



# **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo  
Integral Regional, Unidad Oaxaca**

**Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de  
Recursos Naturales (Biodiversidad del Neotrópico).**

## **Título:**

La alimentación de la tilapia del Nilo con alverja (*Pisum sativum* L.)  
una propuesta para la piscicultura rural en la Mixteca alta de Oaxaca.

**Tesis que para obtener el grado de Maestra en Ciencias presenta:**

**Ruth Nalleli Hilario Juárez**

**Director de tesis: Dr. Emilio Martínez Ramírez.**

**Abril de 2022**



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

SIP-13  
REP 2017

*ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS  
Y DESIGNACIÓN DE DIRECTOR DE TESIS*

Ciudad de México, 18 de abril del 2022

El Colegio de Profesores de Posgrado de **CIIDIR UNIDAD OAXACA** en su Sesión

(Unidad Académica)

Ordinaria No. 09 celebrada el día 06 del mes Septiembre de 2021 conoció la solicitud presentada por la alumna:

Apellido Paterno:	Hilario	Apellido Materno:	Juárez	Nombre (s):	Ruth Nalleli
-------------------	---------	-------------------	--------	-------------	--------------

Número de registro: A 2 0 0 1 4 0

del Programa Académico de Posgrado: Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales

Referente al registro de su tema de tesis; acordando lo siguiente:

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:

“La alimentación de la tilapia del Nilo con alverja (*Pisum sativum* L.) una propuesta para la piscicultura rural en la Mixteca alta de Oaxaca”

Objetivo general del trabajo de tesis:

Proponer una dieta a base de *Pisum sativum* para *Oreochromis niloticus*, como alternativa de alimentación piscícola de bajo costo en la Mixteca alta oaxaqueña.

2.- Se designa como Director de Tesis al profesor:

Director: Dr. Emilio Martínez Ramírez

2° Director:

No aplica:

3.- El Trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesis será elaborado por la alumna en:

Localidad de Tlaxiaco, Oaxaca región Mixteca y en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca.

que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

4.- La interesada deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente, hasta la aprobación de la versión completa de la tesis por parte de la Comisión Revisora correspondiente.

Director de Tesis

2° Director de Tesis (en su caso)

**Dr. Emilio Martínez Ramírez**

Aspirante

**Hilario Juárez Ruth Nalleli**

Presidente del Colegio

**Dr. Salvador Isidro Beltrón Jiménez**

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
UNIDAD OAXACA



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

SIP-14  
 REP 2017

*ACTA DE REVISIÓN DE TESIS*

En la Ciudad de  siendo las  horas del día  del mes de  del  se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de profesores de posgrado del:  para examinar la tesis titulada:

**"La alimentación de la tilapia del Nilo con alverja (*Pisum sativum* L.) una propuesta para la piscicultura rural en la Mixteca alta de Oaxaca"**

de la alumna:

Apellido Paterno:	Hilario	Apellido Materno:	Juárez	Nombre (s):	Ruth Nalleli
-------------------	---------	-------------------	--------	-------------	--------------

Número de registro:

Aspirante del Programa Académico de Posgrado:

Una vez que se realizó un análisis de similitud de texto, utilizando el software antiplagio, se encontró que el trabajo de tesis tiene 12% de similitud. **Se adjunta reporte de software utilizado.**

Después que esta Comisión revisó exhaustivamente el contenido, estructura, intención y ubicación de los textos de la tesis identificados como coincidentes con otros documentos, concluyó que en el presente trabajo **SI**  **NO**  **SE CONSTITUYE UN POSIBLE PLAGIO.**

**JUSTIFICACIÓN DE LA CONCLUSIÓN:** *(Por ejemplo, el % de similitud se localiza en metodologías adecuadamente referidas a fuente original)*

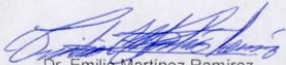
El 12% de similitud general del reporte Turnitin indica tanto las similitudes encontradas con fuentes de las bases de datos de internet, como que no hay riesgo de plagio; por lo que esta adecuadamente referida a fuentes originales.

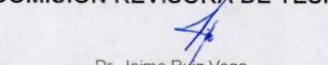
**\*\*Es responsabilidad del alumno como autor de la tesis la verificación antiplagio, y del Director o Directores de tesis el análisis del % de similitud para establecer el riesgo o la existencia de un posible plagio.**

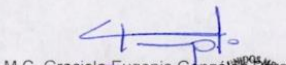
Finalmente, y posterior a la lectura, revisión individual, así como el análisis e intercambio de opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR**  **SUSPENDER**  **NO APROBAR**  la tesis por **UNANIMIDAD**  o **MAYORÍA**  en virtud de los motivos siguientes:


La tesis está concluida debidamente en forma y tiempo para su defensa, porque la estudiante ha atendido las recomendaciones de los miembros de la comisión revisora de tesis.


**COMISIÓN REVISORA DE TESIS**

  
 Dr. Emilio Martínez Ramirez  
 Director de Tesis  
 Nombre completo y firma

  
 Dr. Jaime Ruiz Vega  
 Nombre completo y firma

  
 M.C. Graciela Eugenia González Escobedo  
 Nombre completo y firma

  
 Dr. Marcelo Ulises García Guerrero  
 Nombre completo y firma

  
 Dra. Rosa María Gómez Ugalde  
 Nombre completo y firma

  
 Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez  
 Nombre completo y firma  
**PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES**  
 INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
 COLEGIO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
 UNIDAD OAXACA



## INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

### CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE OBRA PARA DIFUSIÓN

En la Ciudad de México el día 02 del mes de junio del año 2022, la que suscribe **Hilario Juárez Ruth Nalleli** alumna del programa **Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales** con número de registro **A200140**, adscrita al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de tesis bajo la dirección del **Dr. Emilio Martínez Ramírez** y cede los derechos del trabajo intitulado **“La alimentación de la tilapia del Nilo con alverja (*Pisum sativum* L.) una propuesta para la piscicultura rural en la Mixteca alta de Oaxaca”**, al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expresado de la autora y/o director. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones de correo: [rhilarioj2000@alumno.ipn.mx](mailto:rhilarioj2000@alumno.ipn.mx); [emmartinez@ipn.mx](mailto:emmartinez@ipn.mx). Si el permiso se otorga, al usuario deberá dar agradecimiento correspondiente y citar la fuente de este.

Hilario Juárez Ruth Nalleli

Nombre completo y firma autográfica de la  
estudiante



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACIÓN PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
UNIDAD OAXACA

## DEDICATORIA

Al hombre que me apoyó siempre en mis decisiones, que me forjó tanto día con día a través de cada acto.

Al hombre que me enseñó que los libros son el mejor instrumento para el mundo del conocimiento y que la educación es una puerta al éxito.

Al único hombre que me amó sin condiciones pero que la vida me lo arrebató poco antes de cumplir uno de mis objetivos.

DEDICADO CON AMOR A MI PADRE MODESTO HILARIO LÓPEZ QUE EN PAZ  
DESCANSE.

## AGRADECIMIENTOS

Al CIIDIR Unidad Oaxaca por abrirme las puertas de esta gran institución para realizar mis estudios de Maestría.

Al Dr. Emilio Martínez Ramírez por darme la oportunidad de realizar la investigación bajo su tutoría.

Al Dr. Marcelo Ulises García Guerrero, al Dr. Jaime Ruiz Vega, a la M.C. Graciela Eugenia González Pérez y a la Dra. Rosa María Gómez Ugalde por su apoyo durante la realización de esta investigación.

Al CONACYT y al Instituto Politécnico Nacional, por brindarme los recursos necesarios para llevar a cabo mis estudios profesionales.

## Contenido

<b>1. Resumen</b> .....	<b>XIV</b>
<b>2. Abstract</b> .....	<b>XVI</b>
<b>3. Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>4. Antecedentes</b> .....	<b>3</b>
4.1. Cultivo de especies.....	5
4.1.1. Tilapia del Nilo <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758).....	5
4.1.2. Alverja, <i>Pisum sativum</i> (Linnaeus, 1753) .....	8
4.1.3. Maíz, <i>Zea mays</i> Linnaeus,1753 .....	9
4.2. Requerimientos nutricionales y contenido .....	10
4.3. La piscicultura .....	11
4.3.1. Piscicultura rural en el mundo .....	12
4.3.2. Piscicultura rural en México .....	13
4.3.3. Piscicultura rural en Oaxaca .....	14
4.3.4. Piscicultura rural en la Mixteca alta oaxaqueña .....	15
<b>5. Justificación</b> .....	<b>15</b>
<b>6. Hipótesis</b> .....	<b>16</b>
<b>7. Objetivos</b> .....	<b>17</b>
7.1. Objetivo general.....	17
7.2. Objetivos particulares .....	17
<b>8. Metodología</b> .....	<b>18</b>
8.1. Descripción de la zona de estudio .....	18
8.1.1. Estado de Oaxaca .....	18
8.1.2. Región Mixteca Alta .....	19
8.1.3. Heroica Ciudad de Tlaxiaco, Oaxaca .....	20
8.1.4. Barrio San Diego, Tlaxiaco .....	21
8.1.5. Diseño experimental .....	22
8.2. Materiales del experimento .....	23
8.2.1. Sitio del experimento .....	24
8.2.2. Recepción de peces .....	24
8.2.3. Siembra de peces .....	25

