



Producción intensiva y automatizada de tilapia roja en estanques circulares

Fecha de recepción del artículo: 10 de Febrero de 2016

Intensive automated production of red tilapia in circular fish pond.

Article receipt's date: February 10th 2016



SENA Regional Santander
Red de Conocimiento: Pecuaria
Centro de Atención al Sector Agropecuario CASA
Grupo de Investigación y Desarrollo del Cacao y la Chocolatería



John Fredy Sanabria Muñoz

Ingeniero Agrícola. Se desempeña en la actualidad como instructor del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, en el Centro de Atención al Sector Agropecuario "CASA", con sedes en los municipios de Piedecuesta y El Playón. j.sanabria@misena.edu.co

Israel Garnica Bohórquez

Diseñador Industrial de la Universidad Industrial de Santander. Actualmente se desempeña como facilitador Investigación TecnoAcademia Bucaramanga SENA. Centro Industrial del Diseño y la Manufactura CIDM, perteneciente a la regional Santander. pirra02@misena.edu.co

Producción intensiva y automatizada de tilapia roja en estanques circulares.

Resumen

Los sistemas de explotación piscícola a nivel mundial enfrentan grandes problemas debido al alto costo del suelo. Sumado a la exigencia de grandes áreas para la construcción de sistemas tradicionales, al incremento en los costos de los alimentos concentrados, un acceso limitado a la tecnología de punta, la baja productividad de las explotaciones piscícolas, información poco confiable, y la falta de competitividad, entre otros; han supuesto un riesgo para el aprovechamiento de grandes oportunidades de mercado producto de la globalización económica. Como respuesta a esta situación, con este proyecto se buscó incorporar al cultivo de tilapia roja o nilótica (*Oreochromis mossambicus* spp) tecnologías como la producción en estanques circulares en geo-membrana, sistemas automatizados de aireación artificial, y el uso de software especializado "CATIA" para el modelamiento en CAD 3D del sistema. El objetivo de las anteriores estrategias técnicas fue el de facilitar el monitoreo, seguimiento, manejo y simulación de eventos relacionados con los procesos productivos para contribuir a la modernización y la competitividad de la empresa piscícola y los programas de formación técnica profesional en el departamento de Santander.

Palabras clave

Precría, siembra y manejo de alevinos, aireación, actividades de rutina, alimentación, Biometrías.

Intensive automated production of red tilapia in circular fish pond.

Abstract

Worldwide fish farming systems face challenges due to high cost of land. In addition, it needs large land areas for construction of traditional systems, increased costs of concentrate fish food, limited access to updated technology, low productivity, low reliably information, and low competitiveness, among others; those have been a risk to take advantage for great market opportunities as a result of economic globalization. In response to this situation, this project sought to incorporate Red Tilapia cultivate (*Oreochromis mossambicus* spp) technologies such as circular fish pond production with geomembrane, automated artificial ventilation, and use of high-tech software for CAD modeling the whole system, as a strategy to facilitate monitoring, tracking, management and event simulation related to production processes, contributing thus with modernization and competitiveness of fish farming sector and vocational training in department of Santander.

Keywords

Nursery, placement and management of fingerlings, aeration, routine activities, food, biometrics.

Introducción

La situación actual de la economía nacional, sumada a los planes de desarrollo empresarial junto con el crecimiento demográfico del país, brindan condiciones apropiadas para la generación de empresas que suplan los requerimientos de proteína animal para el consumo humano. Según el INPA¹, para el año 1999, se produjeron en Colombia 52.000 toneladas de pescado, del cual el 82% tuvo origen continental, mientras que el restante fue de origen marino (Anzola, Aviles, & Beltran, 2001).

Con la mejora de los registros productivos marinos, para el año 2011, la CCI² estimó que la producción total se incrementó a 162.000 t, con un 51.4% de participación continental, aproximadamente 83.200 ton, lo que indicó que la producción de pescado continental se ha fortalecido e incrementado, disminuyendo el efecto de la sobrepesca sobre los ecosistemas marítimos. (Merino, Bonilla, & Bages, 2013)

Las condiciones geográficas y climáticas han favorecido al impulso de la piscicultura en Colombia, específicamente en el departamento de Santander, en la actualidad una de las regiones productivas de pescado cultivado más importantes. A partir del año 2001, la dinámica piscícola del país ha aumentado gracias a la tilapia roja, con una participación del Santander en 7%, unas 2.200 toneladas métricas, liderando la producción nacional el departamento del Huila, con una participación del 21%. (Espinal, Martínez, & González, 2005).

¹ Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. República de Colombia

² Corporación Colombia Internacional.

Introduction

In addition to recent business development plans and the country's population growth, the nation's current economical situation provides appropriate conditions for the next generation of companies that supply animal protein for human consumption. According to the National Institute of Amazonian Research, or NIAR, in 1991, Colombia produced 52,000 tons of fish, of which 82% had continental origin, while the remaining was of marine origin (Anzola, Aviles, & Beltran, 2001).

With the improvement of marine production records, the International Corporation Colombia (or ICC), estimated that total production had risen to 162,000 tons in 2011, with 51.4% coming from the mainland, approximately 83,200 tons. This indicates that the production of continental fish has been strengthened, decreasing the effect that overfishing has had on marine ecosystems. (Merino, Bonilla, & Bages, 2013)

Geographic and climatic conditions have favored the increase of fish farming in Colombia, specifically in the department of Santander, which is currently one of the most important regions in the production of farmed fish. As of 2001, the country's fish farming dynamic has increased thanks to red tilapia, with 7% coming from Santander, about 2,200 metric tons, after the department of Huila, the national leader, which produces 21% of the country's production. (Espinal, Martínez, & González, 2005).



Dentro de las políticas nacionales y territoriales se contempla el fortalecimiento de la piscicultura como generador de empleo, riqueza y alimento, aprovechando la construcción de grandes cuerpos de agua (como embalses para riego e hidroeléctricas) para la producción industrial intensiva, y la facilidad de producciones continentales a pequeña escala del tipo AREL³.

