores a 5 hectáreas, con profundidades no mayores a 1 metro, de esta forma la productividad primaria se ve aumentada por la penetración de los rayos solares (ultravioleta).

Los datos de producción para este esquema se compilan en la tabla a continuación.

PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN DE TILAPIA EN ESTANQUES EN TIERRA

Parámetro	Unidades
Densidad	12 peces / m ²
Peso promedio de siembra	10 gramos
Sobrevivencia	80 %
Duración del ciclo	210 días
Peso promedio de cosecha	357 gramos
Ganancia promedio / día	1.7 gramos
Conversión alimenticia	1.8
Producción Kg/ha/año	30 toneladas.

2. producción en jaulas

Esta es la forma de cultivo superintensivo por cuanto se tiene reportes de Colombia, Brasil, y Panamá según los cuales se esta trabajando hasta 400 peces por metro cuadrado, esto quiere decir que si la talla final es de 300 gramos, entonces la biomasa cultivada por metro cúbico es de 120 kilos.

Las recomendaciones de orden técnico es que para esta tecnología se debe implementar el uso de jaulas pequeñas, cuyas medidas generales son de 1.5 de ancho, 1.5 de largo y 1 metro de alto, con estas medidas se obtienen 2,25 m³ (Ver grafico), allí se siembran hasta 1000 peces de 15 gramos cada uno.

Por recomendaciones técnicas de la A.S.A. (Asociación Americana de Soya), estas jaulas deben tener por lo menos 5 recambios de agua por minuto, esta condición hacer que la colocación de las jaulas dentro de la represa ó dentro del reservorio sea de mucha importancia ya que solo teniendo una excelente colocación frente al oleaje del cuerpo de agua se podrá el recambio exigido.

Es necesario que entre jaulas exista por lo menos 3 metros de distancia, de esta forma se garantiza el mejor recambio dentro de la unidad de producción, de igual forma se sugiere que cada jaula tenga su propio alimentador cuyo diseño corresponde a una

caneca de 55 galones cortada exactamente a la mitad, este alimentador no permite la salida del concentrado extrudizado del interior de la jaula.

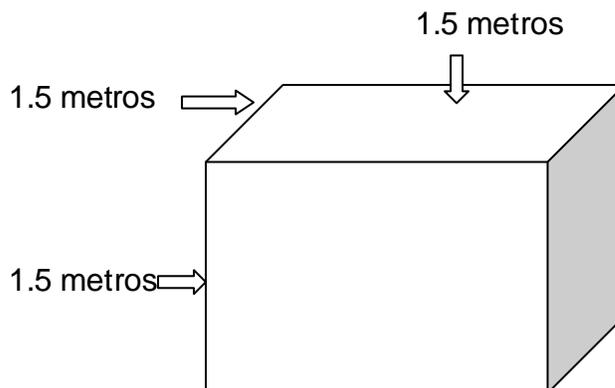
Cada unidad de producción de estas debe estar cubierta con una fina malla oscura que no permita índices elevados de stress en los peces confinados.

Estos cultivos se adelantan en represas de generación eléctrica cuyas áreas inundadas superan las 3000 hectáreas ó en reservas de agua para el riego agrícola en cuyo caso se tienen experiencias prometedoras de poder cultivarse hasta 100 jaulas de las dimensiones descritas anteriormente en un cuerpo de agua de tan solo 0.8 hectáreas.

Es condición indispensable que para esta alta tecnología se mantenga un programa permanente de limpieza de fondos (en los reservorios) y de recambios de agua del fondo de los mismos, solo así se podrá movilizar los metabolitos producidos por los propios peces.

En este modelo de producción se adquieren mejores ganancias diarias, del orden de hasta 4 gramos día, esto se debe fundamentalmente a que ante el confinamiento del pez el gasto energético y de proteínas se hace menor lo que trae mejores rendimientos zootécnicos.

MODELO DE JAULA FLOTANTE PARA CULTIVO DE TILAPIA



Este modelo de piscicultura intensiva ha hecho que la industria genere rentabilidades cercanas a 35 %, y gran rotación del capital invertido por cuanto se reducen los costos operativos y se acortan los tiempos de cultivo.

