

**EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS DE ALIMENTACIÓN MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE *Azolla anabaena* Y ALIMENTO BALANCEADO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) EN LA FASE DE INICIACIÓN - LEVANTE COMO ALTERNATIVA DE PRODUCCIÓN EN LA GRANJA INTEGRAL DEMOSTRATIVA DE LA SECRETARIA DE AGRICULTURA DE LINARES**

**DANIEL ARMANDO ZAMBRANO BENAVIDES**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA DE ZOOTECNIA  
PASTO – COLOMBIA  
2013**

**EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS DE ALIMENTACIÓN MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE *Azolla anabaena* Y ALIMENTO BALANCEADO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) EN LA FASE DE INICIACIÓN - LEVANTE COMO ALTERNATIVA DE PRODUCCIÓN EN LA GRANJA INTEGRAL DEMOSTRATIVA DE LA SECRETARIA DE AGRICULTURA DE LINARES**

**DANIEL ARMANDO ZAMBRANO BENAVIDES**

**Proyecto de pasantía presentado como requisito parcial para optar al título de Zootecnista**

**Director  
LESVY RAMOS OBANDO  
Zoot., Ing. Producción Acuícola**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA DE ZOOTECNIA  
PASTO – COLOMBIA  
2013**

**“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva de los autores”.**

**Artículo 1º del acuerdo N° 324 de Octubre 11 de 1966 emanado del honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

**LESVY RAMOS OBANDO**  
Presidente

---

**ANA JULIA MALLAMA GOYES**  
Jurado Delegado

---

**SANDRA ESPINOSA NARVAEZ**  
Jurado

**San Juan de Pasto, Diciembre 2013**

## **AGRADECIMIENTOS**

LESVY RAMOS OBANDO. Zootecnista. Ing. Producción Acuícola. Universidad de Nariño.

ANA JULIA MALLAMA GOYES. Zootecnista. Universidad de Nariño.

SANDRA ESPINOSA NARVAEZ. Tecnóloga Química, Ingeniera en producción Acuícola, Laboratorista. Unidad de Laboratorios Especializados. Universidad de Nariño.

JAVIER ANDRES MARTÍNEZ BENAVIDES. Zootecnista. M.Sc. Director Departamento de Producción y Procesamiento Animal, Programa de Zootecnia. Universidad de Nariño.

HERMES DE LA CRUZ. Alcalde del Municipio de Linares.

JOHANA RUALES. Ing. Agroindustrial. Universidad de Nariño. Directora Secretaria de Agricultura.

CARLOS MANUEL ALVEAR. Zootecnista. Universidad de Nariño. Secretario de Agricultura del Municipio de Linares.

GINNA CRISTINA LASSO GALLARDO. Zootecnista. Universidad de Nariño.

LICETH MORALES CORAL. Secretaria Programa de Zootecnia Universidad de Nariño.

A la Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia de la Universidad de Nariño.

Todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron en la realización y culminación de este trabajo.

## **DEDICATORIA**

A Dios quien ha bendecido mi vida, guiándome y fortaleciéndome cada día para salir adelante en los momentos más difíciles.

A mis padres que han luchado tanto, para que sea una persona de bien inculcándome el respeto, la honestidad, la disciplina y ante todo la educación.

A mi hermana que ha sido mi compañía por muchos años y a quien amo mucho.

A Ginna mi esposa hermosa que ha estado a mi lado apoyándome en cada momento, para que salga adelante, que con sus consejos, su amor me ha permitido madurar cada vez más.

A Christian Enríquez mi hermano mi amigo del alma que ha estado en cada momento y que con sus palabras, consejos y cariño a sabido comprenderme en los momentos lindos y difíciles que se presentaron en mi vida

A todas las personas que han contribuido en mi vida para que salga a delante con sus palabras y su cariño.

Pero le dedico especialmente este trabajo de grado a mi bebe hermoso Sebastián Zambrano Lasso que ha llenado mi corazón de mucha alegría y que con la bendición de Dios seré el mejor padre y un ejemplo en su vida

**Daniel Armando Zambrano Benavides**

## RESUMEN

El diagnóstico realizado en la Granja Integral Demostrativa perteneciente a la Secretaría de Agricultura del municipio de Linares mostró la necesidad de fortalecer la producción de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en el manejo de la alimentación, mediante la implementación de nuevas alternativas para esta especie; dado que representa uno de los puntos clave en el sistema productivo por su participación significativa en los costos de producción. Por tal razón se propuso la evaluación de la inclusión de *Azolla anabaena* en la alimentación de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), a fin de reducir los costos en la alimentación de esta especie.

Se evaluaron 1500 tilapias nilóticas (*Oreochromis niloticus*), con un peso promedio inicial de 0,8 g, en el transcurso del proyecto se llevó a cabo registros para las variables de consumo de alimento, ganancia de peso y mortalidad.

Los tratamientos fueron distribuidos de la siguiente manera:

T1: 100% alimento balanceado comercial (testigo)

T2: 80% alimento balanceado comercial + *Azolla anabaena* a voluntad

T3: 60% alimento balanceado comercial + *Azolla anabaena* a voluntad

Para realizar el proyecto se utilizó un análisis de varianza a una vía, y se determinó diferencias entre tratamientos con la prueba paramétrica de Tukey, el análisis contó con 5 repeticiones y 10 animales muestreados, para un total de 500 animales por tratamiento.

Para la fase de iniciación los parámetros de consumo de alimento balanceado fueron: (T1: 45,24g, T2: 46,28g, T3 25,48g), ganancia de peso (T1: 37,86g, T2: 46,11g, T3: 26,32g), conversión alimenticia aparente (T1: 1,21, T2 1,02, T3 0,98) y mortalidad (T1: 1,6%, T2: 1,2%, T3: 0,4%). Para la fase de levante los parámetros de consumo de alimento fueron (T1: 152,36g, T2: 148,23g, T3: 71,47g), ganancia de peso (T1: 105,28g, T2: 101,03g, T3: 76,8g), conversión alimenticia aparente (T1: 1,45, T2: 1,33, T3: 0,93) y mortalidad (T1: 0,2%, T2: 0%, T3: 0%).

El análisis parcial de costos, comprobó que el mejor tratamiento fue T2 (80% alimento balanceado con *Azolla anabaena* a voluntad), donde se redujo los costos de producción para obtener un kilo de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), con una rentabilidad de 42,76%, respecto al tratamiento T1 (100% alimento balanceado) con 25,79% y para el tratamiento T3 con 30,89%.

## ABSTRACT

The diagnosis made in the Comprehensive Demonstration Farm belonging to the Ministry of Agriculture of the town of Linares showed the need to strengthen the production of *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*) in the handling of food, by implementing new alternatives for this species, as it represents one of the key points in the production system for its significant involvement in production costs. For this reason the evaluation of the inclusion of *Azolla anabaena* in feeding *tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*) was proposed in order to reduce costs in the power of this species.

1500 Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) were evaluated, with an initial average weight of 0,8 g, in the course of the project was carried out searches for variables of feed intake, weight gain and mortality.

Treatments were distributed as follows:

T1: 100% commercial feed (control)

T2: 80% commercial feed + *Azolla anabaena* at will

T3: 60% commercial feed + *Azolla anabaena* at will

To make the project an analysis of variance was used to track, and differences between treatments with Tukey parametric test, we determined the analysis had 5 replicates and 10 animals sampled, for a total of 500 animals per treatment.

For the initiation phase parameters balanced food consumption were: (T1: 45,24 g, T2: 46,28 g, 25,48 g T3), weight gain (T1: 37,86 g, T2: 46, 11 g, T3: 26, 32 g), apparent feed conversion (T1: 1, 21, 1, 02 T2, T3 0, 98) and mortality (T1: 1.6%, T2: 1,2%, T3: 0,4%) . To lift phase parameters were feed intake (T1: 152.36 g, T2: 148,23 g, T3: 71.47 g), weight gain (T1: 105,28 g, T2: 101,03 g, T3: 76,8 g), apparent feed conversion (T1: 1,45, T2: 1,33, T3: 0,93) and mortality (T1: 0,2%, T2: 0%, T3: 0%).

The partial cost analysis, found that the best treatment was T2 (80% balanced feed with *Azolla anabaena* at will), where production costs are reduced to get a kilo of *tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*) with a yield of 42, 76% compared to treatment T1 (100% balanced feed) with 25,79% and for the treatment T3 with 30,89%.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	19
2. OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GENERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3. CARACTERIZACIÓN DE LA ENTIDAD	21
3.1 RESEÑA DE LA ENTIDAD	21
3.1.1 Misión	21
3.1.2 Visión	21
3.1.3 Funciones	21
3.2 GRANJA INTEGRAL DEMOSTRATIVA	23
3.2.1 Servicios que ofrece la granja integral demostrativa	23
3.2.2 Instalaciones	23
4. MARCO TEÓRICO	24
4.1 Taxonomía	24
4.2 Producción de la tilapia nilotica ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	25
4. 2. 1Ambito nacional	25
4.2. 2 Caracterización general de la cadena productiva de tilapia	26
4.2.3 Procesos productivos	29

4.2.3.1 Pre levante o iniciación	29
4.2.3.2 Levante	29
4.2 .3.3 Engorde	29
4.2.4 Sistemas de producción	30
4.2.4.1 Sistema semi- intensivo	30
4.2.1.2 Sistema Intensivo	30
4.2.5 Tipos de cultivo	31
4.2.5.1 Estanques	31
4.2.5.2 Jaulas flotantes	31
4.2.6 Parámetros físico–químicos del agua en el cultivo de tilapia nilótica ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	31
4.2.6.1 Oxígeno disuelto	32
4.2.6.2 pH.	33
4.2.7 ALIMENTACIÓN DE LA TILAPIA NILOTICA ( <i>O. niloticus</i> )	33
4.2.7.1 Suministro de alimento	35
4.2.7.2 Frecuencia de Alimentación	36
4.2.7.3Forma de Alimentación	36
4.3 GENERALIDADES DE <i>Azolla anabaena</i>	37
4.3.1Uso de la <i>Azolla anabaena</i> en la alimentación de especies acuícolas	39
5. METODOLOGÍA	41
5.1 LOCALIZACIÓN	41
5.2 MATERIAL BIOLÓGICO	42
5.3 INSTALACIONES	42

5.3.1 EQUIPOS E INSUMOS	43
5.4 PERIODO DE ESTUDIO	44
5.4.1 PLAN DE MANEJO	44
5.5 ADECUACIÓN Y MANEJO DE ESTANQUES	45
5.6 ACLIMATACIÓN DE LOS ANIMALES	45
5.7 ALIMENTO Y ALIMENTACIÓN	46
5.7.1 Alimento balanceado	46
5.7.2 Alimentación con <i>Azolla anabaena</i>	47
5.8 TRATAMIENTOS	48
5.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	48
5.10 VARIABLES EVALUADAS	48
5.10.1 Mortalidad	48
5.10.2 Ganancia de peso	48
5.10.3 Consumo de alimento balanceado	49
5.10.4 Conversión alimenticia	49
5.10.5. Análisis parcial de costos	49
5.10.6 Transferencia de Conocimientos a los Productores Piscícolas	49
6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	50
6.1 GANANCIA DE PESO	50
6.2 Mortalidad	53
6.3 Consumo de alimento balanceado	53
6.4. ANÁLISIS ECONÓMICO	57
6.5 PROMOCIÓN Y DIVULGACIÓN DEL PROYECTO DESARROLLADO	59

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
7.1 CONCLUSIONES	60
7.2 RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFIA	

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Clasificación taxonómica	24
Tabla 2. Tasa de alimentación para tilapia	36
Tabla 3. Frecuencia de alimentación	36
Tabla 4. Composición nutricional del balanceado comercial suministrado "Agrinal Tilapia 45"	46
Tabla 5. Composición nutricional del balanceado comercial suministrado "Agrinal Tilapia 40"	47
Tabla 6. Costos de producción y precio del kilo de venta de tilapia en la granja integral demostrativa.	60

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. <i>Azolla anabaena</i>	35
Figura 2. Asociación <i>Azolla anabaena</i>	36
Figura 3. Tilapia Nilotica ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	38
Figura 4. Estanques de la Granja Integral Demostrativa	39
Figura 5. Red de pesca	39
Figura 6. Comederos en plástico	40
Figura 7. Limpieza y encalado de los estanques	40
Figura 8. Aclimatación y pesaje de los alevinos	41
Figura 9. Recolección y pesaje de <i>Azolla anabaena</i>	49
Figura 10. Ganancia de peso en la fase de iniciación.	50
Figura 11. Ganancia de peso en la fase de levante.	52
Figura 12. Consumo de alimento balanceado en la fase de iniciación.	54
Figura 13. . Consumo de alimento balanceado durante la fase de levante.	54
Figura 14. Conversión alimenticia en la fase de iniciación.	56
Figura 15. Conversión alimenticia en la fase de iniciación	56
Figura. 16 Mortalidad en la fase de iniciación.	57
Figura 17 Mortalidad en la Fase de Levante.	58
Figura 18 Divulgación del proyecto	61
Figura 19 Socialización de resultados.	62

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Efecto de las diferentes concentraciones de oxígeno disuelto sobre las tilapias	32
Cuadro 2. Requerimientos proteicos de la tilapia nilotica ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	35
Cuadro 3. Composición bromatológica de la <i>Azolla anabaena</i>	40
Cuadro 4. Partición de los costos de producción, alimentación con el 100% de alimento balanceado.	58
Cuadro 5. Partición de los costos de producción, alimentación con el 80% de alimento balanceado con <i>Azolla anabaena</i> a voluntad.	58
Cuadro 6. Partición de los costos de producción, alimentación con el 60% de alimento balanceado con <i>Azolla anabaena</i> a voluntad.	59

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Ganancia de pesos fase iniciación – levante	71
Anexo B. Consumo alimento balanceado fase iniciación - levante	76
Anexo C. Conversión alimenticia aparente fase iniciación - levante	81

## INTRODUCCIÓN

El municipio de Linares, ubicado en el departamento de Nariño; presenta una economía eminentemente agropecuaria; contando con una amplia diversidad de producciones, razón por la cual la Alcaldía Municipal de la mano con la Secretaria de Agricultura adelanta procesos y proyectos productivos estratégicos; basados en investigaciones y evaluaciones que conlleven a incrementar la productividad, competitividad y calidad de vida de los productores de la región.