El impulso al sector productivo agroindustrial hace parte del esfuerzo estatal destinado a la búsqueda de la paz y la convivencia, en regiones que han padecido fenómenos de pobreza generados y exacerbados por la violencia y los años de conflicto interno entre actores armados. La Ley 13 de 1990 y el decreto 811 del 2000 son los pilares jurídicos de la piscicultura actual en Colombia, fomentando la investigación y los mecanismos de fomento empresarial para la generación de empleo mediante la acuicultura. (FAO-INCODER, 2011)

Basados en los argumentos anteriores, se considera que en la actualidad deben fomentarse condiciones sociales, políticas y técnicas para la implementación de proyectos empresariales y la diversificación agropecuaria e industrial en el país. Esta necesidad puede evidenciarse en el uso del suelo para fines pecuarios en 2010, aproximadamente 39 millones de ha; para fines agrícolas se destinaron 3 millones de ha; mientras que la acuicultura utilizó tan solo 2000 ha de espejo de agua, solo el 14% del potencial total, representando la tilapia roja el 62% de producción por especies. (DANE, 2010)

3 Término definido por la FAO como: Acuicultura de Recursos Limitados, referido generalmente a pequeñas y medianas empresas.

National and state politicians consider the growth of fish farming as a generator for employment, wealth and food supply. They have taken advantage of the construction of large bodies of water (such as reservoirs for irrigation and hydroelectricity) for intensive industrial production, as well as the ease of small-scale continental production of Limited Aquaculture Resources, or AREL, types of fish.

In regions that have suffered phenomenal poverty, generated and exacerbated by years of violence and internal conflict between armed actors, the push for agro-industrial production is part of a statewide effort in the quest for peace and coexistence.. Law 13 of 1990 and Decree 811 of 2000 are judicial pillars in the current fish farming industry in Colombia, promoting research and business development mechanisms for job creation in aquaculture. (FAO-INCODER, 2011)

Based on previous arguments, social, political and technical requirements should be promoted for corporate implementation and diversification of agriculture and livestock industries in the country. This need was evident in the use of land for agricultural and livestock purposes in 2010. With approximately 39 million ha of land, 3 million ha was designated for agricultural purposes, while aquaculture utilized only 2,000 ha of water, only 14% of the potential total, and red tilapia represented 62% of species production. (DANE, 2010)

Santander no es ajeno a esta desproporción, ya que el uso del suelo es principalmente pecuario, un 73,2 % (Camara de Comercio de Bucaramanga, 2012). La región presenta ventajas competitivas que facilitarían el desarrollo de la industria piscícola, como la cercanía a los grandes mercados de Bogotá y Medellín, vías de acceso e infraestructura de movilidad, facilidad para la adquisición de insumos, acceso a servicios públicos básicos y pisos térmicos diferenciados de acuerdo a la especie cultivada (Beltrán & Villaneda, 2000).

En el año 2008, con el objetivo de desarrollar nuevos programas de formación profesional en ambientes reales para la implementación de tecnología piscícola, el SENA Regional Santander, junto con la subdirección de la sede "Aguas Calientes" del Centro de Atención al Sector Agropecuario (CASA), en el municipio de el Playón, plantearon un proyecto formativo para la producción intensiva de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus spp*) en estanques circulares sobre el nivel del suelo. De forma paralela se llevó a cabo comparaciones con los estanques en tierra existentes, pudiendo validar las prestaciones entre la tecnología de estanques circulares y el sistema tradicional. Entre otros expertos, se contó con la asesoría del Biólogo Luis Fernando Castillo Campo, master en morfología de la Universidad del Valle, especialista en la implementación de tecnologías de cultivo y mejoramiento genético de la tilapia roja, principalmente en Colombia, México y Ecuador. (Castillo, Luis Fernando, 2006)

Para el año 2011, se coordinó un trabajo Inter-centros entre el Centro Industrial de Mantenimiento Integral (CIMI.) de Girón y el CASA, con el fin aunar esfuerzos

Santander is not exempt from this disproportion, as 73.2% of its land is mainly used for agriculture and livestock (Camara de Comercio de Bucaramanga, 2012). The region has competitive advantages that facilitate the development of the fish farming industry, such as proximity to bigger markets in Bogota and Medellin, accessible roads and mobility infrastructure, ability to acquire supplies, access to basic public services, and differentiable climates that allow for breeding a variety of species.

In 2008, together with the sub direction of "Aguas Calientes" from the Center for Care of Agriculture and Livestock Sector, or CASA, the Santander Regional SENA outlined an educational project for intensive production of red tilapia (*Oreochromis mossambicus spp*) in circular, above-land fish ponds in the municipality of Playon, with the goal of developing new professional training programs in real environments for the implementation of fish farming technology.

Correspondingly, comparisons with the previous existing fish ponds were carried out, validating the difference in performance between the technology of the circular fish ponds and that of the traditional system. Among other experts, advice was taken into account from Biologist Luis Fernando Castillo Campo, M.S. in Morphology from the Universidad de Valle, specialist in the implementation of farming technologies and genetic improvement of red tilapia, based in Colombia, Mexico, and Ecuador. (Castillo, Luis Fernando, 2006)

By 2011, an inter-center project was coordinated between the Industrial Center of Integral Maintenance (CIMI) of Giron and CASA., with the purpose



entre aprendices e instructores, que permitieran la puesta a punto de este proyecto para la producción piloto de tilapia roja, consolidando un equipo de trabajo interdisciplinario.

Materiales y Métodos

De esta transferencia tecnológica citada anteriormente, surgió la propuesta de implementar un módulo de 6 estanques en geo-membrana con oxigenación artificial, mediante el uso de un aireador tipo Blower de 10 HP; estos módulos se contemplaron para una meta productiva inicial de 45 kg de biomasa por cada m³ de peces, es decir, una capacidad de carga permanente de 2.400 kg de biomasa, distribuida en el volumen total de agua de los 6 estanques. En la Tabla I se describen los equipos que se utilizaron para la implementación del proyecto.