Los datos de producción de este modelo se resumen en la tabla siguiente:

PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN DE TILAPIA JAULAS

Tiempo de cultivo (días)	91
No. Inicial de peces por jaula	650
Supervivencia %	82
Peso inicial (gr.)	60
Peso final (gr)	350
Ganancia de peso (gr)	290
Ganancia gramos /día	3.18
Biomasa inicial jaula/Kg.	39.12
Biomasa inicial Kg/M ³	13.48
Biomasa final jaula/Kg	187.45
Biomasa final Kg/M³	64.63
Aumento biomasa jaula (Kg.)	148.33
Aumento biomasa Kg./M ³	51.14
Consumo alimento Kg.	327.15
Conversión alimenticia	2.21

Fuente: Piraquive et al. (2000)

3. Producción de tilapias en canales de cemento ó en tierra

Este tipo de cultivo se ha desarrollado fundamentalmente en Costa Rica a partir de una compañía privada que dispone de grandes volúmenes de agua de recambio.

La producción mensual es de 350 toneladas, para un total de 4200 toneladas anuales. El tamaño del pez para el mercado es de 900 gramos en promedio lo que permite producir filetes de 150 gramos ó más. Berman 1997.

A nivel de Latinoamérica, conjuntamente con Honduras, son los únicos países que trabajan la producción de tilapia a nivel superintensivo en canales.

Estas producciones se hacen en canales que en muchos de los casos les revisten las paredes en cemento para evitar su deterioro por la acción de la corriente, la movilización de agua puede ser del orden de 8 a 12 m³ por segundo, los estanques tienen áreas comprendidas entre 100 y 1000 m², los alevinos son sembrados de 50 gramos y allí se tienen hasta los 900 gramos finales, en la primera etapa los peces son sembrados a densidades de 300 alevinos por m² y después de 4 ó 5 meses cuando los animales han alcanzado los 300 gramos la densidad desciende a 100 peces por m². Berman 1997.

En estos sistemas de producción la alimentación se sustenta totalmente bajo el alimento balanceado, las fuertes corrientes generadas por el alto recambio lavan constantemente la productividad primaria que se pueda producir.

Para los casos de alto recambio en donde la participación del fitoplancton y del zooplancton es pobre, se requiere de alimentos con más alto índice de proteína, en estas situaciones se debe utilizar alimentos de hasta el 32 % de proteína en la fase de ceba, de igual forma es necesario mantener constante la relación energía –proteína. Espejo 1997.

PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN DE TILAPIA EN CANALES

Fase	Peso	Ganancia gr. día	Ciclo/d.	Densidad m ²	Mortalidad %	% Prot.	I.c.a .	Alimen. Biomasa
Alevinaje	1-50	0.2-0.4	130	10-60	30-40	35	1.5	10-5 %
Engorde 1	50-300	1.5-1.7	140	150-300	5-15	30	1.7	5-2 %
Engorde 2	300-900	3.5-3.9	145	80-125	1-5	30	1.9	2-1 %

Fuente: Berman 1997.

Datos generales de referencia para crecimiento y conversión alimenticia en las tilapias cultivadas

Estos datos reportados en este capítulo son el producto de la compilación de 15 años de experiencia en el campo de la producción piscícola con énfasis en la empresa privada.

Las tilapias son los peces más resistentes a condiciones ambientales adversas que el autor halla trabajado, pero al igual que otras especies de peces si el medio en que habitan les es de confort sus rendimientos productivos ó zootécnicos serán mejores.

Lo anterior hace referencia a parámetros de calidad y cantidad de agua acorde con las necesidades del animal, es decir, la tilapia puede sobrevivir en aguas de 0.5 ‰ de O.D., pero su rendimiento en términos de transformación de proteína en músculo no va a ser la mejor, de igual forma sucede con elementos o metabolitos tóxicos como el amoníaco no ionizado NH₃, la especie resiste hasta 1 ppm. Pero si la exposición a este metabolito se hace constante entonces el rendimiento productivo del pez se ve afectado.