8.2.4. Tratamientos y repeticiones .....	26
8.2.5. Fases del experimento.....	28
8.2.5.1. Fase I .....	28
8.2.5.2. Fase II .....	28
8.2.6. Cantidad de alimento y ración suministrados en los cuatro tratamientos .....	29
8.3. Crecimiento en talla y peso .....	31
8.4. Medidas descriptivas de longitud total y peso en cuatro tratamientos .....	31
8.5. Parámetros de crecimiento (crecimiento absoluto y relativo y tasas de crecimiento) .....	32
8.6. Análisis de varianza ANOVA.....	32
8.7. Relación longitud – peso.....	34
8.8. Variación de parámetros fisicoquímicos .....	35
<b>9. Resultados.....</b>	<b>36</b>
9.1. Crecimiento en talla y peso .....	36
9.1.1. Fase I .....	36
9.1.1.1. Variación quincenal en longitud .....	36
9.1.1.2. Variación quincenal en peso.....	37
9.1.2. Fase II .....	38
9.1.2.1. Variación quincenal en longitud .....	38
9.1.2.2. Variación quincenal en peso.....	39
9.2. Medidas descriptivas de longitud total y peso en cuatro tratamientos .....	40
9.2.1. Fase I .....	40
9.2.1.1. Medidas descriptivas de longitud.....	40
9.2.1.2. Medidas descriptivas de peso.....	41
9.2.2. Fase II .....	42
9.2.2.1. Medidas descriptivas de longitud.....	42
9.2.1.1. Medidas descriptivas de peso.....	43
9.3. Parámetros de crecimiento (crecimiento absoluto y relativo y tasas de crecimiento) .....	43
9.3.1. Fase I .....	43



9.3.1.1. Parámetros de crecimiento en talla.....	43
9.3.1.2. Parámetros de crecimiento en peso .....	45
9.3.2. Fase II .....	46
9.3.2.1. Parámetros de crecimiento en talla.....	46
9.3.2.2. Parámetros de crecimiento en peso .....	48
9.4. Análisis de varianza ANOVA.....	50
9.4.1. Fase I .....	50
9.4.1.1. Anova para crecimiento en talla.....	50
9.4.1.2. Anova para crecimiento en peso .....	51
9.4.2. Fase II .....	53
9.4.2.1. Anova para crecimiento en talla.....	53
9.4.2.2. Anova para crecimiento en peso .....	54
9.5. Relación longitud–peso.....	55
9.5.1. Fase I .....	56
9.5.2. Fase II .....	58
9.6. Variación de parámetros fisicoquímicos .....	60
9.6.1. Fase I .....	60
9.6.2. Fase II .....	61
9.7. Alimento recomendado .....	63
<b>10. Discusión .....</b>	<b>65</b>
<b>11. Conclusiones.....</b>	<b>71</b>
<b>12. Bibliografía .....</b>	<b>73</b>

## Índice de figuras

Figura 1. Estado de Oaxaca (INEGI, 2020) <sup>6</sup> .....	18
Figura 2. Región Mixteca alta (Diagnóstico Regional Mixteca, 2017) <sup>7</sup> .....	20
Figura 3. Localización de: a) Municipio de Heroica ciudad de Tlaxiaco y b) Barrio San Diego, Tlaxiaco (Elaboración propia con herramienta GoogleMaps).....	21
Figura 4. Estanque rústico de tierra. Unidad de producción de tilapia “La Cantera”, Tlaxiaco, Oaxaca. ....	22
Figura 5. a) Bases de madera de cada mesa. b) Colocación de las tres repeticiones de cada tratamiento. ....	24
Figura 6. a) Recepción de peces en la unidad de producción de tilapia “La Cantera”, Tlaxiaco. b) Temperatura del agua 19°C en los peces adquiridos el 14/01/2021.....	25
Figura 7. Siembra de peces 23/02/2021. Densidad de siembra de 3 juveniles/repeticion.....	25
Figura 8 a, b, c, d. Relación peso-longitud de los juveniles de tilapia del Nilo de los tratamientos a) 100% alverja, b) 100% maíz, c) 50% (alverja + maíz) y d) testigo (alimento Nutripec) en la fase I de febrero-junio 2021.....	57
Figura 9 a, b, c, d. Relación peso-longitud de los juveniles de tilapia del Nilo de los tratamientos a) 100% alverja, b) 100% maíz, c) 50% (alverja + maíz) y d) testigo (alimento Nutripec) en la fase II de julio-octubre 2021.....	59

## Índice de tablas

Tabla 1. Composición proximal de alimentos preparados para tilapia del Nilo (Thongrod, 2007 citado por FAO, 2020b), composición química de la alverja (INCAP, 2007) y composición química del maíz (USDA, 2013 citado por Sánchez, 2014).....	10
Tabla 2. Requerimiento de aminoácidos para tilapia del Nilo (Shiau <i>et al.</i> , 2002 citados por FAO, 2020b), composición de aminoácidos de la alverja (Lanuza, 1990 citado por Castro, 2005) y composición de aminoácidos del grano de maíz (USDA, 2013 citado por Sánchez, 2014).....	11
Tabla 3. Organización de los ensayos con un diseño experimental de bloques al azar, con designación de número y tipo de alimento.....	26
Tabla 4. Tratamiento de cada ensayo, con número de identificación de repetición y densidad de siembra (número de peces sembrados).....	28
Tabla 5. Tabla básica para alimentación en tilapia (Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Yucatán, 2012) <sup>9</sup> .....	29
Tabla 6. Cantidad de alimento (g) por cada ración proporcionada a los peces en periodos de un mes durante la fase I del 23 de febrero al 20 de junio de 2021....	30
Tabla 7. Cantidad de alimento (g) por cada ración proporcionada a los peces en periodos de un mes durante la fase II del 04 de julio al 24 de octubre de 2021....	30
Tabla 8. Parámetros fisicoquímicos del agua determinados en el experimento, material o equipo utilizado y unidades de medida. ....	35
Tabla 9. Longitud total promedio (mm) promedio aproximadamente cada 15 días de los juveniles de <i>O. niloticus</i> en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase I de febrero-junio 2021. ....	37
Tabla 10. Peso total promedio (g) aproximadamente cada 15 días de los juveniles de <i>O. niloticus</i> en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase I de febrero-junio 2021. ....	37
Tabla 11. Longitud total promedio (mm) aproximadamente cada 15 días de los juveniles de <i>O. niloticus</i> en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase II de julio-octubre 2021 (113 días). ....	38
Tabla 12. Peso total promedio (g) aproximadamente cada 15 días de los juveniles de <i>O. niloticus</i> en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase II de julio-octubre 2021 (113 días).....	39
Tabla 13. Media, mediana, varianza, desviación estándar e intervalo de variación de la longitud total (mm) de los juveniles de tilapia del Nilo en los ensayos 100%	

alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase I de febrero-junio 2021.....	40
Tabla 14. Media, mediana, varianza, desviación estándar e intervalo de variación del peso total (g) de los juveniles de tilapia del Nilo en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase I de febrero-junio 2021.....	41
Tabla 15. Media, mediana, varianza, desviación estándar e intervalo de variación de la longitud total (mm) de los juveniles de tilapia del Nilo en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase II de julio-octubre 2021.....	42
Tabla 16. Media, mediana, varianza, desviación estándar e intervalo de variación del peso total (g) de los juveniles de tilapia del Nilo en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase II de julio-octubre 2021.....	43
Tabla 17. Parámetros de crecimiento en talla (longitud total en mm) de los juveniles de tilapia del Nilo en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase I de febrero-junio 2021 (118 días).....	44
Tabla 18. Parámetros de crecimiento en peso (peso total en g) de los juveniles de tilapia del Nilo en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase I de febrero-junio 2021 (118 días). ....	46
Tabla 19. Parámetros de crecimiento en talla (longitud total mm) de los juveniles de tilapia de Nilo en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase II de julio-octubre 2021 (113 días). ....	48
Tabla 20. Parámetros de crecimiento en peso (peso total en g) de los juveniles de tilapia de Nilo en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase II de julio-octubre 2021 (113 días). ....	49
Tabla 21. Análisis de varianza ANOVA de un factor entre los tratamientos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y Nutripec, para determinar el efecto del crecimiento en talla (mm) en la fase I en el periodo febrero-junio 2021.....	50
Tabla 22. Comparación de medias del crecimiento en talla (mm) con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) en los tratamientos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja+ maíz) y Nutripec, para determinar el efecto de cada alimento en la fase I en el periodo febrero-junio 2021. ....	51
Tabla 23. Análisis de varianza ANOVA de un factor entre los tratamientos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja+ maíz) y Nutripec, para determinar el efecto del crecimiento en peso (g) en la fase I en el periodo febrero-junio 2021. ....	52

Tabla 24. Comparación de medias del crecimiento en peso (g) con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) en los tratamientos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja+ maíz) y Nutripec, para determinar el efecto de cada tratamiento en la fase I en el periodo febrero-junio 2021. ....	53
Tabla 25. Análisis de varianza ANOVA de un factor entre los tratamientos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja+ maíz) y Nutripec, para determinar el efecto del crecimiento en talla (mm) en la fase II en el periodo julio-octubre 2021. ....	53
Tabla 26. Comparación de medias del crecimiento en talla (mm) con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) en los tratamientos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja+ maíz) y Nutripec, para determinar el efecto de cada alimento en la fase II en el periodo julio-octubre 2021. ....	54
Tabla 27. Análisis de varianza ANOVA de un factor entre los tratamientos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja+ maíz) y Nutripec, para determinar el efecto del crecimiento en peso (g) en la fase II en el periodo julio-octubre 2021. ....	55
Tabla 28. Comparación de medias del crecimiento en peso (g) con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) en los tratamientos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y Nutripec, para determinar el efecto de cada alimento en la fase II en el periodo julio-octubre 2021. ....	55
Tabla 29. Media, mediana, varianza, desviación estándar e intervalo de variación de ocho parámetros fisicoquímicos: temperatura ambiental (Tam), temperatura del agua (Tagua), oxígeno disuelto ( $O_2d$ ), conductividad eléctrica (Ce), sólidos disueltos totales (Sd), pH, amonio (A) y nitratos (N), en los tratamientos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec (testigo) en la fase I de febrero-junio 2021. ....	60
Tabla 30. Media, mediana, varianza, desviación estándar e intervalo de variación de ocho parámetros fisicoquímicos: temperatura ambiental (Tam), temperatura del agua (Tagua), oxígeno disuelto ( $O_2d$ ), conductividad eléctrica (Ce), sólidos disueltos totales (Sd), pH, amonio (A) y nitratos (N), en los tratamientos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec (testigo) en la fase II de julio-octubre 2021. ....	62

La alimentación de la tilapia del Nilo con alverja (*Pisum sativum* L.) una propuesta para la piscicultura rural en la Mixteca alta de Oaxaca.