TABLA I. Equipos para la implementación del proyecto.

Cant.	Equipo	Observaciones
3	Estanques en geomembrana de Ø6 m	Cada estanque cuenta con la estructura metálica de soporte, suministro de H ₂ O en tubería de alta presión de 1" y drenajes en tubería sanitaria de 3".
2	Estanques en geomembrana de Ø9 m	
1	Aireador tipo blower de 10 HP	Este blower cuenta con sistema de conducción de aire hacia los estanques, construido en tubería sanitaria de 3".
2	Rollos de manguera difusora	Es el complemento del sistema de aireación, y su función es la de incrementar el intercambio gaseoso en el agua a partir de pequeñas burbujas de aire.
1	Planta eléctrica	Requerida para asegurar el funcionamiento del blower en los momentos críticos por bajas de oxígeno y fallas en el suministro eléctrico, situación que es habitual en el municipio del Playón.

Fuente: el autor.

of joining forces between apprentices and instructors, allowing to tweak this project for pilot production of red tilapia, consolidating an interdisciplinary work team.

Materials and Methods

From this previously cited technology conveyance, it was suggested to implement a module of six fish ponds in a geomembrane with artificial ventilation, through the use of a Blower 10 HP aerator. These modules were contemplated with an initial production goal of 45 kg of biomass for every m³ of fish, that is, a final load capacity of 2,400 kg of biomass, distributed throughout the total volume of water from the six fish ponds. In Table 1, the equipment used for the implementation of the project is described.

TABLE 1. Equipment for project implementation

Quan.	Equipmen	Observations
3	Ponds geomembrana 6 m.	Each pond has the metal support structure, water supply pipe high pressure of an inch and three inch sanitary pipe.
2	Ponds geomembrana 9 m.	
1	Aerator type blower ten horse power.	This blower has a system air conduction into ponds. Built in sanitary pipe three inches.
2	Aeration tube rolls	Its the complement of aerator system and its function is increase the gas exchange in the water of the little air bubbles.
1	Electric plant	"Required to ensure the operation the blower at critical moments by low oxygen and Faults in the electrical supply , this situation is normal in the municipality of playon."

Source: Author

Base teórica del funcionamiento

La producción inicial estimada para la venta en “peso vivo” se proyectó en 3,2 toneladas mensuales, las cuales se podrían comercializar en el mercado regional, y eventualmente en el nacional, ofreciendo al consumidor peces en dos tallas: de 250 a 450 g, y peces por encima de 450 gramos. Actualmente en Colombia, el mercado interno demanda peces de 100 a 500 g, con tallas que oscilan entre los 28 a 35 cm de longitud. (OPTI. Observatorio de Prospectiva tecnológica Industrial, 2000)

Se llevó a cabo un riguroso seguimiento de todo el ciclo productivo para permitir su óptimo funcionamiento, sustentado sobre un plan operativo, cuyo manejo técnico y financiero fue monitoreado por el Biólogo Luis F. Castillo, basado en 3 fases de cultivo diferenciadas en: a) infraestructura, b) personal, y c) manejo y tecnología.

Con el objetivo de garantizar un buen rendimiento productivo mediante la siembra de alevinos machos, se propuso realizar todo el proceso de reproducción y selección del género sexual de forma manual, sin el empleo de hormonas. Esta actividad permitió capacitar a los aprendices del CASA. en la diferenciación de tallas, y la siembra de producción de ejemplares genéticamente mejorados, de machos y hembras por separado.

Theoretical base of operation

The initial estimated production for the sale of “live fish” was projected to be 3.2 tons per month, which could have commercialized the regional market, and eventually the national, offering consumable fish in two sizes: 250 g and 450 g, as well as fish over 450 g. Currently in Colombia, the internal market demands fish between 100 g and 500 g, with lengths varying from 28 cm to 35 cm. (OPTI. Observatorio de Prospectiva tecnológica Industrial, 2000)

Rigorous monitoring of the entire productive cycle was carried out to allow for optimal performance, based on an operating plan. Technical and financial management was monitored by biologist Luis F. Castillo, based on three phases of differentiated farming: a) infrastructure, b) personal, and c) management and technology.

In order to ensure a favorable yield through the seeding of male fingerlings, it was proposed to manually carry out the entire process of gender selection and breeding, without the use of hormones. This activity trained the apprentices from CASA. in size differentiation and stocking genetically enhanced prototypes, separating males from females.



Ciclo 1: precría

El ciclo de “*precría*” contó con el apoyo biológico y técnico de un moderno laboratorio para la genética y producción tecnificada de crías de tilapia roja y gris, ubicado en la ciudad de Cali (departamento del Valle del Cauca), Colombia. Los alevinos se recibieron con una masa promedio de 0,5 a 1,0 gramos. En los estanques excavados en tierra, de 100 m², se introdujeron por un periodo máximo de 30 días, hasta que obtuvieron un aumento de 5 g promedio. Las excavaciones pueden apreciarse en la figura 1.

Fig.1. Construcción estanque en tierra para el levante de alevinos.



Fuente: el autor.

Para garantizar la supervivencia y homogeneidad en las tallas, los peces de menor tiempo de cultivo que no cumplieron con este parámetro fueron trasladados a un tanque circular de 6,3 m de diámetro para darle continuidad con el ciclo de precría.

Cycle 1: nursery

The “nursery” cycle relied on biologic and technical support from a modern laboratory for the genetics and tech production of red and grey tilapia hatchlings, located in the city of Cali (Valle del Cauca department), Colombia. The fingerlings were received at an average mass of 0.5 to 1 grams. They were placed into the in-ground fish ponds of 100 m² for a maximum period of 30 days, until they had increased to an average size of 5 grams. Excavations can be seen in Figure 1.

