

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Programa Universitario de Investigación
en Recursos Naturales y Ambiente.

INFORME FINAL

“Aprovechamiento de la semilla de hule *Hevea brasiliensis* para la alimentación de tilapia”

Equipo de investigación

Nombre del coordinador Ing. Agr. Gustavo Adolfo Elías Ogáldez.

Nombre de Investigador Lic. A. Eduardo Emanuelle Chacón Osorio.

Fecha: Guatemala, 29 de febrero del 2016.

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN AVALADORA
Instituto de Investigaciones Agronómicas

M.Sc. Gerardo Arroyo Catalán.
Director General de Investigación.
Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar.
Coordinador General de Programas.
Nombre Coordinador del Programa de Investigación.
Ing. Agr. Saúl Guerra.
Nombre del Coordinador del proyecto.
Ing. Agr. Gustavo Adolfo Elías Ogáldez.
Nombre del Investigador.
Lic. Acui. Eduardo Emanuelle Chacón.
Partida presupuestal No. 4.8.63.2.47

Año de ejecución: 2015

4. CONTENIDO

INDICE

| | pág. |
|---|------|
| 1. Resumen | 1 |
| 2. Abstrac | 3 |
| 3. Introducción | 5 |
| 4. Marco teórico y estado del arte | 6 |
| 4.1. Descripción botánica de <i>Hevea Brasiliensis</i> (árbol de hule o caucho) | 6 |
| 4.2. Origen de la especie <i>Hevea brasiliensis</i> | 7 |
| 4.3. Composición nutricional semilla y planta | 7 |
| 4.4. Cultivo de hule en Guatemala | 8 |
| 4.5. Tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> linnaeus, 1958 | 8 |
| 4.6. Necesidades nutricionales de la tilapia | 9 |
| 5. Estado del arte | 10 |
| 6. Hipótesis estadística. | 11 |
| 7. Objetivos | 11 |
| 7.1. Generales | 11 |
| 7.2. Específicos | 11 |
| 8. Materiales y métodos | 12 |
| 8.1. Descripción geográfica | 12 |
| 8.2. Técnicas e instrumentos | 13 |
| 8.2.1. Fase 1: fase de laboratorio | 13 |
| 8.2.2. Fase 2: fase de campo | 22 |
| 8.2.3. Fase 3: Ensayo biológico | 24 |
| 8.2.4. Fase 4: Análisis económico | 25 |
| 8.2.5. Fase 5: análisis de resultados y redacción del informe final | 26 |
| 9. Operacionalización de las variables o unidades de análisis | 26 |
| 10. Resultados | 27 |
| 10.1. Parámetros de calidad de agua | 27 |
| 10.2. Oxígeno disuelto | 29 |
| 10.3. pH | 30 |
| 10.4. Salinidad | 31 |
| 10.5. Temperatura | 31 |
| 10.6. Sechii | 32 |
| 10.7. Monitoreo biológico en el cultivo experimental | 33 |
| 10.8. Porcentaje de vísceras | 34 |
| 10.9. Tasa de sobrevivencia | 36 |
| 10.10. Factor de conversión alimenticia | 37 |
| 10.11. Factor de condición | 38 |
| 10.12. Evaluación de ganancia de peso | 39 |
| 10.13. Análisis económico | 42 |
| 11. Matriz de resultados | 45 |
| 12. Impacto esperado | 46 |
| 13. Análisis y discusión de resultados | 46 |

| | |
|---|----|
| 13.1. Parámetros de calidad de agua | 46 |
| 13.2. Índices zootécnicos | 48 |
| 13.3. Análisis económico | 49 |
| 14. Conclusiones | 50 |
| 15. Referencias | 51 |
| 16. Apéndice | 55 |
| 17. Actividades de gestión, vinculación y divulgación | 61 |
| 18. Orden de pago | 62 |

Índice de figuras.

| | pág. |
|--|------|
| Figura 1. Ubicación geográfica del área del proyecto | 12 |
| Figura 2. Semilla de árbol de hule <i>Hevea brasiliensis</i> en estado natural | 13 |
| Figura 3. Semilla de árbol de hule <i>Hevea brasiliensis</i> sin cascara | 14 |
| Figura 4. Obtención de harina de semilla de árbol de hule <i>Hevea brasiliensis</i> por medio de molino manual | 14 |
| Figura 5. Ingredientes ya pesados y listos para la mezcla y hidratación | 20 |
| Figura 6. Transformación de pellets por medio de embutidora | 20 |
| Figura 7. Secado de pellets artesanales | 21 |
| Figura 8. Almacenamiento final de los diferentes alimentos concentrados artesanales | 21 |
| Figura 9. Batería de piletas utilizados en el experimento | 23 |
| Figura 10. Disposición de los tratamientos en la batería de piletas | 23 |
| Figura 11. Muestreos biométricos | 25 |
| Figura 12. Sondas portátiles utilizadas para medir parámetros de calidad de agua en campo | 27 |
| Figura 13. Comportamiento de los niveles de oxígeno durante el experimento | 30 |
| Figura 14. Comportamiento de los niveles de pH durante el experimento | 30 |
| Figura 15. Comportamiento de los niveles de salinidad durante el experimento | 31 |
| Figura 16. Comportamiento de los niveles de temperatura durante el experimento | 32 |
| Figura 17. Comportamiento de las lecturas de Shecci durante el experimento | 33 |
| Figura 18. Órganos internos de tilapia | 34 |
| Figura 19. Cuantificación biomasa y contenido visceral por tratamiento | 35 |
| Figura 20. Comportamiento promedio del índice de condición K durante la investigación | 39 |
| Figura 21. Ganancia de peso promedio (gr), en los diferentes tratamientos | 40 |

Índice de tablas.

| | Pág. |
|---|------|
| Tabla 1. Información nutricional de las harinas utilizadas en el experimento | 17 |
| Tabla 2. Formulación para producir el alimento a utilizar en el tratamiento número 1 | 18 |
| Tabla 3. Formulación para producir el alimento a utilizar en el tratamiento número 2 | 18 |
| Tabla 4. Formulación para producir el alimento a utilizar en el tratamiento número 3 | 19 |
| Tabla 5. Formulación para producir el alimento a utilizar en el tratamiento número 4 | 19 |
| Tabla 6. Guía de alimentación para tilapia | 24 |
| Tabla 7. Definición de las variables de estudio | 26 |
| Tabla 8. Valores promedio de los parámetros de calidad de agua para el cultivo de <i>O. niloticus</i> en los diferentes tratamientos durante el experimento | 28 |
| Tabla 9. Porcentaje de contenido visceral en cada tratamiento | 35 |
| Tabla 10. Análisis de varianza del factor supervivencia en tratamientos | 36 |
| Tabla 11. Análisis de Dunnett contra el testigo (Comparaciones múltiples) | 36 |
| Tabla 12. Determinación del factor de conversión alimenticia (FCA) de los diferentes tratamientos | 37 |
| Tabla 13. Valores promedio de peso en gramos en los tratamientos | 39 |
| Tabla 14. Análisis de varianza entre tratamientos para evaluar la ganancia de peso (gr) | 40 |
| Tabla 15. Análisis de la ganancia de peso en los tratamientos utilizando t de Dunnett (comparación múltiple) | 41 |
| Tabla 16. Determinación del costo de producción de harina de semilla de hule | 42 |
| Tabla 17. Determinación del costo de producción del alimento T3 y T4 en comparación del testigo. | 43 |
| Tabla 18. Tasa de retorno marginal en cada tratamiento | 44 |
| Tabla 19. Matriz de resultados | 45 |

Aprovechamiento de la semilla de hule *Hevea brasiliensis* para la alimentación de tilapia

1. Resumen

Dada la demanda de hule en los mercados nacionales e internacionales, el cual se obtiene a través de la secreción que emana del tronco de algunas especies vegetales, en este caso *Hevea brasiliensis*, se considera que en el futuro inmediato aumente significativamente la producción y por ende la existencia de semilla como un subproducto de las plantaciones susceptible de industrialización. En este caso se elaboró un concentrado artesanal para tilapia con fines de aprovechamiento de la semilla, con el objetivo de disminuir los costos de producción del cultivo de tilapia y brindar un valor a la semilla de hule.

La investigación fue de tipo aplicada y experimental, se realizó en la zona costera del pacífico guatemalteco (2 msnm), en la aldea El Cebollito, del Municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa, consistió en la evaluación de tres tratamientos y un testigo con sustitución de la proteína vegetal obtenida de la soya por la proteína existente en la harina de semilla de hule en un concentrado artesanal de la siguiente manera:

T1: 30% harina de soya, 0% harina de semilla de hule.

T2: 15% harina de soya, 15% harina de semilla de hule.

T3: 7.5% harina de soya, 22.5% harina de semilla de hule.

T4: 0% harina de soya, 30% harina de hule.

Para la evaluación se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos, donde el testigo fue el tratamiento T1 (0% harina de hule), cada tratamiento tuvo 3 repeticiones, para hacer en total 12 unidades experimentales constituidas cada una por piletas de concreto de 2.70 m³ efectivos para cultivo, con densidad de 11 organismos/m³, de acuerdo a la densidad de un sistema semi-intensivo de producción, durante tres meses de cultivo.

Además de contribuir con el aprovechamiento integral de los subproductos del cultivo de hule y de reducir los costos de producción del cultivo de la tilapia, se pretendió disminuir la dependencia de insumos vegetales importados, y de generar oportunidades laborales en las fincas huleras del país, mediante la recolección y venta de la semilla.

En la investigación el tratamiento T3 mostró mayor ganancia en peso frente al testigo, además se demuestra que la harina de semilla de hule no tiene ningún efecto toxico en la alimentación de tilapia, por lo que es factible la reducción del uso de semilla de soya, sustituida por harina de semilla de hule en la producción de tilapia. En el futuro se podría evaluar la adición de aminoácidos esenciales (treonina, leucina y lisina), en el fortalecimiento de la harina de semilla de hule, y así mejorar su valor nutricional como alimento en peces y de esta manera optimizar los índices zootécnicos.

2. Abstract

Given the demand for rubber in domestic and international markets, which is obtained through the secretion emanating from the trunk of some plant species, in this case *Hevea brasiliensis*, is considered that in the foreseeable future significantly increase production and thus the existence of seed as a byproduct of industrialization susceptible plantations. In this case an artisan concentrate for use purposes tilapia seed was developed with the aim of reducing production costs tilapia culture and provide a value to the seed rubber.

The research was applied and experimental, was held in the coastal area of the Guatemalan Pacific (2 msnm) in the village of El Cebollito, the Municipality of Chiquimulilla, Santa Rosa, it consisted of the evaluation of three treatments and a witness with vegetable protein derived from soy protein by the existing seed meal in an artisan rubber concentrate as follows:

T1: 30% soybean meal, 0% rubber seed meal.

T2: 15% soybean meal, 15% rubber seed meal.

T3: 7.5% soybean meal, 22.5% rubber seed meal.

T4: 0% soybean meal, 30% rubber flour.

design was used completely for evaluation at random with four treatments, where the witness was the treatment T1 (0% flour rubber), each treatment had 3 replications, for a total of 12 experimental units each consisting of pools concrete 2.70 m³ effective for cultivation with the density of 11 organisms / m³, according to the density of a semi-intensive production system, for three months of cultivation.

In addition to contributing to the comprehensive utilization of crop by products rubber and reduce production costs tilapia farming, he was persecuted reduce dependence on imported plant inputs, and generating employment opportunities in the slingshots farms in the country by the collection and sale of the seed.

In researching the treatment T3 showed greater weight gain versus the witness also shows that seed meal rubber has no toxic effect on feeding tilapia, so reducing the use of soybean is feasible, replaced by rubber seed meal in tilapia production. In the future it could

evaluate the addition of essential amino acids (threonine, leucine and lysine) in strengthening seed meal rubber, and improve their nutritional value as food in fish and thus optimize the zootechnical indexes.

3. Introducción

El cultivo de hule en el país es una actividad en desarrollo, la cual tiende a ir aumentando, su principal producción es el látex, dejando por un lado el aprovechamiento de sub productos valiosos como la semilla, la cual no se utiliza a pesar de poseer valores nutricionales provechosos en alimentación animal.

La acuicultura es una fuente de proteína de origen animal y de ácidos grasos de buena calidad para la nutrición humana, las condiciones ambientales y el gran potencial hídrico presente en nuestro país favorecen el desarrollo de cultivos acuícolas.

Los alimentos concentrados en el cultivo de peces, representan más del 70% del total de los costos de operación, actualmente se han incrementado debido a que insumos utilizados para la elaboración de estos alimentos, también son de importancia para consumo humano, no hay que olvidar, que actualmente estas materias primas son cada vez más costosas, debido a dificultades en su obtención a causa de climas extremos causados por el calentamiento global y la sobre explotación.

En esta investigación, se evaluó la sustitución de harina de soya o soja en la nutrición de tilapia gris *Oreochromis niloticus*, usada tradicionalmente en la elaboración de alimentos concentrados. La harina de soya, ocupa un 30% del total de la formulación como fuente de proteína vegetal.

El estudio planteó 4 tratamientos, los cuales fueron sustituyendo total o parcialmente el 30% de harina de soya utilizado, por semilla del árbol de hule, por medio de su transformación artesanal en harina, los tratamientos fueron:

T1: 30% harina de soya, 0% harina de semilla de hule, llamado también, 0% harina de semilla de hule, 100% harina de soya (testigo de la investigación).

T2: 15% harina de soya, 15% harina de semilla de hule (50% harina de semilla de hule, 50% harina de soya).

T3: 7.5% harina de soya, 22.5% harina de semilla de hule (75% harina de semilla de hule, 25% harina de soya)

T4: 0% harina de soya, 30% harina de hule (100% harina de semilla de hule, 0% harina de soya).

La investigación de campo se desarrolló durante 90 días, en el caserío El Cebollito, ubicado en el municipio de Taxisco, departamento de Santa Rosa.

4. Marco teórico y estado del arte

4.1 Descripción botánica de *Hevea brasiliensis* (árbol de hule o caucho).

Según Hernández (2004), esta planta pertenece a la familia *Euphorbiaceae*, es una planta magnoliophyta del genero *Hevea*, del cual existen ocho especies conocidas, siendo la más importante la especie *brasiliensis*. Las especies son: *brasiliensis*, *guianensis*, *benthamiana*, *viridis*, *pauciflora*, *spruceana*, *mycrophyla*. El árbol de Hevea es de tamaño mediano de 10 a 20 m de altura, los frutos son grandes de color café oscuro son de 2 a 3 cm de largo por 1.5 a 3 cm de ancho y de 1.5 a 2.5 de grueso véase apéndice 1. El árbol puede vivir más de 100 años; en plantación, la duración de su vida económica se limita de 35 a 40 años, iniciándose su explotación según las condiciones de crecimiento, a los 6 a 7 años después de la siembra definitiva.