Actualmente la piscicultura ha tomado un mayor protagonismo en el ámbito nacional y regional; con el fin de producir alimentos de alto valor nutritivo y contribuir en los ingresos y generación de empleo en las zonas rurales; lo que ha conllevado a la implementación de nuevas alternativas productivas en el sector.

Asimismo productores de especies con gran potencial como la tilapia (*Oreochromis niloticus*), cuya crianza esta difundida en la zona, se encuentran en el proceso de incrementar la sostenibilidad y rentabilidad en los sistemas de cultivo.

En el Municipio de Linares, la piscicultura ha tenido una tasa de crecimiento bastante significativa en los últimos años. Sin embargo, en estos sistemas productivos se han presentado dificultades en el manejo de las especies, razón por la cual la Secretaria de Agricultura puso a disposición la Granja Integral Demostrativa para que en ella se desarrollen proyectos de investigación, los cuales están encaminados a brindar alternativas de solución aplicables a la problemática que aqueja a los productores piscícolas.

## 1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

“La piscicultura es desde hace mucho tiempo una de las esperanzas del mundo en su carrera por producir proteína de alta calidad a precios bajos. En todo el mundo la producción de la tilapia, ha crecido de manera ostensible y continua, desarrollando un alto impacto económico y social, mediante el cual es posible generar ingresos, mejorar la calidad de vida y ofrecer alimento de alto valor nutricional a la población mundial” (Torres., 2006)<sup>1</sup>.

De igual manera la actividad piscícola en el municipio de Linares ha incrementado su porcentaje de participación en un 80%\* dentro del sector pecuario, aunque la actividad se desarrolla en sistemas de cría extensivos en los que no se han implementado prácticas adecuadas de manejo que contribuyan a su progreso. Por tal razón la Granja Integral Demostrativa del municipio facilita la utilización de sus instalaciones para la ejecución de proyectos productivos que generen información valiosa y verificable para los productores y la comunidad en general.

Actualmente en la granja; con la colaboración de los profesionales del Sector Pecuario, se desarrollan procesos de incorporación de nuevas técnicas y prácticas de manejo en el cultivo de tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*): principalmente en el área de nutrición y alimentación, a fin de corregir algunas dificultades de alimentación que se han presentado en el cultivo y ofrecer a los productores una alternativa confiable de producción.

Teniendo en cuenta la consideración anteriormente mencionada, se plantea la siguiente pregunta ¿La suplementación con *Azolla anabaena* en el cultivo de tilapia (*O. niloticus*) permite mejorar los índices productivos que actualmente se presentan en la Granja Integral Demostrativa del municipio de Linares?

---

<sup>1</sup> TORRES, E. Estado Actual de la Acuicultura. [En línea]. Colombia. 2006. [citado 20 mayo de 2013]. Disponible en internet: <<http://www.acuiculturaldia.com/Documentos/Estado%20actual%20Acuicultura%20y%20Mercado.pdf>>.

(\*) ALVEAR, C. Secretaria de Agricultura del Municipio de Linares. Colombia. Información personal, 2012.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar tres métodos de alimentación mediante la utilización de *Azolla anabaena* y alimento balanceado en el rendimiento del cultivo de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en las fases de iniciación y levante, como una alternativa de producción en la Granja Integral Demostrativa de la Secretaria de Agricultura de Linares.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar parámetros productivos como: ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia aparente y mortalidad de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en cada uno de los tratamientos a evaluar.
- Realizar un análisis parcial de los costos de producción en el cultivo de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*).
- Divulgar a la comunidad por medio de la Secretaria de Agricultura los conocimientos y resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto.

### 3. CARACTERIZACIÓN DE LA ENTIDAD

#### 3.1 RESEÑA DE LA ENTIDAD

La Secretaria de Agricultura del Municipio de Linares, es la entidad encargada de garantizar Asistencia Técnica Directa, en el sector rural del municipio de Linares; en el ámbito Agropecuario y Medioambiental, así como también de orientar y liderar políticas de desarrollo del sector rural con alternativas de producción a través de la formulación, ejecución de proyectos y programas que le generen al pequeño productor nuevas y mejores oportunidades de ingreso con el fin de elevar su calidad de vida.

**3.1.1 Misión.** Prestar a todo el Municipio de Linares el servicio de Asistencia Técnica Agropecuaria y ambiental, de manera directa y gratuita al pequeño y mediano productor. De igual manera fomentar y consolidar el trabajo asociativo a través de los grupos organizados con el desarrollo de proyectos productivos que le permitan al productor utilizar en forma eficiente sus medios de producción con lo cual mejore su productividad, sus ingresos y su calidad de vida.

**3.1.2 Visión.** Tener un productor organizado a través de la consolidación de un proceso que integre los sistemas de producción, transformación, conformación y consumo de sus productos y además que se haya logrado fortalecer al pequeño productor, la “granja integral demostrativa” del municipio de Linares como un centro generador de tecnología agropecuaria y ambiental a nivel Departamental y nacional que facilite los procesos de transferencia de tecnología.

#### 3.1.3 Funciones.

- Velar por el desarrollo rural del Municipio, a través de mecanismos de asistencia técnica y fomento de los campos agrícolas, pecuarios, ecológico, forestal y piscícola.
- Analizar el sector agropecuario, formular estrategias para su desarrollo y elaborar los planes, programas y proyectos agropecuarios que se requieran para su ejecución.
- Preparar los proyectos de comunicación para la transferencia de tecnología y asistencia técnica.
- Elaborar y ejecutar la programación de eventos de capacitación, actualización e intercambios tecnológicos que se proyecten dentro el sistema de transferencia de tecnología.
- Contribuir en la realización del seguimiento y evaluación de los diferentes programas y proyectos cofinanciados que se desarrollen en el sector rural del Municipio, según

lo establecido por las instituciones que intervienen y proponer los ajustes que se requieran para su eficiente ejecución.

- Participar en la elaboración del plan operativo municipal de inversiones en lo relacionado con los proyectos de la asistencia Técnica Municipal.
- Propender por la aplicación de la transferencia de tecnología motivada por la presencia en el Municipio de Linares, de diferentes entidades ligadas al sector.
- Diseñar y ejecutar estrategias que favorezcan el mercadeo y comercialización de los productos del campo.
- Promover y adelantar programas de asistencia técnica para la mejor distribución y consumo de productos agropecuarios en el Municipio.
- Participar en el diagnóstico y evaluación de la situación de los recursos naturales renovables y del medio ambiente, adelantar las acciones tendientes a preservar los ecosistemas estratégicos y promover el desarrollo regional dentro del concepto de sostenibilidad en armonía con las políticas y planes establecidos por las autoridades ambientales competentes.
- Asesorar a las dependencias de la administración municipal y a las entidades descentralizadas en la evaluación, valoración y elaboración de los planes de manejo orientados a la eliminación, mitigación de los impactos ambientales que generen obras o actividades que se adelanten en el municipio.<sup>2</sup>

### **3.2 GRANJA INTEGRAL DEMOSTRATIVA**

Cuenta con personal capacitado dedicado al cumplimiento de los objetivos y metas propuestos por la empresa, encargados de generar y promover: ciencia, tecnología, identidad, desarrollo sustentable, investigación y técnicas apropiadas que contribuyan a mejorar los diferentes tipos de producciones que se encuentran en el municipio de Linares.

**3.2.1 Servicios que ofrece la granja integral demostrativa.** Dentro de los servicios ofertados por la Granja para la comunidad se tiene:

- Asistencia técnica a empresas agropecuarias, a pequeños y medianos productores en lo relacionado a producción, administración y mercadeo.

---

<sup>2</sup> SECRETARIA DE AGRICULTURA DEL MUNICIPIO DE LINARES. [En línea]. Colombia, 2013. [citado 15 mayo de 2013]. Disponible en internet: <<http://www.linares-narino.gov.co/nuestraalcaldia.shtml?apc=alxx-1-&m=q>>.

- Sincronización e inseminación de porcinos y bovinos.
- Evaluación reproductiva de hatos.
- Elaboración de esquemas sanitarios.
- Asistencia en partos de porcinos, bovinos, caprinos entre otros.
- Venta de pie de cría de cuyes, conejos, aves y peces.
- Elaboración de presupuestos agrícolas y pecuarios para créditos.
- Elaboración de proyectos agrícolas y pecuarios.
- Asesoría para la construcción de invernaderos.
- Asesoría para la instalación de sistemas de riego por aspersión y por goteo.

**3.2.2 Instalaciones.** La administración Municipal de Linares, por intermedio de la Secretaria de Agricultura (SAG) adelanta acciones en busca de recuperar los saberes populares y dar la oportunidad al productor de utilizar al máximo su propiedad. Para llevar a cabo tal fin dentro de la granja se cuenta con las siguientes instalaciones:

Cuatro galpones destinados para la producción de porcinos, cuyes, conejos y pollos de engorde. Tres corrales; uno utilizado para la cría de aves de postura y los restantes destinados para el mantenimiento y ordeño de bovinos. Siete estanques en tierra y seis piletas para la crianza de tilapia negra (*Oreochromis niloticus*) o roja (*Oreochromis sp.*), cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y carpa (*Cyprinus carpio*).

Adicionalmente cuenta con un área reservada para la siembra de pastos y forrajes principalmente ramio (*Boehmeria nivea*), y maralfalfa (*Pennisetum hybridum*) y una pequeña huerta para autoconsumo. En estas instalaciones se desarrollan proyectos y procedimientos que son monitoreados y evaluados por el personal para posteriormente difundir a la comunidad una información valiosa y confiable.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 TAXONOMÍA DE LA TILAPIA NILÓTICA (*Oreochromis niloticus*).

“La Tilapia pertenece a la familia de los cíclidos, la cual está representada por cerca de 100 especies, la mayor parte de ellas se encuentran en África y algunas en Asia Menor.” (Lorenzo, J., 2011)<sup>3</sup>.

En la tabla 1 se observa la clasificación taxonómica de la especie *Oreochromis niloticus*.

**Tabla 1. Clasificación taxonómica**

<b>Reino</b>	Animal
<b>Phyllum</b>	Chordata
<b>Subphyllum</b>	Vertebrata
<b>Superclase</b>	Gnathostomata
<b>Serie</b>	Pisces
<b>Clase</b>	Actinopterygii
<b>Orden</b>	Perciforme
<b>Suborden</b>	Percoide
<b>Familia</b>	Cichlidae
<b>Género</b>	<i>Oreochromis</i>
<b>Especie</b>	<i>Oreochromis niloticus</i>

Fuente: Barrera, *et al.*, 2006.

<sup>3</sup> LORENZO, J. Efecto de tres métodos de cocción sobre el contenido nutricional de la mojarra Tilapia (*Oreochromis sp.*). Trabajo de grado Ingeniería de Alimentos. México. Universidad de Papaloapan, Campus Tuxtepec. 2011.

## 4.2 PRODUCCIÓN DE LA TILAPIA NILÓTICA (*Oreochromis niloticus*)

Servicios Integrales para la Competitividad Agropecuaria SINCOAGRO S.C. *et al.*, (2007)<sup>4</sup> mencionan que: la tilapia es una especie introducida en todo el mundo y se cría de manera generalizada en los trópicos y las zonas subtropicales; ya que posee extraordinarias cualidades para su cultivo como: crecimiento acelerado, tolerancia a altas densidades, adaptación a cautiverio, aceptación de una amplia gama de alimentos, alta resistencia a enfermedades, además de contar con algunos atributos para el mercado, como: carne blanca de buena calidad, sabor agradable, poca espina, adecuada talla y precio accesible, que le confiere una preferencia y demanda comercial en la acuicultura mundial.

Popma, T & L.Lovshin., (1994) citados por Ayala Segura, afirman que:

De todas las especies pertenecientes al género *Tilapia* y *Oreochromis*, la de mayor conocimiento y producción a nivel mundial es la tilapia, junto al híbrido de “tilapia roja”. Por lo tanto, el género *Oreochromis* es el que se considera de mayor importancia dentro de los cultivos comerciales existentes. Su distribución original fue el sur de África Central y probablemente a partir del año 1939, comenzó su distribución en otros países, de tal forma que, hoy en día, se la encuentra en casi todo el mundo; debido especialmente a su valor comercial y también a su valor social, este último, como especie destinada a una alimentación familiar y de autoconsumo, cuando se cultiva a baja densidad en estanques. Su cultivo se realiza en numerosos países desde América del Norte hasta Sudamérica; así como en gran parte de los países del Sudeste Asiático, norte de Australia y algunos países europeos<sup>5</sup>.

### 4.2.1 Ámbito nacional. Usgame *et al.*, (2008) mencionan que:

En Colombia la tilapia fue introducida durante la década de los sesenta, pero solamente se desarrolló como una actividad comercial en la década de los ochenta. En la actualidad representa el 65% de la producción piscícola nacional.

---

<sup>4</sup> SERVICIOS INTEGRALES PARA LA COMPETITIVIDAD AGROPECUARIA (SINCOAGRO S.C.), FUNDACIÓN PRODUCE VERACRUZ (FUNPROVER), COMISIÓN VERACRUZANA DE COMERCIALIZACIÓN AGROPECUARIA (COVECA). Manual de Producción de Tilapia con Especificaciones de Calidad e Inocuidad. [En línea]. México 2007. [citado 21 abril de 2013]. Disponible en internet: <<http://www.funprover.org/formatos/cursos/Manual%20Buenas%20Practicas%20Acuicolas.pdf>>

<sup>5</sup> AYALA SEGURA, E. Tilapia Roja (*Oreochromis spp*) y Plateada (*Oreochromis niloticus*). [En línea]. Colombia, 2010. [citado 15 mayo de 2013]. Disponible en internet: <<http://distripecesdellano.blogspot.com/2010/09/tilapia-roja-oreochromis-spp-y-plateada.html>>.