Fig. 1 - Construction of in-ground fish ponds for the raising of fingerlings

Source: author

To ensure survival and homogeneity in size, fish with the least time that that did not meet this criteria were transferred to a circular fish pond of 6.3 m in order to allow it to continue the nursery cycle.

Esta fase fue definida para una duración exacta de 3 meses (90 días). Para mayor información acerca del estado inicial de los alevinos consultar la Tabla II.

Siembra y manejo de los alevinos

Antes de la “siembra” se realizó un estricto control del estado ictiosanitario y presentación fenotípica de la línea de tilapia roja. Por ello se considera a la precría como una etapa de cuarentena o incubación, asegurando así un adecuado manejo de los alevinos procedentes del laboratorio para incrementar su supervivencia.

Fig. 2- Tanques piscícolas tradicionales. (a) Mantenimiento, preparación y manejo. (b) Precría en tierra o levante en geomembrana de los alevinos.

This phase lasted exactly 3 months, a total of 90 days. For previous information about the initial state of the fingerlings, see Table II.

Sowing and management of fingerlings

Before stocking, strict control of the fish health status and phenotypic presentation of the line of red tilapia was performed. Therefore, the nursery is considered as a quarantine or incubation stage, ensuring proper management of fingerlings from the laboratory to increase their survival.

Fig. 2 – Traditional fish farming ponds. (a) Maintenance, preparation and management. (b) In-ground nursery; raising of fingerlings in geo membranes.



Fuente: el autor.

Source: author



Entre otras medidas de precaución, para el ingreso y salida del personal a la zona de cultivo, se adecuó una “trampa sanitaria”; adicionalmente, para ingresar a la zona de tanques circulares, el personal debía lavarse las manos con productos químicos adecuados para el uso humano y la manipulación acuícola. Otra de las medidas implementadas fue la aclimatación del medio, que consistió en la adecuación de las condiciones físico-químicas requeridas tanto del agua de transporte como del agua de recepción, disminuyendo así las causas de estrés ambiental que elevaran las tasas de mortalidad o los daños físicos a los alevines.

Durante los 4 primeros meses, luego de la siembra en los estanques circulares o en los estanques en tierra, los alevines fueron protegidos mediante una malla anti-pájaros, para evitar las pérdidas que normalmente se presentan por depredación, como puede apreciarse en la figura 2. Las condiciones internas de cultivo fueron controladas mediante el monitoreo y registro de factores determinantes como los parámetros físicos, la alimentación, las actividades de rutina, y la cosecha.

Parámetros físico-químicos

Para controlar este proceso se contaba con un “kit de análisis multi-parámetros”, con el cual se pudieron obtener mediciones diarias, aunque los sistemas de medición digitales con fotómetros son mucho más exactos. Los resultados de cada medición se anotaron en un formato de registro preestablecido para “parámetros Físico-Químicos”, alimentando diariamente la base de datos.

Among other precautions, a “sanitary trap” was adapted for entry and exit of personnel in the farming area. Additionally, to enter the area of circular fish farms, personnel had to wash their hands with chemicals suitable for both human use and handling aquaculture. Another implemented measure was acclimatization, which consisted of adapting the physical and chemical conditions required for both water transportation and water reception,, thus reducing the causes of environmental stress that elevate mortality rates or physical damage to the fingerlings.

During the first four months, after seeding in the circular fish ponds or in-ground fish ponds, the fingerlings were protected by anti-bird netting in order to avoid losses that usually occur from predation, as shown in Figure 2. The internal farming conditions were controlled by monitoring and recording determining factors such as physical parameters, feeding, routine activities, and harvest.

Physical and chemical parameters

In order to control this process a “multi-parameter analysis kit” was used, which was able to obtain daily measurements, even though digital measurement with photometers was much more exact. The results of each measurement was annotated in a pre-established records format for “Physical and chemical parameters”, aligning a database daily.

Las mediciones fueron realizadas tomando muestras de la fuente de origen, drenajes, y cada estanque y tanque circulares empleando en la fase de producción. Su cometido era el de controlar la cantidad de oxígeno disuelto, la temperatura, el pH del agua, la turbidez del agua, entre otros factores ambientales. El método para el muestreo se llevó a cabo mediante la toma de 2 mediciones diarias, a diferentes horas diurnas, y cada 7 días, una medición nocturna.

Alimentación

Se empleó alimento vivo en los primeros 30 días, con la finalidad de fortalecer a los alevinos, los cuales fueron sembrados posteriormente en los estanques circulares. Eventualmente, se les suministró alimentación con un 45% de proteínas. A partir del segundo mes, se redujo el porcentaje de vitaminas entre un 38 y 35%, fracturando las partículas de alimento a un tamaño adecuado, para que pudiera ser fácilmente ingerida por los alevines, según correspondiera a su talla. El porcentaje de alimentación oscila según el peso de los alevines entre el 8% y 3%. (Toledo & García, 1998.)

Para calcular la ración alimenticia adecuada, se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Biomasa (g) x alimentación (\%)} = \text{Alimento (g)}.$$

Actividades de rutina

Las actividades con los peces que incluyeron manipulación directa solo

The measurements were performed by sampling original source, drains, and each tank and circular fish pond that was used in the production phase. The task was to control the amount of dissolved oxygen, temperature, and water pH and turbidity, among other environmental factors. The method for sampling was carried out by taking two daily measurements at different daytime hours, and an additional measurement at night every 7 days.