## 1. Resumen

En esta investigación, se propuso una dieta a base de alverja (*P. sativum*) para tilapia del Nilo (*O. niloticus*), como fuente de proteína a bajo costo, evaluándola en los peces mediante los estudios de crecimiento en longitud y peso en la zona del municipio de Tlaxiaco, en la Mixteca alta oaxaqueña. Se realizó un experimento en dos fases de cuatro meses cada una, la fase I a temperatura ambiente del agua y consecutivamente la fase II calentando el agua con termorreguladores. En un inicio, se sembraron 36 juveniles de tilapia, que se distribuyeron a una densidad de tres peces por cada repetición. Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar en cuatro tratamientos con diferentes tipos de alimentación: tratamiento 1 con *P. sativum* al 100%, tratamiento 2 con maíz hervido al 100%, tratamiento 3 con 50% de *P. sativum* + 50% maíz hervido y tratamiento 4 o testigo con alimento comercial Nutripec para tilapia. En la fase I, con una media de temperatura del agua de 19.07-19.5 °C, el crecimiento en talla fue mayor en el tratamiento 50% (alverja + maíz) con un Crecimiento absoluto (CA) de 11.67 mm, una Tasa de crecimiento absoluto (TCA) de 0.100 mm/día, un Crecimiento relativo (CR) de 0.273%, una Tasa de crecimiento relativo (TCR) de 0.0023 %/día y una Tasa de crecimiento específica (TCE) de 0.206 %/día; para el crecimiento en peso, se obtuvieron mayores resultados con el tratamiento 100% alverja con un CA de 1.56 g, una TCA de 0.013 g/día, un CR de 0.452 %, una TCR de 0.0039 %/día y una TCE de 0.319 %/día y se demostró con el análisis ANOVA al 0.05% que en los crecimientos de longitud y peso existen diferencias significativas entre cada grupo de alimentos. En la fase II, al aumentar la temperatura del agua con termorreguladores a una media de 25.80-25.83 °C, se obtuvieron los mejores resultados con los tratamientos Nutripec y 100% alverja, para el crecimiento en talla el alimento Nutripec obtuvo un CA de 56.67 mm y una TCA de 0.506 mm/día, y el alimento 100% alverja obtuvo un CR de 0.966 %, una TCR de 0.0086 %/día y

una TCE de 0.604 %/día; para el crecimiento en peso el alimento Nutripec obtuvo un CA de 26.78 mg y una TCA de 0.239 g/día, y con el alimento 100% alverja se obtuvo un CR de 4.938 %, una TCR de 0.044 %/día y una TCE de 1.590 %/día, en esta fase, no se encontraron diferencias significativas con el ANOVA. Para las dos fases, se determinó un crecimiento alométrico negativo que indica que los peces tienen menor longitud respecto a su peso. Se realizó un monitoreo de los parámetros fisicoquímicos del agua que fueron: temperatura ambiental, temperatura del agua, oxígeno disuelto en agua, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, pH, amonio y nitratos; todos los parámetros se mantuvieron en un rango óptimo a excepción de la temperatura del agua en la fase I y la temperatura controlada en la fase II. Se demostró que en localidades rurales donde existe condiciones de temperatura ambiental óptima y agua de buena calidad para el desarrollo de tilapia del Nilo, el alimento 100% alverja es una alternativa de alimento a bajo costo y de fácil disponibilidad para el cultivo de tilapia del Nilo en la Mixteca de Oaxaca.

**Palabras clave:** proteína vegetal, crecimiento, talla, peso, variables fisicoquímicas.

## 2. Abstract

In this research, a proposal was made based on a diet of peas (*P. sativum*) for Nile tilapia (*O. niloticus*) as a source of protein at low cost, evaluating it in fish through studies of growth in length and weight in the area of the municipality of Tlaxiaco, in the Mixteca region of Oaxaca. An experiment was carried out in two phases of four months each, phase I at room temperature of the water and consecutively phase II, heating the water with thermoregulators. Initially, 36 juvenile tilapia were stocked, which were distributed at a density of three fish for each repetition. The randomized block experimental design was used in four treatments with different types of feeding: treatment 1 with 100% *P. sativum*, treatment 2 with 100% boiled corn, treatment 3 with 50% *P. sativum* + 50% corn boiled and treatment 4 or control with Nutripec commercial feed for tilapia. In phase I, with an average water temperature of 19.07-19.5 °C, growth in size was greater in the 50% treatment (pea + corn) with an Absolute Growth (CA) of 11.67 mm, an Absolute Growth Rate (TCA) of 0.100 mm/day, a Relative Growth (CR) of 0.273%, a Relative Growth Rate (TCR) of 0.0023 %/day and a Specific Growth Rate (TCE) of 0.206 %/day; for weight growth, better results were obtained with the 100% pea treatment, with a CA of 1.56 g, a TCA of 0.013 g/day, a CR of 0.452%, a TCR of 0.0039 %/day and a TCE of 0.319 %/day and it was demonstrated with the analysis of variance at 0.05% that in the growth of length and weight there are significant differences between each food group. In phase II, by increasing the temperature of the water with thermoregulators to an average of 25.80-25.83 °C, the best results were obtained with the Nutripec and 100% pea treatments, for size growth the Nutripec food obtained a CA of 56.67 mm and a TCA of 0.506 mm/day, and the 100% peas food obtained a CR of 0.966 %, a TCR of 0.0086 %/day and a TCE of 0.604 %/day; for growth in weight, the Nutripec food obtained a CA of 26.78 mg and a TCA of 0.239 g/day, and with the 100% pea food, a CR of 4.938%, a TCR of 0.044 %/day and a TCE of 1.590 were obtained %/day, in this phase, no significant differences were found with the analysis of variance. For the two phases, a negative allometric growth was determined, indicating that the fish are shorter in



relation to their weight. Physicochemical parameters of the water were monitored: ambient temperature, water temperature, dissolved oxygen in water, electrical conductivity, total dissolved solids, pH, ammonium and nitrates; all parameters were kept within an optimal range except for the water temperature in phase I and the controlled temperature in phase II. It was shown that in rural locations where there are optimal environmental temperature conditions and good quality water for the development of Nile tilapia, 100% pea feed is a low-cost and easily available feed alternative for Nile tilapia farming in the Mixteca region of Oaxaca.

**Keywords:** vegetable protein, growth, height, weight, physicochemical variables.

### 3. Introducción

En el mundo, millones de personas han encontrado una fuente de ingresos y mejoramiento en sus condiciones de vida, al desempeñarse en la pesca y acuicultura desde 1995. A través de los años, la cantidad de personas dedicadas a la pesca ha disminuido, en tanto que el número de personas que se dedican a la acuicultura ha ido en aumento. En la acuicultura, los productores controlan los procesos de producción a diferencia de la pesca (captura), lo que genera una importante producción que contribuye a una seguridad alimentaria. La importancia de estas actividades productivas, radica en que la pesca y acuicultura generan alimentos, empleo, ingresos y medios de vida (FAO, 2018).

La piscicultura tiene un vínculo muy estrecho con la acuicultura por el objetivo de cultivar especies acuáticas. Sin embargo, la piscicultura se refiere a la cría y engorde de peces, lo cual implica un buen manejo del agua y la alimentación adecuada para el óptimo desarrollo de los mismos; esta actividad tiene por objetivo la reproducción de los peces en diferentes medios acuáticos, como estanques, ríos, lagos, lagunas y jaulas flotantes en agua dulce o el océano. La piscicultura se clasifica con base en la tecnología y al manejo aplicado, en extensiva, semiintensiva, intensiva y superintensiva. Por otra parte, la piscicultura rural se refiere al cultivo de peces de agua dulce en estanques de tierra y concreto o jaulas flotantes, mediante un manejo técnico. Es una alternativa para los campesinos porque entre sus ventajas, se puede realizar en terrenos que no son útiles para la agricultura o ganadería y, se integra con otras labores del campo, generando mayores ingresos (Muñoz y Martínez, 2000).

Las especies más comunes para su reproducción en piscicultura rural son la familia de los ciprínidos o carpas, las especies de tilapias del género *Oreochromis* y la especie *Oncorhynchus mykiss* o trucha (FAO, 2020a).

En algunas regiones rurales, el consumo de peces constituye un producto poco accesible a la población, sobre todo de clase media y clase media y baja, más

aún, cuando el producto proviene del mar. La piscicultura como actividad acuícola, ha aplicado alternativas para la mejora de la calidad en la alimentación de determinadas zonas, donde se puede generar un trabajo individual y comunitario. Una de las desventajas de llevar a cabo actividades piscícolas, puede ser la tecnología con alto costo y la falta de prácticas apropiadas de manejo productivo, por lo que se recomienda que antes de establecer una producción piscícola, sea identificado previamente un estado socioeconómico de las localidades rurales y determinar el potencial de estos cultivos, así como la especie a producir, los insumos que preferentemente deber ser orgánicos (como el abono) y la fuente de nutrientes en la dieta alimenticia (Luchini, 2013).