La clasificación taxonómica de acuerdo a Palencia (2002), es la siguiente:

- Reino: Vegetal.
- Sub-reino: Embryobionta.
- División: Magnoliophyta.
- Clase: Magnoliopsida.
- Sub-clase: Rosidae.
- Orden: Euphorbiales.
- Familia: Euphorbiaceae.
- Género: Hevea.
- Especie: *Hevea brasiliensis*.

4.2 Origen de la especie *Hevea brasiliensis*.

El árbol de *Hevea brasiliensis*, es nativo del valle de las amazonas en sur américa, y luego, fue introducido a la India, Ceylán y este de las Indias Holandesas en 1876 por Henry Wickham a través del jardín botánico de Kew (Salgado, 1963.).

4.3 Composición nutricional semilla y planta.

Bressani, Elías, Ayuso, Rosal, Braham & Zúñiga (1983). Reconocieron que la producción de hule está aumentando en Centroamérica y por ende hay mayor disponibilidad de semilla, la cual se utiliza limitadamente. Determinaron su potencial nutritivo para alimentación animal, la semilla seca y cruda mostro un 17.6% de proteína y un 36.7% de aceite crudo, también mostro contener todos los aminoácidos esenciales excepto la lisina, también comprobaron que la cocción producida por el proceso de extrusión mejoró la calidad de este insumo al eliminar el ácido cianhídrico (HCN) de la semilla, el aceite tiene un contenido alto de ácidos grasos C18:2 con una digestibilidad del 84% crudo, que aumenta al 93% cuando se calienta, pero aun así, son valores inferiores a los de la digestibilidad del aceite de algodón y concluyen, que la semilla del árbol de hule posee potencial en nutrición animal y en la industria del aceite.

Selle, Gonzales, Elías, Bressani (1983), determinaron algunas características químicas y nutricionales de la semilla del árbol de hule *Hevea brasiliensis*. Se determinó en la semilla cruda y seca su contenido de proteína, su composición de aminoácidos, así como la concentración de hierro, calcio, fósforo, y cianuro (libre y enlazado), luego se evaluaron los efectos del remojo, cocción, remojo-cocción y cocción-extracción de aceite de la semilla sobre el contenido de cianuro, así como la utilización proteínica in vivo, la calidad de la proteína fue evaluada biológicamente utilizando el índice de eficiencia proteínica (PER).

El contenido de proteína de la semilla fue de 18 % en base seca, siendo el aminoácido más limitante la treonina. El contenido de hierro, calcio y fósforo, fue de 6.2, 109, 429 mg/100g, respectivamente; se determinó un contenido de aceite de 48%, con un valor calórico total de 702 Kcal/100g (2,948Kj/100g).

El contenido de cianuro total en la semilla fresca fue de 130-230 mg/100g, 6% del cual se encontró en la forma libre, y 94% en la forma ligada, el tratamiento más efectivo para reducir el contenido de cianuro fue el de 20 horas de remojo en agua, combinado con una hora de cocción, la semilla cruda mostró un valor nutritivo bajo y produjo pérdida de peso y muerte al administrarse como alimento a ratas, por otra parte, el valor proteínico mejoró al procesar la semilla, alcanzando valores de PER cercanos a los encontrados en cereales de consumo tradicional como el maíz, su estudio concluyó que la semilla del árbol de hule *Hevea brasiliensis* es una buena fuente de energía, calcio, valina, isoleucina, fenilalanina y tirosina, en cambio, es una fuente pobre de treonina, leucina y lisina, su contenido de cianuro es alto, pero cuando éste se elimina por tratamiento como remojo, cocción y extracción de su aceite, la utilización de la proteína puede mejorar.

4.4 Cultivo de hule en Guatemala.

Según Álvarez (2013), Guatemala cuenta con 90 mil hectáreas cultivadas de caucho natural y alcanza un rendimiento de 2 mil toneladas de semilla por año. En Guatemala no existen datos experimentales sobre la cantidad de semilla de árbol de hule que se produce por unidad de área.

García (2004), señala que el cultivo del hule *Hevea brasiliensis* en Guatemala ha tenido un crecimiento significativo en cuanto al área sembrada, en la actualidad representa una fuente importante generadora de divisas representando un 8 % de la exportación anual del país, constituyéndose como un cultivo importante para la economía nacional.

4.5 Tilapia *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1958.

Las tilapias son peces miembros de la familia *Cichlidae*, son originarios de África y de hábitos alimenticios omnívoros (Pineda, 2000).

La tilapia gris *Oreochromis niloticus* pertenece a la familia Cichlidae, conocida como tilapia del Nilo, tiene cuerpo comprimido, la profundidad del pedúnculo caudal es igual a su longitud, posee escamas cicloideas, protuberancia ausente en la superficie dorsal del hocico y la longitud de la quijada superior no muestra dimorfismo sexual (FAO, 2008-2012).

Hábitos alimenticios, requerimientos nutricionales y crecimiento de *Oreochromis niloticus*.

La tilapia se alimenta filtrando el fitoplancton (algas microscópicas) y otros materiales suspendidos en el agua, además puede alimentarse de organismos que están en el fondo, posee un crecimiento rápido en comparación con otros peces, alcanzando un peso de 3 peces/libra durante 150 días a densidad de 3 – 5 peces/ m², con un peso inicial de 10 gr. Se adapta rápidamente a diferentes tipos de alimento y a diferentes formas de alimentación (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2001).

4.6. Necesidades nutricionales de la tilapia.

- Requerimientos de proteína: para las fases de reversión, pos reversión hasta 100 g y mayor de 100 g son de 41.30, 29.73 y 26.8% respectivamente para un óptimo rendimiento.
- Requerimiento de aminoácidos: requiere aminoácidos aromáticos como la fenilalanina, Los requerimientos de aminoácidos sulfurados disminuyen con el aumento de peso 1.32% en reversión, 0.92% en post reversión hasta los 100 g de peso y 0.82% para tilapias mayores a 100 g de peso.
- Requerimiento de energía: requieren básicamente de los ácidos grasos linoleico y el araquidónico presente en los aceites de origen vegetal. Como la tilapia no necesita regular la temperatura corporal, los requerimientos de energía de mantenimiento son bajos.
- Requerimiento de vitamina C: El ácido ascórbico facilita la absorción de hierro, previniendo así, la anemia en peces. La tilapia no sintetiza la vitamina C, debido a la ausencia de la enzima L-gulonolactona oxidativa, para su formación a partir de glucosa.
- Requerimiento de minerales: absorben algunos minerales de la dieta y del ambiente acuático, como el calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro, zinc, cobre, y selenio, que participan en la regulación osmótica y iónica de fluidos extra e intracelulares en el pez.
- Requerimiento de Ca y P: están relacionados con el desarrollo y mantenimiento del sistema esquelético y participan de diferentes procesos fisiológicos (Torres, Hurtado, 2012).

5. Estado del arte.

En estudio realizado por Bressani, et al (1983), presentó información química y biológica de *Hevea brasiliensis*, indicando su potencial nutritivo para alimentación animal. En dicho estudio indican que la semilla cruda de *H. brasiliensis* contiene un 17.6% de proteína y un 36.7% de aceite crudo, y que los aminoácidos presentes en la proteína son adecuados, excepto por la Lisina. Para mejorar la calidad de la proteína se sometió a proceso de cocción por extrusión, eliminando el HCN de la semilla. Además, el aceite tiene un alto contenido de ácidos grasos C: 18-2, con una digestibilidad del 84% en crudo y aumenta a un 93% cuando se calienta.

Selle, Gonzales, Elías, Bressani (1983), realizaron un estudio sobre las características químicas y nutricionales de la semilla del árbol de hule. Se determinó el contenido de proteína de la semilla decorticada, la composición de aminoácidos, concentración de Fe, Ca, P y CN. Se evaluaron los efectos del remojo, cocción, remojo-cocción y cocción-extracción de aceite de la semilla sobre el contenido de CN, así como la utilización proteínica in vivo. La calidad de la proteína fue evaluada biológicamente utilizando el índice de eficiencia proteínica (PER). El contenido de proteína de la semilla fue de 18% en base seca, el aminoácido más limitante fue la treonina con un punteo de 71.6, y el contenido de Fe, Ca y P, de 6.2, 109 429 mg/100g, respectivamente. Se determinó un contenido de aceite de 48%, con un valor calórico total de 702 Kcal/100g (2,948Kj/100g).

Orozco (1984), realizó en Veracruz, México, un estudio acerca del aprovechamiento de la semilla de hule *Hevea brasiliensis* en la engorda de cerdo, impulsado por la creciente demanda de materias primas costosas las cuales vuelven más onerosos los procesos de producción animal y como utilizando recursos naturales como la semilla del árbol de hule podrían satisfacer esta necesidad debido a que por medio de un análisis bromatológico esta semilla mostro tener potencial, en su estudio únicamente de 2 tratamientos sin repeticiones donde uno de los tratamientos fue alimento comercial y el otro tratamiento fue alimento comercial más un porcentaje de semilla de hule molida obtuvo que la utilización de la semilla de hule, en la elaboración de raciones para la engorda de cerdo ofrece una reducción de los costos de alimentación hasta un 36%, excelente palatabilidad y un mejor factor de conversión alimenticio.

6. Hipótesis estadística:

Hipótesis nula: todos los tratamientos presentan igualdad en la media de los índices zootécnicos y económicos.

$$H_0: MT_{xk} = M_{Testigo}$$

Hipótesis alterna: al menos uno de los tratamientos evaluados presenta mejores índices zootécnicos y económicos.

$$H_a: MT_{xk} > M_{Testigo}$$

7. Objetivo general

7.1 Formular un concentrado artesanal para tilapia con fines de aprovechamiento de la semilla de hule.

7.2 Objetivos específicos

7.2.1 Evaluar diferentes proporciones de proteína de hule vrs proteína de soya en un concentrado artesanal de tilapia.

7.2.2 Determinar a escala de laboratorio los índices zootécnicos de la tilapia utilizando los diferentes tratamientos propuestos.

7.2.3 Determinar la tasa de retorno marginal de los diferentes tratamientos evaluados.

8. Materiales y métodos

8.1 Descripción geográfica

La investigación se desarrolló en un terreno ubicado en Aldea El Cebollito, municipio de Chiquimulilla, departamento de Santa Rosa, el cual pertenece a la empresa Zafiro Azul Empresarial S.A.

El caserío El Cebollito, pertenece a la aldea Olivero, municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa en el litoral pacífico. Al sur de la aldea Oliveros y del canal de Chiquimulilla. Por vereda son 3 Km. Al oeste de la aldea los limones. 2msnm, lat. 13°52'18", Long. 90°25'30" (Gall, 1976).

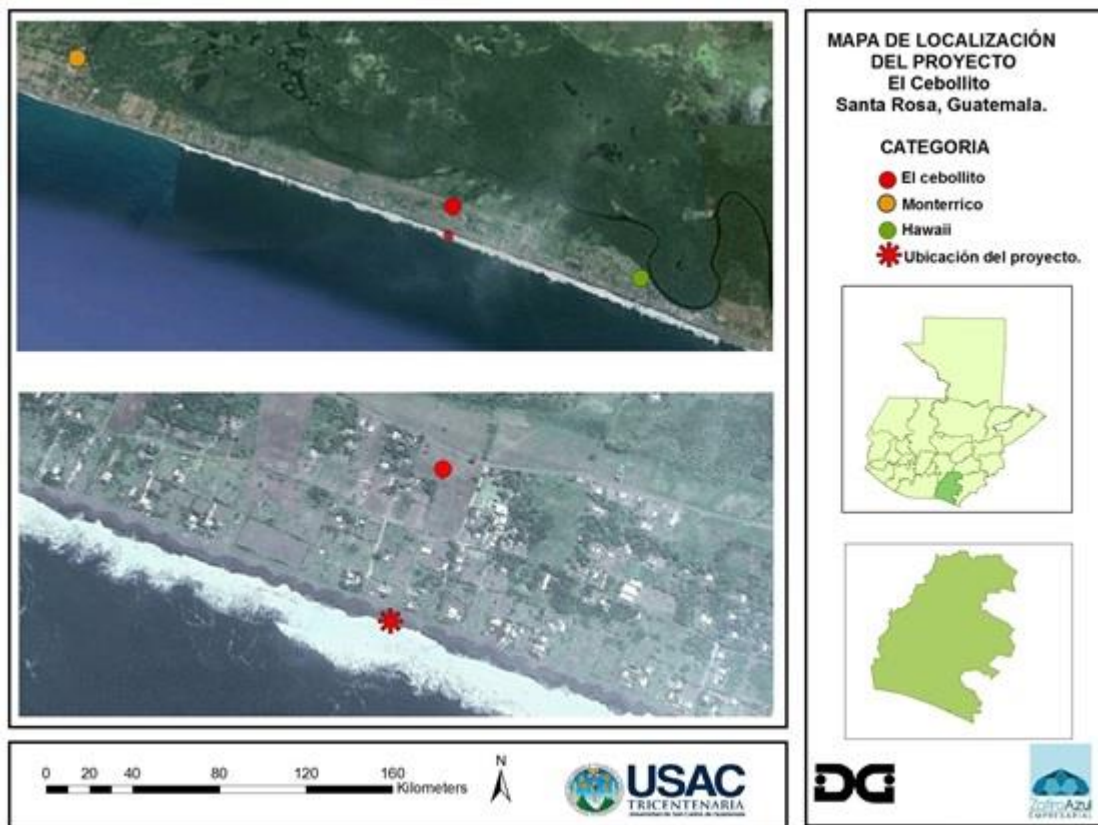


Figura 1. Ubicación geográfica del área del proyecto.

Tipos de investigación

La presente investigación fue experimental y aplicada.

8.2 Técnicas e instrumentos

8.2.1 Fase 1. Fase de laboratorio

En esta fase se realizó el diseño de formulaciones, balance, preparación, homogenización, estabilización y pelletizado del alimento concentrado artesanal utilizando harina de semilla del árbol de hule *Hevea brasiliensis* (objeto de estudio) en comparación con la soya, la cual fue nuestro testigo.

El primer paso fue la obtención de los insumos los cuales básicamente son harinas de origen animal y vegetal, las harinas utilizadas fueron 4 las cuales se detallan a continuación:

Harina de semilla de hule.