En Colombia el cultivo de tilapia se desarrolla en dos sistemas de producción diferentes, los estanques en tierra y las jaulas flotantes. El sistema de estanques se desarrolla en los departamentos Meta, Huila y Tolima. Los productores que emplean el sistema de jaulas flotantes requieren menores costos de inversión inicial, manejan densidades de producción más altas y su ciclo productivo es menor, los piscicultores que implementan el sistema de estanques en tierra presentan menores porcentajes de mortalidad y mejores conversiones alimenticias. El departamento del Huila, principal núcleo productor del país, cuenta con productores de tilapia que implementan ambos sistemas productivos.<sup>6</sup>

El mismo autor afirma que:

Actualmente los cultivos de tilapia en Colombia se desarrollan con dos especies, la roja, aprovechada para el consumo a nivel nacional y la plateada que por su rendimiento en carne permite el aprovechamiento a través de filetes, especialmente para el mercado internacional. La actividad se desarrolla en monocultivos y/o policultivos, donde se aprovecha para cultivar dos especies al mismo tiempo, generalmente una especie de tilapia combinada con otra especie como la cachama (*Piaractus brachipomus*) o carpa (*Cyprinus carpio*). Los principales núcleos productores del país son el Huila (31%), Meta (18%) y Tolima (11%), estos tres departamentos producen el 60% del total nacional, mientras que el 40% restante se encuentra en departamentos como Antioquia, Caquetá, Córdoba, Cundinamarca, Santander y Valle del Cauca, entre otros, es importante resaltar que aparte de los tres principales núcleos productores del país, departamentos como Córdoba, Santander y Valle del Cauca vienen presentando tasas de crecimiento anual superiores al 1%, representando un aumento en la tasa de crecimiento anual de 1,11 %.<sup>7</sup>

**4.2.2 Caracterización general de la cadena productiva de tilapia.** Martínez *et al.*, (2005) manifiestan que:

La piscicultura en Colombia reúne a múltiples agentes económicos partícipes en las diferentes actividades de la producción y comercialización de los bienes finales e intermedios de la cadena. Estas corresponden a: (1) producción de alevinos, (2) las actividades de levante y engorde, (3) el procesamiento o transformación de los peces, y (4) los canales de comercialización. Otras actividades como la elaboración

---

<sup>6</sup> USGAME, D., USGAME, G., VALVERDE, C. Agenda productiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la tilapia. Proyecto estudio de prospectiva tecnológica de la cadena colombiana de la tilapia. [En línea]. Bogotá. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2008. [citado 5 diciembre de 2013]. Disponible en internet: <[http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/MicrosoftWord/Informe\\_final\\_con\\_correcciones\\_Tilapia.pdf](http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/MicrosoftWord/Informe_final_con_correcciones_Tilapia.pdf)>.

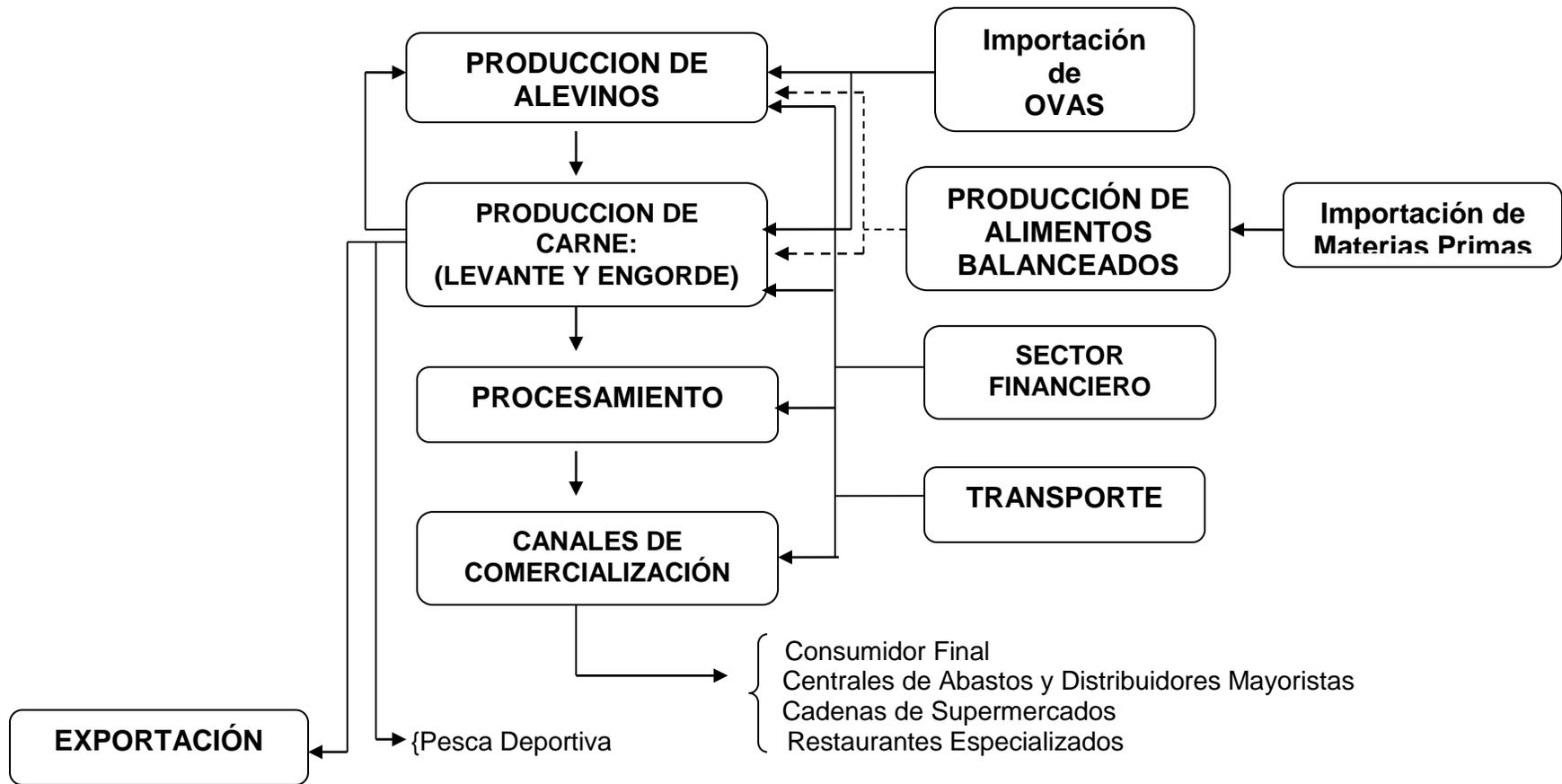
<sup>7</sup> *Ibíd.* p. 16.

de alimento balanceado para peces, la prestación de servicios financieros y transporte, se vinculan paralelamente a la dinámica de la cadena.<sup>8</sup> Ver figura 1

---

<sup>8</sup> MARTÍNEZ, H., GONZÁLEZ, F., ESPINAL, C. La cadena de la piscicultura en Colombia una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Documento de Trabajo No. 72. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agrocadenas Colombia. [En línea]. Colombia. 2005. [citado 5 diciembre de 2013]. Disponible en internet: < [www.agronet.gov.co/.../2005112164315\\_caracterizacion\\_piscicultura.pdf](http://www.agronet.gov.co/.../2005112164315_caracterizacion_piscicultura.pdf)>.

Figura 1. Estructura de la cadena productiva de piscicultura.



Fuente: Martínez, *et al.*, 2005.

### **4.2.3 Procesos productivos.** Usgame *et al.*, (2008) clasifican los procesos productivos en:

Pre levante, levante y engorde. Además mencionan que existen diferencias en su desarrollo según los sistemas productivos de jaulas y estanques y los segmentos empresarios, microempresarios y unidades campesinas que los implementan.

**4.2.3.1 Pre levante o iniciación.** Para los estanques se reciben animales entre 1 y 3 g. de peso, mientras que para las jaulas se necesitan animales un poco más grandes (3 a 5 g.) dependiendo del ojo de malla de las jaulas. El objetivo final es llevar los animales a pesos cercanos a los 50 g. Los estanques de cultivo generalmente usados, están entre 350 – 800 m<sup>2</sup>. La densidad de siembra es de 100 – 150 peces por m<sup>2</sup>, con buen porcentaje de recambio de agua (10 a 15% día). El alimento balanceado que se utiliza en este proceso tiene que contener un alto porcentaje de proteínas, generalmente se utilizan concentrados con porcentajes del 45% al 38%. Dependiendo de las condiciones de agua, temperatura, densidad de siembra, propias de cada cultivo se proporciona un mayor o menor número de dosis de alimento, considerándose seis raciones diarias como el promedio en las regiones.

**4.2.3.2 Levante.** Los animales que han finalizado la etapa de pre levante son trasladados a los estanques o jaulas para obtener pesos de aproximadamente 180 - 200 g. Generalmente se realizan en estanques de 450 a 1500 m<sup>2</sup>, con una densidad de siembra de 20 a 50 peces por m<sup>2</sup>, con recambio de agua constante de (10 a 15% día). Se utilizan alimentos con porcentajes de proteína del 36% al 34%, dependiendo de la marca de concentrado utilizado por cada productor. Se proporciona más alimento, pero distribuido en menos dosis, generalmente 3 o 4, lo que se establece conforme a los resultados de los muestreos donde se analizan los pesos promedios. Con estos valores los piscicultores ajustan la rutina de alimentación y buscan disminuir los costos de producción.

**4.2.3.3 Engorde.** Esta fase puede tener una duración de 3 a 4 meses, un manejo adecuado del estanque, generalmente, se realiza en estanques de 1000 a 5000 m<sup>2</sup>, con densidades entre 1 a 40 peces por m<sup>2</sup>, para densidades mayores de 15 tilapias por m<sup>2</sup> necesitan sistemas de aireación o constantes recambios de agua la calidad del agua y una buena alimentación, contribuirán a que los organismos alcancen la talla comercial en un menor tiempo. Para esta fase final se utilizan concentrados con valores proteicos más bajos que pueden oscilar entre 30% y 24%. Las porciones de alimento son mayores, varían según el productor en dos o máximo tres raciones. Una vez terminada la cosecha se deben preparar los estanques y las jaulas para recibir nuevos individuos y así iniciar con un nuevo ciclo de engorde.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> USGAME, D., USGAME, G., VALVERDE, C. Op cit.

**4.2.4 Sistemas de producción.** Usgame *et al.*, (2008) afirman que “en Colombia el cultivo de tilapia se desarrolla de forma semi-intensiva e intensiva, principalmente en mono y policultivos”.<sup>10</sup>

**4.2.4.1 Sistema semi- intensivo.** “En los sistemas semi-intensivos, se ha realizado una modificación significativa sobre el ambiente, se tiene control sobre el agua, las especies cultivadas, las especies que se cosechan”<sup>11</sup>, la temperatura, el pH, el nivel de amonio y el de oxígeno. Con recambios de agua del 15 al 30% diario de todo el volumen del estanque. (SINCOAGRO S.C *et al.*, 2007).<sup>12</sup>

Según Saavedra, M., (2006)<sup>13</sup>, este sistema de producción es el más utilizado por los pequeños y medianos productores debido que no requiere grandes inversiones económicas. Generalmente la cría se desarrolla en estanques de tierra, sin grandes infraestructuras y en lo referente a alimentación, la dieta incluye alimento peletizado o extruido, sub-productos agrícolas (afrecho de trigo, semolina de arroz), maíz o algún alimento fabricado localmente.

**4.2.4.2 Sistema Intensivo.** Saavedra, M., (2006)<sup>14</sup> afirma que en este sistema se requiere de un control completo sobre la calidad del agua, la disponibilidad de oxígeno, las especies sembradas y cosechadas, de igual manera todo nutriente necesario para un óptimo crecimiento y desarrollo de la especie.

SINCOAGRO S.C *et al.*, (2007)<sup>15</sup> manifiestan que se debe contar con grandes reservorios de agua, sistemas de bomba que permitan reciclar el agua y la utilización de aireadores en los estanques. Asimismo se debe garantizar el suministro de alimentos extruidos flotantes con niveles de proteína de 30 a 35%.

---

<sup>10</sup> USGAME, D., USGAME, G., VALVERDE, C. Op cit.

<sup>11</sup> SAAVEDRA, M. Manejo del cultivo de tilapia. [En línea]. Nicaragua, 2006. [citado 21 abril de 2013]. Disponible en internet: <pdf.usaid.gov/pdf\_docs/PNADK649.pdf>.

<sup>12</sup> SERVICIOS INTEGRALES PARA LA COMPETITIVIDAD AGROPECUARIA (SINCOAGRO S.C)., FUNDACIÓN PRODUCE VERACRUZ (FUNPROVER)., COMISIÓN VERACRUZANA DE COMERCIALIZACIÓN AGROPECUARIA (COVECA). Op cit. p. 45.

<sup>13</sup> *Ibíd.*, p. 10.

<sup>14</sup> *Ibíd.*, p. 11.

<sup>15</sup> *Ibíd.*, p. 47.

**4.2.5 Tipos de cultivo.** “El cultivo de estos peces, puede ser muy versátil ya que se puede realizar en jaulas flotantes, estanques rústicos o de concreto. A continuación se describen los tipos más utilizados.”<sup>16</sup>

**4.2.5.1 Estanques.** “El estanque es una excavación en la tierra que posee estructuras especiales para el llenado y vaciado del agua de forma individual. Su tamaño va a depender principalmente del sistema de cultivo, la rentabilidad y las metas productivas de la granja.”<sup>17</sup>



**4.2.5.2 Jaulas flotantes.** Saavedra, M.<sup>18</sup> manifiesta que las jaulas se pueden construir en una gran variedad de formas, utilizando materiales como el bambú o tablas de madera y alambre, nylon u otras mallas sintéticas. Pueden variar de tamaño entre uno a varios cientos de metros cúbicos y pueden ser de cualquier forma, pero las más comunes son las rectangulares, cuadradas o cilíndricas. Las jaulas pequeñas son más fáciles de manejar que las grandes y pueden proveer una ganancia económica mayor por unidad de volumen.

---

<sup>16</sup> SERVICIOS INTEGRALES PARA LA COMPETITIVIDAD AGROPECUARIA (SINCOAGRO S.C.), FUNDACIÓN PRODUCE VERACRUZ (FUNPROVER)., COMISIÓN VERACRUZANA DE COMERCIALIZACIÓN AGROPECUARIA (COVECA). Op cit. p. 39.

<sup>17</sup> Ibíd., p. 39.

<sup>18</sup> SAAVEDRA, M. Op cit.