En 2018 la tilapia del Nilo (*O. niloticus*) ocupó el tercer lugar de las principales especies producidas en la acuicultura mundial, después de dos especies de carpas, lo que representó en ese mismo año el 8.3% de la producción total de la acuicultura en el mundo. Respecto a estimaciones en producción alimentaria, se prevé que la producción piscícola tenga un crecimiento significativo para 2030 y que sea una actividad relevante en todos los continentes con una gran variedad de especies producidas; en ese año según las previsiones, la tilapia y otras especies de agua dulce representarán alrededor del 62% de la producción acuícola mundial (FAO, 2020a).

En México, 1990, la producción de tilapia se convirtió en una actividad de gran importancia por la producción y consumo y, por lo tanto, la tilapia representa la tercera producción de mayor tamaño en peso para la venta después de la sardina y el atún, para la venta en el país. En los primeros años de introducción, se le dio el nombre común de mojarra o mojarra africana y recibe diferentes nombres por la ubicación geográfica de los centros acuícolas. En sus inicios, las primeras producciones de tilapia en México se realizaron bajo un sistema de cultivo extensivo con apoyo de programas estatales que pretendían inducir a las personas a consumir alimentos ricos en proteína. Con el paso del tiempo, las producciones fueron creciendo, conformando pequeños grupos de trabajo y

comenzó a ser una actividad redituable para las pequeñas granjas del país (Fitzsimmons, 2000).

En cuanto a la producción de alverja (*P. sativum*), Canadá es el principal productor de alverja seca en el mundo, seguida de Rusia, China, India y Francia. En 2014, se estima que la producción mundial fue de 9,828,000 t (Mayorga, 2016).

En México, la alverja o el chícharo seco es muy relevante por lo que se destinan 12 Mha para su producción a nivel nacional. El estado de México es el que más produce, en 2016 ocupó el primer lugar como productor a nivel nacional, con una producción de más de 30 Mt. El resto de la producción se obtiene de los estados de Puebla, Baja California, Baja California Sur, Sonora, Michoacán, Jalisco, Tlaxcala, Oaxaca y Veracruz (Nepamuceno y Hernández, 2018).

Entre sus propiedades nutrimentales, la alverja es considerada como una excelente fuente de proteína, carbohidratos, fibra, minerales y vitaminas. Su consumo puede ser en fresco, donde el aporte energético es de 74 kcal/100 g o en seco, con un valor calórico de 317 kcal/100 g (Gómez, 2005 citado por Mayorga, 2016).

#### **4. Antecedentes**

En 2009 en la Universidad de Al-Azhar de El Cairo en Egipto se realizó la investigación “Los efectos del reemplazo parcial de la harina de pescado por guisantes (*Pisum sativum*) y subproducto de pulpa de tomate como ingredientes no convencionales en dietas alimentadas para tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) juvenil”, durante 14 semanas y un ensayo experimental en un sistema de cultivo de peces en peceras de vidrio con circulación cerrada. Las tilapias se distribuyeron aleatoriamente en las peceras a una densidad de 10 peces, con un peso promedio de 2.99 g y una longitud patrón promedio de 5.45 cm. Los resultados con alverja *P. sativum*, mostraron que, según la distribución de las

dietas, se alcanzó un mayor peso final en la dieta experimental de peces alimentados con la dieta que contenía 75% de residuos de guisante *P. Sativum* y 25% proteína de harina de pescado, lo cual indica que la sustitución de harina de pescado por el guisante, muestra efectos positivos en el crecimiento de esta especie de tilapia en etapa juvenil (Hussin *et al.*, 2010).

En el sureste de Asia, se llevó a cabo un estudio en el 2001, llamado "Alimentación con guisantes (*Pisum sativum*) como fuente alternativa de proteínas en las dietas de la tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*". En esta investigación realizada durante nueve semanas, se hicieron diversos tratamientos, entre los cuales, sustituyeron proteína de harina de pescado por *P. sativum* en intervalos de 10 unidades a partir del 10% hasta el 50%. De acuerdo con los resultados de aumento de peso y longitud de la tilapia del Nilo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, hubo un aumento de peso en el tratamiento con el 10% de sustitución de proteína de harina de pescado, que equivale a la incorporación del 12.7% de *P. sativum* en la dieta (Corazon *et al.*, 2001).

En el 2000, se presentó el estudio "Evaluación preliminar de harina de arvejón (feed pea) crudo y extruido en alimentos para tilapia (*Oreochromis niloticus*)", realizado por el Dr. Alejandro O. Meyer Willerer del Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad de Colima, Manzanillo, México. El bioensayo se realizó por 84 días, con el objetivo de evaluar el crecimiento de tilapias juveniles, alimentadas con dietas de harina de alverja cruda y extruida, con dietas de inicio y de engorde. Como elaboraron una fórmula alimenticia y remplazaron la soya en diferentes porcentajes por harina de arvejón o alverja; el experimento demostró mejores resultados de crecimiento y conversión con el alimento que contenía 50% soya y 50% alverja extruida. Sin embargo, el tratamiento donde se remplazó al 100 % la soya por la harina de alverja cruda, tuvo resultados similares a la dieta control y la dieta comercial (McCallum *et al.*, 2000).

A continuación, es preciso mencionar investigaciones sobre la producción de tilapia del Nilo a temperaturas bajas de agua, considerando que el presente proyecto de investigación, se realizó bajo condiciones de temperatura en un clima templado.

Una investigación realizada en Perú en 2014, llamada “Evaluación del efecto de la temperatura en el desarrollo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en etapa juvenil y determinación del costo de su producción”, demostró que, de cuatro tratamientos establecidos a diferentes temperaturas del agua, en el primer tratamiento a las temperaturas de agua más bajas de 17 a 20 °C reportan que una producción de tilapia con temperatura de agua templada menor a 20 °C, no alcanza un óptimo desarrollo con respecto a temperaturas de 25 a 32 °C (Villafuerte, 2014).

En 2006 en Nayarit, México se realizó el estudio “Evaluación de un cultivo semi-intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en tanques circulares con aguas termales”. Los resultados reportan que el crecimiento de la tilapia es limitado con temperaturas de agua menores a 15 °C, lo cual representa un riesgo para el cultivo, debido a que cuando una producción se encuentra por debajo de 20 °C, *O. niloticus* dejan de alimentarse (Chervinski, 1982 y Atwood *et al.*, 2003 citados por Ruiz *et al.*, 2006), sin embargo, el efecto del agua termal no permitió que la temperatura del agua estuviera por debajo de los 20 °C (Ruiz *et al.*, 2006).

#### 4.1. Cultivo de especies

##### 4.1.1. Tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)

Las tilapias son peces de agua dulce endémicos de África y del Cercano Oriente. En 1924 se intensificó su cultivo en Kenia, pero fue en Malasia en donde se obtuvieron mejores resultados y se inició su cultivo progresivo en diferentes partes del mundo (Baltazar, 2007).

Tomando en cuenta que una especie exótica es aquella originaria de un ambiente natural y que se introduce en un medio diferente a su hábitat, se consideran como especies exóticas a las tilapias por introducirlas en diferentes partes del mundo, logrando así su reproducción y desarrollo, causando a su vez impactos perjudiciales al medio ambiente. En México residen 46 de las 100 especies exóticas invasoras clasificadas como las más peligrosas del mundo, entre las que se mencionan las tilapias del género *Oreochromis* spp., originaria de África, que compete con los peces nativos y provoca cambios en el ecosistema (Topiltzin *et al.*, 2014).

Información taxonómica de tilapia del Nilo (Martínez, 2017).

Reino: Animalia

Phylum: Craniata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Cichlidae

Género: *Oreochromis*

Especie: *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758

Las especies de tilapias están agrupadas en los géneros *Oreochromis*, *Coptodon*, *Pelmatolapia*, *Sarotherodon*, *Pelvichachromis* y *Paretroplus* (Froese y Pauly, 2019).

En América, las especies que más se produce en acuicultura son del género *Oreochromis* que incluye *O. niloticus* o tilapia del Nilo, *O. mossambicus* o tilapia mozambique, *O. aureus* o tilapia azul y *O. urolepis* o tilapia wami. Se caracterizan por ser especies omnívoras, alimentándose de una variedad de alimentos de origen animal y vegetal, lo cual resulta benéfico por los bajos costos de producción

alimenticia. Otra ventaja de estas especies es que se puede alimentar con dietas preparadas con alto contenido de proteína vegetal que tienen un costo menor que una dieta comercial. Son resistentes a enfermedades, por lo cual se consideran especies viables para su producción y obtener un óptimo rendimiento (Watanabe *et al.*, 2002).

En México el 10 de julio de 1964 la *Tilapia aurea*, *T. melanopleura* y *T. mossambica* procedentes de Auburn, Alabama, se introdujeron en la estación piscícola de Temascal, Oaxaca. Fue hasta 1978 que en esa misma estación se introdujo tilapia del Nilo (*O. niloticus*) procedente de Panamá. Así mismo en 1981 en los centros acuícolas de Zacatepec y el Rodeo en Morelos, se introdujo la tilapia roja *O. mossambicus* y *O. urolepis hornorum*, provenientes de Florida, EUA; en 1986, en el centro acuícola Rodeo, se introdujo tilapia del Nilo de las variedades negra y roja, procedentes de la Universidad de Stirling, Inglaterra (Morales, 1991).

Según información del Instituto Nacional de Pesca, en México se encuentran las siguientes especies (Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, 2018)<sup>1</sup>:

1. *Coptodon rendalli* tilapia herbívora o tilapia rendalli.
2. *O. niloticus* tilapia del Nilo.
3. *O. niloticus* variedad Stirling tilapia Stirling.
4. *O. niloticus* variedad Rocky Mountain tilapia blanca.
5. *O. aureus* tilapia azul.
6. *O. mossambicus* tilapia de Mozambique.
7. *O. mossambicus* variedad naranja o tilapia naranja.
8. *O. urolepis hornorum* tilapia mojarra.
9. *Oreochromis* sp. una cruce de *O. mossambicus* y *O. urolepis hornorum*.