Con base en el supuesto de buena calidad de aguas las tilapias deben tener un comportamiento productivo así:

Producción de tilapia en aguas salobres o ambientes eurihalinos

En esta discusión es necesario recordar que el origen de estos ciclidos es africano y ha sido caracterizado por su tolerancia genética a la salinidad. Watanabe 1997.

Son innumerables los trabajos que se han llevado a cabo con las tilapias en ambientes marinos, todos ellos con éxito en la fase de levante, crecimiento y ceba, no así en la fase de reproducción, la mejor producción de alevinos se obtiene cuando las salinidades no exceden los 18 ppt., con estas salinidades se han obtenido hasta 666 +/- 184 huevos por desove en 20 desoves observados, si la salinidad aumenta a 36 ppt el número de huevos por desove se reduce a 336 +/-79, esto para 14 observaciones realizadas. Watanabe et al 1989^a.

En Colombia se han llevado a cabo trabajos con tilapia roja (*Oreochromis* sp.) en jaulas ubicándolas en lagunas costeras y en estuarios positivos donde la productividad primaria es excelente, el principio tecnológico para la construcción de las jaulas es el mismo utilizado para los cultivos en agua dulce, la salinidad manejada en estos casos es de 28 ppt.

En Venezuela los trabajos de Cabrera 1998 han demostrado que con los híbridos de la tilapia roja (*Oreochromis* sp.) se pueden obtener magníficos resultados zootécnicos, estos peces fueron cultivados en aguas de mar cuya salinidad era de 30 ppt, luego de una gradual adaptación a la salinidad, incrementándola durante tres días hasta llegar a la final ya indicada, se sembraron peces de 62,27 y 81 gramos en jaulas de 3 m³ a densidades de 100 individuos / m³, los datos se observan en la tabla anexa:

CRECIMIENTO DE HÍBRIDOS DE TILAPIA ROJA (*OREOCHROMIS* SP.) EN JAULAS Y EN AGUA DE MAR

Proteína %	Peso inicial gr.	Peso a 15 días	Peso a 30 días
26	81	89,27	137,47
28	62,27	83,79	140,77

Fuente: Cabrera 1998

Reporta el mismo autor la alta sobrevivencia presentada en estos ensayos de campo, un 95 % apoya la experiencia mediante la cual se conoce que cuando se adelantan cultivos en ambientes marinos las ictiopatologías se ven severamente reducidas, esto al parecer se debe fundamentalmente a la acción preventiva que produce el cloruro de sodio en el organismo del pez al mantener intacto el mucus de la piel en los peces, ese mucus es rico en inmunoglobulinas.

Trabajos recientes desarrollados en Kuwait cultivando tilapia en estanques en tierra con aguas marinas permite inferir que para estos países que cuentan con costas sobre los océanos esta debe ser una interesante alternativa de cultivo de peces.

En este país se han obtenido ganancias diarias de 1,19 gr iniciando con peces de 142 gramos y llevándolos a tallas comerciales de 290.1 gramos en 124 días, a densidades finales de 35,2 kilos / m³. En jaulas se han sembrado peces cuyo peso inicial es de 118 gramos para terminar en 323,3 gramos en 101 días de cultivo y obteniendo ganancias diarias de 2,03 gramos, con densidades finales de 44 kilos/m³; estos trabajos se reportan en salinidades de 38-40 ppt. Al-Ahmed 2001.

CULTIVO DE PECES EN TANQUES DE GEOMEMBRANA Y BIOFLOC

La piscicultura en Colombia atraviesa en los actuales momentos por crecimientos que indican lo rentable de la producción en el país.

Según el Incoder en el año 2011 se produjeron 74.000 toneladas de carne de pescado en las diversas especies como cachama, tilapia, trucha y hasta bocachico.

Los Departamentos de mayor producción siguen siendo los que tradicionalmente han aportado los mayores números, son ellos, Huila, llanos orientales, Santanderes, Risaralda con su gran producción de truchas y la costa Atlántica en los actuales momentos.