Esta harina se obtuvo por medio de la colecta de la semilla de hule desde fincas huleras situadas en el área de Izabal y Peten. Luego las semillas fueron extraídas de su cascara y puestas a secar hasta que el fruto tomo un color ligeramente amarillo, con el fin de facilitar la molienda y además eliminar la posible presencia de ácido cianhídrico que según bibliografía es el principal compuesto anti nutricional presente en este fruto.



Figura 2. Semilla de árbol de hule *Hevea brasiliensis* en estado natural.



Figura 3. Semilla de árbol de hule *Hevea brasiliensis* sin cascara.

Luego de este proceso, las semillas fueron molidas con un molino artesanal a fin de obtener partículas fáciles de mezclar en la formulación del alimento como se observa a continuación.



Figura 4. Obtención de harina de semilla de árbol de hule por medio de un molino manual.

Posteriormente esta harina de semilla de hule se volvió a exponer a los rayos solares por 72 horas con el fin de eliminar exceso de humedad y también ácido cianhídrico que podría aún estar presente.

Harina de soya.

Esta harina es el resultante de la extracción del aceite de los granos de soja, mediante presión mecánica o bien por solvente, seguido de su tostado y molido, actualmente, se considera a la harina de soja como una de las fuentes más importantes de carácter proteico a ser incorporada en los alimentos para peces u otros organismos acuáticos, especialmente para aquellos de carácter omnívoro, en muchas ocasiones, llega a sustituir parcial o totalmente a la harina de pescado (Luchini, Wichi, 2014).

Harina de maíz.

Se considera harina de maíz o harina zootécnica al subproducto obtenido de la molienda seca de maíz, con determinación parcialmente húmeda. La misma se compone básicamente de germen, salvado, harinas y trozos provenientes de la molienda del grano de maíz amarillo, los principales consumidores de este producto son criaderos de cerdos, engordes a corral de ganado bovino y establecimientos elaboradores de alimentos balanceados (Bressán, 2008).

Se lo utiliza ampliamente en la cría de distintos animales (cerdos y aves especialmente) y puede también ser utilizado con restricciones en raciones para peces bajo cultivo, en general, cuando mayor es el molido de sus granos, mejor será la digestibilidad de su almidón, dependiendo de la variedad de maíz, cabe mencionar que el exceso de almidón en raciones para peces, produce deposición de grasa abundante en los tejidos y desmejora inclusive, el funcionamiento del hígado, es conocido que, tanto el maíz como sus subproductos, ocasionan cambios en la coloración del músculo de algunas especies (Luchini, Wichi, 2014).

Harina de pescado.

Se trata de un subproducto obtenido a través del cocimiento, deshidratación y desintegración de los desechos de pescado, una buena harina de pescado no debe ser demasiado grasa (menos del 3%) ni excesivamente rica en hueso (menos del 30% de fosfato cálcico), si las harinas no responden a estas condiciones y son de baja calidad nutricional, pueden ocasionar enfermedades de tipo nutricional e inflamaciones intestinales,

si no fuera por su elevado costo y su menor disponibilidad a través de la disminución actual de las pesquerías mundiales y mayor aprovechamiento de especies pesqueras para consumo humano; estas harinas son las que presentan los mejores perfiles, puesto que poseen el equilibrio de aminoácidos necesarios para los organismos acuáticos, sobre todo cuando se elaboran raciones para peces, además de que poseen una alta digestibilidad en relación a otras fuentes proteicas, las de mejor calidad contienen entre 62 a 70 % de proteína (Luchini, Wichi, 2014).

Balanceo de alimentos concentrados artesanales.

El estudio planteó 4 tratamientos, los cuales fueron sustituyendo total o parcialmente el 30% de harina de soya siendo los siguientes:

- T1: 30% harina de soya, 0% harina de semilla de hule, (0% harina de semilla de hule, 100% harina de soya, tratamiento testigo).
- T2: 15% harina de soya, 15% harina de semilla de hule, (50% harina de semilla de hule, 50% harina de soya).
- T3: 7.5% harina de soya, 22.5% harina de semilla de hule, (75% harina de semilla de hule, 25% harina de soya).
- T4: 0% harina de soya, 30% harina de hule, (100% harina de semilla de hule, 0% harina de soya).

La harina de maíz, soya y atún, fueron seleccionadas por sus cualidades por ejemplo la harina de maíz, funciona como aglutinante, pero es necesario contar con una fuente de proteína animal dentro del alimento, razón por la cual la harina de pescado juega un papel importante a la hora del balanceo para que la ración cumpla con los requerimientos nutricionales para el cultivo, además de proveer aminoácidos esenciales que la harina de semilla de hule pudiera carecer.

Luego se indagaron datos nutricionales de las diferentes harinas, todas fueron consultadas con el vendedor del producto a excepción de la harina de semilla de hule, la cual es información bibliográfica, previamente mencionada, a continuación, se presenta una tabla con esta información nutricional.

Tabla 1.

Información nutricional de las harinas utilizadas en el experimento.

| Ingredientes | Porcentaje de proteína cruda en los ingredientes | Energía neta de los ingredientes expresada en Kcal/Kg |
|---------------------------|---|---|
| Harina de semilla de hule | 17.6 | 1050 |
| Harina de soya o soja | 44 | 3200 |
| Harina de maíz | 11 | 3200 |
| Harina de pescado o atún | 55 | 4000 |

Conociendo los datos limitantes (porcentaje de proteína cruda y energía neta) y teniendo en cuenta, que la harina de pescado es capaz de sustituir cualquier deficiencia en aminoácidos y vitaminas que pudiera presentar cualquiera de las demás harinas y sumado a los requerimientos nutricionales de la tilapia gris *Oreochromis niloticus*, que son el porcentaje de proteína cruda y energía en la ración alimenticia (isoproteica e isocalorica), y para efectos de nuestro concentrado es de 38%, pues este es el porcentaje que se recomienda para peces en esta etapa de desarrollo y no menos de 3000 Kcal/kg de energía neta en la ración. Para que el pez mantenga sus actividades biológicas normales, se procedió a formular el concentrado teniendo en cuenta el reemplazo de harina de soya por harina de semilla de hule en los diferentes tratamientos por medio de Microsoft Excel y el uso de su herramienta llamada Solver, donde se plantearon los siguientes tratamientos.

Tratamiento número 1 = T1: 30% harina de soya, 0% harina de semilla de hule (100% harina de soya y 0% harina de hule).

Tabla 2.

Formulación para producir el alimento a utilizar en el tratamiento número 1.

| Ingredientes | % para hacer 100 unidades de peso | % Proteína cruda en los ingredientes | Energía Neta en Kcal/Kg | % de proteína cruda en ración | Energía neta en la ración en Kcal/Kg |
|-----------------|---|--|----------------------------|----------------------------------|---|
| Harina de hule | 0 | 17.6 | 1050 | 0 | 0 |
| Harina de soya | 30 | 44 | 3200 | 13.2 | 960 |
| Harina de maíz | 30.7 | 11 | 3200 | 3.4 | 981.8 |
| Harina de atún | 39 | 55 | 4000 | 21.4 | 1558.2 |
| Totales | 99.6 | 127.6 | 11450 | 38 | 3500 |
| Totales ideales | 100 | | | 38 | 3500 |

Tratamiento número 2 = T2: 15% harina de soya, 15% harina de semilla de hule (50% harina de soya y 50% harina de hule).

Tabla 3.

Formulación para producir el alimento a utilizar en el tratamiento número 2.

| Ingredientes | % para hacer 100 unidades de peso | % Proteína cruda en los ingredientes | Energía Neta en Kcal/Kg | % de proteína cruda en ración | Energía neta en la ración en Kcal/Kg |
|-----------------|--|--|----------------------------|--|--|
| Harina de hule | 15 | 17.6 | 1050 | 2.64 | 157.5 |
| Harina de soya | 15 | 44 | 3200 | 6.6 | 480 |
| Harina de maíz | 22.1 | 11 | 3200 | 2.4 | 708.4 |
| Harina de atún | 47.9 | 55 | 4000 | 26.3 | 1914.5 |
| Totales | 100 | 127.6 | 11450 | 38 | 3260.4 |
| Totales ideales | 100 | | | 38 | 3500 |

Tratamiento número 3 = T3: 7.5% harina de soya, 22.5% harina de semilla de hule (25% harina de soya y 75% harina de hule).

Tabla 4.

Formulación para producir el alimento a utilizar en el tratamiento número 3.

| Ingredientes | % para hacer 100 unidades de peso | % Proteína cruda en los ingredientes | Energía Neta en Kcal/Kg | % de proteína cruda en ración | Energía neta en la ración en Kcal/Kg |
|-----------------|---|--|-------------------------------|----------------------------------|--|
| Harina de hule | 22.5 | 17.6 | 1050 | 3.96 | 236.25 |
| Harina de soya | 7.5 | 44 | 3200 | 3.3 | 240 |
| Harina de maíz | 17.6 | 11 | 3200 | 1.9 | 564.4 |
| Harina de atún | 52.4 | 55 | 4000 | 28.8 | 2094.5 |
| Totales | 100 | 127.6 | 11450 | 38 | |
| Totales ideales | 100 | | | 38 | 3500 |

Tratamiento número 4 = T4: 0% harina de soya, 30% harina de hule (0% harina de soya y 100% harina de hule).

Tabla 5.

Formulación para producir el alimento a utilizar en el tratamiento número 4.

| Ingredientes | % para hacer 100 unidades de peso | % Proteína cruda en los ingredientes | Energía Neta en Kcal/Kg | % de proteína cruda en ración | Energía neta en la ración en Kcal/Kg |
|-----------------|---|--|-------------------------------|----------------------------------|--|
| Harina de hule | 30 | 17.6 | 1050 | 5.28 | 315 |
| Harina de soya | 0 | 44 | 3200 | 0 | 0 |
| Harina de maíz | 13.1 | 11 | 3200 | 1.4 | 420.4 |
| Harina de atún | 56.9 | 55 | 4000 | 31.3 | 2274.5 |
| Totales | 100 | 127.6 | 11450 | 38 | |
| Totales ideales | 100 | | | 38 | 3500 |

Elaboración y pelletizado del alimento concentrado artesanal.

Con los datos de las formulaciones que generó el programa Solver, se procedió a elaborar las cantidades necesarias para cada uno de los tratamientos del experimento. El proceso de formulación de los tratamientos a partir de este punto, consistió en pesar cada ingrediente, se mezcló y se hidrató hasta conseguir una masa homogénea, para luego formar el pellet, utilizando para su compresión una embutidora manual, el proceso se ilustra a continuación:



Figura 5. Ingredientes ya pesados y listos para la mezcla y hidratación.

Se observan las diferentes cantidades de harinas dispuestas para su mezcla y hidratación, el número 1 hace referencia a la harina de maíz, número 2 harina de atún, número 3 harina de semilla de hule, número 4 harina de soya.



Figura 6. Transformación de pellets por medio de embutidora.

Las partículas obtenidas a las que les llamamos pellets fueron colocados al sol para eliminar el exceso de humedad y de esta manera mantuvieran su integridad mayor tiempo a la hora

de ser arrojados a la pileta de cultivo, además de prevenir su descomposición por hongos o mohos, que pudieran crecer en presencia de esta humedad, el proceso de secado se ilustra a continuación



Figura 7. Secado de pellets artesanales.

Luego los diferentes pellets de cada tratamiento secos hasta alcanzar una textura similar a la de los concentrados comerciales, fueron almacenados en contenedores plásticos debidamente identificados en lugar fresco y seco para su posterior uso en el proyecto de investigación.



Figura 8. Almacenamiento final de los diferentes alimentos concentrados artesanales.

8.2.2 Fase 2. Fase de campo.

Esta fase se desarrolló en un terreno que fue cedido para la ejecución del proyecto, el cual pertenece a Zafiro Azul Empresarial, S.A. que fue la contraparte del sector privado. Dicho terreno forma parte de una parcela y se seleccionó el área necesaria para la fase experimental, tomando en cuenta cercanía de fuente de agua, alejada de árboles y que no fuera inundable en época lluviosa. Se procuró no afectar el entorno del lugar ya que el proyecto presentó un enfoque amigable con el ambiente.

Limpieza, nivelación, conducción, descarga de agua y aireación.

Luego de delimitar el terreno se procedió a la limpieza de maleza, arbustos y basura en general que pudiera encontrarse dentro del terreno que interrumpa la instalación de las piletas.

El agua se obtuvo de un pozo subterráneo, utilizando tubería de 1 pulgada PVC 160 *psi.* y una bomba de succión de 1 Hp, se instaló en el terreno y se protegió con la construcción de una pequeña bodega. La tubería fue conectada directamente al pozo, colocando una válvula de pie. Las piletas tuvieron un recambio del 25% durante la noche, mediante la acción de un sistema automático que encendía la bomba por intervalos de 5 minutos cada 15 minutos desde las 17:00 horas hasta las 05:00 horas, intervalo de tiempo donde se presentaban las lecturas de oxígeno más bajas.

Instalación de la infraestructura.

Se construyó una batería de doce (12) piletas rectangulares de cultivo con una capacidad de 2.70 m³ de agua efectivos c/u, elaborados con block y concreto. Cada uno contó con un sistema de desfogue móvil central de 4" de diámetro, estas piletas presentaron un desnivel hacia el centro en el fondo con lo que se evitan áreas muertas, lo que permitió una adecuada limpieza de fondo, a continuación, se ilustra la batería de piletas.



Figura 9. Batería de piletas utilizadas en el experimento.

Las piletas se numeraron del 1 al 12 y se procedió a elegir al azar el tratamiento que cada una albergaría, quedando de la siguiente manera:

| No. Pileta | Tratamiento |
|------------|-------------|
| 12 | T2 |
| 11 | T3 |
| 10 | T1 |
| 9 | T4 |
| 8 | T1 |
| 7 | T2 |
| 6 | T3 |
| 5 | T4 |
| 4 | T4 |
| 3 | T3 |
| 2 | T2 |
| 1 | T1 |

| | |
|-----------------|-------------------|
| T4 | Piletas 4,5,9 |
| T3 | Piletas 3,6,11 |
| T2 | Piletas 2,7,12 |
| T1 (testigo) | Piletas 1,8,10 |

Figura 10. Disposición de los tratamientos en la batería de piletas.

8.2.3 Fase 3. Ensayo biológico.

El sistema de cultivo seleccionado fue semi-intensivo de tilapia gris, introduciendo alevines reversados línea “GIFT”, adquiridos en una finca privada dedicada a la producción de alevín reversado de tilapia, los alevines tuvieron peso promedio de 2 gramos, la siembra, se realizó el 26 de diciembre del año 2015, introduciendo 46 organismos por pileta a fin de prevenir mortalidades repentinas durante el proceso de adaptación de los organismos. Durante este periodo de adaptación se les suministro alimento concentrado comercial, de 38 % de proteína (Hurtado, 2012).