En México, hay impactos muy relevantes que han sufrido los ecosistemas a causa de la introducción de especies exóticas y que afecta la biodiversidad. Por lo tanto, de las especies de peces de agua dulce en México, las de la familia Cichlidae comúnmente conocidas como tilapias, forman parte de las 25 especies exóticas de



peces, registradas en el país, que fueron introducidas como parte de los programas de acuicultura de los gobiernos federal y estatales (Topiltzin *et al.*, 2014).

#### 4.1.2. Alverja, *Pisum sativum* (Linnaeus, 1753)

La alverja probablemente se consumía hace 10,000 a.C., según evidencias de consumo que descubrieron unos arqueólogos en la frontera entre Burma y Tailandia al noreste de Irak. Se cree que posteriormente, los romanos y los griegos introdujeron este cultivo a Europa, expandiéndose por el resto de Asia (FENALCE, 2010 citado por Mayorga, 2016).

Según la clasificación taxonómica, la alverja pertenece a la familia Fabaceae o leguminosas, género *Pisum* y especie *sativum*, por lo tanto, su nombre científico es *Pisum sativum* L. Entre sus nombres comunes se le conoce como arveja, alverja, arvejón, alverjón, guisante o chícharo (Nolasco, 2004 citado por Mayorga, 2016).

*P. sativum* se cultiva en climas templados, fríos y húmedos, siendo China, India y Estados Unidos los mayores productores de alverja verde. Así también, los productores de alverja seca son Canadá y Rusia (Mayorga, 2016).

La alverja es una leguminosa que presenta una fuente importante de proteína cruda, almidón, fibra y otros elementos, como hierro, zinc y magnesio (Wang *et al.*, 2003).

La alverja, aparte de proteínas, aporta carbohidratos, fibra, minerales y vitaminas. Su consumo puede ser en fresco o en seco, aunque su aporte energético es de 74 kcal/100 g en fresco o 317 kcal/100 g en seco. Estas aportaciones son debido a que contiene 56% de hidratos de carbono, mientras que de proteína contiene 21.6% (Gómez, 2005).

#### 4.1.3. Maíz, *Zea mays* Linnaeus, 1753

El maíz, es un alimento primordial para la cultura mexicana y es la base de la alimentación tanto de tiempos prehispánicos como en la actualidad. Existen evidencias que mencionan que el origen geográfico del maíz es en el sur de México (INEGI, 1997)<sup>2</sup>.

Se trata de un cultivo predominante en el mundo, sin embargo, México ocupa entre el quinto y séptimo lugar como productor de maíz a nivel global (FAO, 2009 citado por González *et al.*, 2016).

Oaxaca es una entidad que posee una alta variación genética en el cultivo del maíz, esto depende de la posición geográfica de la entidad, la topografía, la variación del clima, los tipos de suelo y la diversidad cultural de grupos étnicos que han logrado formar las variedades criollas de maíz a través de los años, y, por lo tanto, es la semilla que se siembra actualmente en muchas localidades del estado. El cultivo del maíz, es apto para su siembra desde el nivel del mar hasta 2800 m snm bajo diferentes modos de producción (Aragón *et al.*, 2005).

El maíz, pertenece a la familia Gramineae género *Zea* y especie *mays*, por lo cual su nombre científico es *Zea mays* L. Tiene un crecimiento anual, su ciclo vegetativo dura de 80 hasta alrededor de 200 días desde la siembra hasta la cosecha. La altura del tallo depende de la variedad sembrada y cambia en cada región, va desde 80 cm hasta cuatro m aproximadamente. La temperatura media óptima durante su ciclo vegetativo es de 25 a 30 °C. Su cultivo obtiene buenos rendimientos desde el nivel del mar hasta 2500 m snm y también puede cultivarse en altitudes mayores, sin embargo, su rendimiento disminuye en bajas temperaturas (INEGI, 1997)<sup>2</sup>.

## 4.2. Requerimientos nutricionales y contenido

En la piscicultura, como parte importante de la acuicultura, es de vital importancia la disponibilidad de un alimento que cumpla con los requerimientos nutricionales para la especie cultivada, para lograr una producción rentable, tomando en cuenta el contenido nutricional formulado, la calidad de los ingredientes y la tecnología o control del proceso que se emplea en la elaboración de los mismos (Muñoz, 2019).

La cantidad de proteína que requiere la tilapia es del 30% en su etapa inicial (Tabla 1) (Thongrod, 2007 citado por FAO, 2020b), sin embargo, la alverja contiene el 24.55% de proteína, siendo uno de los granos que contiene mayor cantidad de este nutriente (INCAP, 2007)<sup>3</sup>, en comparación con el maíz, que contiene únicamente el 9.42% (USDA, 2013 citado por Sánchez, 2014).

Tabla 1. Composición proximal de alimentos preparados para tilapia del Nilo (Thongrod, 2007 citado por FAO, 2020b), composición química de la alverja (INCAP, 2007) y composición química del maíz (USDA, 2013 citado por Sánchez, 2014).

Composición proximal de alimentos preparados para tilapia del Nilo (%)	Composición química de la alverja (%)			Composición química del maíz (%)
	Cría	Juvenil	Engorda en estanque	
Materia seca	8.3	9	9.1	- 83
Proteína cruda	30	31	29	24.55 9.42
Lípido crudo	10	7.4	4.1	1.4 3.8
Cenizas	16.3	12.6	10.7	3 1.2
Fibra cruda	3.8	4.2	6	6.3 2.2
Extracto libre de nitrógeno	31.6	35.8	40.2	67.9 -
Energía bruta (kcal/kg alimento)	2800	2700	2500	341 365

Respecto al balance de aminoácidos que requiere la tilapia del Nilo (Tabla 2), se muestra el porcentaje que contiene el grano de alverja, demostrando que los aminoácidos de este grano, cubren o se acercan a los requerimientos de la tilapia,

a diferencia del grano de maíz, que contiene bajo contenido de aminoácidos (Shiau *et al.*, 2002 citados por FAO, 2020b, Lanuza, 1990 citado por Castro, 2005 y USDA, 2013 citado por Sánchez, 2014).

Tabla 2. Requerimiento de aminoácidos para tilapia del Nilo (Shiau *et al.*, 2002 citados por FAO, 2020b), composición de aminoácidos de la alverja (Lanuza, 1990 citado por Castro, 2005) y composición de aminoácidos del grano de maíz (USDA, 2013 citado por Sánchez, 2014).

Requerimientos de aminoácidos para la tilapia del Nilo			Composición de aminoácidos del grano de alverja	Composición de aminoácidos del grano de maíz.
Aminoácidos	% de proteína	% de dieta	% de proteína	% de proteína
Arginina	4.2	1.18	1.14–2.14	0.470
Histidina	1.72	0.48	0.32–0.79	0.287
Isoleucina	3.11	0.87	0.80–1.21	0.337
Leucina	3.39	0.95	1.38–1.98	1.155
Lisina	5.12	1.43	1.14–1.76	0.265
Metionina	2.68	0.75	0.15–0.34	0.197
Fenilalanina	3.75	1.05	0.82–1.43	0.463
Treonina	3.75	1.05	0.85–1.03	0.354
Triptófano	1	0.28	0.20–0.26	0.670
Valina	2.8	0.78	0.95–1.43	0.477

#### 4.3. La piscicultura

En la historia de la humanidad, el pescado ha constituido parte fundamental en la dieta de las personas. Se cree que una de las principales razones de consumo, es porque los seres humanos se asentaban en las orillas de los ríos, lagos o humedales, lo cual constituía una fuente abundante de especies piscícolas. Por lo tanto, la piscicultura consiste en la cría y disposición de peces dado que, después de alimentarlos y una vez obteniendo el tamaño adecuado, estos puedan servir de alimento. Con el aumento de la población en el mundo, también aumentó la demanda de alimentos y entonces, comenzó a disminuir la captura de peces de

los grandes ríos, aunado a las sequías del medio natural donde se reproducían. La piscicultura tradicional, se desarrolló pausadamente después de la Segunda Guerra Mundial, y organizaciones, como la FAO y la ONU, fomentaron el desarrollo de la piscicultura y la pesca en los países más pobres, con el objetivo de cubrir las necesidades alimenticias de las poblaciones más vulnerables (Woynarovich, 2013).

En la piscicultura, las especies más adecuadas para cultivo, deben presentar las siguientes características (Woynarovich, 2013):

- Buen sabor y ser valoradas en el mercado por los consumidores.
- El tamaño que se ofrece a los consumidores y que regularmente se alcanza de seis meses a un año, lo cual varía dependiendo de los países y las regiones.
- El aprovechamiento de alimentos naturales que se generan de forma continua en estanques piscícolas y en donde los peces no sean carnívoros para que el consumo de alimentos sea aprovechado.
- Peces que ingieren alimentos comerciales para complementar con el alimento natural.
- Especies que toleren el manejo, transporte y que sean resistentes a bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua.
- Especies que puedan reproducirse de manera artificial y natural a gran escala.

#### 4.3.1. Piscicultura rural en el mundo

Desde 1980, en el mundo la producción de la pesca de captura se ha estabilizado y ha desencadenado un rápido crecimiento del suministro de pescado para el consumo humano. En Oceanía se encuentra el mayor consumo de pescado per cápita con más de 50 kg anualmente, mientras que en Asia Central se observan

los niveles más bajos de consumo con aproximadamente dos kg per cápita al año. También se reporta que la producción de pesca de captura mundial en 2016, fue de 90.9 Mt, de las cuales la piscicultura registró un total mundial de 11.6 Mt, representando el 12.8% de la producción total mundial de producción de peces en agua dulce (FAO, 2018).