#### **4.2.6 Parámetros físico-químicos del agua en el cultivo de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*)**

Según la FAO (2003):

Esta especie es muy tolerante a temperaturas altas, bajas concentraciones de oxígeno y altos niveles de amoníaco; resistiendo además, las altas salinidades de hasta 20 ppt. La ausencia de habilidad de la tilapia para tolerancia a 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. Su alimentación cesa por debajo de los 16-17°C y las enfermedades o muertes se producen cuando se las maneja por debajo de los 16-17°C. La reproducción se inhibe cuando las temperaturas se sitúan por debajo de los 20°C. Para su crecimiento, se necesita entre 29 y 31°C. 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.<sup>19</sup>

##### **4.2.6.1 Oxígeno disuelto.** Baltazar *et al.*, (2004) manifiestan que:

La cantidad de oxígeno disuelto en el agua es un indicador importante de la calidad del agua y de los tipos de vida existentes. Si bien, las tilapias pueden tolerar niveles bajos de oxígeno disuelto (1 mg/ l), está demostrando que si los niveles de oxígeno no se mantienen en concentraciones apropiadas (> 4 mg/ l), las tilapias se afectan y no comen, lo que hace que los peces puedan ser más susceptibles a las enfermedades. Por otro lado, este hecho eleva la tasa de conversión alimenticia y consecuentemente los costos de producción, o sea se requiere mayor cantidad de alimento para producir la misma cantidad de pescado lo que, además, genera mayores desechos en el agua ocasionando como consecuencia el deterioro de la calidad del agua de cultivo<sup>20</sup>.

---

<sup>19</sup> FAO. Copescal. [En línea]. 2003. [citado 5 mayo de 2013]. Disponible en internet: <[http://webmail.radiomaranon.org.pe/redmaranon/archivos/cultivo\\_de\\_tilapia\\_roja\\_y\\_tilapia\\_nilotica.pdf](http://webmail.radiomaranon.org.pe/redmaranon/archivos/cultivo_de_tilapia_roja_y_tilapia_nilotica.pdf)>.

<sup>20</sup> BALTAZAR, P., PALOMINO, A. Manual de cultivo de tilapia. Sub-proyecto programa de transferencia de tecnología en acuicultura para pescadores artesanales y comunidades campesinas. [En línea]. Perú. 2004. [citado 5 diciembre de 2013]. Disponible en internet: <<http://www.funprover.org/.../Manual%20Buenas%20Practicas%20Acuicolas.pdf>>.

**Cuadro 1. Efecto de las diferentes concentraciones de oxígeno disuelto sobre las tilapias.**

OXÍGENO (ppm)	EFECTOS
0.0 – 0.3	Peces pequeños sobreviven en cortos periodos
0.3 – 2.0	Letal a exposiciones prolongadas
3.0 – 4.0	Sobreviven, bajas tasas de crecimiento
>4.5	Favorece el crecimiento del pez

Fuente: Baltazar *et al.*, 2004

El mismo autor afirma que:

Cuando los niveles de oxígeno disuelto disminuyen en el cuerpo de agua, cae a rangos subnormales (< 1 mg / l), las tilapias se colocan en la superficie del agua buscando tomar directamente el oxígeno atmosférico, para lo cual extiende los labios permitiendo tomar más fácilmente el oxígeno. Esa ventaja fisiológica, permite tomar prevenciones pues los animales avisan del problema que existe y es fácil de comprobar en estanques deficientes en oxígeno entre las 5:00 a las 7: 00 horas, pues casi todos los peces suben a la superficie a “bloquear”.<sup>21</sup>

**4.2.6.2 pH.** Según Baltazar *et al.*, (2004):

La mayoría de aguas naturales tienen un pH que varía entre 5 y 10. El “estrés ácido” es uno de los principales efectos de un pH bajo, y se manifiesta por la excesiva acumulación de mucus en el tejido branquial que interfiere con el intercambio gaseoso y con una secuela que afecta al balance “ácido – base” de la sangre, causando “estrés respiratorio” y disminución de la concentración de cloruro de sodio en la sangre, a su vez causa disturbio osmótico. A valores extremos del pH, 4 y 11, se produce la muerte, en tanto que el rango deseable para los cultivos esta en 6.5 a 9.<sup>22</sup>

---

<sup>21</sup> BALTAZAR, P., PALOMINO, A. Op cit.

<sup>22</sup> *Ibíd.*, p. 46.

#### 4.2.7 ALIMENTACIÓN DE LA TILAPIA NILÓTICA (*Oreochromis niloticus*)

“La tilapia (*Oreochromis niloticus*), se alimenta a través de filtrar el fitoplancton (algas microscópicas) y otros materiales que se encuentran suspendidos en el agua, además puede alimentarse de organismos que están en el fondo del estanque.”<sup>23</sup> Lorenzo, J.,(2011) manifiesta que “el género *Oreochromis* se clasifica como omnívoro, por presentar mayor diversidad en los alimentos que ingiere, variando desde vegetación macroscópica hasta algas unicelulares y bacterias.”<sup>24</sup>

Lorenzo, J., (2011)<sup>25</sup> sostiene que una característica común de las tilapias es la fácil adaptabilidad o aceptación de dietas suplementarias artificiales en la ración. Por lo cual para su cultivo se puede emplear diversos tipos de alimentos, tales como plantas, desperdicios de frutas, verduras y vegetales, semillas oleaginosas y cereales.

Saavedra., (2006) afirma que:

Para la alimentación de los peces en diferente estadio, se debe tener en cuenta el nivel de proteína con el que se obtiene el máximo crecimiento. Así mismo, a medida que avanza el cultivo, este nivel de proteínas que produce máximo crecimiento disminuye con el incremento del peso del pez. También se debe considerar que en la elaboración de alimentos balanceados para el cultivo intensivo de tilapia, el suplemento de proteína puede llegar a representar más del 70% del costo total del alimento. Por otro lado, también se debe tener en cuenta que el nivel de proteína en la dieta se ve influenciada por múltiples factores como son:

- El contenido de energía en la dieta
- El estado fisiológico del pez (edad, peso y madurez)
- Factores ambientales (temperatura del agua, salinidad y oxígeno disuelto).
- La calidad de la proteína (nivel y disponibilidad de aminoácidos esenciales).
- Tasa de alimentación.<sup>26</sup>

---

<sup>23</sup> BARRERA, E., PAZ, C. Control de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Perciforme: Cichlidae) usando guapote lagunero (*Parachromis dovii*) (Perciforme: Cichlidae) en los estanques de la Universidad Earth Rosa. Trabajo de grado Agronomía. Costa Rica. Universidad Earth Rosa. 2006. 6 p.

<sup>24</sup> LORENZO, J. Op cit. p. 6.

<sup>25</sup> *Ibíd.*, p. 6.

<sup>26</sup> SAAVEDRA, M. Op cit. p 8.

Cabrera *et al.*, (2001) menciona que en “los sistemas de producción industrial de tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) se requiere del suministro de un alimento con un aporte de proteína mínimo del 30%. Y especifica que para el caso de larvas y alevines, el requerimiento es de 45 - 50 % de proteína, 10% de lípidos, 4% de fibra”<sup>27</sup>. Asimismo Baltazar *et al.*, 2004<sup>28</sup> presenta en el cuadro 2 los requerimientos de proteínas para tilapias según su estadio.

**Cuadro 2. Requerimientos proteicos de la tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*)**

FASE	NIVEL DE PROTEINA (%)
PRECRIA	45
CRECIMIENTO	40
ENGORDE	28 – 32
REPRODUCTORES	35

Fuente: Baltazar *et al.*, 2004

**4.2.7.1 Suministro de alimento.** Mundo tilapia., (2011)<sup>29</sup> menciona que para determinar cuánto alimento se debe ofrecer por día es necesario estimar el porcentaje de biomasa; este método consiste en tomar una muestra del 10 al 15% del cultivo y estimar con ella el peso promedio, este valor se multiplica por el número total de animales del estanque obteniendo así el porcentaje de biomasa.

A continuación se indica dos fórmulas, la primera (1) usada para obtener la cantidad de biomasa en Kg y la cantidad de alimento diario por estanque, y la segunda (2) para determinar el nivel alimenticio de la biomasa del cultivo.

<sup>27</sup> CABRERA, T., JAY, D. Y ALCESTE, C. Actualización del Cultivo de Tilapia en el mundo. VI Congreso Ecuatoriano de Acuicultura y V Congreso Latinoamericano de Acuicultura. [En línea]. Ecuador. 2001. [citado 17 febrero de 2013]. Disponible en internet: <<http://www.tuinventas.com/attachments/article/137/Cultivo%20De%20Tilapia,%20Lima%20%20Pe ru.pdf>>.

<sup>28</sup> BALTAZAR, P., PALOMINO, A. Op cit.

<sup>29</sup> Mundo tilapia. Alimento concentrado. [En línea]. Colombia. 2011. [citado 16 abril de 2013]. Disponible en internet: <<http://mundotilapia.es.tl/Alimento-concentrado.htm>>.

### Fórmula 1

Peso promedio (kg) \* Número de peces en el estanque = biomasa en kg/estanque

### Fórmula 2:

Biomasa de peces \* porcentaje de alimentación = cantidad de alimento/día

En la tabla 2 se indica la tasa de alimentación para tilapia para cada una de las fases de la tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*):

**Tabla 2. Tasa de alimentación para tilapia.**

FASE	PESO PROMEDIO (g)	TASA DE ALIMENTACION (%)
Precria	2 – 50	10 – 15
Crecimiento	50 – 150	6 – 10
Engorde	150 – 300	1.5 – 3

Fuente: Baltazar *et al.*, 2004

**4.2.7.2 Frecuencia de Alimentación.** Baltazar *et al.*, (2004) afirman que “la frecuencia de alimentación, se refiere al número de veces por día que se debe suministrar alimento a los peces. Normalmente se divide, la cantidad de alimento calculado para cada día en varias raciones estipuladas en la tabla 3.”<sup>30</sup>

<sup>30</sup> BALTAZAR, P., PALOMINO, A. Op cit.

**Tabla 3. Frecuencia de alimentación.**

<b>FASE ALIMENTACION</b>	<b>PESO PROMEDIO (g)</b>	<b>FRECUENCIA DE (N° DE VECES)</b>
Precria	2 – 50	8 - 10
Crecimiento	50 – 150	4 - 6
Engorde	150 – 300	3 - 4

Fuente: Baltazar *et al.*, 2004

**4.2.7.3 Forma de alimentación.** Baltazar *et al.*, (2004) mencionan que:

Las formas de alimentación dependen directamente del manejo, el tipo de producción, edad y los hábitos de la especie. Entre los más comunes se tiene:

- Alimentación en un solo sitio. Adecuado para animales de 1 a 50 g. (Precría), ya que no les exige una gran actividad de nado y permite realizar una alimentación homogénea y eficiente.
- Alimentación en “L”. Este sistema de alimentación es sugerido para animales de 50 a 100 gramos (juveniles), el cual se realiza en dos orillas continuas del estanque. Lo más recomendable es alimentar en la orilla de salida (desague) y en uno de los dos lados, con el fin de sacar la mayor cantidad de heces en el momento de la alimentación.
- Alimentación periférica. Se realiza por todas las orillas del estanque y se recomienda para peces mayores de 100 gramos, dado que por encima de este peso se acentúan los instintos territoriales de estos animales, en varios sitios del estanque.<sup>31</sup>

<sup>31</sup> BALTAZAR, P., PALOMINO, A. Op cit.

### 4.3 GENERALIDADES DE *Azolla anabaena*

Este helecho mide aproximadamente 1,5 mm de longitud, presenta una pequeña estructura de color verde, con abundante tejido aerífero para poder flotar. De éste surgen, aunque no siempre, pequeñas raicillas o pelos radicales que no tienen función fijadora, se proliferan mediante yemas o estolones en aguas tranquilas más o menos eutrofizadas, pudiendo ocasionar verdaderas plagas bajo determinadas circunstancias, aunque también poseen un importante papel como fuente de alimento para peces y aves acuáticas. La *Azolla anabaena* puede reproducirse sexualmente y asexualmente por gajos (cada rama rota formará una nueva planta)<sup>32</sup>.

**Figura 2. *Azolla anabaena***



Fuente: Benefits of *Azolla*.

“La *Azolla anabaena* se caracteriza por su riqueza en proteína cruda y cenizas. Debe esperarse que sea rica en fracciones de fibra, aunque no se considera que la pared celular esté lignificada de la misma manera que en las plantas terrestres, donde es necesario poseer estructuras rígidas de sostén.”<sup>33</sup>

---

<sup>32</sup> VASQUEZ, E. Caracterización de tres especies de plantas (*Rumex crispus*, *Azolla anabaena*, *Beta vulgaris*) con potencial forrajero para consumo en alimentación animal. [En línea]. 2012. [citado 16 marzo de 2013]. Disponible en internet: <<http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/nutricion/articulos/caracterizacion-tres-especies-plantas-t3927/141-p0.htm>>.

<sup>33</sup> LY, J. Macrofitas acuáticas flotantes en sistemas integrados de producción porcina. Estudios del valor nutritivo y su relevancia como alimento. Instituto de Investigaciones Porcinas. [En línea]. La Habana. Cuba. 2003. Revista Computarizada de Producción Porcina Vol. 10 No. 2. [citado 16 marzo de 2013]. Disponible en internet:< <http://www.iip.co.cu/RCP/ant/RCP10.2.pdf>>.

Calvert *et al.* (1985) afirman que “este helecho tiene la habilidad de fijar nitrógeno atmosférico gracias a la asociación con una cianobacteria, que es la encargada de fijarlo”.<sup>34</sup> La *Anabaena*, que vive en las cavidades de las frondas del helecho, es capaz de usar su propia energía fotosintética para fijar el nitrógeno atmosférico y producir amonio, lo que es aprovechado por la *Azolla* para cubrir sus propios requerimientos de nitrógeno. Aun así, algunos factores ambientales tales como las condiciones del suelo y del agua, así como las técnicas de cultivo, influyen de una forma importante en el contenido de nutrientes de la *Azolla anabaena* (Naegel 1998).<sup>35</sup>

### Figura 3. Asociación *Azolla anabaena*



Fuente: Cianobacterias un mundo de aplicaciones biotecnológicas.

“La relación simbiótica hace que *Azolla Anabaena* contenga niveles relativamente altos de nitrógeno, siendo una fuente proteica atractiva en la alimentación animal.”<sup>36</sup> Asimismo Joseph *et al.* 1994<sup>37</sup> sugieren que debido al aporte proteico

---

<sup>34</sup> CALVERT, H., PETERS, A., KAPLAN, D., ITO, O.Y TOIA. The *Azolla-Anabaena* symbiosis: Morphology, physiology and use. En: Israel Journal of Botany. 1982. Vol. 31. p. 305 – 323.