Se procedió a seleccionar a los mejores organismos dejando únicamente 30 peces por pileta. En este momento se comenzó a suministrar los distintos tratamientos. Los organismos al inicio del experimento tuvieron un peso promedio de 16 gramos.

La densidad inicial del experimento fue de 11 organismos de tilapia por m³ con 3 repeticiones por tratamiento, en total 12 unidades experimentales (piletas).

Se les suministró alimento artesanal (preparado en fase 1) en cantidad según tabla de alimentación, que se calcula en base a un porcentaje de la biomasa total establecido previamente, esta información se ilustra a continuación:

Tabla 6.

Guía de alimentación para tilapia.

| Etapa | Alimento | Peso Promedio (gr) | Densidad de siembra (peces / m2) | Ración diaria (% biomasa) | Frecuencia de alimentación |
|-------------|-----------------|--------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Pre inicio | Puritolapia 45% | <1 | >50 | A voluntad 16 | 6 -- 8 |
| Inicio | Puritolapia 40% | 1 --5 | 30--50 | 15 | 4--8 |
| | | 5 -- 10 | | 7 | |
| | | 11 -- 30 | | 6 | |
| | | 31 -- 50 | | 4.5 | |
| Crecimiento | Puritolapia 32% | 50 -- 200 | 3 -- 50 | 3.5 | 2 -- 3 |
| Engorde | Puritolapia 28% | 200 - 300 | 3 -- 10 | 2.5 | |
| | | 300 - 400 | | 2 | |
| | | > 400 | | 1.7 | |

Fuente: Hurtado, 2012.

La frecuencia de alimentación fue 3 veces al día, a las 08:00, 13:00 y 17:00 horas.

Se realizaron muestreos biométricos cada 15 días de peso y talla, esto con el objeto de determinar el índice de condición. Se tomaron 20 organismos al azar por cada pileta, que equivale a más del 60% de representatividad del tratamiento. Además, se determinó la conversión alimenticia del período correspondiente al último muestreo, llevando el control de consumo de alimento y la biomasa obtenida durante el mismo período las fechas de los muestreos se detallan en el apéndice 2.



Figura 11. Muestreos biométricos.

8.2.4 Fase 4. Análisis económico

Esta fase consistió en el registro de los costos incurridos en cada tratamiento (precio alevines, precio de insumos comerciales, estimación del precio de la harina de semilla de hule) y su análisis correspondiente calculando la tasa de retorno marginal utilizando la siguiente fórmula.

$$\text{TRM} = \frac{\text{Ingresos esperados} - \text{inversión}}{\text{inversión}}$$

Fuente: Keynes, 2008.

8.2.5 Fase 5: Análisis de resultados y redacción del informe final.

En esta fase se vació toda la información de campo, a tablas y su posterior análisis estadístico (SPSS 19). Posteriormente se elaboraron gráficas con los programas Excel y SPSS 19, para su ulterior interpretación, luego se formularon las conclusiones pertinentes y se redactó el informe final.

9. Operacionalización de las variables o unidades de análisis.

Las variables de la investigación se detallan a continuación.

Tabla 7.

Definición de las variables de estudio.

| Nombre de la variable | Cuantificación/Cualificación | Descripción |
|--|---|--|
| Apariencia | Color y forma | Fenotipo común de la línea de tilapia de características internas y externas. |
| Sobrevivencia | % | Porcentaje de organismos vivos al final del experimento |
| Peso de los organismos | Gramos | Se toman estos valores durante cada episodio de muestreo a fin de cuantificar la ganancia en peso |
| Longitud total | Centímetros | Se toman estos valores durante cada episodio de muestreo a fin de cuantificar el crecimiento y el índice de condición. |
| Factor de conversión alimenticia (FCA) | Relación peso alimento/ peso organismo | Expresa la cantidad de alimento a consumir, para |

| | | |
|-----------------------|--|--|
| | | producir cierta cantidad de peso vivo. |
| Porcentaje de viseras | Peso de viseras por biomasa de cada estanque | Expresa la cantidad promedio de viseras en cada organismo. |

10. Resultados.

10.1 Parámetros de calidad de agua.

En el presente estudio se monitorearon parámetros de calidad de agua in situ, estos fueron muestreados durante cada monitoreo por medio de sondas portátiles, estos parámetros fueron: oxígeno disuelto (OD), pH, salinidad y temperatura, además de la utilización del disco de Sechii para medir la turbidez causada por micro algas; a continuación, se muestra el equipo utilizado para la toma de parámetros in situ.



Figura 12. Sondas portátiles utilizadas para medir parámetros de calidad de agua en campo.

La figura A hace referencia al equipo OAKTON marca EUTECH INSTRUMENTS, la figura B hace referencia al equipo multi 350i marca WTW.

Los resultados de las lecturas se muestran a detalle en el apéndice 3. A continuación, se muestran los valores promedios obtenidos y su desviación estándar.

Tabla 8.

Valores promedio de los parámetros in situ de calidad de agua para el cultivo de *O. niloticus* en los diferentes tratamientos durante el experimento.

| | | Tratamientos. | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------|---------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| Muestreo | Parámetro | T1 | | T2 | | T3 | | T4 | |
| | | \bar{X} | σ | \bar{X} | σ | \bar{X} | σ | \bar{X} | σ |
| Primer muestreo | O ₂ disuelto | 7.67 | 0.42 | 7.67 | 0.40 | 7.37 | 0.47 | 7.17 | 0.06 |
| | pH | 7.27 | 0.12 | 7.27 | 0.29 | 7.07 | 0.21 | 7.10 | 0.26 |
| | Salinidad | 10.67 | 1.15 | 10.33 | 0.58 | 10.67 | 0.58 | 10.00 | 0.00 |
| | Temperatura | 27.67 | 0.58 | 27.67 | 0.58 | 27.33 | 0.58 | 27.67 | 0.58 |
| | Sechii | 15.67 | 1.15 | 16.00 | 1.00 | 15.33 | 0.58 | 15.67 | 1.15 |
| Segundo muestreo | O ₂ disuelto | 7.60 | 0.66 | 7.50 | 0.44 | 7.10 | 0.36 | 6.73 | 0.46 |
| | pH | 7.17 | 0.29 | 6.87 | 0.12 | 7.37 | 0.32 | 7.20 | 0.26 |
| | Salinidad | 10.00 | 0.00 | 10.67 | 1.15 | 10.33 | 0.58 | 10.67 | 1.15 |
| | Temperatura | 28.67 | 0.58 | 28.67 | 0.58 | 28.33 | 0.58 | 29.00 | 0.00 |
| | Sechii | 14.33 | 1.15 | 16.00 | 1.00 | 15.00 | 0.00 | 15.67 | 1.15 |
| Tercer muestreo | O ₂ disuelto | 6.67 | 0.29 | 6.77 | 0.25 | 6.63 | 0.57 | 6.23 | 0.21 |
| | pH | 7.17 | 0.21 | 6.93 | 0.12 | 7.40 | 0.10 | 7.00 | 0.10 |
| | Salinidad | 10.67 | 0.58 | 10.67 | 0.58 | 10.67 | 1.15 | 10.67 | 0.58 |
| | Temperatura | 28.00 | 0.00 | 27.67 | 0.58 | 28.33 | 0.58 | 27.33 | 0.58 |
| | Sechii | 15.33 | 0.58 | 15.67 | 0.58 | 15.00 | 0.00 | 15.00 | 0.00 |
| Cuarto muestreo | O ₂ disuelto | 6.30 | 0.20 | 6.40 | 0.17 | 6.33 | 0.35 | 6.17 | 0.15 |
| | pH | 7.07 | 0.12 | 7.13 | 0.25 | 7.27 | 0.25 | 7.03 | 0.25 |
| | Salinidad | 15.00 | 0.00 | 14.67 | 0.58 | 14.67 | 0.58 | 14.67 | 0.58 |

| | | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| Quinto muestreo | Temperatura | 28.67 | 0.58 | 28.33 | 0.58 | 28.33 | 1.15 | 27.67 | 0.58 |
| | Sechii | 15.00 | 0.00 | 14.33 | 1.15 | 15.67 | 1.15 | 16.67 | 2.89 |
| | O ₂ disuelto | 6.27 | 0.15 | 6.33 | 0.12 | 6.27 | 0.31 | 6.23 | 0.21 |
| | pH | 7.07 | 0.12 | 7.17 | 0.21 | 7.27 | 0.25 | 7.10 | 0.17 |
| | Salinidad | 15.00 | 0.00 | 14.67 | 0.58 | 14.67 | 0.58 | 14.67 | 0.58 |
| Sexto muestreo | Temperatura | 29.00 | 1.00 | 28.33 | 0.58 | 29.33 | 0.58 | 28.00 | 1.00 |
| | Sechii | 15.00 | 0.00 | 15.00 | 0.00 | 15.67 | 1.15 | 15.00 | 0.00 |
| | O ₂ disuelto | 4.57 | 0.40 | 5.93 | 0.12 | 5.23 | 0.25 | 6.10 | 0.17 |
| | pH | 6.90 | 0.17 | 7.17 | 0.21 | 7.27 | 0.25 | 7.10 | 0.17 |
| | Salinidad | 17.00 | 1.00 | 17.33 | 0.58 | 17.00 | 0.00 | 18.00 | 1.00 |
| | Temperatura | 29.67 | 0.58 | 29.33 | 0.58 | 29.33 | 0.58 | 30.00 | 0.00 |
| | Sechii | 12.67 | 0.58 | 13.00 | 1.00 | 14.33 | 1.15 | 14.00 | 1.73 |

10.2 Oxígeno disuelto.

Este parámetro fue regulado a través de los recambios de agua durante la noche y medido durante cada muestreo, procurando tomarlo a la misma hora (18:00 horas), ya que este es un punto crítico donde la pileta posee la mayor carga de excretas orgánicas producidas por la actividad metabólica de los peces durante el día. Las bacterias nitrificantes compiten por oxígeno para degradar estos materiales orgánicos, además, la radiación solar ha cesado, el Bloom de algas comienza a competir por el oxígeno disuelto disponible de la pileta, esta situación permanecerá durante toda la noche y si en este momento encontramos niveles bajos de oxígeno (< 2mg/l), el cultivo de peces podría morir por asfixia. Un nivel alto de oxígeno disuelto en a esta hora (> 5mg/l) es muy importante, el comportamiento de este parámetro se describe a continuación.

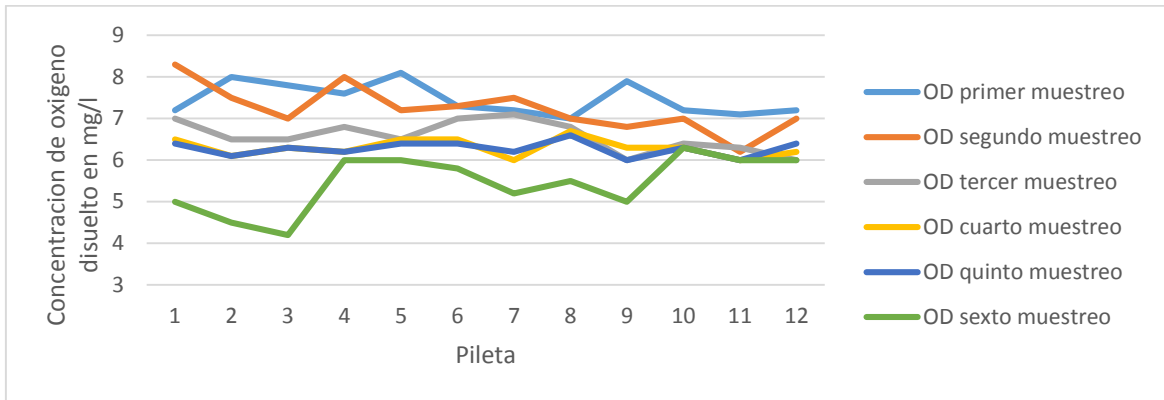


Figura 13. Comportamiento de los niveles de oxígeno durante el experimento.

En la gráfica se aprecia como el nivel de oxígeno disminuyó durante los muestreos en las diferentes piletas, esto muestra como el aumento de biomasa influye directamente con el consumo de oxígeno disuelto, siendo la pileta 3 (tratamiento T3) la que presentó los valores más bajos de oxígeno durante el último muestreo.

10.3 pH.

El pH fue tomado a la misma hora que el oxígeno disuelto, las variaciones fuertes de pH indican problemas asociados a descomposición orgánica, en el presente experimento los valores de pH mostraron estabilidad manteniéndose en valores neutros, lo cual es deseable en cultivos acuícolas y es un buen indicador de buen manejo, el comportamiento de este parámetro se ilustra a continuación.

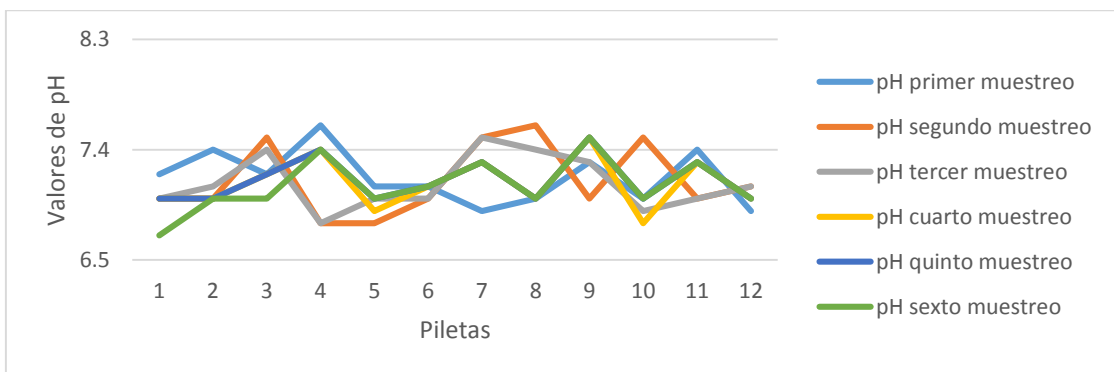


Figura 14. Comportamiento de los niveles de pH durante el experimento.

Los niveles de pH se mantuvieron neutros durante el experimento en todas las piletas.

10.4 Salinidad.

La salinidad es un parámetro que no depende de las interacciones biológicas del cultivo con su medio, este parámetro depende directamente a la fuente de agua, se puede apreciar que la salinidad mostro aumentos al aproximarse la época seca plena, debido a que la disponibilidad de agua en la capa freática se ve limitada en ausencia de lluvias, lo cual hace que, por la posición geográfica del pozo, la disponibilidad de agua marina aumenta en el manto freático incrementado la salinidad.