De acuerdo a reuniones apoyadas por la FAO y otras organizaciones, se ha tocado el tema de incrementar la acuicultura en el desarrollo rural, a través de la piscicultura, especialmente en países en desarrollo. Una de las ventajas de esta actividad, es que los sistemas de cultivos basados en la tierra, tienen un mayor potencial de producción al integrar prácticas de agricultura existentes. Debido a las diferencias de la disponibilidad de agua y otros recursos, así como tradiciones y desarrollo de las diferentes regiones y países en el mundo, la piscicultura puede variar de una manera considerable de extensiva a súper intensiva (FAO, 2002).

#### 4.3.2. Piscicultura rural en México

Las investigaciones que se han realizado en algunas regiones de México sobre la producción de peces en zonas rurales, sugieren una alternativa de piscicultura a través de la producción de tilapia, como un alimento que atenúe la presión a los recursos naturales, además de la generación de empleos, el arraigo de las comunidades marginadas y, sobre todo, la producción y consumo de alimento de alta calidad nutricional para el ser humano (Vega *et al.*, 2010).

Las especies de tilapia que se producen en agua dulce presentan un gran crecimiento de producción. En el año 2014 se reportó que Veracruz ocupó el primer lugar en producción, y los siguientes años fue superado por Tabasco y Chiapas. Otra especie piscícola relevante en México es la producción y consumo de trucha en los estados de México, Michoacán y Puebla. Otras especies producidas en la piscicultura rural son el bagre y la carpa que se producen en los estados de Tamaulipas, Jalisco y Guanajuato. En el país, la piscicultura rural tiene un bajo desarrollo, porque el consumo per cápita anual es de 7.5 kg debido a que,

en la cultura del país, el consumo se genera en su mayor parte en el periodo de Cuaresma y Semana Santa. Otros motivos relevantes para el bajo consumo, es la carencia de tecnología e investigación científica para la piscicultura como actividad acuícola y la falta de apoyos financieros y normativos que hacen que la producción y consumo de pescado sea deficiente. A pesar de lo anterior, la piscicultura en el país va desde pequeñas unidades familiares de traspatio hasta de tipo intensiva en unidades de producción altamente tecnificadas (Platas y Vilaboa, 2014).

#### 4.3.3. Piscicultura rural en Oaxaca

En Oaxaca, la pesca y acuicultura son actividades muy importantes en la producción de alimentos y para la generación de empleos e ingresos en el medio rural. Estas actividades económicas tienen limitantes para su desarrollo, por ejemplo, políticas públicas inapropiadas, falta de recursos financieros y un limitado acceso a mercados nacionales e internacionales (Plan Estatal de Desarrollo, 2016-2022)<sup>4</sup>.

De acuerdo a la producción piscícola en Oaxaca, la entidad cuenta con tres centros de producción de crías de tilapia con capacidad de 7.5 millones de unidades anuales y cinco centros de producción de crías de trucha con 2.5 millones de unidades anuales. Los sistemas de cultivo en la piscicultura rural de Oaxaca generalmente son extensivos y semi intensivos, y únicamente la producción de trucha es de tipo intensivo (Plan Estatal de Desarrollo, 2016-2022)<sup>4</sup>.

Uno de los objetivos de producción piscícola en las actividades rurales es el establecimiento del cultivo de peces para consumo y venta, con una visión agroempresarial que ha tenido poco éxito en los mercados de escala (Martínez, 2017 citado por Plan Estatal de Desarrollo, 2016-2022)<sup>4</sup>.

#### 4.3.4. Piscicultura rural en la Mixteca alta oaxaqueña

En la Mixteca alta de Oaxaca, los municipios de Tlaxiaco, Santo Tomás Ocotepec, Juxtlahuaca, Yosocuta, Tezoatlán de Segura y Luna, Yolomécatl y Teposcolula, son algunos municipios de la región que han implementado la piscicultura rural, como una actividad reciente para impulsar el consumo de pescado en la población, además de considerar el recurso del agua y la disponibilidad de tierra como factores importantes para comenzar esta actividad (López, 2017).

En la presa San Francisco Yosocuta, municipio Huajuapán de León con capacidad de 47 Mm<sup>3</sup> de agua, se pescan la lobina negra, tilapia del Nilo, tilapia azul y carpa (Estudio Regional Forestal, 2009)<sup>5</sup>.

El municipio de Tlaxiaco, ha intentado iniciar proyectos de piscicultura rural en aguas frías, introduciendo juveniles de tilapia con el objetivo de incentivar el consumo de pescado en la región Mixteca, y a la vez generar empleos. Una de las instituciones que ha impulsado estas actividades es el Instituto Tecnológico de Tlaxiaco en coordinación con el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura y el Centro Regional de Investigación Pesquera y Acuícola de Salina Cruz (López, 2017).

## 5. Justificación

En la piscicultura como actividad acuícola, los precios de los ingredientes proteicos que se utilizan para la elaboración de alimento comercial del cultivo de peces, se han elevado considerablemente (FAO, 2007).

Uno de los objetivos de la actividad piscícola, es satisfacer la demanda de alimentos a través de su alto contenido de proteína como alternativa alimenticia a los seres humanos. Entre otras ventajas, la producción genera empleos cuando se realiza de manera intensiva. Por la tendencia de crecimiento en el consumo de peces, se estima que la falta de recursos proteicos en un momento sea



insuficiente para desarrollar esa actividad de manera sostenible y rentable, por lo que se buscan fuentes alternas de proteínas derivadas de productos vegetales para cubrir este requerimiento en la alimentación de los peces (Martínez *et al.*, 1996).

Dentro de los objetivos de Desarrollo Sostenible para la agenda 2030, se establecen la erradicación de la pobreza, una humanidad sin hambre, salud y agua limpia, entre otros, a través de la cooperación de la pesca y acuicultura (FAO, 2018).

En las últimas décadas, se han mostrado avances significativos en la piscicultura rural, cuyas ventajas son los bajos costos de instalación, alto rendimiento, bajo impacto ambiental, fácil manejo de cultivo y la posibilidad de potenciar la producción con alternativas forestales, agrícolas o ganaderas como insumos para disminución de costos (Woynarovich, 2013).

El municipio de Tlaxiaco y la región Mixteca, además de la producción de granos básicos como maíz, frijol y frutos, tienen la opción de hacer de la piscicultura rural, una actividad como un incentivo más para la economía familiar y empleos. Así mismo, en la región y el municipio, son pocos los productores que han tenido éxito en la cría de peces, por el desconocimiento de la crianza, la alimentación los y cuidados que requiere el cultivo para su desarrollo, por lo que, algunas instituciones educativas de la región, han propuesto actividades culturales para promover tanto la producción como el consumo de tilapia (Robles, 2018).

## **6. Hipótesis**

En piscicultura rural, *Pisum sativum* es un alimento que le proporcionará proteína como nutriente esencial a la tilapia del Nilo para su crecimiento, semejante a los resultados que se obtienen con el alimento comercial, y que sustituirá al maíz hervido como alimento tradicional que se ha proporcionado en la dieta de los peces de la unidad de producción La Cantera, San Diego, Tlaxiaco, Oaxaca.

## 7. Objetivos

### 7.1. Objetivo general

- Proponer una dieta a base de *Pisum sativum* para *Oreochromis niloticus*, como alternativa de alimentación piscícola de bajo costo en la Mixteca alta oaxaqueña.

### 7.2. Objetivos particulares

- Determinar el crecimiento en talla y peso de los juveniles de tilapia con cuatro tipos de alimentos; 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec, en dos fases de experimentación, mediante crecimiento (crecimiento absoluto y relativo y tasas de crecimiento) y relación longitud-peso.
- Obtener la variación de las variables físicas y químicas ambientales en los cuatro tipos de alimentación en las dos fases de experimentación por medio del análisis de medidas descriptivas.
- Definir el mejor tipo de alimento para los juveniles de tilapia, a través de la evaluación de crecimiento y las variables ambientales.

## 8. Metodología

### 8.1. Descripción de la zona de estudio

#### 8.1.1. Estado de Oaxaca

Oaxaca se localiza en el sureste de México (Figura 1). Sus coordenadas son: al norte 18°40', al sur 15°39', al este 93°52' y al oeste 98°33', con una superficie de alrededor de 93,960 km<sup>2</sup> y una población aproximada de 3,976,297 habitantes (INEGI, 2020)<sup>6</sup>.

Es una de las entidades federativas con mayor población indígena del país y se le considera un estado con gran pluralidad cultural. En el estado habitan 16 grupos étnicos y se distinguen 26 lenguas indígenas tanto propias como ajenas a la entidad por lo que suman aproximadamente 1,120,312 hablantes de lengua indígena. La pobreza extrema en el estado sigue siendo un indicador constante, ya que hay municipios que viven en muy alta marginación social y se considera que el nivel de ingreso de la población es menor al de la media estatal (Trejo *et al.*, 2008).



Figura 1. Estado de Oaxaca (INEGI, 2020)<sup>6</sup>.

### 8.1.2. Región Mixteca Alta

La Mixteca alta es una de las ocho regiones geográficas del estado de Oaxaca y se caracteriza por ser una región montañosa, ubicada al noroeste de la entidad (Figura 2). Se encuentra entre las coordenadas 17° 00' y 18° 10' latitud norte y 97° 00' y 98° 00' longitud oeste (García *et al.*, 1994).

Tiene una superficie de 15,671 km<sup>2</sup>, en donde se distribuyen 2,098 localidades en 155 municipios, que, a su vez, conforman los siete distritos que son: Silacoyapan, Huajuapán, Coixtlahuaca, Juxtlahuaca, Teposcolula, Nochixtlán y Tlaxiaco. Posee aproximadamente 496,601 habitantes que representa el 11.8% de la población total del estado. Contiene una marcada transición demográfica rural y urbana como los municipios de Huajuapán de León y Tlaxiaco, que tienen una tendencia a la centralización de pequeñas ciudades, sin embargo, así como se pueden encontrar municipios como los antes mencionados, también se encuentran municipios con una población de hasta 87 habitantes como Santa Magdalena Jicotlán (INEGI, 2015 citado por Diagnóstico Regional Mixteca, 2017)<sup>7</sup>.