Feeding

Live feed was used in the first 30 days in order to strengthen the fingerlings, which were then stocked in the circular fish ponds. Eventually , they were fed 45 % protein. From the second month on, the percentage of vitamins was reduced by 38 to 35%, cutting down food particles to a suitable size, so it could be easily eaten by the fingerling, as appropriate to their size. The feeding rate rate varies based on the weight of the fingerling, from 8% to 3 % . (Toledo & Garcia, 1998)

To calculate the suitable feeding ration, the following formula was used:

$$\text{biomass (g) x feeding (\%)} = \text{food supply (g)}$$

Routine activities

The activities with the fish that included direct manipulation only took place in the morning, until 1:00 pm. The rest of the workday was used for activities directly related to farming means, such as:



se realizaron en horas de la mañana hasta la 1:00 pm. La jornada restante se empleó para actividades relacionadas directamente con el medio de cultivo, tales como:

- Monitoreo físico-químico del agua.
 - Colectar y registrar peces muertos diarios.
 - Siembra de alevines cada 2 meses.
 - Alimentación (calculada en 6 a 4 raciones diarias), teniendo en cuenta los niveles de oxígeno disuelto, temperatura, y luminosidad apropiada. En este caso, la persona que estaba a cargo debía tomar decisiones diarias basadas en los parámetros físico-químicos registrados en las horas de la mañana, además del comportamiento de los peces, su actividad de consumo frente a la ración suministrada, la clase de alimento, su flotabilidad y estabilidad en el agua.
 - Consignar en las “tablas de alimentación” el consumo diario por tipo de alimento, ración y total suministrado. Esta información se manejó mediante registro de inventario de alimentos en bodega.
 - Registrar muestras biometrías por semana. Se tomaban datos como la masa del animal y las dimensiones.
 - Vigilancia sanitaria. Se supervisaba el comportamiento diario de los peces para detectar patologías. En caso de detección, debía seguirse un protocolo de análisis detallado del estado general o bacteriológico, para determinar acciones correctivas:
- Physical and chemical monitoring of water
 - Collect and record daily deceased fish
 - Stock fingerlings every 2 months
 - Feeding (calculated in 6 to 4 daily rations), keeping in mind the levels of dissolved oxygen, temperature, and appropriate luminosity. In this case, the person in charge had to make daily decisions based on the physical and chemical parameters that were recorded in the morning, as well as the behavior of the fish, their consumption of their provided ration, the class of the feeding, their floatability, and water stability.
 - Record daily consumption in the “feeding tables” by type of feeding, ration, and total supply. This information with managed through warehouse records of food inventory.
 - Record biometry samples weekly. Take measurements such as animal mass and dimensions.
 - Sanitary vigilance. Supervise daily fish behavior to detect disease. In the case of detection, a protocol of detailed analysis, detailing the general and bacteriological state, was followed in order to determine corrective actions: isolation for veterinarian treatments.
 - Maintenance of equipment, fish ponds, and other materials
 - Cleaning and disinfection of fish ponds and surrounding areas

aislamiento o tratamientos veterinarios.

- Mantenimiento de equipos, tanques, y materiales.
- Limpieza y desinfección de los estanques y de las zonas aledañas.

Cosecha

Los peces fueron extraídos manualmente y clasificados en dos o tres tallas. De acuerdo a su tamaño, podían ser sembrados en el siguiente ciclo productivo. La homogenización de tallas es fundamental para el éxito de cada ciclo productivo y el control de los cálculos de producción. Todos los peces trasladados fueron pesados y comparados con los datos iniciales de siembra para obtener mediciones de trazabilidad en las siguientes variables, consignadas en la tabla II:

- Incremento de la biomasa.
- Supervivencia, teniendo el dato de número total de peces de acuerdo con los datos de biomasa.
- Factor de Conversión Alimenticia = Cantidad de alimento suministrado durante la fase de cultivo en Kilogramos vs. la biomasa en Kilogramos obtenida en el mismo periodo.
- Porcentaje de segregación en tallas, en forma de histogramas.

El traslado fue realizado en baldes de 10 o 20 l, llenos de agua adicionándole un porcentaje de sal marina, para prevenir enfermedades y/o maltrato del animal durante esta actividad.

Harvest

The fish were manually extracted and classified in two or three sizes. In accordance to its size, they could be stocked in the next productive cycle. Homogenization of size is fundamental for the success of each productive cycle, as well as the control of calculation of production. All the transferred fish were taken out and compared with the data from initial placement in order to get measurements that are traceable with the following variables shown in Table II:

- Increase of biomass
- Survival, having the recorded number of total fish in agreement with the data of biomass
- Food Supply Conversion Factor = Quantity of provided food supply during farming phase in kilograms vs. biomass in kilograms, obtained in the same period.
- Percentage of segregation of size, in histograms

The transfer was performed in buckets 10 or 20 l, filled with water, adding a percentage of sea salt to prevent disease and / or abuse of the animal during this activity.



Manejo de datos

La información consignada en los formatos y la base de datos, fue enviada semanalmente a los Directores del Proyecto para su evaluación correspondiente. Se especificaron 3 revisiones técnicas anuales a la zona del proyecto productivo, para evaluar su buena marcha y programar las actividades correspondientes.

Ciclo 2: engorde

Este ciclo tuvo una duración exacta de 4 meses (120 días). Los juveniles, con un peso promedio entre 50 y 70 g, fueron llevados hasta peces formados, con un peso hasta 10 veces superior. Esto puede evidenciarse en los resultados consignados en la tabla III.

Cultivo

Partiendo de 2 a 3 tallas obtenidas en la cosecha del ciclo de precría, se sembraron y separaron los animales para el ciclo de engorde para facilitar su manejo y disminuir perdidas. El ciclo de engorde permitió lograr un crecimiento homogéneo, partiendo de peces con una masa inicial de 80 a 100 g, para aumentar en 4 meses hasta 500 a 600 g de masa promedio.

Para lograrlo, fue necesaria la implementación del control biométrico semanal, anterior y posterior al suministro de la primera ración alimenticia, como medida para el seguimiento del crecimiento y la salud de los peces, permitiendo el reajuste de los porcentajes de alimentación durante el suministro.

Management of data

The information contained in the formats and database was sent weekly to the project directors for weekly assessment. They made three annual technical reviews in the area of the production to evaluate its progress and program corresponding activities.