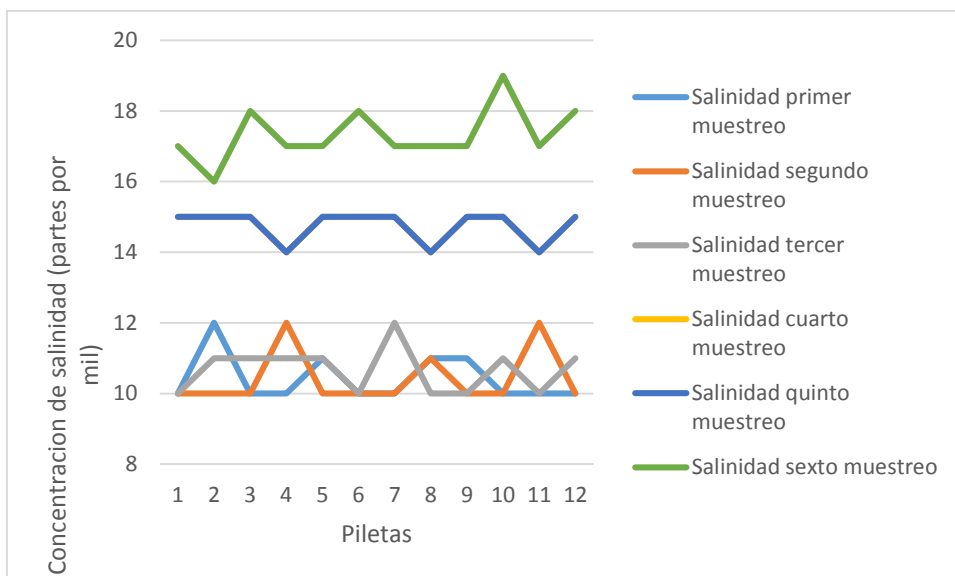


Figura 15. Comportamiento de los niveles de salinidad durante el experimento.

10.5 Temperatura.

La temperatura se mantuvo constante durante el experimento, esta lectura fue efectuada al medio día de cada muestreo, con el objeto de conseguir la lectura en el momento más caluroso del día, el comportamiento se ilustra a continuación.

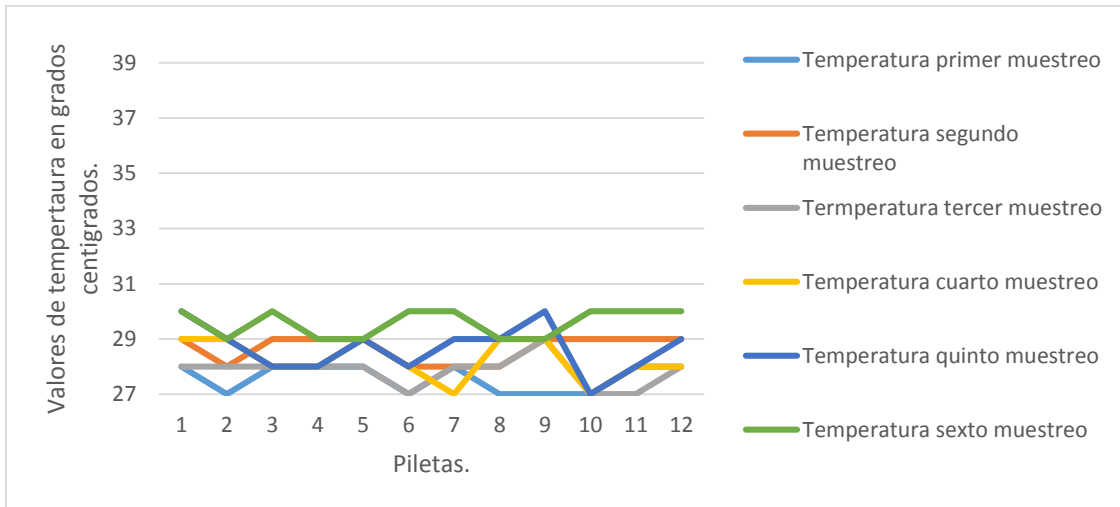


Figura 16. Comportamiento de los niveles de temperatura durante el experimento.

Los niveles de temperatura durante el experimento se mantuvieron oscilantes en intervalo de 3 grados, los cuales fueron de 27 a 33 grados centígrados.

10.6 Sechii.

Los valores de Sechii son importantes en cultivos acuícolas debido a que es una forma rápida de medir el Bloom de algas por medio de la turbidez, este método consiste en sumergir un disco de aproximadamente 20 cm de diámetro, el cual está dividido en 4 cuadrantes pintados de colores blancos y negros, hasta la profundidad donde logra apreciarse, este es el valor que se reporta, y de esta manera si hay fluctuaciones en estos valores se procede a tomar medidas para controlar el Bloom de algas, pues una sobre población de algas puede causar bajos niveles de oxígeno disuelto durante las noches, estas medidas de control pueden ser desde recambios totales o parciales hasta medicación utilizando productos destinados para eliminar algas, el comportamiento de las lecturas de Sechii se ilustra a continuación.

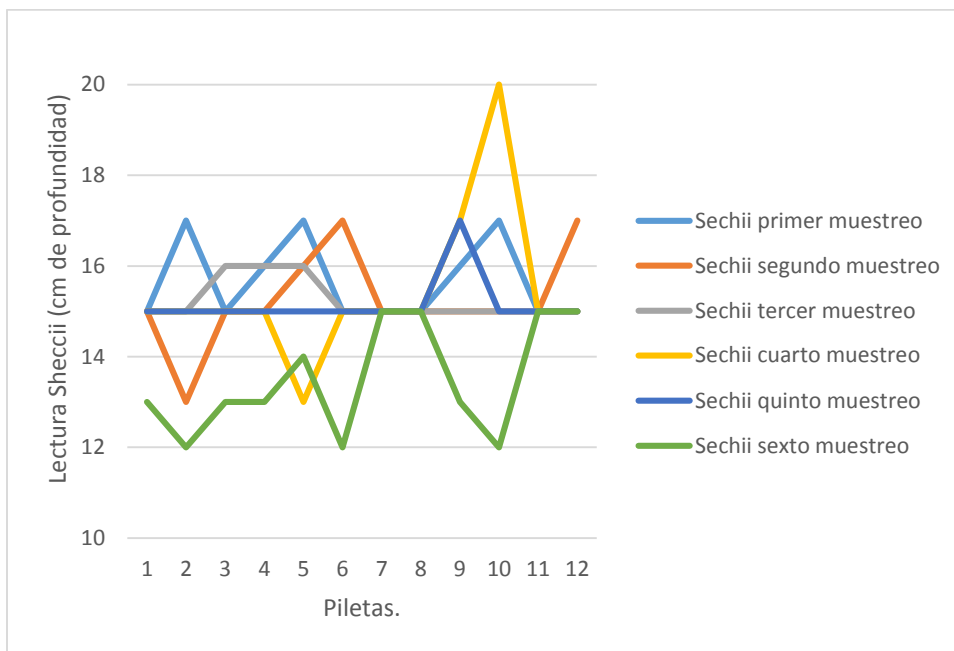


Figura 17. Comportamiento de las lecturas de Shecci durante el experimento.

Las lecturas de Sechii no mostraron cambios abruptos durante los muestreos iniciales, esto se traduce en una estabilidad en el Bloom de algas, indicando un buen manejo del experimento, donde los recambios de agua y la limpieza de las piletas se realizaron de manera adecuada, es durante el sexto muestreo donde es evidente la mayor concentración algal, indicando que los recambios deben incrementarse, así como mejorar el cuidado en la batería de piletas.

10.7 Monitoreo biológico en el cultivo experimental.

La semilla de hule según bibliografía citada, contiene niveles de toxicidad debido a su contenido de ácido cianhídrico, esto podría causar problemas al cultivo causando daño a la salud de los organismos, entre los cuales podríamos encontrar ascitis (acumulación de líquido ceroso en la cavidad peritoneal) o necrosis en órganos (muerte de células en órganos de seres vivos).

Para determinar si el uso de harina de semilla de hule pudiera causar problemas de salud animal, en alimentación de tilapia, al momento de la cosecha se procedió a disectar 10 organismos de cada tratamiento al azar, y luego de forma cuidadosa fueron examinados los órganos internos



Figura 18. Órganos internos de tilapia.

En la figura se aprecian 5 órganos internos los cuales son, corazón, estomago, riñón, intestino y vejiga natatoria, ningún órgano interno de los 120 organismos inspeccionados presento problemas relacionados a necrosis o ascitis, por lo que se deduce que el uso de harina de semilla de hule utilizado en la presente investigación no generó concentraciones de ácido cianhídrico u otras sustancias toxicas para el cultivo de tilapia.

10.8 Porcentaje de vísceras.

En la investigación se evaluó el porcentaje de viseras producido en los diferentes tratamientos (Apéndice 4), para ello se pesó la biomasa producida por estanque, luego la totalidad del contenido visceral de los organismos como se ilustra a continuación.



Figura 19. Cuantificación biomasa y contenido visceral por tratamiento.

El objeto de analizar el porcentaje de vísceras es evaluar la calidad de la proteína de los insumos utilizados, pues una proteína de buena calidad se traduce en mayor cantidad de musculo y menor cantidad de contenido visceral.

A continuación, se presentan los datos con los cuales se determinó el tratamiento que produjo la menor cantidad de contenido visceral durante el estudio.

Tabla 9.

Porcentaje de contenido visceral en cada tratamiento.

| Tratamientos | No. pileta | No. peces | Bio masa (Kg) | Vísceras (Kg) | Promedio de peso (Kg) por organismo | Promedio de vísceras (Kg) por organismo | Porcentaje de vísceras por tratamiento |
|--------------|------------|-----------|---------------|---------------|-------------------------------------|---|--|
| T1 | 1 | | | | | | |
| | 8 | 62 | 10.2 | 1.0 | 0.16 | 0.016 | 9.5 |
| | 10 | | | | | | |
| T2 | 2 | | | | | | |
| | 7 | 72 | 10.0 | 1.1 | 0.14 | 0.015 | 10.6 |
| T3 | 12 | | | | | | |
| | 3 | | | | | | |
| | 6 | 70 | 12.2 | 1.7 | 0.17 | 0.024 | 13.6 |
| T4 | 11 | | | | | | |
| | 4 | | | | | | |
| | 5 | 86 | 10.8 | 0.8 | 0.13 | 0.009 | 7.2 |
| | 9 | | | | | | |

En la tabla anterior se aprecia como el tratamiento T4 (0% de contenido de harina de soya) tiene el menor porcentaje de contenido visceral por organismo, mientras el tratamiento T3 (25% harina de soya y 75% harina de hule) produjo en promedio mayor contenido visceral por organismo, esto quiere decir que del 100% de peso vivo de cada pez el 13.6% pertenece a órganos y grasas contenidos dentro del área abdominal.

10.9 Tasa de supervivencia.

La mortalidad real de organismos en cada uno de los tratamientos fue registrada entre muestreos, esta información se puede apreciar más detalladamente en el apéndice 5 y 6. El tratamiento T1 mostro una supervivencia de 68.9%, el tratamiento T2 80%, el tratamiento T3 77.7% y el tratamiento T4 95.5%.

Para determinar si las diferencias observadas son significativas se analizó la variable número de organismos presentes al final del experimento en cada tratamiento por medio de la prueba de Dunnett frente al control. A continuación, se muestran los análisis estadísticos.

Tabla 10.

Análisis de varianza del factor supervivencia en tratamientos.

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|--------------|----------------------|----|---------------------|--------|------|
| Inter-grupos | 1107.407 | 3 | 369.136 | 33,222 | ,000 |
| Intra-grupos | 88.889 | 8 | 11.111 | | |
| Total | 1196.296 | 11 | | | |

$\alpha = 95\%$

Se aprecia en el análisis de varianza que el factor supervivencia en los tratamientos, que el valor de significancia “Sig” es menor que 0.05 por lo tanto, existe al menos una supervivencia que es diferente significativamente a las demás.

Debido a que al menos uno de los tratamientos mostró una diferencia de supervivencia significativamente diferente, se realizó una prueba de Dunnett de todos los tratamientos contra el testigo para identificar el mejor.

Tabla 11.

Análisis de Dunnett contra el testigo (comparaciones múltiples).

| (I) Tratamiento | (J) Tratamiento | Diferencia de medias (I-J) | Error típico | Sig. | Límite inferior |
|--------------------|--------------------|-------------------------------|--------------|------|--------------------|
| t2 | t1 | 11,111112000* | 2,721655814 | ,004 | 4,53435290 |
| t3 | t1 | 8,888890667* | 2,721655814 | ,014 | 2,31213157 |

| | | | | | |
|----|----|---------------|-------------|------|-------------|
| t4 | t1 | 26,666666667* | 2,721655814 | ,000 | 20,08990757 |
|----|----|---------------|-------------|------|-------------|

$\alpha = 95\%$

El valor Sig de todos los tratamientos es menor a 0.05 por lo tanto, si existe diferencia significativa entre los valores de supervivencia, la diferencia de medias indica que todos los tratamientos estuvieron por encima del testigo y superaron en supervivencia al testigo. El uso de harina de semilla de hule, favorece la supervivencia de los organismos en cultivos de tilapia.

10.10 Factor de conversión alimenticia FCA.

Para el cálculo del FCA en la investigación, se asumió que el alimento artesanal fue consumido en su totalidad por los peces, sin considerar el alimento no consumido el cual simplemente se pierde pues se va al fondo y luego es descartado por el drenaje, la fórmula utilizada para efecto de estimación fue:

FCA= Total alimento consumido/ Total de peso vivo del organismo.

Los cálculos de FCA se detallan a continuación.

Tabla 12.

Determinación del factor de conversión alimenticia (FCA) de los diferentes tratamientos

| Tratamientos | Alimento consumido (Kg) | Biomasa total por tratamiento (Kg) | FCA |
|--------------|-------------------------|------------------------------------|------|
| T1 | 19.1 | 10.2 | 1.87 |
| T2 | 18.1 | 10.0 | 1.81 |
| T3 | 19.1 | 12.2 | 1.57 |
| T4 | 19.5 | 10.8 | 1.81 |

Se observa que el rango de FCA para los tratamientos fue de 1.87 a 1.57, siendo el mejor valor el correspondiente al tratamiento T3, pues se interpreta que, para producir 1 kilogramo de pez vivo, se debe de suministrar 1.57 kilogramos de alimento artesanal,

mientras que los demás tratamientos evaluados, se debe suministrar mayor cantidad de alimento para conseguir un kilogramo de peso vivo.