<sup>35</sup> NAEGEL, L.C.A. Evaluation of three *Azolla* varieties as a possible feed ingredient for tilapias. En: Animal Research and Development. 1998. Vol. 48. p. 31-42.

<sup>36</sup> LÓPEZ, G., LEYVA, E., NOVOA, M. Producción de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* L.) utilizando hojas de chaya (*Cnidoscolus chayamansa* Mc Vaugh) como sustituto parcial del alimento balanceado. [En línea]. México. 2012. Vol. 40. [citado 16 marzo de 2013]. Disponible en internet:< <http://www.scielo.cl/pdf/lajar/v40n4/art02.pdf>>.

de la *Azolla Anabaena*, esta puede ser suministrada en forma fresca o seca en las raciones alimenticias para producciones piscícolas.

De igual manera Scagel *et al* (1966) citado por Vásquez<sup>38</sup> mencionan que esta planta es conocida como alimento en las producciones piscícolas, y se le identifica como especie perteneciente a clima frío.

#### **4.3.1 Uso de la *Azolla anabaena* en la alimentación de especies acuícolas.**

Según Singhal *et al* (1984) citado por López *et al*. “Esta planta puede emplearse como forraje para peces y camarones herbívoros o transformarse en harina para incluirse como ingrediente en alimentos balanceados.”<sup>39</sup>

Igualmente Than *et al*. (1997) citado por López *et al*. Menciona que “esta puede ser empleada en la alimentación de animales de granja, debido a que constituye una fuente proteica de alto valor nutricional (18 a 32 % PB),”<sup>40</sup> sin embargo, la baja producción de materia seca (5-6%), muestra deficiencias al momento de incorporarse como alimento, dado que es muy voluminosa (López *et al.*, 2012).<sup>41</sup>

López *et al.*, (2012) manifiesta que “de acuerdo con la composición bromatológica, las plantas acuáticas de este tipo son factibles de utilizarse como sustitutos parciales de los concentrados proteicos que forman parte de las raciones de camarones, peces y otros animales de granja, sobre todo si se tiene en cuenta el alto costo de los alimentos comerciales.”<sup>42</sup>

---

<sup>37</sup> JOSEPH, A., SHERIEF, P.M., JAMES, T. Effect of different dietary inclusion levels of *Azolla pinnata* on the growth, food conversion and muscle composition of *Europlus suratensis* (Bloch). *En: Journal of Aquaculture in the Tropics*. 1994. Vol. 9. p.87-94.

<sup>38</sup> VASQUEZ, E. Op cit.

<sup>39</sup> *Ibíd.*, p.2.

<sup>40</sup> LÓPEZ, G., LEYVA, E., NOVOA, M. Op cit.

<sup>41</sup> *ibíd.*

<sup>42</sup> *Ibíd.*

### Cuadro 3. Composición bromatológica de la *Azolla anabaena*

Nutriente	Valor	Unidad
Materia Seca	6	%
Proteína	28	%
Energía	4500	Kcal/ Kg Ms
Fibra	20	%

Fuente: Larrea, J. (2009). Ecuador.

Este helecho acuático es bien aceptado por muchas especies de peces herbívoros. En algunos ensayos se ha reportado que la tilapia nilótica puede consumir entre el 50 a 80 % de su peso en *Azolla* por día con un porcentaje de digestión cercano al 60 %.<sup>43</sup>

Cuando se cultiva *Azolla anabaena* para peces se deben proveer algunos espacios abiertos en la capa que forma la *Azolla anabaena* para que los peces puedan alcanzar la superficie del agua sin ser impedidos por el helecho. (Bentsen *et al.*, 1996).<sup>44</sup>

---

<sup>43</sup> ACOSTA, M., LOPEZ, J. Evaluación de dos niveles de *Azolla anabaena* como fuente de proteína vegetal en dietas balanceadas par mojarra roja (*Oreochromis sp*) cultivada en jaulas flotantes versus un concentrado comercial. Universidad de Nariño. Colombia. 1994. En: Revista científica de la Facultad de Ciencia Pecuarias. Vol. 2.

<sup>44</sup> BENTSEN, H. B.; GJEDREM, T. M. and DAN, N. C. Breeding plan for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Viet Nam. Report No. 2 INGA, 1996. International Network on Genetic in Aquaculture, p: 10.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 LOCALIZACIÓN

LA GRANJA INTEGRAL DEMOSTRATIVA de la Secretaria de Agricultura se encuentra ubicada en el Municipio de Linares, Departamento de Nariño. “A una altura de 1558 msnm, 1° 22' 09,8” de latitud norte y 77° 30' 10,4” de longitud oeste, con un promedio anual de precipitación de 1312 mm y una humedad relativa anual del 80%, con valores más altos (83%) en los meses de enero y noviembre y el valor más bajo en el mes de agosto con 69%; tiene una extensión de 1.8 Ha.”\*

### 5.2 MATERIAL BIOLÓGICO

En el desarrollo del trabajo de campo se emplearon 1.500 individuos de la especie *Oreochromis niloticus*; provenientes de la estación piscícola altos del Magdalena Flandes en el departamento del Tolima. Los ejemplares adquiridos presentaron un peso promedio de 0.8 g. Una vez realizada la recepción de los peces en la granja se procedió a distribuirlos aleatoriamente en los estanques, con una densidad de siembra de 35 animales por m<sup>2</sup>; cada tratamiento contó con 500 animales. En la figura 4 se presenta la especie objeto de evaluación.

**Figura 4. Tilapia Nilotica (*Oreochromis niloticus*)**



(\*) Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Pasto, Colombia. Información personal, 2013.

### 5.3 INSTALACIONES

La granja integral demostrativa cuenta con 11 estanques para la producción piscícola, de los cuales 3 fueron destinados para la ejecución del presente proyecto; los estanques son en tierra y presentan las siguientes dimensiones: 16 m de largo, 8 m de ancho y 0.4 m de profundidad (figura 5). Para el abastecimiento de los estanques el agua proviene del nacimiento denominado la arboleda, la cual es llevada a través de la tubería de suministro de 4 pulgadas desde la bocatoma hasta los estanques.

**Figura 5. Estanques de la Granja Integral Demostrativa.**



#### 5.3.1 Equipos e insumos.

- Se utilizó una balanza marca KCC CAPACIDADES con capacidad de 2 kg y sensibilidad de 1 g. Para realizar el pesaje de los animales, y el alimento que se suministraba al cultivo.
- La red de pesca utilizada, constaba de una malla de anqueo de plástico de 8m de largo por 2m de ancho, con barras de plomo en la parte inferior de esta.
- Los comederos circulares para el suministro de concentrado comercial y *Azolla anabaena*, fueron fabricados en manguera plástica de ½ pulgada, y distribuidos en cada tratamiento, a razón de 6 comederos por estanque en la fase de iniciación y 3 comederos por estanque para juveniles.

- El alimento balanceado suministrado en la fase de iniciación fue en forma de harina y con porcentaje de proteína del 45%, mientras que para la fase de levante o juveniles se ofreció un balanceado peletizado y con un porcentaje de proteína del 40%.
- Se utilizó un termómetro análogo con escala de -10 a 50 °C marca WALMUR

**Figura 6. Equipos e insumos**



## 5.4 PERIODO DE ESTUDIO

El trabajo de campo tuvo una duración de 16 semanas, periodo durante el cual se evaluó el consumo de alimento, conversión alimenticia aparente, ganancia de peso y mortalidad de las tilapias en la fase de iniciación y levante.

**5.4.1 Plan de manejo.** Durante el periodo de evaluación se realizó la revisión de los estques y se observó la fuente de suministro de agua a fin de garantizar un adecuado y constante flujo de agua. Asimismo se llevó a cabo la toma de temperatura, el registro de mortalidad y el suministro de alimento en cada uno de los tratamientos.

- **Muestreos.** Se tomó una muestra equivalente al 10% de la población, durante el periodo de trabajo de campo se registraron 8 pesajes en cada tratamiento del cultivo de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*); los pesajes se realizaron cada 15 días, en horas de la mañana.
- **Toma de temperatura.** La medición de temperatura se realizó dos veces al día (en horas de la mañana y la tarde), utilizando un termómetro análogo, el cual permitió observar en qué condiciones se encontraba el agua de cada uno de los tratamientos.

## 5.5 ADECUACIÓN Y MANEJO DE ESTANQUES

Para realizar las labores de limpieza y desinfección los estanques fueron drenados, se retiró el material vegetal y fue removido el sedimento. Asimismo se empleó cal agrícola en una proporción de 100g/m<sup>2</sup> para encalar los 3 estanques durante un periodo de 3 días (figura 7).

De igual manera se efectuó el arreglo, limpieza y desinfección de la tubería, en la primera etapa de la evaluación, para la desinfección de la tubería se utilizó detergente y un producto yodado.

La entrada y salida de agua fue monitoreada constantemente a fin de asegurar un óptimo aporte de oxígeno para los peces. Así como un adecuado recambio de agua y eliminación de residuos sólidos y el amoníaco excretado por la tilapia.

**Figura 7. Limpieza y encalado de los estanques.**



## 5.6 ACLIMATACIÓN DE LOS ANIMALES.

Al momento de llegar los animales a la granja, se hizo una revisión del estado de los especímenes; teniendo en cuenta la mortalidad y temperatura del agua en la bolsa que los contenía (18°C). Posteriormente estas fueron colocadas en los estanques, durante un periodo de 20 min (figura 8) para aclimatar a los peces, además se llevó a cabo el primer pesaje de la muestra equivalente al 10% de la población y se distribuyeron los 500 individuos en cada tratamiento.

**Figura 8. Aclimatación y pesaje de los alevinos.**



## 5.7 ALIMENTO Y ALIMENTACIÓN.

**5.7.1 Alimento balanceado.** El alimento ofrecido a las tilapias durante la fase de iniciación contenía un porcentaje de proteína del 45% y se suministraba en forma de harina. Mientras que para la fase de levante el alimento proporcionado se encontraba peletizado y aportaba un porcentaje de proteína del 40%. En las tablas 4 y 5 se observa la composición nutricional de cada alimento.

La dieta en la fase de iniciación fue distribuida en 6 raciones diarias, dichas raciones eran suministradas en los comederos circulares, 3 de estas se ofrecían en horas de la mañana y 3 en horas de la tarde. En la fase de levante el alimento balanceado se suministró al voleo en forma de “L”, y se estableció una frecuencia de suministro de alimento de 4 veces en el día.

El consumo de alimento balanceado en cada tratamiento se determinó mediante la estimación del cálculo de biomasa.

**Tabla 4 Composición nutricional del balanceado comercial suministrado “Agrinal Tilapia 45”**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>%</b>
Humedad max	12
Proteína min	45
Grasa min	4
Fibra max	6
Ceniza max	10

Fuente: Solla (Agrinal Colombia S.A).

**Tabla 5 Composición nutricional del balanceado comercial suministrado “Agrinal Tilapia 40”**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>%</b>
Humedad max	12
Proteína min	40
Grasa min	10
Fibra max	5
Ceniza max	10

Fuente: Solla (Agrinal Colombia S.A).

**5.7.2 Alimentación con *Azolla anabaena*.** La *Azolla anabaena* destinada para la suplementación de las dietas evaluadas; fue obtenida de los cultivos establecidos en la Granja Integral Demostrativa. La recolección del suplemento se realizaba 20 minutos antes de ser suministrada a los animales de los tratamientos con restricción de alimento balanceado, la *Azolla anabaena* se ofrecía fresca y *ad libitum* una vez en el día en los respectivos comederos circulares.

**Figura 9. Recolección y Suministro de *Azolla anabaena* en los estanques.**



### **5.8 TRATAMIENTOS.**

Los animales se distribuyeron en tres tratamientos, cada uno constituido por 500 animales para un total de 1.500 tilapias para el proceso de evaluación. Las cuales fueron sometidas al siguiente régimen alimenticio:

**T 1** = 100% Alimento Balanceado

**T 2** = 80 % Alimento Balanceado + *Azolla anabaena* a voluntad

**T 3** = 60 % Alimento Balanceado + *Azolla anabaena* a voluntad

### **5.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para el diseño estadístico se utilizó un análisis de varianza a una vía, y se determinó diferencias entre tratamientos con la prueba paramétrica de Tukey, utilizando el paquete estadístico SAS, versión 9.1.3 (2007), el análisis contó con 5 repeticiones y 10 animales muestreados, para un total de 50 animales por muestreo. El modelo matemático empleado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta.

$U$  = media general

$T_i$  = efecto del tratamiento.

$E_{ij}$  = error experimental.

## 5.10 VARIABLES EVALUADAS

**5.10.1 Mortalidad (M).** Corresponde al número de individuos muertos (IM) sobre el número inicial de tilapias (QT) en cada una de sus fases multiplicado por cien.

$$M = (IM / QT) * 100$$

**5.10.2 Ganancia de peso (GP).** Se obtuvo, estableciendo la diferencia entre el peso final (PF) y el peso inicial (PI).

$$GP = PF - PI$$

**5.10.3 Consumo de alimento balanceado (CA).** Para el cálculo de este parámetro se tuvo en cuenta la biomasa presente en cada tratamiento. El consumo fue estimado mediante la diferencia del alimento ofrecido y el rechazado.

$$\text{Biomasa/Kg/estanque} = \text{peso promedio} * N^{\circ} \text{ de peces en el estanque}$$

$$\text{Cantidad de alimento/día} = \text{Biomasa/Kg/estanque} * \% \text{ alimentación}$$

**5.10.4 Conversión alimenticia aparente (CAA).** La conversión alimenticia se estima de acuerdo al alimento suministrado y el aumento en biomasa de la población y se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$CAA = \frac{\text{Cantidad de alimento suministrado (Kg)}}{\text{Aumento de la biomasa (Kg)}}$$

**5.10.5 Análisis parcial de costos.** Se realizó un análisis parcial de costos, en el que se tuvo en cuenta los costos fijos y variables en la producción de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*).

**5.10.6 Transferencia de Conocimientos a los Productores Piscícolas.** Se efectuó una socialización a los productores acerca de los resultados obtenidos al evaluar los 3 tratamientos. Se realizó las respectivas conclusiones y recomendaciones, escuchando las expectativas de cada uno de los productores en cuanto al programa planteado.