Cycle 2: fattening

This cycle lasted exactly four months (120 days). The juvenile fish, with an average weight of between 50 and 70 g, had become mature fish, weighing up to 10 times more. See table III for evidence and results.

Cultivation

Starting with 2 to 3 sizes obtained in the harvest of the nursery cycle, the animals were stocked and separated for the fattening cycle in order to facilitate handling and reduce losses. The fattening cycle allowed to achieve uniform growth, starting with an initial mass of 80 to 100 g, later to increase to an average mass of up to 500 to 600 g in four months.

To achieve this, it was necessary to implement weekly biometric control, before and after the delivery of the first food ration, as a measure to monitor the growth and health of the fish, allowing the adjustment of feed percentages during delivery.

Floating balanced feed was used with a minimum content of 32% to 24% protein, depending on the weight and the development of the animal, as well as

Se empleó alimento balanceado flotante con un contenido mínimo de 32% a 24% de proteína, razón que depende del peso y el desarrollo del animal, y de la temperatura del agua. Se efectuaron de 3 a 4 raciones alimentaciones diarias, ajustando el tamaño de las partículas para facilitar la captación de los peces en función de su talla. Fue necesario además el proveer de oxigenación constante al estanque, con ayuda de un blower de 10.0 Hp, como se puede apreciar en las figura 3 y 4.

Fig. 3 Aireador Blower de 10 HP con respectivo sistema de arranque y protección.



Fuente: el autor.

Al finalizar los 4 meses, la totalidad de los peces fueron cosechados en forma manual y clasificados de acuerdo a su talla. Esta distribución requirió el planteamiento de estrategias que aseguraran la oxigenación del agua en todo momento. Debido a las características de la zona, los cortes de fluido eléctrico, especialmente durante el invierno, hicieron necesario el uso de una planta eléctrica para asegurar la continuidad en el funcionamiento del blower.

water temperature. Feeding were made up of 3 to 4 daily servings, varying the the particles' size in order to be able to capture fish depending on their size. It was also necessary to provide constant oxygenation to the pond , using a 10.0 Hp blower, as seen in Figures 3 and 4.

Fig 3 10 Hp Blower Aerator, with a respective starter and protection system

Source: Author

At the end of four months, every single fish had been manually harvested and classified according to its size. This distribution required planning strategies that ensured constant water oxigenation. The characteristics of this region, such as fluid power cuts, especially during the winter, made it necessary to use an electric plant to ensure that the blower was constantly functioning.

Fig.4- Estanques piscícolas circulares reforzados. (a) Automatización del flujo de aireación. (b) Actividades de alimentación, registros, limpieza de fondos y control de depredadores en geomembrana.



Fig. 4 - Reinforced circular fish ponds (a) Automatic fluid aeration. (b) Feeding, record, cleaning, and predator control in the geomembrane.

Fuente: el autor.

Source: Author

Resultados Y Discusión

Results And Arguments

Precría

Nursery

Durante la primera fase denominada Precría, por un periodo de 90 días, los alevinos obtuvieron una ganancia de masa de 5,0 a 10,0 g, hasta juveniles con un peso promedio entre 80 y 100 g.

During the first phase called Nursery, for a period of 90 days, the fingerlings gained 5 to 10 g in mass, until they were juveniles with an average weight of 80 to 100 g.

Tabla II. Ciclo de precría.

CICLO	Pecría			
PESO GRAMOS INICIAL	0.5	5.0	20.0	50.0
PESO GRAMOS FINAL	5.0	20.0	50.0	100.0
Aumento Biomasa gr.	4.5	15	30	50
Número Días	30	30	30	30
Aumento gr/día	0.15	0.50	1.00	1.67
No Peces Inicio Periodo	12000	11400	11400	11400
No Peces Final Periodo	11400	11400	11400	11058
Supervivencia Esperada Periodo	95%			97%
Costo \$/Alevino	\$ 0.05			
Costo \$/Total	\$ 597.6			
Densidad Peces / M3	331.9	315.3	315.3	315.3
Volumen M3 Real disponible	36	36	36	36
Volumen Requerido	36	36	36	36
No de Tanques	1.0	1.0	1.0	1.0
No de Peces por Tanque	12000	11400	11400	11400
Biomasa Inicial Kg	6.0	57	228	570
Biomasa Final Kg	57.0	228	570	1106
Ganancia en Peso Kg	51	171	342	536
Kg/M3	1.58	6.30	15.80	30.60
Cantidad Alimento Kg	25.5	102.6	273.6	482.2
% Alimentación Biomasa/Día	10.0	3.0	2.9	2.7
Conversión Alimenticia	0.5	0.6	0.8	0.9
Fase de Alimento	Minipelets 45%	Engorda 38%	Engorda 38%	Engorda 38%
Costo \$/Kg Alimento	\$ 1.31	\$ 0.92	\$ 0.92	\$ 0.92
Costo \$ Total Alimento	\$ 33.4	\$ 94.3	\$ 251.5	\$ 443.2
Conversión Alimenticia Acumulada	0.50	0.50	0.71	0.80

Fuente: el autor.

Tabla II. Ciclo de precría.