Estos últimos departamentos han tenido crecimientos inusitados, en términos de tilapias rojas y nilóticas chitraladas, lamentablemente este crecimiento ha sido desordenado y sin contemplación del medio ambiente.

Ese medio ambiente está cobrando el uso y el abuso en término de la calidad de carne que se le está ofreciendo al mercado costeño.

Lo anteriormente expuesto ha hecho que algunos productores visionarios del desarrollo tecnológico de la industria piscícola en particular y acuícola en general, han determinado adentrarse en la tecnología descrita en el título de este documento.

El cultivo de peces en ambientes cerrados, llámese tanques, estanques o jaulas es una experiencia que en Colombia no se le debe caracterizar como nueva, a fe que lo hacen en el Huila (jaulas), en los Llanos (estanques en tierra) y ahora en tanques en Risaralda, Santanderes y la Costa Caribe.

Esta última tecnología se viene haciendo en tanques de geomenbrana de tres, seis, nueve y hasta doce metros de diámetro, con profundidades que no exceden los 0.8 metros.

Esta es una tecnología adoptada de países vecinos como Estados Unidos y México, allí se adelantan cultivos de peces en altas densidades y bajo el sistema de Biofloc.

Cuando se significa altas densidades, se refiere al autor a que en Colombia actualmente se cultivan 1.2 a 2 kilos de carne de pescado por metro cuadrado, es decir, de 4 a 6 peces por metro cuadrado, con pesos promedios de 300 a 400 gramos.

Esto último se considera un cultivo semiintensivo, con participación mediana de tecnología y casi nunca aireando o eventualmente utilizando en las horas de la noche aireadores de paletas o conocidos como pad well.

De la misma manera estos cultivos se llevan a cabo en estanques de tierra donde los factores de materia orgánica son prácticamente incontrolables en la medida en que allí se depositan los lodos, los alimentos no consumidos por los peces y hasta las heces que ellos producen.

Lo descrito en el anterior párrafo genera consumos de oxígeno disuelto haciendo que esos fondos del estanque se encuentren anóxicos (sin oxígeno), con la consecuente proliferación de organismos patógenos que por obvias razones terminan afectando a los peces.

De igual manera la materia orgánica depositada en el fondo de los estanques se degrada o transforma, esto trae consigo la producción de sustancias de degradación de proteínas, como amoníacos, nitratos, nitritos y gases tipo metano.

Estas últimas sustancias se han considerado como las primeras indicadoras de poco crecimiento en los peces, índices superiores a 0,1 ppm (partes por millón) de amoníaco total afectan las ganancias de peso y números superiores a 1 ppm traen letalidad en los animales de aguas cálidas.

En la actualidad en Colombia se viene implementando un sistema de cultivo en tanques de geomembrana que en última lo que busca es minimizar la presencia de materia orgánica y que la que haya se convierta en biofloc, es decir, en fuente de nutrición de peces.

Estos tanques poseen inclinaciones en su piso de hasta el 5 %, lo que garantiza que al hacer los vaciados de ellos, el agua que sale del fondo saca los materiales de desecho que se hayan podido acumular en el cono.

De la misma manera una necesidad imperiosa en la CONSTANTE aireación del sistema, es decir, deben haber equipos de aireación encendidos 24 horas.

El principio del sistema es la RESUSPENSION de las materias orgánicas dentro de la columna de agua, esto bajo una aireación que garantice por lo menos 6-7 ppm de oxígeno disuelto (motores blower de 2 caballo de fuerza), al re suspender estas partículas se forma un floculo que puede llegar a aportar a la nutrición del pez hasta un 50 % de proteína de alta digestibilidad, superior al 80 %.

Para darle viabilidad al biofloc bacteriano, se requiere que se encuentren presentes en el sistema acuícola dos elementos básicos, el nitrógeno y el carbono y estos dos elementos deben estar en relación 10:1, 15:1 ó 20:1, según sea el modelo de cultivo que se emplee.