Pino (2005), señala que el FCA en tilapia gris es de 1.63, se aprecia que en la presente investigación el tratamiento T3 es el único que mejora esta cifra.

10.11 Factor de condición.

El factor de condición (K) expresa en peces, la relación volumétrica en función del peso, según la fórmula matemática: $K = P100/L^3$, donde P es el peso en gramos y L la longitud en cm.

Dicho factor indica el estado nutricional de los organismos, en cultivo es útil para comparar y cuantificar el estado en que el pez se encuentra, pudiendo asociarse a una valoración del estado de delgadez o gordura.

Existen co-variables para una especie determinada que pueden variar ampliamente, ya que sobre K influyen otros factores como la temperatura, calidad de agua y otros.

A continuación, se presentan los promedios por tratamiento en los diferentes muestreos.

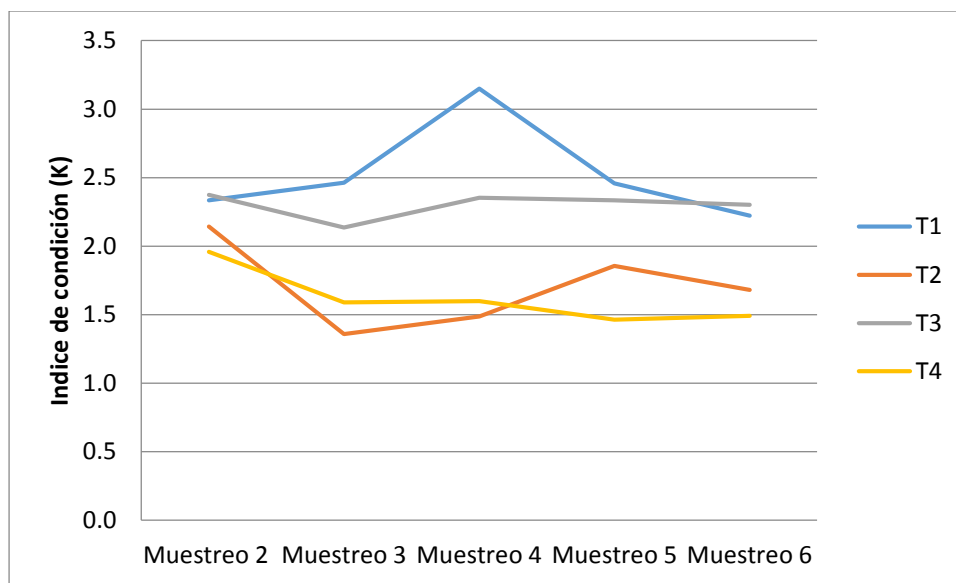


Figura No. 20 comportamiento promedio del índice de condición K durante la investigación.

Se observa como mayor valor reportado es alcanzado por el testigo en el muestreo número 4, la tendencia del tratamiento T3 fue la más adecuada, una tendencia estable en este índice zootécnico nos indica que los organismos no fueron sobre alimentado o sub alimentados.

10.12 Evaluación de ganancia de peso.

Se realizaron 6 muestreos y se colectaron 20 organismos al azar para cada repetición (pileta). Los organismos fueron capturados cuidadosamente para no lastimarlos, se pesaron y midieron, fueron devueltos con vida a la pileta que correspondían, los datos promedio de ganancia en peso por pileta se pueden observar en el apéndice 7 y 8, a continuación, se presenta la tabla y grafica de los pesos promedios encontrados durante el presente estudio.

Tabla 13.

Valores promedio de peso en gramos en los tratamientos.

| Muestreo | Valores promedio de peso en gramos | | | |
|----------|------------------------------------|-------|-------|-------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 |
| 1 | 16.0 | 16.0 | 16.0 | 16.0 |
| 2 | 44.3 | 37.3 | 38.3 | 29.2 |
| 3 | 65.6 | 46.5 | 48.1 | 41.3 |
| 4 | 122.3 | 79.6 | 87.7 | 70.2 |
| 5 | 146.5 | 133.0 | 139.5 | 92.8 |
| 6 | 165.3 | 139.5 | 173.3 | 125.2 |

Se aprecia como el tratamiento T3 tubo mejor ganancia de peso, pues en promedio para el sexto muestreo había superado al testigo por 8 gramos, este comportamiento se aprecia de mejor forma en la siguiente figura.

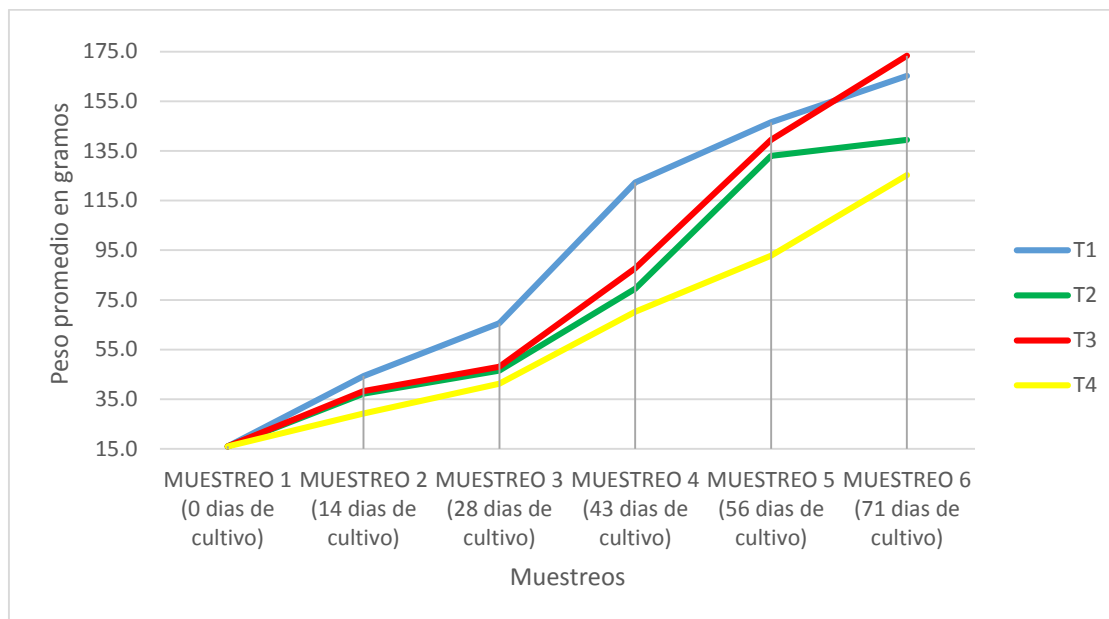


Figura 21. Ganancia de peso promedio (gr), en los diferentes tratamientos

La línea de color azul, hace referencia al testigo, este es el alimento concentrado artesanal que no contiene ningún porcentaje de harina de semilla de hule en su preparación, se observa que presenta los mayores crecimientos expresados en ganancia de peso hasta el quinto muestreo, a partir de ese momento, el tratamiento T3 representado por las líneas de color rojo, supera al testigo.

En promedio existe diferencia en la ganancia de peso entre el tratamiento T3 y T1, pero es necesario determinar la existencia de diferencias significativas en esta variable para ello se realizó un análisis de varianza utilizando el programa estadístico SPSS versión 19, y se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 14.

Análisis de varianza entre tratamientos para evaluar la ganancia de peso (gr).

| Origen | | Suma de cuadrados tipo III | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|-------------|-----------|----------------------------------|----|---------------------|---------|------|
| Tratamiento | Hipótesis | 193063,725 | 3 | 64354,575 | 114,739 | ,000 |

| | | | | | | |
|------------|-----------|-------------|------|----------------------|----------|------|
| | Error | 814952,989 | 1453 | 560,876 ^a | | |
| Lectura | Hipótesis | 3395140,347 | 5 | 679028,069 | 1210,656 | ,000 |
| | Error | 814952,989 | 1453 | 560,876 ^a | | |
| Organismos | Hipótesis | 15963,009 | 28 | 570,107 | 1,016 | ,441 |
| | Error | 814952,989 | 1453 | 560,876 ^a | | |

$\alpha = 95\%$

El análisis de varianza muestra, que a nivel de tratamientos (dietas evaluadas) y lecturas (muestreos) si hubo diferencia y las mismas si fueron significativas ($\alpha < 0.05$), evidenciando de esta manera que los peces entre tratamientos mostraron diferentes valores de peso y también que estos tratamientos cambiaron su peso en función de las lecturas (tiempo), el tiempo entre cada lectura (muestreo) fue de 15 días, periodo en el cual los peces aumentaron de peso independientemente del tratamiento, mientras tanto a nivel de organismos, el análisis de varianza mostró que no existió diferencia entre peces de un mismo tratamiento ($\alpha > 0.05$), esto es favorable pues indica que estadísticamente en una repetición el peso fue uniforme, esto se traduce en que se realizó un buen manejo del experimento.

A pesar que la comparación de promedios de peso (figura 21) indicó que el tratamiento T3 presentó mayor ganancia de peso al final del experimento, es necesario determinar que las diferencias entre el testigo y los diferentes tratamientos evaluados fueron significativas y para esto, se realizó un análisis de Dunnett, el cual se presenta a continuación.

Tabla 15.

Análisis de ganancia de peso en los tratamientos utilizando t de Dunnett (comparaciones múltiples)

| (I) Tratamiento | (J) Tratamiento | Diferencia de medias (I-J) | Error típico | Sig. | Límite inferior |
|--------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------|-------|--------------------|
| t2 | t1 | -16,3580977 | 4,0428007 | 1,000 | -24,692630 |
| t3 | t1 | -6,9218583 | 4,0481859 | ,996 | -15,267493 |
| t4 | t1 | -26,9334452 | 4,0064794 | 1,000 | -35,193099 |

$\alpha = 95\%$

La prueba de Dunnett muestra que, todos los tratamientos contra el testigo tuvieron un “p” valor mayor a 0.05 por lo que no existe diferencia significativa por parte de ninguno de los tratamientos contra el testigo, el mejor de los tratamientos fue el T3, debido a que muestra la menor diferencia de medias contra el testigo, estando únicamente 6.9 unidades abajo.

10.13 Análisis económico.

Conociendo el costo de las materias primas y los resultados de los índices zootécnicos, se procedió a evaluar los tratamientos T3 y T4 contra el tratamiento T1 (testigo), para ello necesitamos determinar el costo aproximado de producción de harina de semilla de hule. Se establecieron los rubros del costo de producción de la harina de semilla de hule y por medio de entrevistas de campo se estimó el valor de cada una de las actividades.

Tabla 16.

Determinación del costo de producción de harina de semilla de hule.

| Actividad | Descripción | Costo | Sub total por 45.35Kg (Q) |
|--|---|----------------------|------------------------------|
| Valor estimado de la semilla de hule en Finca. | Cuota de ganancia neta al dueño de la plantación de hule | | 25.0 |
| Recolectar la semilla | Un jornal puede recoger 5 quintales/día, todo esto dividido 100 pues serán al final 100qq por bach, para recoger 125 quintales necesitara 25 días, el sueldo diario en campo es Q 91.25 | 25 x Q91.25/100qq | 22.8 |
| Transporte a centro de acopio | Un tractor con carretón gasta aproximadamente Q1 por cada quintal | 125qq*Q1/125qq | 1.0 |
| Molido y secado | Un molino de martillo recauda Q3 por quintal | Q3*100qq/100qq | 3.0 |

| | | | |
|---|---|----------------|-------|
| Embalaje | La harina seca deberá ser pesada y empaquetada en costales esto tiene un costo de Q2 por quintal | Q2*100qq/100qq | 2.0 |
| Transporte a centro de venta | Debe efectuarse en un camión capacitado para transportar 100 quintales el costo de este flete es de Q3000 | Q3000/100qq | 30.00 |
| Costo total para producción de 45.35 kg | | | 83.81 |
| Costo total para producción de 1 Kg. | | | 1.84 |

El costo de la harina de soya es de Q312.50 por 45.35 kg, por lo que el costo de 1kg de harina de soya es de Q6.89.

La diferencia entre 1 kg de harina de soya y 1kg de harina de semilla de hule es de Q 5.05

Se procedió a determinar las cantidades de cada insumo con sus costos para establecer los costos de producción.

Tabla 17.

Determinación del costo de producción del alimento T3y T4 en comparación del testigo.

| | T1 | | T3 | | T4 | |
|---------------------------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| | Cantidad (kg) | Costo (Q) | Cantidad (kg) | Costo (Q) | Cantidad (kg) | Costo (Q) |
| Harina de semilla de hule | 0 | 0 | 10.22 | 18.85 | 13.63 | 25.14 |
| Harina de atún | 17.72 | 243.75 | 23.81 | 327.5 | 25.86 | 355.62 |
| harina de soya | 13.66 | 93.75 | 3.4 | 23.44 | 0 | 0 |

| | | | | | | |
|----------------|-------|--------|---|--------|------|--------|
| harina de maíz | 13.95 | 57.56 | 8 | 33 | 5.95 | 24.56 |
| Totales | | 395.06 | | 402.79 | | 405.32 |

Para determinar la tasa de retorno marginal se utilizó la fórmula de Keynes (2008) a continuación se aprecian los resultados.

Tabla 18.

Tasa de retorno marginal en cada tratamiento.

| Tratamientos | Biomasa total (kg) | Precio de mercado por kg (Q) | Valor total de la biomasa (Q) | Costo del alimento consumido (Q) | Tasa interna de retorno |
|--------------|--------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| T1 | 10.22 | 39.6 | 405.6 | 165.9 | 1.4 |
| T2 | 10.04 | 39.6 | 398.2 | 175.2 | 1.3 |
| T3 | 12.18 | 39.6 | 482.3 | 169.2 | 1.9 |
| T4 | 10.77 | 39.6 | 427.2 | 174.3 | 1.5 |

Se puede apreciar que el tratamiento que presenta la menor tasa de retorno marginal es el T2, mientras que T3 presenta mayor valor. En el caso del testigo (T1), por cada Q100 de inversión, al final de la venta de la biomasa el inversionista tiene una ganancia de Q1.4 mientras que al utilizar el tratamiento T3 ganara Q 1.9.

11. Matriz de Resultados

Tabla 19.