CYCLE	Nursey			
INITIAL WEIGHT IN GRAMS	0.5	5.0	20.0	50.0
FINAL WEIGHT IN GRAMS	5.0	20.0	50.0	100.0
Increase in biomass (g)	4.5	15	30	50
Number of days	30	30	30	30
Increase gram/day	0.15	0.50	1.00	1.67
No. Fish in Initial Period	12000	11400	11400	11400
No. Fish in Final Period	11400	11400	11400	11058
Hopeful survival rate	95%			97%
Cost \$/Fingerling	\$ 0.05			
Cost \$/Total	\$ 597.6			
Fish density / M3	331.9	315.3	315.3	315.3
Actual available volume M3	36	36	36	36
Required volume	36	36	36	36
No. fish ponds	1.0	1.0	1.0	1.0
No. fish per pond	12000	11400	11400	11400
Initial biomass, kg	6.0	57	228	570
Final biomass, kg	57.0	228	570	1106
Weight gain, kg	51	171	342	536
Kg/M3	1.58	6.30	15.80	30.60
Quantity of food supply,, kg	25.5	102.6	273.6	482.2
% Biomass feeding/day	10.0	3.0	2.9	2.7
Feeding supply conversion	0.5	0.6	0.8	0.9
Feeding phase	Minipelets 45%	Fattened 38%	Fattened 38%	Fattened 38%
Cost of feeding supply \$/kg	\$ 1.31	\$ 0.92	\$ 0.92	\$ 0.92
Cost (\$) Total Feeding	\$ 33.4	\$ 94.3	\$ 251.5	\$ 443.2
Accumulated Feeding Supply Conversion	0.50	0.50	0.71	0.80

Source: Author



Se buscó garantizar la supervivencia de los alevines controlando diferentes variables ambientales. Mediante experimentación y comparación de las diferentes variables reguladas por tanque, durante la ejecución del proyecto, se condujo a la generación de conocimiento en cuanto al manejo acertado de la infraestructura y la calidad del agua para el cultivo controlado de la tilapia roja. Esto permitió que la verificación y el cálculo de las densidades de siembras fueran óptimos, bajo la premisa de alcanzar “una mayor producción en un menor espacio de cultivo”, buscando lograr bajas tasas de mortalidad para pasar a la siguiente etapa de cultivo.

En este ciclo, del total de animales sembrados, se estimó que el 50% de las tilapias de mejor crecimiento fueron vendidas en el 7mo mes de cultivo, mientras que el 50% restante se cosechó al finalizar el 8vo mes.

Engorde

TABLA III. CICLO DE ENGORDE

CICLO	Engorde			
PESO GRAMOS INICIAL	100.0	180.0	300.0	440.0
PESO GRAMOS FINAL	180.0	300.0	440.0	600.0
Aumento Biomasa g.	80.0	120	140	160
Número Días	30	30	30	30
Aumento g/día	2.67	4.00	4.67	5.33
No Peces Inicio Periodo	11.058	11.058	11.058	11.058
No Peces Final Periodo	11.058	11.058	11.058	10.837
Supervivencia Esperada Periodo				98.00%
Costo \$/Alevino				Cosecha

Survival of the fingerlings was possible by controlling different environmental variables. Knowledge of successful management of infrastructure and water quality for the controlled cultivation of red tilapia was generated throughout the project execution through experimentation and comparison of the different regulated variables.

This made optimal verification and calculation of stock densities, under the premise of achieving “greater production in a smaller farming space, ” seeking to achieve low mortality rates in the next farming stage.

In this cycle, of all stocked animals, it was estimated that 50% of the best grown tilapia were sold within 7 months of harvest, while the other 50% was harvested at the end of 8 months.

Fattening

TABLE III: FATTENING CYCLE

CYCLE	Engorde			
INITIAL WEIGHT, GRAMS	100.0	180.0	300.0	440.0
FINAL WEIGHT, GRAMS	180.0	300.0	440.0	600.0
Biomass Increase, g	80.0	120	140	160
Number of Days	30	30	30	30
Increase g/day	2.67	4.00	4.67	5.33
No.Fish Initial Period	11.058	11.058	11.058	11.058
No. Fish Final Period	11.058	11.058	11.058	10.837
Desired Survival Period				98.00%
Cost \$/Fingerling				Cosecha
Cost \$/Total				100%

Costo \$/Total				100%
Densidad Peces / M3	68.7	68.7	68.7	68.7
Volumen M3 Real disponible	161	161	161	161
Volumen Requerido	80	80	80	80
No de Tanques	2.0	2.0	2.0	2.0
No de Peces por Tanque	5529	5529	5529	5529
Biomasa Inicial Kg	1106	1190	3317	4866
Biomasa Final Kg	1990	3317	4866	6502
Ganancia en Peso Kg	885	1327	1548	1637
Kg/M3	12.40	20.60	30.20	40.40
Cantidad Alimento Kg	973.1	1725.0	2167.4	2454.9
% Alimentación Biomasa/Día	2.3	2.0	1.4	1.4
Conversión Alimenticia	1.1	1.3	1.4	1.5
Fase de Alimento	Engorda 32%	Engorda 32%	Engorda 24%	Engorda 24%
Costo \$/Kg Alimento	\$ 0.84	\$ 0.84	\$ 0.66	\$ 0.66
Costo \$ Total Alimento	\$ 813.2	\$ 1,441.6	\$ 1,439.8	\$ 1,630.7
Conversión Alimenticia Acumulada	0.94	1.08	1.18	1.26

Fuente: el autor.

Se lograron animales con una masa entre hasta 500 a 600 g promedio. El resultado de esta fase fue de 40,4 kg de biomasa por cada m3 de peces, valor por debajo de la meta planteada, de 45 Kg. Este desfase de valores se debió probablemente a la pérdida inicial por mortalidad.

Conclusiones

Con la implementación de esta unidad piloto de producción intensiva de tilapia roja, se fortaleció la calidad y pertinencia de los programas de formación agroindustrial

Density of Fish / M3	68.7	68.7	68.7	68.7
Available Volume M3 Real	161	161	161	161
Required Volume	80	80	80	80
No. of Fish Ponds	2.0	2.0	2.0	2.0
No. of Fish per Pond	5529	5529	5529	5529
Initial Biomass Kg	1106	1190	3317	4866
Final Biomass Kg	1990	3317	4866	6502
Weight Gain Kg	885	1327	1548	1637
Kg/M3	12.40	20.60	30.20	40.40
Feeding Supply Kg	973.1	1725.0	2167.4	2454.9
% Feeding Supply	2.3	2.0	1.4	1.4
Biomass/Day	2.3	2.0	1.4	1.4
Feeding Supply Conversion	1.1	1.3	1.4	1.5
Fase de Alimento	Engorda 32%	Engorda 32%	Engorda 24%	Engorda 24%
Cost \$/Kg Feeding	\$ 0.84	\$ 0.84	\$ 0.66	\$ 0.66
Cost \$ Total Feeding	\$ 813.2	\$ 1,441.6	\$ 1,439.8	\$ 1,630.7
Calculation Feeding Supply Conversion	0.94	1.08	1.18	1.26

Source: Author

An average mass of between up to 500 and 600 g was achieved. The result of this phase was 40.4 kg of biomass per every m3 of fish, just below the target set of 45 kg. This deficiency was probably due to the initial loss, due to mortality.