## 6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 GANANCIA DE PESO.

Para un mejor análisis de la ganancia de peso, se tuvo en cuenta la evolución de los especímenes a través del tiempo en cada uno de los tratamientos evaluados, efectuando pesajes a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días del periodo experimental.

**6.1.1 Ganancia de peso en la fase de iniciación.** La figura 10 muestra la ganancia de peso para la fase de iniciación (75 días) en cada uno de los tratamientos. El análisis estadístico reporta que existen diferencias entre las medias de los tratamientos, y la prueba de Tukey demuestra que las tres ganancias de peso son distintas, siendo mejor el T 2 (alimento balanceado al 80% con *Azolla anabaena* a voluntad), con una ganancia de peso promedio de 46,11 g en comparación con las otras formas de alimentación que obtuvieron valores de 37,86 g para T1 y 26,32 g para T3.

**Figura 10. Ganancia de peso en la fase de iniciación.**



Posiblemente la inclusión de *Azolla anabaena* en la dieta mejoró las ganancias de peso gracias al aporte nutricional que realiza; constituyéndola en una fuente proteica de alto valor nutricional según lo mencionado por Palafox *et al.*, 2005.<sup>45</sup>

<sup>45</sup> PALAFOX, J., TOUSSAINT, I., SALAS, R., ROMERO, O., ESTRADA, O. Perspectivas de la Lemna sp. para la alimentación de peces. Revista Electrónica de Veterinaria (REDVET) vol. VI, núm. 3. [En línea]. España. 2005. [5 diciembre de 2013]. Disponible en internet: <<http://www.redalyc.org/pdf/636/63612812009.pdf>>.

Asimismo Lumpkin *et al.*, (1982) citado por Acosta *et al.*, han reportado que “la tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) puede consumir entre el 50 a 80 % de su peso en *Azolla anabaena* por día con un porcentaje de digestión cercano al 60 %”.<sup>46</sup>

Entre tanto para T3 (alimento balanceado al 60% con *Azolla anabaena*), se observa una ganancia de peso baja; posiblemente el porcentaje de restricción del alimento balanceado y la “capacidad de aprehensión limitada para el consumo de *Azolla anabaena* en las primeras semanas de vida”<sup>\*</sup> influyeron en el resultado.

Al comparar los tratamientos (T1 y T2) la prueba indica que suministrar a las tilapias la dieta del T2, tiene mejores efectos sobre la ganancia de peso, probablemente la mayor disponibilidad de alimento, redujo los niveles de competitividad; permitiendo al estanque lograr valores altos de ganancia de peso con respecto al T1. En cuanto a la investigación realizada, al inicio se esperaba mejores resultados con T1 ya que no se sabía cómo iba ser el comportamiento de consumo de *Azolla anabaena* en el transcurso de la investigación.

**6.1.2 Ganancia de peso en la fase de levante:** La prueba efectuada indica que existen diferencias significativas entre las dietas ofrecidas a cada estanque; obteniendo T1 los valores más altos con respecto a la variable ganancia de peso, posiblemente la forma de suministro de alimento y el tipo de balanceado (pellet) ofrecido influyeron en el aprovechamiento y rendimiento de la tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*). Estos resultados arrojados en la fase de levante se esperaban al inicio del proyecto, suponiendo que las tilapias iban a tener una mejor ganancia de peso solo con el suministro de alimento balanceado.

Al respecto Pompa *et al.*,<sup>47</sup> mencionan que el alimento peletizado se mantiene en el agua el tiempo suficiente para que el pez pueda consumirlo y así minimizar pérdida de nutrientes por disolución y desperdicio del alimento.

Para T3 se evidencia una ganancia de peso inferior en contraste con los tratamientos (T1 y T2); probablemente el cambio de alimento balanceado y la restricción del 60% influyeron en este parámetro.

---

<sup>46</sup> ACOSTA, M., LOPEZ, J. Op cit. p.73.

(\*) IZQUIERDO, Álvaro. Produpez. Linares, Nariño. Información Personal, 2013.

<sup>47</sup> POPMA, J. Y GREEN, W. Sex Reversal of Tilapia in Earthen Ponds. International Center of Aquaculture, Auburn University. Alabama, USA. 15 pp. En resumen de los procedimientos útiles en producir masivamente alevines de tilapia y en realizar el tratamiento con MT.

Al respecto Martínez, *et al* (1998)<sup>48</sup> menciona que en investigaciones realizadas en *Oreochromis niloticus* alimentado con *Azolla pinnata* el crecimiento no se ve afectado con la inclusión de niveles de hasta 42% de harina de ésta macrófita, en dietas con 35% de proteína. Mientras que en otras investigaciones se observó una marcada reducción del crecimiento en la misma especie, al sustituir la proteína animal con este helecho en dietas con 30% de proteína. Al parecer las diferencias se encuentran relacionadas con el contenido de proteína y energía en las dietas.

En la figura 11 se presentan las respectivas ganancias de peso para la fase de levante.

**Figura 11. Ganancia de peso en la fase de levante.**



Con respecto al T3 los rendimientos se vieron afectados de manera negativa probablemente por la excesiva restricción de alimento balanceado, que pudo haber ocasionado un desbalance nutricional del pez; afectando el desarrollo y crecimiento de los individuos.

## 6.2 CONSUMO DE ALIMENTO BALANCEADO.

El análisis para esta variable no demostró diferencias estadística significativas entre (T1 y T2), en las fase de iniciación y levante, lo cual indica que la dieta con

<sup>48</sup> MARTÍNEZ, C., CHÁVEZ, M., OLVERA, M., ABDO, M. Fuentes Alternativas de Proteínas de Vegetales Como Substitutos de la Harina de pescado para la Alimentación en Acuicultura. [En línea]. 1998. [citado 6 diciembre de 2013] Disponible en internet: <<http://www.dsi.uanl.mx/publicaciones/maricultura/acuicolalll/pdfs/5.pdf>>.

una restricción del 20% de alimento balanceado, fue aceptada favorablemente por las tilapias objeto de estudio; ya que al realizar la comparación de los datos, con el mismo periodo en la variable ganancia de peso, observamos ganancias más altas a las obtenidas inclusive con el alimento comercial.

Asimismo Pinto, (2000) citado por Quintero *et al.*, afirma que “la *Azolla anabaena* por sus altos contenidos de proteína cruda, calcio y aminoácidos constituye un alimento promisorio en la alimentación animal.”<sup>49</sup>

El consumo promedio de alimento balanceado para el T1 fue de 45, 24 g/animal, 46,28 g/animal para T2 y de 25,48 g/animal para T3 durante el periodo de iniciación. Los valores para la fase de levante fueron de 152,36 g/ para T1, 148,23 g/ animal y de 71,47 g/animal.

Los mejores consumos de alimento balanceado en (T1 y T2) con respecto a T3, se explican porque la cantidad de alimento suministrado, se calculó de acuerdo a la biomasa presente en cada tratamiento; por lo cual los tratamientos que reportaron mejores ganancias de peso, recibían una mayor cantidad de alimento.

Durante la fase de levante en T1 se aprecia un consumo más elevado, posiblemente la inclusión del balanceado peletizado favoreció su consumo. Según lo reportado por Risco *et al.*, (2007)<sup>50</sup> donde mencionan que la textura, el tamaño o palatabilidad del alimento influyen en la cantidad que los peces están dispuestos a consumir diariamente.

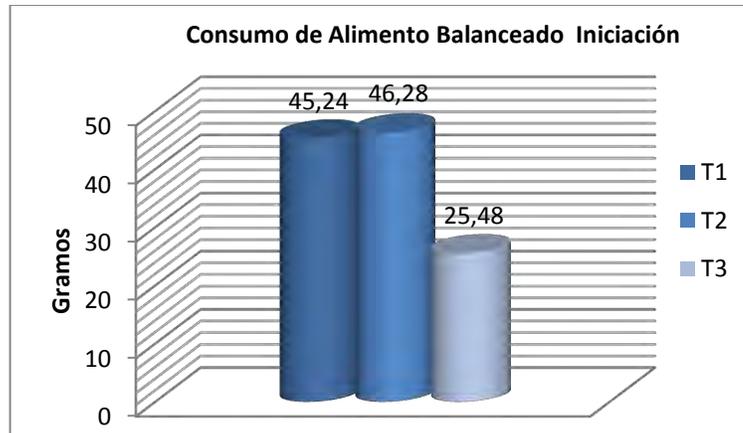
En T2 se observó una disminución del consumo de alimento balanceado sin embargo, la ganancia de peso durante el mismo periodo es superior al tratamiento testigo, posiblemente el consumo de *Azolla anabaena* suplió los requerimientos de las tilapias, demostrando nuevamente un efecto benéfico sobre los animales.

---

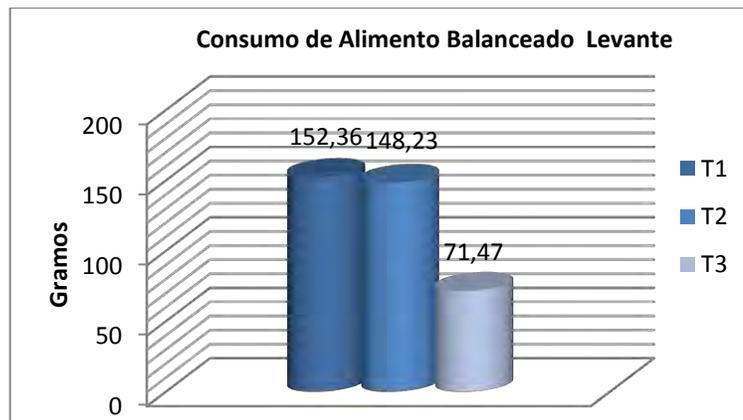
<sup>49</sup> QUINTERO, J., VELASCO, N. evaluación de una alternativa tecnológica para un sistema de producción de cerdos bajo el enfoque de tratamiento y aprovechamiento de los efluentes generados. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero químico. Caracas. Venezuela. Universidad Central de Venezuela. 2002. p. 43.

<sup>50</sup> RISCO, R., VELÁSQUEZ, L., MORI, L., PADILLA, P., CHU KOO, F., SANDOVAL, M. Influencia del alimento extruido con tres niveles de proteína en el crecimiento de alevinos de Paiche *Arapaima gigas* (cuvier, 1829). [En línea]. Perú. 2007. [Citado 6 diciembre de 2013]. Disponible en internet: [http://www.iiap.org.pe/biodamaz/faseii/download/literatura\\_gris/Articulos%20cient%C3%ADficos/3-Influencia%20del%20alimento%20extruido%20con%20tres%20niveles%20de%20prote%C3%ADna-final%20-%2028-11-07.pdf](http://www.iiap.org.pe/biodamaz/faseii/download/literatura_gris/Articulos%20cient%C3%ADficos/3-Influencia%20del%20alimento%20extruido%20con%20tres%20niveles%20de%20prote%C3%ADna-final%20-%2028-11-07.pdf).

**Figura 12. Consumo de alimento balanceado en la fase de iniciación.**



**Figura 13. Consumo de alimento balanceado durante la fase de levante.**



### 6.3 CONVERSIÓN ALIMENTICIA APARENTE

El análisis estadístico para esta variable en las fases de iniciación; no detectó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con restricciones de alimento balanceado (T2 y T3), los cuales presentaron valores de conversión alimenticia sobresalientes con respecto a T1.

Los resultados de conversión obtenidos para la fase de iniciación fueron de 1,02 en T2 y de 0,98 para T3, en la fase de levante los valores para (T2 y T3) fueron de 1,33 y 0,93 respectivamente, dichos valores son similares a los reportados por Crow (2000)<sup>51</sup> quien obtuvo valores de conversión entre 1,2 y 1,8 para la fase de precria en la evaluación de tilapias (*Oreochromis niloticus*) alimentadas con una combinación de alimento balanceado comercial y lenteja de agua (*Lemna sp.*).

Con respecto a T3, donde se observó una tasa de crecimiento baja y una buena conversión alimenticia, el mismo autor<sup>52</sup> menciona que este mismo comportamiento, fue observado cuando los peces se alimentaron con una combinación de alimento balanceado comercial y lenteja de agua (*Lemna sp.*), encontrado una proporción de la alimentación baja, una buena conversión (1: 1,2) y una tasa de crecimiento relativamente baja.

Los resultados obtenidos para T1 en la fase de iniciación de 1,21 g y de 1,45 g para el periodo de levante, son similares a los reportados por Acosta *et al* (1994) de "1,8 g. para la fase de precria".<sup>53</sup>

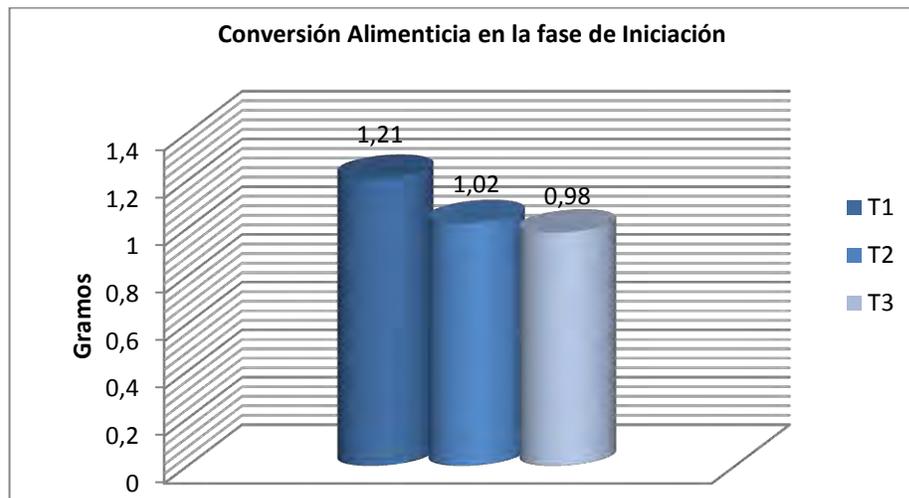
---

<sup>51</sup> CROW, G. Plantas acuáticas del parque Nacional palo verde y Valle del Tempisque. Informe. Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad y University of New Hampshire Dirham. 2000.