En 77.4% de la población vive en localidades rurales con menos de 2500 habitantes aproximadamente. Los habitantes son población indígena de los grupos étnicos mixteco, triqui y chocholteco, de los cuales el 42.8% habla su propia lengua indígena (INEGI, 2015 citado por Diagnóstico Regional Mixteca, 2017)<sup>7</sup>.

El clima que predomina es templado subhúmedo, pero también se encuentra el clima semicálido subhúmedo y templado semiseco. La vegetación predominante son los bosques de *Pinus* y *Quercus*, matorrales xerófilos, palmares y pequeñas áreas con bosque tropical caducifolio y bosque mesófilo de montaña (García *et al.*, 1994).

Se cultivan principalmente los granos, como el maíz que representa el 46% del valor de la producción total del estado, seguido del frijol y la calabaza con el 16% y el 11% de la producción total respectivamente (Diagnóstico Regional Mixteca, 2017)<sup>7</sup>.



Figura 2. Región Mixteca alta (Diagnóstico Regional Mixteca, 2017)<sup>7</sup>.

### 8.1.3. Heroica Ciudad de Tlaxiaco, Oaxaca

Tlaxiaco, es un municipio que se localiza en el noroeste de Oaxaca, y pertenece a la región Mixteca (Figura 3a). Se ubica a 180 km de la capital del estado y sus coordenadas son 17°16' latitud norte y 97°41' longitud oeste, con una altitud de 2,040 m snm (San Juan, 2011).

Este municipio se caracteriza por altos índices de marginación, por la pobreza de su entorno, así como altos niveles de desempleo que ha generado migración en sus habitantes. La población predominante habla el idioma mixteco y el 46% de los municipios que forman el distrito de Tlaxiaco practican la agricultura principalmente con la siembra de maíz, frijol y trigo. El clima predominante es templado, con una temperatura promedio mensual de 18 °C y lluvias en verano; el clima es cambiante y extremo, presenta temperaturas desde 5 °C bajo cero en invierno hasta 37 °C en verano. Su vegetación es bosque de pino y encino (Ramos, 2009).

La principal actividad económica de Tlaxiaco es el comercio, donde los pequeños productores o comerciantes han vendido sus productos en el tianguis de Tlaxiaco desde hace más de 80 años. Los principales productos de venta son agrícolas y

ganaderos, así como también pan, frutas, palma, barro, textiles, pulque y herramientas para el campo entre otros productos diversos (San Juan, 2011).

#### 8.1.4. Barrio San Diego, Tlaxiaco

San Diego, es uno de los seis barrios que constituyen la zona urbana de la ciudad de Tlaxiaco abarcando un área de 80 ha aproximadamente y se encuentra a 20 minutos del centro de ciudad (Figura 3b). Según datos de 2019, en el barrio habitan 2680 personas aproximadamente. La principal actividad que se desarrolla es el comercio minorista, sin embargo, también se dedican a la agricultura y a la ganadería (MarketDataMéxico, 2019)<sup>8</sup>.

En este barrio, se encuentra la unidad de producción de tilapia “La Cantera” ubicada a 2,040 m snm (Figura 4). Es un estanque rústico de tierra de forma indefinida de aproximadamente 20 m de largo por 10 m de ancho, con bordos de 6 m por el extremo más alto y de 1 m por el bordo más chico.

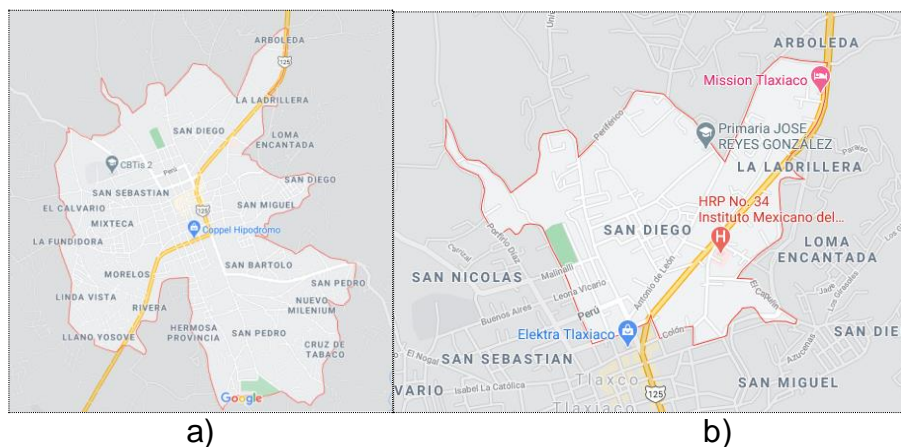


Figura 3. Localización de: a) Municipio de Heroica ciudad de Tlaxiaco y b) Barrio San Diego, Tlaxiaco (Elaboración propia con herramienta GoogleMaps).



Figura 4. Estanque rústico de tierra. Unidad de producción de tilapia “La Cantera”, Tlaxiaco, Oaxaca.

El piscicultor de “La Cantera”, refiere que, desde hace más de 30 años, obtuvo los juveniles de Tilapia del Nilo (*O. niloticus*) del centro piscícola de Temascal, Oaxaca. Durante este periodo de tiempo, el alimento principal de los peces ha sido maíz hervido triturado, también las tilapias comen hierbas y heces de ganado bovino. Para proporcionar oxígeno disuelto al agua, cada tres días el productor utiliza una bomba de aire que funciona con gasolina.

Los peces tardan de 10 meses hasta 1 año para obtener el tamaño de venta, por lo que la producción no es altamente rentable, sin embargo, el piscicultor tiene un comedor donde ofrece sus productos frescos.

#### 8.1.5. Diseño experimental

Se define la unidad experimental como la unidad material propia que va a ser la parte estudiada del proyecto de investigación y que diferirá o no de acuerdo a las condiciones o factores externos a la que esté sometida y que puede causar alteración en los resultados. Por otra parte, un tratamiento es una condición que recibe un grupo de unidades experimentales, por lo que en un proyecto de investigación se trabajará con unidades experimentales que fungirán como repeticiones para aumentar la precisión de los resultados y el testigo o control,

para comparar los resultados reales y los resultados obtenidos en investigación (Baddi *et al.*, 2007)

Estos conceptos son clave para determinar el diseño experimental, que para esta investigación se determinó utilizar el diseño de bloques al azar utilizado para controlar sistemáticamente la variación que se produce por algunos factores externos (Melo *et al.*, 2020), que, en este caso, fue la fuente de luz solar que se presentó durante las tardes a excepción de los días nublados, y que aumentaba la temperatura en las unidades experimentales que se colocaron cerca de la ventana.

Este diseño experimental, permite eliminar el error de la variación que se le atribuye a los bloques para que las mediciones sobre cada unidad experimental estén libres de cualquier error o efecto, de esta manera, se logra homogeneizar cada una de las unidades experimentales. Se recomienda que este diseño se realice sobre un número pequeño de tratamientos y cuando presentan poca variación (Melo *et al.*, 2020).

## 8.2. Materiales del experimento

Contenedores de barro como medio de cultivo. Los contenedores tienen una forma de barril, tienen una medida de 15 cm de diámetro en su base, en la parte más ancha un diámetro de 40 cm y en su parte alta una abertura de 35 cm con una altura de 35 cm, con capacidad de 23 L. Se utilizaron 12 contenedores en total, de los cuales se utilizaron 3 contenedores por cada tratamiento; 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y Nutripec.

La arcilla es un material inorgánico natural, que se ha usado desde la antigüedad por escultores y fabricantes de artículos de cerámica y barro. Para la elaboración de las vasijas de barro, se requiere de un proceso de horneado (Reyes, 2000). El barro elaborado tiene la capacidad de regular el control de las variaciones de la temperatura del ambiente (Meza, 2011).



Agua. Se obtuvo de la red de agua potable que proviene de la localidad de Ojo de Agua, Tlaxiaco, la cual es de manantiales naturales.

#### 8.2.1. Sitio del experimento

Se acondicionó previamente el lugar en una habitación de tabique de cinco m de largo por cuatro m de ancho, se colocaron dos bases de madera para formar dos mesas, de 2.70 m de largo por 1.5 m de ancho. Una mesa se utilizó para poner dos filas (bloques) y en la segunda mesa se colocó la tercera fila (bloque) (Figura 5a). Cada fila se conformó por cuatro contenedores de barro y se designó al azar un tratamiento o tipo de alimento distinto, que se distribuyó según el diseño experimental de bloques al azar etiquetando numéricamente cada repetición. En total se instalaron 12 contenedores de barro que equivalen a cuatro tratamientos o tipos de alimentación que son: 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec, con tres repeticiones cada uno (Figura 5b).



Figura 5. a) Bases de madera de cada mesa. b) Colocación de las tres repeticiones de cada tratamiento.

#### 8.2.2. Recepción de peces

El 14 de enero de 2021 se recibieron 66 juveniles de tilapia del Nilo (*O. niloticus*) (Figura 6a) con un peso promedio de 6.5 g y a una temperatura del agua de 19 °C (Figura 6b). Esto fue en la estación de invierno (21 de diciembre-21 de marzo) en el municipio de Tlaxiaco, de diciembre a febrero la temperatura ambiental en el día

alcanza 13° y desciende hasta ocho °C bajo cero que es cuando el agua se congela en algunas localidades (San Juan, 2011).