Matriz de resultados.

| Objetivo específico | Resultado esperado | Resultado obtenido |
|---|---|--|
| - Evaluar diferentes proporciones de proteína de hule vs. proteína de soya en un concentrado artesanal de tilapia | Determinar de entre los tratamientos en los cuales se utiliza harina de semilla de hule, cual es el que presenta mejores índices zootécnicos. | El tratamiento T3 presenta mejores índices zootécnicos que los demás tratamientos donde se utiliza semilla de hule. |
| - Determinar a escala de laboratorio los índices zootécnicos de la tilapia utilizando los diferentes tratamientos propuestos. | Alguno de los tratamientos donde se utiliza semilla de hule presenta mejores pesos, tallas, factor de conversión alimenticia (FCA), y supervivencia que el testigo. | Todos los tratamientos donde se utilizó harina de semilla de hule presentaron tener una mejor supervivencia y FCA frente al testigo, |
| - Determinar la tasa de retorno marginal de los diferentes tratamientos evaluados. | Alguno de los tratamientos Evaluados presente mejor tasa de retorno marginal que el testigo. | El tratamiento T3 presentó mejor tasa de retorno marginal frente al testigo por Q 0.50 |

12. Impacto esperado.

Con los resultados de la investigación se puede esperar que en el futuro inmediato se pueda elaborar un concentrado artesanal o comercial, a base de harina de semilla de hule, ya que al menos el tratamiento T3, presentó una mejor ganancia de peso, supervivencia, factor de

conversión alimenticia y tasa de retorno marginal frente al testigo, lo cual permitirá generar ingresos adicionales y fuentes de trabajo en las fincas huleras del país.

Adicionalmente se espera continuar la investigación, formulando un concentrado que contenga los aminoácidos restrictivos en la harina de semilla de hule, y que pueda tener rendimientos superiores a los elaborados comercialmente.

13. Análisis y discusión de resultados.

13.1 Parámetros de calidad de agua.

En relación al oxígeno disuelto, autores como Pino (2005) y Mora, Delgado, Figueroa, Palafox, Sosa (2003), atribuyen la disminución de los valores de oxígeno disuelto y el pH al aumento de metabolitos en el medio y al recambio insuficiente en las unidades de producción, sin embargo, esto no aplica en la presente investigación, pues las lecturas de este parámetro se realizaron horas después de haber concluido una limpieza profunda en cada pileta y con esto haber eliminado el 100% de las excretas generadas durante el cultivo, es por esta razón, que los valores reportados de oxígeno disuelto se encontraron dentro de los rangos aceptables, de acuerdo al crecimiento de los organismos (figura 13).

Los valores de pH se mostraron bastante estables durante el estudio (6.7-7.5), lo cual refleja una buena limpieza de los sistemas de engorde utilizados en la presente investigación. Ver figura 14. Autores como Pino, (2005) y Mora et al, (2003), atribuyen valores de pH ácidos a la presencia de material orgánico en descomposición, situación que no se manifestó en la investigación (figura 14).

Los niveles de salinidad se incrementaron a través del tiempo (figura 15), debido a que la disponibilidad de agua dulce en la capa freática se ve limitada en ausencia de lluvias. Ver figura 15. Los niveles de salinidad se mantuvieron dentro de los límites recomendables para el crecimiento de los organismos hasta el último muestreo, pues según Herrera, López, Zamora (2002), la salinidad arriba de 15 partes por mil afecta el crecimiento de la tilapia, el comportamiento de la salinidad fue uniforme entre tratamientos, razón por la cual se deduce que este parámetro no afectó a ningún tratamiento en ninguna de sus repeticiones en cuanto al tema de ganancia de peso.

La temperatura solo fluctuó un rango de 3 grados centígrados (figura 16), razón por la cual en este estudio, se mantuvo constante, además según estudios realizados por Mora, et al (2003), indican que para alcanzar crecimientos óptimos en tilapia la temperatura debe estar por encima de los 23 grados centígrados y el Ministerio de agricultura y ganadería centro de desarrollo pesquero, (2001) indica que el rango óptimo de crecimiento para tilapia es de 28 a 32 grados centígrados.

La turbidez medida a través del disco de Sechii muestra que durante el último muestreo se presentaron las mayores concentraciones algales, debido a que en este punto los peces demandaron mayor cantidad de alimento y esto aportó mayor cantidad de nutrientes al medio, (figura 17), los rangos de turbidez se mantuvieron dentro de parámetros normales pues según Pino (2005), al impedir la libre penetración de luz, se limita la productividad natural de la pileta, lo que a su vez reduce la disponibilidad de alimento para el pez, es por ello que se recomienda que el agua de las piletas mantenga un nivel de 30 cm de disco de Sechii. Todas las unidades experimentales evaluadas, presentaron valores de disco Sechii, inferiores al máximo recomendado.

13.2 Índices zootécnicos.

Apariencia.

La apariencia es un factor muy importante en la producción piscícola, cada línea de tilapia tiene sus características propias, las cuales las hacen deseables por los consumidores, una apariencia fuera de lo usual es señal de efectos negativos en el medio sobre los peces, estos efectos pueden causar deformaciones, problemas en la piel como heridas o propiciar la presencia de ectoparásitos, coloraciones fuera de lo común por lo general más pálidas de lo normal, llegando a colores lechosos, estudios como el de Williams, Williams, (1995), destacan que una apariencia aterciopelada o algodonosa es señal de peces enfermos. Ninguno de los tratamientos mostró este tipo de problemas, lo cual indica que el uso de harina de semilla de hule en las concentraciones evaluadas, no produce efectos negativos en la apariencia de los organismos. Cabe mencionar que anatómicamente no se encontraron problemas internos asociados a algún tipo de toxicidad presente en la harina de semilla de hule.

Porcentaje de vísceras.

El tratamiento que presento mayores ganancias de peso (T3) también presento el mayor porcentaje de vísceras, incluso fue el único tratamiento de la investigación que sobrepaso el porcentaje determinado por Franco (2007), el cual fue de 12.76 esto refleja que es necesario reforzar la harina de semilla de hule con aminoácidos esenciales que la harina de semilla de hule posee en cantidades inadecuadas, con el fin de optimizar la calidad de la proteína proveniente de este insumo.

Tasa de sobrevivencia.

La sobrevivencia es el resultado de factores de calidad de agua y cuidados como lo son: recambios de agua, horarios de alimentación y el tipo de alimento. La calidad de agua y los cuidados fueron iguales para todos los tratamientos. La única variable capaz de afectar la sobrevivencia fue el alimento concentrado, de acuerdo Garcés (2001), la supervivencia esperada en un sistema de cultivo de tilapia donde se utilizan alimentos concentrados comerciales es de 87%, en la presente investigación solo el tratamiento T4, sobrepaso este valor, mientras que el testigo únicamente alcanzó un valor de 68.9 %.

Factor de conversión alimenticia FCA

Todos los tratamientos donde se utilizó harina de semilla de hule manifestaron mejor conversión alimenticia que el testigo, en especial el tratamiento T3, lo que indica que la harina de semilla de hule es mejor asimilada por los organismos que la harina de soya. Pino (2005), expresa que para tilapia el FCA es de 1.63. Solo el tratamiento T3 fue mejor que el propuesto que el indicado, por lo cual se afirma que el tratamiento T3 presenta sin duda un valor de conversión alimenticia muy bueno.

Factor de condición K.

Este valor no mostro un comportamiento continuo ni un comportamiento ascendente en función del tiempo, significa que al inicio de los muestreos los organismos mostraron mejores valores K, y para el ultimo muestreo, los peces se mostraron más delgados en todos los tratamientos, por lo que se considera que los peces pueden alcanzar mejores ganancias de peso, si en vez de utilizar la tabla propuesta, se hubiera utilizado alguna otra metodología de alimentación, donde se suministrara mayores cantidades de alimento en

cada ración. Franco (2007), afirma que tilapia con índices de condición entre 2.8 y 3 para peces de 325 a 400gr son más ubicados en restaurantes y centros comerciales, además en su investigación determino que en un sistema de cultivo de tilapia donde se utilizan alimentos concentrados comerciales este factor es de 2.18 en 67 días, en la presente investigación únicamente el tratamiento T1 y T3 a los 72 días de cultivo mejoran este valor, razón por la cual el tratamiento T3, es el único de entre los tratamientos donde se utilizó harina de semilla de hule que presentó un factor K, arriba del testigo.

Ganancia de peso.

Durante la mayor parte de la investigación el tratamiento T1 mostro un mejor rendimiento en lo referente a ganancia de peso, pero durante el último muestreo fue superado por el tratamiento T3. Al realizar las pruebas estadísticas se concluye que la ventaja obtenida por dicho tratamiento, no tuvo ninguna diferencia significativa, pero este comportamiento abre las puertas para empezar a disminuir el uso de insumos importados en la alimentación animal, tal como la harina de soya.

La lenta respuesta del tratamiento T3 para superar al T1, puede deberse a la metodología utilizada para el establecimiento de la ración, pues no hay que olvidar que la tabla utilizada en esta investigación está diseñada para alimentos comerciales con un alto valor agregado de tecnología, en los cuales no existe ningún porcentaje de harina de semilla de hule. Debe de utilizarse otra metodología de alimentación a la hora de emplear este nuevo insumo en la fabricación de alimentos artesanales.

Según datos del Ministerio de agricultura y ganadería centro de desarrollo pesquero (2001), se tiene que en 150 días de cultivo se alcanza un peso de 3 peces/libra, en base a estos datos se observa que para un aproximado de 72 días los peces deben de poseer un peso de aproximadamente de 73gr, en base a este comportamiento tenemos que todos los tratamientos evaluados en el presente trabajo muestran crecimientos muy positivos.

13.3 Análisis económico.

El análisis económico indica que producir 45.35 Kg de concentrado T3 es Q7.72 más oneroso que producir la misma cantidad que el testigo (T1), mientras que el T4 representan y Q 10.26 más que el testigo (T1). Pero la supervivencia y el FCA son más altos en dichos tratamientos. La tasa de retorno marginal del T3, produce una ganancia Q 0.5 y el T4 de Q 0.10 mayor que el testigo.

14. Conclusiones.

- La harina de semilla de hule es un insumo apropiado para sustituir parcialmente o la totalmente la harina de semilla de soya, en la formulación de concentrados artesanales para tilapia.
- Todos los tratamientos donde se utilizó harina de semilla de hule presentaron tener una mejor supervivencia y FCA frente al testigo.
- El tratamiento T3 presentó la mejor tasa de retorno marginal frente al testigo y los demás tratamientos.
- El tratamiento T3 mostró mejores índices zootécnicos que el testigo (FCA, supervivencia, ganancia de peso), pero es necesario utilizar una metodología diferente de alimentación ante el uso de un concentrado artesanal, dado los resultados obtenidos del índice de condición K.
- El porcentaje de viseras en el alimento T3 podría reducirse al implementar aminoácidos esenciales deficientes dentro de la semilla de hule.
- El uso de harina de semilla de hule en diferentes concentraciones como parte de la alimentación de tilapia, no afecta la calidad del agua de acuerdo a los parámetros estudiados en esta investigación.

15. Referencias.

1. Álvarez, L. 2013. Exportadores de caucho natural proyectan alza en la producción. Sección Economía. El Periódico Guatemala. 14 Nov 2013. Recuperada de <http://www.elperiodico.com.gt/es/20131115/economia/237990/>
2. Bressani, R.; Elías, L.; Ayuso, T.; Rosal, O.; Braham, E.; Zúñiga, J. 1983. Nutritional value of protein and oil in rubber seed (*Hevea brasiliensis*). Turrialba; 33(1):61-6. Recuperada de <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0782E/A0782E01.PDF#PAGE=62>
3. Bressán, P. (2008). Harina zootécnica, de alimentación animal. Buenos Aires, Argentina: GRANAM, compañía de granos de américa. Recuperada de: <http://www.bioline.org.br/pdf?la07071>.
4. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. 2008-2012. Cultured Aquatic Species Information Programme *Oreochromis niloticus*. Programa de información de especies acuáticas. Texto de Rakocy, J.E. In: *Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO* (en línea). Roma. Actualizado: 18 February 2005. Recuperada de http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es
5. Franco, L. 2007. Evaluación de la productividad de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) alimentada con extracto de ajo (*Allium sativum* L.). Informe final proyecto FODECYT No. 70-2007. Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, CEMA-USAC. Guatemala. 94 pp. Recuperada de <http://glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202007.70.pdf>
6. Gall, F. (1976). Diccionario Geográfico de Guatemala. Guatemala, Centro América: Instituto Geográfico Nacional. Recuperada de: <http://biblioteca.oj.gob.gt/digitales/26558.pdf>.
7. Garcés, R. (2001). Comparación del crecimiento y sobrevivencia de dos líneas de tilapia en estanques cubiertos con malla contra pájaros. Tesis. Zamorano, Honduras. 28 pp. Recuperada de <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2379/1/T1310.pdf>.
8. García, C. 2004. Evaluación de la resistencia a (*Microcyclus ulei*) v. Arx. De 25 clones de hule (*Hevea brasiliensis* Muell) durante el cuarto y quinto año de

- crecimiento bajo condiciones del Centro De Agricultura Tropical Bulbuxyá, San Miguel Panán, Suchitepéquez. Tesis Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. 89 pp. Recuperada de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2065.pdf
9. Ministerio de agricultura y ganadería centro de desarrollo pesquero. 2001. Guía para el cultivo de tilapia en piletas. San Salvador, El Salvador. 18pp. Recuperada de <http://www.tilapiasdelsur.com.ar/downloads/guiatecnicatilapiadeelsalvador.pdf>.
 10. Herrera, A.; López, H.; Zamora, R. (2002). Efecto de la salinidad en el crecimiento de tilapia híbrida *Oreochromis mossambicus* (Peters) x *Oreochromis niloticus* (Linnaeus), cultivadas bajo condiciones de laboratorio. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Recuperado de <http://www.medigraphic.com/pdfs/vetmex/vm-2002/vm021d.pdf>.
 11. Hernández, C.M. (2004). Evaluación de la resistencia a (*Microcyclus ulei*) V. Arx. De 25 clones de hule (*Hevea brasiliensis* Muell) durante el cuarto y quinto año de crecimiento bajo condiciones del centro de agricultura tropical Bulbuxyá, San Miguel Panán, Suchitepéquez. Tesis Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.
 12. Hurtado, H. (2012). Curso cultivo de tilapia. Lima, Perú: Colegio de ingenieros del Perú, Consejo departamental de Lima. Recuperado de <http://es.slideshare.net/nhurtado2000/cultivo-de-tilapia-en-el-per-y-el-mundo>
 13. Imagen de *Hevea brasiliensis* Müll Arg. Recuperado de http://www.plantillustrations.org/illustration.php?id_illustration=31470
 14. Luchini, L.; Wichi, G. (2014). Consideraciones sobre insumos utilizados en los alimentos para organismos acuáticos bajo cultivo, información básica. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Agricultura, Ganadería y pesca, presidencia de la nación.
 15. Keynes, J. (2008). The General Theory of Employment, Interest and Money, New Delhi, India: Atlantic publishers & distributors (P) LTD. 135 pp. Recuperado de [https://books.google.com.gt/books?hl=es&lr=&id=xpw96rynOcC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Keynes,+John+Maynard+\(1936\).+The+General+Theory+of+Employment,+Interest](https://books.google.com.gt/books?hl=es&lr=&id=xpw96rynOcC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Keynes,+John+Maynard+(1936).+The+General+Theory+of+Employment,+Interest).