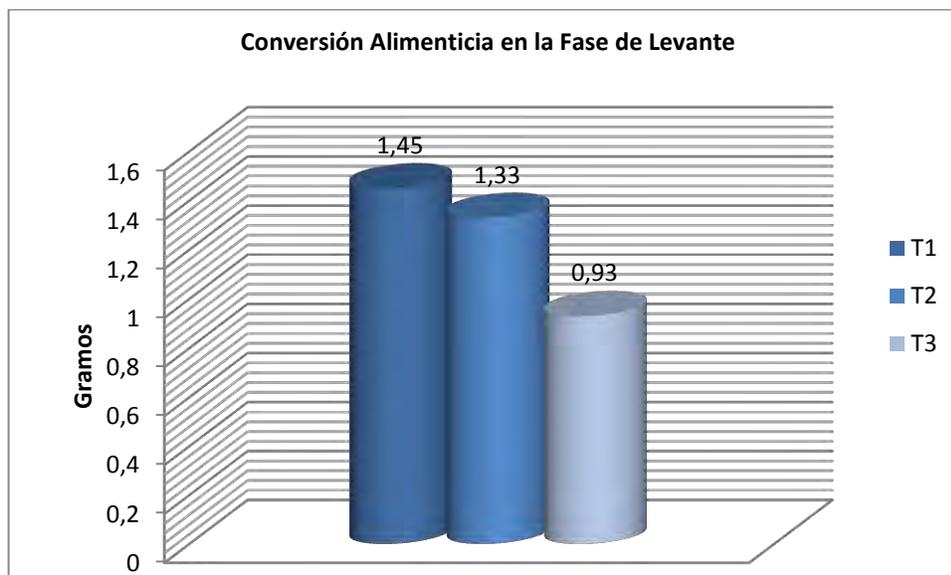
<sup>52</sup> *Ibíd.* p 1.

<sup>53</sup> ACOSTA, M., LOPEZ, J. *Op cit.* p.82.

**Figura 14. Conversión alimenticia en la fase de iniciación.**



**Figura 15. Conversión alimenticia en la fase de iniciación**



#### **6.4 MORTALIDAD.**

El análisis de mortalidad indicó que no existen diferencias significativas entre los métodos evaluados (figura 12 y 13), por lo tanto una restricción al 20 y 40%, con el

suministro de *Azolla anabaena*; no afectan este parámetro para la Granja Integral Demostrativa. Esto permite sugerir la inclusión de *Azolla anabaena* en la ración de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), sin que pueda verse afectado el parámetro de mortalidad.

Los porcentajes de mortalidad reportados durante el desarrollo del proyecto, en la fase de iniciación fueron para T1 de 1,6%, T2 de 1,2% y para T3 de 0,4%, valores que se encuentran por debajo de lo reportado por Aguilar, (2010)<sup>54</sup> quien reporta mortalidades para la fase de iniciación entre 7,93 y 11,5%.

**Figura 16. Mortalidad en la fase de iniciación.**

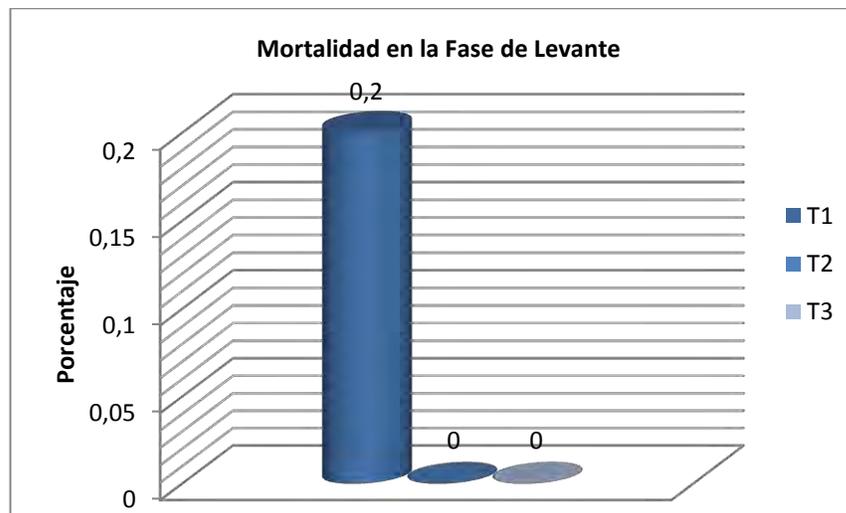


Los porcentajes de mortalidad reportados durante el desarrollo del proyecto, en la fase de levante, fueron para T1 0,2%, T2 0% y T3 0%, valores que se encuentran por debajo de lo reportado por Aguilar. (2010)<sup>55</sup> quien reporta mortalidades en la fase de levante entre 1,19 a 1,39%.

<sup>54</sup> AGUILAR, F. modelos matemáticos no lineales como herramienta para evaluar el crecimiento de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*)” alimentadas con dietas peletizadas o extruida. Tesis para optar al título de Magíster en Producción Animal. Línea de investigación – Nutrición animal. Bogotá. Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. 2010. p 55

<sup>55</sup> AGUILAR, F. Op cit. p. 55

**Figura 17. Mortalidad en la Fase de Levante.**



Martínez *et al.*, (2005)<sup>56</sup> manifiestan que en Colombia los sistemas productivos de tilapia en estanques en tierra, se manejan mortalidades del 20% en todo el ciclo productivo.

## **6.5 ANÁLISIS ECONÓMICO.**

Para realizar el análisis económico de cada tratamiento de alimentación se tuvo en cuenta los costos variables, estos se subdividieron en los siguientes rubros: alimentación, costo inicial de los alevinos, drogas y desinfectantes y los costos fijos.

<sup>56</sup> MARTÍNEZ, H., GONZÁLEZ, F., ESPINAL, C. Op Cit. p.22

**Cuadro 4. Partición de los costos de producción, alimentación con el 100% de alimento balanceado.**

<b>Variables</b>	<b>Porcentaje</b>
Alimento balanceado	48,3
Drogas y desinfectantes	0,42
Alevinos	32,4
Costos fijos	18,84

**Cuadro 5. Partición de los costos de producción, alimentación con el 80% de alimento balanceado con *Azolla anabaena* a voluntad.**

<b>Variables</b>	<b>Porcentaje</b>
Alimento balanceado	46,4
Drogas y desinfectantes	0,47
Alevinos	35,8
Costos fijos	17,32

**Cuadro 6. Partición de los costos de producción, alimentación con el 60% de alimento balanceado con *Azolla anabaena* a voluntad.**

<b>Variables</b>	<b>Porcentaje</b>
Alimento balanceado	30
Drogas y desinfectantes	0,61
Alevinos	46,7
Costos fijos	22,60

Como se puede observar, el rubro con un alto porcentaje en los costos de producción es la alimentación. Por esta razón se puede apreciar que la inclusión de *Azolla anabaena* como suplemento, permite disminuir la participación del alimento en los costos de producción, efecto marcado de forma más evidente en los tratamientos (T2 Y T3). Hay que recalcar que el precio inicial de los alevinos tienen una participación apreciable, el motivo de este valor se puede encontrar en que los animales fueron evaluados únicamente hasta la etapa de levante, por consiguiente el periodo de engorde no fue tenido en cuenta, razón por la cual el consumo de alimento durante este periodo no se incluye en el análisis y conlleva a sobre estimar el precio de los alevinos generando valores superiores a lo real.

Se puede observar que la droga y desinfectantes, al igual que los costos fijos, tiene poca variación, y por consiguiente son relativamente iguales en los diversos métodos evaluados, no existiendo una influencia apreciable de los métodos sobre estos rubros.

La tabla 6 muestra el costo de producir una tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) hasta los 120 días y el precio de venta (Kg) de estos animales en la Granja Integral Demostrativa, permitiendo obtener la diferencia y la correspondiente rentabilidad expresada en porcentaje. Los datos suministrados por la tabla indican claramente que el uso de *Azolla anabaena* permite mejores rentabilidades para la producción durante el periodo evaluado, como se puede observar es viable la inclusión de *Azolla anabaena* en la alimentación de tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*).

**Tabla 6. Costos de producción y precio del kilo de venta de tilapia en la granja integral demostrativa.**

<b>TIPO</b>	<b>VENTA</b> \$	<b>COSTO</b> \$	<b>DIFERENCIA</b>	<b>RENTABILIDAD</b> %
<b>T1</b>	1,008	801,35	206,65	25,79
<b>T2</b>	1,036	725,71	310,29	42,76
<b>T3</b>	728	556,19	171,81	30,89

El tratamiento que presentó la mejor disminución de los costos, comparado con los otros dos tratamientos fue T2, como se puede observar en la tabla la rentabilidad es del 42,76% para producir un kilogramos de tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*).

## **6.6 PROMOCIÓN Y DIVULGACIÓN DEL PROYECTO DESARROLLADO.**

Para promocionar y divulgar el proyecto a los productores piscícolas del municipio de Linares, se contó con la colaboración de la secretaría de agricultura para desarrollar dos charlas informativas en el salón comunal ubicado en la granja integral demostrativa; en la primera sesión asistieron 31 productores, aproximadamente el 60% del gremio. Se realizó esta reunión con el fin de dar a conocer los objetivos que se querían alcanzar y la forma como se iba a ejecutar este proyecto. Posteriormente se efectuó una evaluación de manera verbal a los productores para tener una previa información acerca del manejo que le realizaban al cultivo de tilapia nilotica, dificultades que se presentaban en sus producciones y que alternativas de solución tenían a dichas problemáticas.

### **. Figura 18. Divulgación del proyecto**



Una vez terminado el proyecto y teniendo los resultados de cada uno de los tratamientos, se convocó a los productores para efectuar la segunda reunión a la cual asistieron 38 productores el 73 % del gremio, con la ayuda de un proyector de imágenes se socializó las variables evaluadas y el comportamiento que tuvo el cultivo durante el transcurso de la investigación.

Para la sustentación de los resultados se realizó la siguiente secuencia:

- Socialización de resultados
- Preguntas e inquietudes de los productores
- Resolución de preguntas e inquietudes
- Conclusiones y recomendaciones.

El desarrollo del proyecto generó en la comunidad grandes expectativas, ya que la implementación de este tipo de propósito no era común en la zona; la mayoría de los productores se encontraban escépticos por los resultados que generarían el planteamiento y la ejecución del proyecto. Una vez terminado la sustentación de los resultados obtenidos en la investigación, los productores comprendieron que realizar un adecuado manejo del cultivo es un aspecto importante y benéfico para generar mejores recursos económicos que contribuyen a su calidad de vida.

**Figura 19. Socialización de resultados.**



## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 CONCLUSIONES

La inclusión de *Azolla anabaena* fresca en la dieta de tilapias (*Oreochromis niloticus*) con una restricción del 20% de alimento balanceado, genera buenos resultados en la ganancia de peso, consumo de alimento, mortalidad y conversión alimenticia, convirtiéndola así en una alternativa viable para ser implementada en la Granja integral Demostrativa, permitiendo a su vez mostrar a los productores del municipio de Linares los beneficios de incluir *Azolla anabaena* en la ración de tilapia nilótica.

La tilapia nilótica mostró un nivel de aceptación favorable con respecto al aporte de *Azolla anabaena* en las dietas evaluadas, según lo evidenciado en los resultados de consumo y conversión alimenticia.

La mortalidad en la tilapia nilótica no se ve afectada por la inclusión de *Azolla anabaena* en la alimentación de la especie, por tal motivo la utilización de esta macrofita en la dieta no tiene implicaciones significativas en el parámetro evaluado.

El mantenimiento del cultivo de *Azolla anabaena* en un estanque distinto al de producción de peces, permite al productor realizar un manejo adecuado de la *Azolla* evitando densidades altas de biomasa y pérdida de la misma por déficit hídrico y nutricional. Asimismo disminuye la tasa de mortalidad en alevines por niveles bajos de oxígeno en el estanque.

La implementación de proyectos productivos demostrativos por parte de la Granja y la Secretaría de Agricultura del municipio, incrementa en los productores el interés de implementar las nuevas alternativas y estrategias de producción sostenible.

El análisis parcial de costos, comprobó que la dieta con (80% alimento balanceado con *Azolla anabaena* a voluntad), redujo los costos de producción para obtener un kilo de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), presentando una rentabilidad de 42,76%, con respecto a la otras dietas evaluadas.

## 7.2 RECOMENDACIONES

Implementar un programa de bioseguridad en la Granja integral demostrativa, y fomentar la inclusión y análisis de registros productivos.

Se recomienda seguir con el uso de *Azolla anabaena* en la producción de tilapia nilótica, en la Granja Integral Demostrativa, reemplazando un 20% de alimento balanceado por *Azolla anabaena*, que permita cumplir con los objetivos propuestos en la granja: ofrecer alternativas de manejo y alimentación para el mejoramiento de las condiciones de los productores de la zona.

Se recomienda realizar una evaluación de los métodos en la etapa de engorde, para determinar su influencia en la etapa final de cría de tilapia nilótica.

Buscar otras alternativas de alimentación diferentes a la *Azolla anabaena*, que le permita al productor tener un conjunto de especies más amplio para la alimentación de tilapia y que se adecuen a sus condiciones particulares.

Realizar un seguimiento por parte de la Secretaria de Agricultura del municipio de Linares a fin de identificar falencias y problemáticas que afrontan los productores y verificar que las alternativas de solución propuestas se estén llevando a cabo.

## BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, M., LOPEZ, J. Evaluación de dos niveles de *Azolla anabaena* como fuente de proteína vegetal en dietas balanceadas par mojarra roja (*Oreochromis sp*) cultivada en jaulas flotantes versus un concentrado comercial. Universidad de Nariño. Colombia. 1994. En: Revista científica de la Facultad de Ciencia Pecuarias. Vol. 2. N°. 4 y 5.

AGUILAR, F. modelos matemáticos no lineales como herramienta para evaluar el crecimiento de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*)” alimentadas con dietas peletizadas o extruida. Tesis para optar al título de Magíster en Producción Animal Línea de investigación – Nutrición animal. Bogotá. Colombia. Facultad de medicina veterinaria y de zootecnia.2010

AYALA SEGURA, E. Tilapia Roja (*Oreochromis spp*) y Plateada (*Oreochromis niloticus*). [En línea]. Colombia, 2010. [citado 15 mayo de 2013]. Disponible en internet: <<http://distripecesdelllano.blogspot.com/2010/09/tilapia-roja-oreochromis-spp-y-plateada.html>>.