En el caso de este proyecto para el cual se elabora el documento, se va a iniciar con relaciones de 10:1, iniciando con alimentos del 20 % y del 24 % de proteína.

La fuente de proteína será el alimento balanceado y con base en los aportes de nitrógeno se evaluará la torta de soya, la melaza y hasta los alimentos concentrados para ponedoras, otra fuente de carbono es el glicerol, que podrá ser evaluado en este proyecto.

Este trabajo de producción de carne de pescado deberá contar con un laboratorio básico para determinar, amoníaco, pH, Oxígeno disuelto, dureza y alcalinidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ameen Al-Ahmed A. 2001 Tilapia Culture in Seawater and Brackish Groundwater in Kuwait. Aquaculture 2001 abstracts. Word Aquaculture Society. Pag 3.
2. Avnimelech, Y. 2009 Biofloc Technology, World Aquaculture Society
3. Barbieri, R. 1988. La situación de la Acuicultura Brasileira. Feria Internacional de Acuicultura.
4. Berman, Y. 1997. Producción Intensiva de Tilapia en agua Fluyente. IV Simposio Centroamericano de Acuicultura. Tegucigalpa, Honduras 22-24 de abril 1997. Pag. 59-63.
5. Cabrera, T. sin año. Cultivo de Tilapias en Ambiente Salino. Venezuela. Comunicación personal.
6. Costa-Pierce, B. A. and R.W. Doyle. 1997. Genetic identification and status of tilapia regional strains in southern California. Pages 1-17 in B. A. Costa-Pierce and J.E. Rakocy, eds. Tilapia aquaculture in the Americas, Vol. 1. Word Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States.
7. Espejo, G. C., Buitrago, A. J., Kogson, Q. F., Alvis, F. G., Lince, L. 1999. Evaluación de torta de soya, soya integral y harina de yuca en la alimentación de tilapia roja en jaulas. II congreso sur-americano de acuicultura. Puerto La Cruz, Venezuela. Pag. 198-205.
8. Green W. B., Teichert-Coddington, R. D., Hanson R., T. 2000. Desarrollo de tecnologías de acuicultura semi-intensiva en Honduras. Centro Internacional para la Acuicultura y Medio Ambientes Acuáticos. Series para la investigación y desarrollo numero 45. Universidad de Auburn, Alabama 36849-5419 USA.
9. Hepher B., Pruginin Y., 1988. Cultivo de peces comerciales. Editorial Limusa. pag. 94-106.
10. Jory D. E., Alceste C., y Cabrera R. T. 1999. Mercado y comercialización de tilapia en los Estados Unidos de Norteamérica. II congreso Sur-americano de Acuicultura. Puerto La Cruz, Venezuela pag. 121
11. Piraquive R. A., Velez R. J. M. 2000. Comparación de Parámetros de Producción, Costos y Análisis de Calidad de Agua Utilizando Dos Alimentos Balanceados en el Cultivo de Peces (Tilapia Roja) en Jaulas. Santa Fe de Bogotá 2000. Tesis de grado Universidad de la Salle, Facultad de Zootecnia.
12. Popma, J. T., Green, W. B., 1990. Manual de producción acuícola, Reversión sexual en Lagunas de tierra. Auburn University, Alabama.

13. Roberts, R. 1981. Patología de los Peces. Ediciones Mundi-Prensa, pag. 182.
14. Salazar, A. G., 1995. Consideraciones generales sobre la acuicultura. Fundamentos de Acuicultura Continental. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Colombia. Pag 1 -19.
15. Watanabe, W. O., K.M. Burnett, B.L. Olla and R.I. Wicklund. 1989a. The effects of salinity on reproductive performance in Florida red tilapia. Journal of the World Aquaculture Society 20: 223-229.
16. Watanabe, W. O., B. L. Olla, R. I. Wicklund and W. D. Head. 1997. Saltwater culture of the Florida red tilapia and other saline-tolerant tilapias: a review. Pages 54-141 in B.A. Costa-Pierce and J.E. Rakocy, eds. Tilapia aquaculture in the Americas, Vol. 1. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States.