Conclusions

With the implementation of this intensive pilot program of red tilapia production, the quality and relevance of this agroindustrial training program was strengthened by forming new strategies, motivating the apprentices to search and incorporation advanced technology systems in fish production.



mediante la estrategia de formulación por proyectos, motivando en los aprendices la búsqueda e incorporación de tecnologías de punta de los sistemas de producción piscícola.

Se fomentó el área de investigación aplicada y de vigilancia tecnológica de los programas. Lo anterior generó un cambio en la metodología de enseñanza en pro de mejorar la competitividad del sistema productivo a través de la apropiación tecnológica y la actualización como factor diferenciador en el mercado para promover la sostenibilidad y permanencia de la empresa agropecuaria.

También se realizaron valoraciones entre los sistemas tradicionales comparados con los proyectos de alta tecnología utilizando estanques circulares, evaluando parámetros productivos, económicos y de impacto ambiental. Los resultados arrojaron diferencias significativas en cuanto a rentabilidad y control de cada etapa de crecimiento de los animales. Gracias al trabajo conjunto realizado junto con el asesor del proyecto, el Biólogo Lui F. Castillo, fue posible determinar protocolos adecuados de manejo para el cultivo de tilapia roja, replicables en cualquier zona del departamento de Santander.

Agradecimientos

Los autores desea expresar sus agradecimientos por el apoyo y la gestión para el impulso del presente proyecto: a la dirección regional del Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA; a los centros del SENA cuya colaboración

This pilot program encouraged applied investigation and technology monitoring for other programs. It led to a change in teaching methodology, now open to improving the competitiveness of productive systems with appropriate and updated technology, a differentiating factor in this market in order to promote sustainability and stability of agricultural business.

Assessments were also made between traditional systems and to high-tech projects using circular ponds, evaluating the productive, economic and environmental impact. The results showed significant differences in terms of profitability and control of each stage of growth of the fish. Thank you to biologist Luis F. Castillo for joining forces as the project consultant, making it possible to determine appropriate protocols of red tilapia production management, which will be replicated in any area within the department of Santander.

Acknowledgements

The authors would like to express gratitude for the support and formation of this project to: the regional direction of National Service Learning Service, SENA; the SENA centers whose collaboration made the execution of this project possible: the Industrial Center for Integral Management (C.I.M.I.) and the Center for Care of Agriculture and Livestock Sector (C.A.S.A.). This article was written as a result of the transfer of knowledge from the Center for Care of Agriculture and Livestock Sector of Piedacuesta and C.A.S.A.

fue indispensable para la ejecución del proyecto: El Centro Industrial de Mantenimiento Integral (CIMI.) y el Centro de Atención al Sector Agropecuario (CASA.). El presente artículo fue escrito como resultado de la transferencia de conocimiento del Centro de Atención al Sector Agropecuario de Piedecuesta y el CASA.

Bibliografía / Bibliography

Anzola, E., Aviles, M., & Beltran, C. (2001). Fundamentos de Acuicultura Continental. INPA. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. , Ministerio de AgriculturaDesarrollo Rural. Bogotá: Grafimpresos.

Beltrán, C., & Villaneda, A. (2000). Perfil de la Pesca y la Acuicultura en Colombia. Informe Técnico, INPA. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura., Subdirección de Investigaciones, Bogotá.

Camara de Comercio de Bucaramanga. (Septiembre de 2012). Sector Agrícola. Santander 2011. Recuperado el 30 de Junio de 2015, de <http://www.camaradirecta.com/temas/documentos%20pdf/informes%20de%20actualidad/2012/agro2011.pdf>

Castillo, Luis Fernando. (Enero de 2006). Obtenido de Sito web de la Universidad de california. Tilapia roja 2006. Una evolución de 25 años, de la incertidumbre al éxito. : <http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/Colombia/TILAPIAROJA2006.pdf>

DANE. (2010). Encuesta Nacional Agropecuaria 2010. Recuperado el

30 de Junio de 2015, de http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/ena/ENA_2010.pdf

Espinal, C., Martínez, H., & González, F. (2005). La Cadena de la Piscicultura en Colombia. Una Mirada Global de su Estructura y Dinámica. 1991-2005. . IICA. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura., MADR. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural . Bogotá: Observatorio Agrocadenas Colombia .

FAO-INCODER. (2011). Diagnóstico del Estado de la Acuicultura en Colombia. Informe Técnico, Instituto Colombiano de Desarrollo Rural., MADR. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Bogotá.

Merino, M., Bonilla, S., & Bages, F. (2013). Diagnóstico del estado de la Acuicultura en Colombia. AUNAP. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca, MADR. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá: RM Gráficos.

OPTI. Observatorio de Prospectiva tecnológica Industrial. (2000). Diagnóstico de la Cadena Productiva Pesquera en la República de Colombia. Estudio de prospectiva para la cadena productiva de la Industria Pesquera en la Región de la Costa del Pacífico en América del Sur , UNIDO. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

Toledo, S., & García, M. (Noviembre de 1998.). Nutrición y Alimentación de Tilapia Cultivada en América Latina y el Caribe. Memorias del Cuarto Simposium Internacional de Nutrición Acuícola (pág. 110). La Paz, México: Dsponible en el sitio web: http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/IV/.