BALTAZAR, P., PALOMINO, A. Manual de cultivo de tilapia. Sub-proyecto programa de transferencia de tecnología en acuicultura para pescadores artesanales y comunidades campesinas. [En línea]. Perú. 2004. [citado 5 diciembre de 2013]. Disponible en internet:<<http://www.funprover.org/.../Manual%20Buenas%20Practicas%20Acuicolas.pdf>>.

BARRERA, E., PAZ, C. Control de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Perciforme: Cichlidae) usando guapote lagunero (*Parachromis dovii*) (Perciforme: Cichlidae) en los estanques de la Universidad Earth Rosa. Trabajo de grado Agronomía. Costa Rica. Universidad Earth Rosa. 2006.

CABRERA, T., JAY, D. Y ALCESTE, C. Actualización del Cultivo de Tilapia en el mundo. VI Congreso Ecuatoriano de Acuicultura y V Congreso Latinoamericano de Acuicultura. [En línea]. Ecuador. 2001. [citado 17 febrero de 2013]. Disponible en internet: <<http://www.tuinventas.com/attachments/article/137/Cultivo%20De%20Tilapia,%20Lima%20%20Peru.pdf>>.

CALVERT, H., PETERS, A., KAPLAN, D., ITO, O.Y TOIA. The *Azolla-anabaena* symbiosis: Morphology, physiology and use. En: Israel Journal of Botany. 1982. Vol. 31. p. 305 – 323.

CROW, G. Plantas acuáticas del parque Nacional palo verde y Valle del Tempisque. Informe. Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad y Uiversity of New Hampshire Dirham. 2000.

FAO. Copescal. [En línea]. 2003. [citado 5 mayo de 2013]. Disponible en internet: <[http://webmail.radiomaranon.org.pe/redmaranon/archivos/cultivo\\_de\\_tilapia\\_roja\\_y\\_tilapia\\_nilotica.pdf](http://webmail.radiomaranon.org.pe/redmaranon/archivos/cultivo_de_tilapia_roja_y_tilapia_nilotica.pdf)>.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Pasto, Colombia. Información personal, 2013.

JOSEPH, A., SHERIEF, P.M., JAMES, T. Effect of different dietary inclusion levels of *Azolla pinnata* on the growth, food conversion and muscle composition of *Etroplus suratensis* (Bloch). En: Journal of Aquaculture in the Tropics. 1994. Vol. 9. p.87-94.

LÓPEZ, G., LEYVA, E., NOVOA, M. Producción de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* L.) utilizando hojas de chaya (*Cnidioscolus chayamansa* Mc Vaugh) como sustituto parcial del alimento balanceado. [En línea]. México. 2012. Vol. 40. [Citado 16 marzo de 2013]. Disponible en internet:<<http://www.scielo.cl/pdf/lajar/v40n4/art02.pdf>>.

LORENZO, J. Efecto de tres métodos de cocción sobre el contenido nutricional de la mojarra Tilapia (*Oreochromis sp.*). Trabajo de grado Ingeniería de Alimentos. México. Universidad de Papaloapan, Campus Tuxtepec. 2011.

LY, J. Macrofitas acuáticas flotantes en sistemas integrados de producción porcina. Estudios del valor nutritivo y su relevancia como alimento. Instituto de Investigaciones Porcinas. [En línea]. La Habana. Cuba. 2003. Revista Computarizada de Producción Porcina Vol. 10 No. 2. [citado 16 marzo de 2013]. Disponible en internet:< <http://www.iip.co.cu/RCPP/ant/RCPP10.2.pdf>>.

MARTÍNEZ, C., CHÁVEZ, M., OLVERA, M., ABDO, M. Fuentes Alternativas de Proteínas de Vegetales Como Substitutos de la Harina de pescado para la Alimentación en Acuicultura. [En línea]. 1998. [citado 6 diciembre de 2013] Disponible en internet: <<http://www.dsi.uanl.mx/publicaciones/maricultura/acuicolalll/pdfs/5.pdf>>.

MARTÍNEZ, H., GONZÁLEZ, F., ESPINAL, C. La cadena de la piscicultura en Colombia una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Documento de Trabajo No. 72. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agrocadenas Colombia. [En línea]. Colombia. 2005. [citado 5 diciembre de 2013]. Disponible en internet: <[www.agronet.gov.co/.../2005112164315\\_caracterizacion\\_piscicultura.pdf](http://www.agronet.gov.co/.../2005112164315_caracterizacion_piscicultura.pdf)>.

Mundo tilapia. Alimento concentrado. [En línea]. Colombia. 2011. [citado 16 abril de 2013]. Disponible en internet: <<http://mundotilapia.es.tl/Alimento-concentrado.htm>>.

NAEGEL, A. Evaluation of three *Azolla* varieties as a possible feed ingredient for tilapias. En: Animal Research and Development. 1998. Vol. 48. p. 31-42.

PALAFIX, J., TOUSSAINT, I., SALAS, R., ROMERO, O., ESTRADA, O. Perspectivas de la Lemna sp. para la alimentación de peces. Revista Electrónica de Veterinaria (REDVET) vol. VI, núm. 3. [En línea]. España. 2005. [5 diciembre de 2013]. Disponible en internet: < <http://www.redalyc.org/pdf/636/63612812009.pdf>>.

QUINTERO, J., VELASCO, N. evaluación de una alternativa tecnológica para un sistema de producción de cerdos bajo el enfoque de tratamiento y aprovechamiento de los efluentes generados. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero químico. Caracas. Venezuela. Universidad Central de Venezuela. 2002. p. 43.

RISCO, R., VELÁSQUEZ, L., MORI, L., PADILLA, P., CHU KOO, F., SANDOVAL, M. Influencia del alimento extruido con tres niveles de proteína en el crecimiento de alevinos de Paiche *Arapaima gigas* (cuvier, 1829). [En línea]. Perú. 2007. [Citado 6 diciembre de 2013]. Disponible en internet: < [http://www.iiap.org.pe/biodamaz/faseii/download/literatura\\_gris/Articulos%20cient%20ADficos/3-Influencia%20del%20alimento%20extruido%20con%20tres%20niveles%20de%20prote%20na-final%20-%2028-11-07.pdf](http://www.iiap.org.pe/biodamaz/faseii/download/literatura_gris/Articulos%20cient%20ADficos/3-Influencia%20del%20alimento%20extruido%20con%20tres%20niveles%20de%20prote%20na-final%20-%2028-11-07.pdf)>.

SAAVEDRA, M. Manejo del cultivo de tilapia. [En línea]. Nicaragua, 2006. [citado 21 abril de 2013]. Disponible en internet: <[pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNADK649.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADK649.pdf)>.

SECRETARIA DE AGRICULTURA DEL MUNICIPIO DE LINARES. [En línea]. Colombia, 2013. [citado 15 mayo de 2013]. Disponible en internet: <<http://www.linares-narino.gov.co/nuestraalcaldia.shtml?apc=alxx-1-&m=q>>.

SERVICIOS INTEGRALES PARA LA COMPETITIVIDAD AGROPECUARIA (SINCOAGRO S.C)., FUNDACIÓN PRODUCE VERACRUZ (FUNPROVER)., COMISIÓN VERACRUZANA DE COMERCIALIZACIÓN AGROPECUARIA (COVECA). Manual de Producción de Tilapia con Especificaciones de Calidad e Inocuidad. [En línea]. México 2007. [citado 21 abril de 2013]. Disponible en internet: < <http://www.funprover.org/formatos/cursos/Manual%20Buenas%20Practicas%20Acuicolas.pdf>>.

TORRES, E. Estado Actual de la Acuicultura. [En línea]. Colombia. 2006. [citado 20 mayo de 2013]. Disponible en internet: <<http://www.acuiculturaldia.com/Documentos/Estado%20actual%20Acuicultura%20y%20Mercado.pdf>>.

USGAME, D., USGAME, G., VALVERDE, C. Agenda productiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la tilapia. Proyecto estudio de prospectiva tecnológica de la cadena colombiana de la tilapia. [En línea]. Bogotá. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2008. [citado 5 diciembre de 2013]. Disponible en internet: <[http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/MicrosoftWord/Informe\\_final\\_con\\_correcciones\\_Tilapia.pdf](http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/MicrosoftWord/Informe_final_con_correcciones_Tilapia.pdf)>.

VASQUEZ, E. Caracterización de tres especies de plantas (*Rumex crispus*, *Azolla anabaena*, *Beta vulgaris*) con potencial forrajero para consumo en alimentación animal. [En línea]. 2012. [citado 16 marzo de 2013]. Disponible en internet: <<http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/nutricion/articulos/caracterizacion-tres-especies-plantas-t3927/141-p0.htm> >.

# ANEXOS

**GANANCIA DE PESO** 09:22 Monday, December 10, 2007 16

Procedimiento GLM

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
TRAT	3	T1 T2 T3

Número de observaciones leídas	150
Número de observaciones usadas	150

Procedimiento GLM

Variable dependiente: GP75

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	9881.10492	4940.55246	241.94	<.0001
Error	147	3001.81661		20.42052	
Total correcto		149	12882.92153		

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	GP75 Media
0.766993	12.29189	4.518907	36.76333

Fuente	DF	Cuadrado de Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	2	9881.104921	4940.552461	241.94	<.0001

Fuente	DF	Cuadrado de Tipo III SS	la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	2	9881.104921	4940.552461	241.94	<.0001

Procedimiento GLM

Variable dependiente: GP120

Fuente	Suma de DF	Cuadrado de cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	23606.79348	11803.39674	7547.60	<.0001
Error	147	229.88752		1.56386	
Total correcto		149	23836.68100		

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	GP120 Media
0.990356	1.325122	1.250544	94.37200

Fuente	DF	Cuadrado de Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	2	23606.79348	11803.39674	7547.60	<.0001

Fuente	DF	Cuadrado de Tipo III SS	la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	2	23606.79348	11803.39674	7547.60	<.0001

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para GP75

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	147
Error de cuadrado medio	20.42052
Valor crítico del rango estudentizado	3.34848
Diferencia significativa mínima	2.1399

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Número de Media observaciones	TRAT
A	46.1078 50	T2
B	37.8636 50	T1
C	26.3186 50	T3

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para GP120

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	147
Error de cuadrado medio	1.563861
Valor crítico del rango estudentizado	3.34848
Diferencia significativa mínima	0.5922

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Número de Media observaciones	TRAT
A 105.2830	50	T1
B 101.0318	50	T2
C 76.8012	50	T3

**CONSUMO DE ALIMENTO** 09:22 Monday, December 10, 2007 21

Procedimiento GLM

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
-------	---------	---------

TRAT	3	T1 T2 T3
------	---	----------

Número de observaciones leídas	150
Número de observaciones usadas	150

**CONSUMO DE ALIMENTO** 09:22 Monday, December 10, 2007 22

Procedimiento GLM

Variable dependiente: GP75

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	13735.73850	6867.86925	985.25	<.0001
Error	147	1024.69589		6.97072	
Total correcto			149	14760.43439	

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	GP75 Media
0.930578	6.769624	2.640212	39.00087

Fuente	DF	Cuadrado de Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	2	13735.73850	6867.86925	985.25	<.0001

Fuente	DF	Cuadrado de Tipo III SS	la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	2	13735.73850	6867.86925	985.25	<.0001

**CONSUMO DE ALIMENTO** 09:22 Monday, December 10, 2007 23

Procedimiento GLM

Variable dependiente: GP120

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	180196.1375	90098.0688	187.32	<.0001
Error	147	70703.8344		480.9785	
Total correcto		149	250899.9719		

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	GP120 Media
0.718199	18.37468	21.93122	119.3557

Fuente	DF	Cuadrado de Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	2	180196.1375	90098.0688	187.32	<.0001

Fuente	DF	Cuadrado de Tipo III SS	la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	2	180196.1375	90098.0688	187.32	<.0001

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para GP75

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	147
Error de cuadrado medio	6.97072
Valor crítico del rango estudentizado	3.34848
Diferencia significativa mínima	1.2503

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Número de Media observaciones	TRAT
A	46.2778	50 T2
A	45.2438	50 T1
B	25.4810	50 T3

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para GP120

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	147
Error de cuadrado medio	480.9785
Valor crítico del rango estudentizado	3.34848
Diferencia significativa mínima	1.385

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Número de Media observaciones	TRAT
A	152.365 50	T1
A	148.231 50	T2
C	71.470 50	T3

**CONVERSIÓN ALIMENTICIA** 09:22 Monday, December 10, 2007 31

Procedimiento GLM

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
-------	---------	---------

TRAT	3	T1 T2 T3
------	---	----------

Número de observaciones leídas	150
Número de observaciones usadas	150

**CONVERSIÓN ALIMENTICIA** 09:22 Monday, December 10, 2007 32

Procedimiento GLM

Variable dependiente: GP75

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	1.57332933	0.78666467	36.13	<.0001
Error	147	3.20035400	0.02177112		
Total correcto		149	4.77368333		

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	GP75 Media
0.329584	13.79405	0.147550	1.069667

Fuente	DF	Cuadrado de Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	2	1.57332933	0.78666467	36.13	<.0001

Fuente	DF	Cuadrado de Tipo III SS	la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	2	1.57332933	0.78666467	36.13	<.0001

**CONVERSIÓN ALIMENTICIA** 09:22 Monday, December 10, 2007 33

Procedimiento GLM

Variable dependiente: GP120

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	7.32852400	3.66426200	84.71	<.0001
Error	147	6.35877200	0.04325695		
Total correcto		149	13.68729600		

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	GP120 Media
0.535425	16.83256	0.207983	1.235600

Fuente	DF	Cuadrado de Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	2	7.32852400	3.66426200	84.71	<.0001

Fuente	DF	Cuadrado de Tipo III SS	la media	F-Valor	Pr > F
TRAT	2	7.32852400	3.66426200	84.71	<.0001

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para GP75

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	147
Error de cuadrado medio	0.021771
Valor crítico del rango estudentizado	3.34848
Diferencia significativa mínima	0.0699

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Número de Media observaciones	TRAT
A	1.21240 50	T1
B	1.01960 50	T2
B	0.97700 50	T3

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para GP120

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	147
Error de cuadrado medio	0.043257
Valor crítico del rango estudentizado	3.34848
Diferencia significativa mínima	0.0985

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Número de Media observaciones	TRAT
A	1.44740 50	T1
B	1.32880 50	T2
C	0.93060 50	T3