[+and+Money,+p+135.&ots=WXngzmkLEE&sig=9VgVmFVDTILADUJ_5Xr26Ypoo38#v=onepage&q&f=false.](#)

16. Mora, G.; Delgado, E.; Figueroa, J.; Palafox, J.; Sosa, I. (2003). Evaluación de algunos parámetros de calidad de agua en un sistema cerrado de recirculación para la acuicultura, sometido a diferentes cargas de biomasa de peces. Atoyac, México DF: Instituto nacional de la pesca. Recuperado de http://hidrobiologica.izt.uam.mx/hidrobiologica/images/pdf_Revista/13-4/247-254_Ingle.pdf.
17. Orozco, T.A. (1984). Aprovechamiento de la semilla de hule (*Hevea brasiliensis*) en la engorda del cerdo. Veracruz, México: Universidad Veracruzana facultad de medicina veterinaria y zootecnia.
18. Palencia, C. 2002. Manual General de Cultivo del Hule *Hevea brasiliensis*. Tesis Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. 119 pp. Recuperada de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1923.pdf.
19. Pineda, J. C. (2000). Evaluación de dos sistemas de manejo para producción masiva de alevines de tilapia. Zamorano, Honduras: Zamorano Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria.
20. Pino, J.M. (2005). La Tilapia Gris, S. C. DE. R. L. DE. C. V. Jonuta, México: Sector pesca- subsector acuícola. 23 pp. Recuperado de <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/tab/estudios/2005/27TA2005PD014.pdf>.
21. Salgado, H. (1963). Crecimiento en diámetro y altura del árbol del hule (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) en dos zonas biológicas de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas Centro Tropical de Investigación y Enseñanza para Graduados.
22. Selle, C.M.; González de Mejía, E.; Elías, L.G.; Bressami, R. (1983). Evaluación de algunas características químico – nutricionales de la semilla del árbol de hule (*Hevea brasiliensis*). Guatemala, Centro América: Universidad del Valle de Guatemala e Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP).

23. Torres, D; Hurtado, V. 2012. Requerimientos nutricionales para Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Orinoquia, vol. 16, núm. 1, 2012, pp. 63-68. Universidad de Los Llanos, Meta, Colombia. Recuperada de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89625076007>.
24. Williams. L.; Williams. E. 1995. Parásitos de peces de valor recreativo en agua dulce de Puerto Rico. Departamento de ciencias marinas universidad de Puerto Rico, Lajas, Puerto Rico. Recuperado de: <http://uprm.edu/biology/cjs/freshspa.pdf>.

16. Apéndice.

Apéndice 1.

Ejemplar de *Hevea brasiliensis* Müll.



(Fuente: http://www.plantillustrations.org/illustration.php?id_illustration=31470)

Apéndice 2.

Fechas de muestreos biométricos.

| Fecha | Muestreo |
|--------------------|------------------|
| 26 diciembre 2015 | Siembra |
| 09 de enero 2016 | Primer muestreo |
| 23 de enero 2016 | Segundo muestreo |
| 06 de febrero 2016 | Tercer muestreo |
| 21 de febrero 2016 | Cuarto muestreo |
| 05 de marzo 2016 | Quinto muestreo |
| 20 de marzo 2016 | Sexto muestreo |

Apéndice 3.

Valores de calidad de agua obtenidos durante el estudio.

| Muestreo | Parámetro | T1 | | | T2 | | | T3 | | | T4 | | |
|-------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 1 | 8 | 10 | 2 | 7 | 12 | 3 | 6 | 11 | 4 | 5 | 9 |
| Primer muestreo. | Oxígeno disuelto | 7.2 | 8 | 7.8 | 7.6 | 8.1 | 7.3 | 7.2 | 7 | 7.9 | 7.2 | 7.1 | 7.2 |
| | pH | 7.2 | 7.4 | 7.2 | 7.6 | 7.1 | 7.1 | 6.9 | 7 | 7.3 | 7 | 7.4 | 6.9 |
| | Salinidad | 10 | 12 | 10 | 10 | 11 | 10 | 10 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 |
| | Temperatura | 28 | 27 | 28 | 28 | 28 | 27 | 28 | 27 | 27 | 27 | 28 | 28 |
| | Sechii | 15 | 17 | 15 | 16 | 17 | 15 | 15 | 15 | 16 | 17 | 15 | 15 |
| Segundo muestreo. | Oxígeno disuelto | 8.3 | 7.5 | 7 | 8 | 7.2 | 7.3 | 7.5 | 7 | 6.8 | 7 | 6.2 | 7 |
| | pH | 7 | 7 | 7.5 | 6.8 | 6.8 | 7 | 7.5 | 7.6 | 7 | 7.5 | 7 | 7.1 |
| | Salinidad | 10 | 10 | 10 | 12 | 10 | 10 | 10 | 11 | 10 | 10 | 12 | 10 |
| | Temperatura | 29 | 28 | 29 | 29 | 29 | 28 | 28 | 28 | 29 | 29 | 29 | 29 |
| Tercer muestreo. | Sechii | 15 | 13 | 15 | 15 | 16 | 17 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 17 |
| | Oxígeno disuelto | 7 | 6.5 | 6.5 | 6.8 | 6.5 | 7 | 7.1 | 6.8 | 6 | 6.4 | 6.3 | 6 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | pH | 7 | 7.1 | 7.4 | 6.8 | 7 | 7 | 7.5 | 7.4 | 7.3 | 6.9 | 7 | 7.1 |
| | Salinidad | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 | 12 | 10 | 10 | 11 | 10 | 11 |
| | Temperatura | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 27 | 28 | 28 | 29 | 27 | 27 | 28 |
| | Sechii | 15 | 15 | 16 | 16 | 16 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| | Oxígeno disuelto | 6.5 | 6.1 | 6.3 | 6.2 | 6.5 | 6.5 | 6 | 6.7 | 6.3 | 6.3 | 6 | 6.2 |
| Cuarto muestreo. | pH | 7 | 7 | 7.2 | 7.4 | 6.9 | 7.1 | 7.3 | 7 | 7.5 | 6.8 | 7.3 | 7 |
| | Salinidad | 15 | 15 | 15 | 14 | 15 | 15 | 15 | 14 | 15 | 15 | 14 | 15 |
| | Temperatura | 29 | 29 | 28 | 28 | 29 | 28 | 27 | 29 | 29 | 27 | 28 | 28 |
| | Sechii | 15 | 15 | 15 | 15 | 13 | 15 | 15 | 15 | 17 | 20 | 15 | 15 |
| | Oxígeno disuelto | 6.4 | 6.1 | 6.3 | 6.2 | 6.4 | 6.4 | 6.2 | 6.6 | 6 | 6.3 | 6 | 6.4 |
| Quinto muestreo. | pH | 7 | 7 | 7.2 | 7.4 | 7 | 7.1 | 7.3 | 7 | 7.5 | 7 | 7.3 | 7 |
| | Salinidad | 15 | 15 | 15 | 14 | 15 | 15 | 15 | 14 | 15 | 15 | 14 | 15 |
| | Temperatura | 30 | 29 | 28 | 28 | 29 | 28 | 29 | 29 | 30 | 27 | 28 | 29 |
| | Sechii | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 17 | 15 | 15 | 15 |
| | Oxígeno disuelto | 5 | 4.5 | 4.2 | 6 | 6 | 5.8 | 5.2 | 5.5 | 5 | 6.3 | 6 | 6 |
| Sexto muestreo. | pH | 6.7 | 7 | 7 | 7.4 | 7 | 7.1 | 7.3 | 7 | 7.5 | 7 | 7.3 | 7 |
| | Salinidad | 17 | 16 | 18 | 17 | 17 | 18 | 17 | 17 | 17 | 19 | 17 | 18 |
| | Temperatura | 30 | 29 | 30 | 29 | 29 | 30 | 30 | 29 | 29 | 30 | 30 | 30 |
| | Sechii | 13 | 12 | 13 | 13 | 14 | 12 | 15 | 15 | 13 | 12 | 15 | 15 |

Oxígeno disuelto esta expresado en mg/l, pH expresado en escala de 1 a 14 donde 7 es un valor neutro, salinidad expresada en partes por mil (g/l), temperatura expresada en grados centígrados, Sechii expresado en centímetros de profundidad.

Apéndice 4.

Valores de producción de vísceras por tratamiento y por estanque.

| Tratamientos | Numero | Cantidad | biomasa en campo (gr) | Cantidad de viseras (gr) |
|--------------|----------------|------------------|--------------------------|-----------------------------|
| | de estanque | de organismos | | |
| T1 | 1 | 22 | 3470.0 | 20.4 |
| | 8 | 20 | 3124.1 | 18.7 |
| | 10 | 20 | 3637.2 | 21.5 |
| T2 | 2 | 24 | 3200.7 | 21.0 |
| | 7 | 24 | 3078.8 | 20.4 |
| | 12 | 24 | 3764.8 | 24.9 |
| T3 | 3 | 22 | 3716.6 | 31.8 |
| | 6 | 23 | 3781.8 | 31.8 |
| | 11 | 25 | 4666.3 | 39.7 |
| T4 | 4 | 28 | 3359.4 | 14.2 |
| | 5 | 29 | 4127.7 | 17.3 |
| | 9 | 29 | 3288.5 | 17.0 |

Apéndice 5.

Sobrevivencia durante la investigación.

| Tratamiento | Estanques | Organismos iniciales | Organismos vivos (%) | Supervivencia |
|-------------|-----------|----------------------|----------------------|---------------|
| | | | | |
| T1 | 1 | 30 | 22 | 73.3 |
| | 8 | 30 | 20 | 66.7 |
| | 10 | 30 | 20 | 66.7 |
| T2 | 2 | 30 | 24 | 80.0 |
| | 7 | 30 | 24 | 80.0 |

| | 12 | 30 | 24 | 80.0 |
|----|----|----|----|------|
| | 3 | 30 | 22 | 73.3 |
| | 6 | 30 | 23 | 76.7 |
| T3 | 11 | 30 | 25 | 83.3 |
| | 4 | 30 | 28 | 93.3 |
| | 5 | 30 | 29 | 96.7 |
| T4 | 9 | 30 | 29 | 96.7 |

Apéndice 6.

Estadísticos descriptivos de la variable supervivencia al 95% de confianza.

| | N | % | Desviación típica | Error típico | Límite inferior | Límite superior | Mínimo | Máximo |
|-------|----|------|----------------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------|--------|
| t1 | 3 | 68.8 | 3.8 | 2.2 | 59.32 | 78.45 | 66.66 | 73.33 |
| t2 | 3 | 80.0 | .0 | 0.0 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| t3 | 3 | 77.7 | 5 | 2.9 | 65.12 | 90.42 | 73.33 | 83.33 |
| t4 | 3 | 95.5 | 1.9 | 1.1 | 90.77 | 100.33 | 93.33 | 96.66 |
| Total | 12 | 80.5 | 10.4 | 3 | 73.92 | 87.18 | 66.66 | 96.66 |

$\alpha = 95\%$

Apéndice 7.

Ganancia en peso promedio por pileta en los diferentes tratamientos.

| Promedios de peso (gr). | | Muestreos | | | | | |
|-------------------------|------------------|-----------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Tratamientos | Número de pileta | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| T1 | 1 | 16.16 | 43.8 | 64.07 | 123.04 | 139.05 | 157.73 |
| | 8 | 15.73 | 44.65 | 69.17 | 115.1 | 136.64 | 156.21 |
| | 10 | 16.44 | 44.51 | 63.36 | 128.71 | 163.86 | 181.86 |
| | 2 | 16.02 | 37.14 | 48.9 | 72.01 | 131.83 | 133.36 |
| T2 | 7 | 15.59 | 38.13 | 41.39 | 69.88 | 126.58 | 128.28 |
| | 12 | 15.59 | 36.57 | 49.33 | 96.81 | 140.47 | 156.87 |
| | 3 | 16.44 | 33.59 | 48.05 | 86.61 | 126.86 | 168.94 |
| T3 | 6 | 16.16 | 46.63 | 48.9 | 85.19 | 146.43 | 164.43 |
| | 11 | 16.44 | 34.59 | 54.43 | 91.43 | 145.29 | 186.65 |
| | 4 | 16.3 | 28.07 | 35.86 | 66.05 | 93.7 | 119.98 |
| T4 | 5 | 16.58 | 30.76 | 41.82 | 71.02 | 91.29 | 142.33 |
| | 9 | 16.44 | 28.77 | 46.07 | 73.57 | 93.41 | 113.4 |

Apéndice 8.

Comportamiento de ganancia en peso por pileta en los diferentes tratamientos.



15. Actividades de gestión, vinculación y divulgación.

Se espera que al publicar los resultados del proyecto se puedan realizar actividades de divulgación que incluyen: presentación de los resultados en eventos científicos nacionales y la publicación de al menos dos artículos científicos en revistas indexadas. Se realizará una presentación de los resultados en la Facultad de Agronomía y del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y por último una presentación ante la Gremial de Huleros de Guatemala.

| Nombre | Firma |
|--------------------------------------|-------|
| Lic. Eduardo Emanuelle Chacón Osorio | |
| Greivy Rigoberto | |

ORDEN DE PAGO (deberá estar contenida en una sola hoja).

LISTADO DE TODOS LOS INTEGRANTES DEL EQUIPO DE INVESTIGACIÓN

| Contratados por contraparte |
|--|
| Ing. Agr. Gustavo Adolfo Elías Ogáldez |

| Contratados por la Dirección General de Investigación | | | | |
|---|--------------|----------------------|------|----|
| Nombre | Categoría | Registro de Personal | PAGO | |
| | | | SI | NO |
| Lic. Eduardo Emanuelle Chacón Osorio | Investigador | 20130258 | X | |
| Greivy Rigoberto | Jornalero | 54565 | X | |

Ing. Agr. Gustavo Adolfo Elías Ogáldez

Nombre coordinador del Proyecto de investigación firma

Ing. Agr. Augusto Saúl Guerra Gutiérrez

Vo.Bo. Coordinador del programa – PUIRNA - firma

Ing. Agr. MARN Justo Rufino Salazar

Vo. Bo. Coordinador General de Programas firma