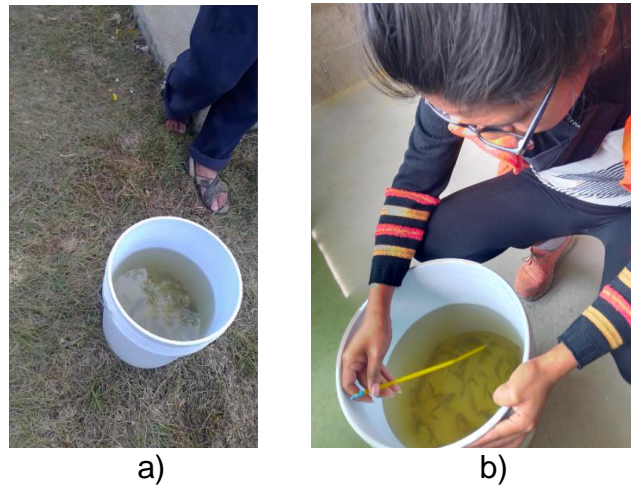


Figura 6. a) Recepción de peces en la unidad de producción de tilapia “La Cantera”, Tlaxiaco. b) Temperatura del agua 19°C en los peces adquiridos el 14/01/2021.

### 8.2.3. Siembra de peces

Los juveniles se sembraron el 23 de febrero de 2021 a una densidad de tres peces por cada repetición en contenedores de barro (Figura 7), se instalaron tres repeticiones (vasijas de barro) por cada tratamiento que son 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y el tratamiento testigo o alimento Nutripec.



Figura 7. Siembra de peces 23/02/2021. Densidad de siembra de 3 juveniles/repetición.

Las unidades experimentales 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec, se etiquetaron con una numeración y el nombre del tratamiento o tipo de alimento administrado (Tabla 3).

Tabla 3. Organización de los ensayos con un diseño experimental de bloques al azar, con designación de número y tipo de alimento.

(1.1) 100% alverja	(3.1) 50% (alverja + maíz)	(2.1) 100% maíz hervido	(4.1) Nutripec (testigo)
(2.2) 100% maíz hervido	(1.2) 100% alverja	(3.2) 50% (alverja + maíz)	(4.2) Nutripec (testigo)
(4.3) Nutripec (testigo)	(2.3) 100% maíz hervido	(1.3) 100% alverja	(3.3) 50% (alverja + maíz)

#### 8.2.4. Tratamientos y repeticiones

Los tratamientos consisten en cuatro dietas para juveniles de tilapia; 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y testigo o alimento Nutripec, cada tratamiento fue designado con un número sucesivo (1-4) y estuvo formado por tres repeticiones (Tabla 4).

El proceso de peletización se realizó para obtener pellets de los dos tratamientos: 100% alverja y 50% (alverja + maíz).

Tratamiento 100% alverja (*P. Sativum*). Este alimento se administró en forma de pellets elaborados de acuerdo a Gonzalo (2011), citado por Loor (2016), quien describe la peletización artesanal como un proceso que se crea por medio de molinos de mano y de carne donde se aprovecha la humedad, presión y temperatura. Así mismo, para la elaboración de pellets, Muñoz (2019) recomienda que la fuente de proteína a utilizar, sea de un cultivo proveniente de la región de estudio para conocer el proceso de producción y supervisión del cultivo y menciona la importancia de utilizar molinos manuales, por lo que se hizo lo siguiente:

- Se pesó la alverja seca con una báscula gramera digital marca Fiamme modelo 10003 con capacidad máxima de 10 kg, con resolución o precisión de lectura de 1 g.
- La molienda de alverja se realizó con un molino de mano para obtener la harina.
- Para hidratar la harina y la masa, se agregó lentamente agua potable en una proporción de 40% por cada kg de harina.
- El peletizado se realizó con un molino de carne. Este proceso se crea por la presión que ejerce el molino, compactando y pasando la masa por entre los orificios, formando los pellets.

Los pellets elaborados se secaron al sol por un periodo de dos a tres días y después se almacenaron en bolsas hasta el momento de utilizarse como alimento (Alvarado y Guzmán, 2020).

Tratamiento 100% maíz. El alimento se proporcionó como maíz hervido triturado por medio del molino de mano, porque es el alimento que dan principalmente en la unidad de producción de tilapia “La Cantera”.

Tratamiento 50% (alverja + maíz). Se combinaron estos dos alimentos para administrarlos en forma de pellets. Se pesó la misma cantidad de los granos en la báscula gramera y se procedió a la molienda por separado en el molino de mano para obtener harina de alverja y una especie de masa seca de maíz hervido. Posteriormente la harina y la masa se mezclaron manualmente durante un minuto para obtener una mezcla homogénea y se realizó nuevamente el proceso de peletización antes mencionado.

Tratamiento alimento comercial Nutripec (testigo). Se proporcionó alimento en forma de gránulos de 1 mm de diámetro para la etapa de inicio de alimentación o pre-engorda de tilapia. Este tratamiento de alimentación es la base que se comparó con el resto de los tratamientos.

Tabla 4. Tratamiento de cada ensayo, con número de identificación de repetición y densidad de siembra (número de peces sembrados).

Tratamiento	Número de repeticiones	Número de peces	Preparación del alimento
100% alverja	1.1	3	En pellets de manera artesanal
	1.2	3	
	1.3	3	
100% maíz hervido	2.1	3	Hervido y triturado de manera artesanal
	2.2	3	
	2.3	3	
50% (alverja + maíz)	3.1	3	En pellets de manera artesanal.
	3.2	3	
	3.3	3	
Nutripec (testigo)	4.1	3	Gránulos de 1 mm de diámetro.
	4.2	3	
	4.3	3	

## 8.2.5. Fases del experimento

### 8.2.5.1. Fase I

Las repeticiones de los cuatro tratamientos se realizaron a la temperatura del agua en condiciones naturales (a temperatura ambiente), que en promedio se mantuvo en 19 °C, durante el periodo del 23 de febrero (siembra de juveniles) al 20 de junio de 2021 (118 días).

### 8.2.5.2. Fase II

Se calentó el agua de las repeticiones de los cuatro tratamientos con termorreguladores de agua eléctricos para acuario Marca Aquakril, Modelo 2400, potencia 25 watts, para un volumen máximo de agua de 20 L por lo que la temperatura del agua promedio fue de 25 °C, esto fue durante el periodo del 4 de julio al 24 de octubre de 2021 (113 días).

### 8.2.6. Cantidad de alimento y ración suministrados en los cuatro tratamientos

Se elaboró un correcto esquema de alimentación que a continuación se describe con el proceso numérico para determinar la cantidad de alimento diario en gramos y el número de las raciones por día que se proporcionaron en cada tratamiento utilizando las siguientes fórmulas (Comité Estatal De Sanidad Acuícola de Yucatán, 2012)<sup>9</sup>:

$$\text{Peso promedio (g)} = \frac{\text{Peso total de peces medidos (g)}}{\text{Número de peces medidos}}$$

$$\text{Biomasa (g)} = \text{Peso promedio (g)} \times \text{Número de peces}$$

Al obtener la biomasa (g), esta se multiplica por el porcentaje de alimento recomendado y así se obtiene la cantidad de alimento diario (Tabla 5). Esta cantidad diaria se proporciona en el número de raciones o frecuencia de alimentación con una recomendación de mínimo tres tomas al día (Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Yucatán, 2012)<sup>9</sup>.

Tabla 5. Tabla básica para alimentación en tilapia (Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Yucatán, 2012)<sup>9</sup>.

<b>Peso promedio del pez (g)</b>	<b>Etapa</b>	<b>Días de cultivo</b>	<b>% de alimento en base a la biomasa</b>	<b>Frecuencia de alimentación</b>
5 - 10	Precría	12 - 30	10 - 12	5
10 - 25	Cría	35 - 40	6 - 8	5
25 - 50	Preengorda	50 - 70	5 - 6	4
50 - 100	Engorda	80 - 120	4 - 5	3
100 - 150	Engorda	140	3 - 4	3
> 150	Engorda	> 150	2 - 3	2

Para proporcionar alimentación a los peces en la fase I, se obtuvo el peso promedio de los peces desde la fecha de siembra y durante cada mes, se realizó el cálculo de la cantidad de alimento diario que se proporcionó a los peces en cada tratamiento (Tabla 6).

En esta fase los peces perdieron peso, es por esta razón que la cantidad de alimento diario (g) y, por lo tanto, la cantidad de cada ración (g) se proporcionó en menor cantidad a partir de la fecha de siembra hasta el mes de abril 2021, comenzando a ganar peso en mayo y junio 2021.

Tabla 6. Cantidad de alimento (g) por cada ración proporcionada a los peces en periodos de un mes durante la fase I del 23 de febrero al 20 de junio de 2021.

Fecha	Peso promedio de los peces	Biomasa (g)	Cantidad de alimento diario (g)	Frecuencia de alimentación	Cantidad de cada ración (g)
23-feb-2021	6.5	234	23	4	5.9
26-mar-2021	5.2	185	19	4	4.6
24-abr-2021	3.5	127	13	4	3.2
23-may-2021	4.6	164	16	4	4.1
20-jun-2021	5.3	192	19	4	4.8

Durante la fase II, al aplicar temperatura a los tratamientos con termorreguladores, se observó un notable crecimiento en el peso de los peces. De esta manera se hizo el cálculo mensual de la cantidad de alimento diario requerido por las tilapias, así como la cantidad de cada ración proporcionada (Tabla 7).

Tabla 7. Cantidad de alimento (g) por cada ración proporcionada a los peces en periodos de un mes durante la fase II del 04 de julio al 24 de octubre de 2021.

Fecha	Peso promedio de los peces	Biomasa (g)	Cantidad de alimento diario (g)	Frecuencia de alimentación	Cantidad de cada ración (g)
04-jul-2021	6.1	219	22	4	5.5
01-ago-2021	6.8	245	24	4	6.1
29-ago-2021	12.5	448	27	4	6.7
26-sep-2021	21.0	755	45	4	11.3
24-oct-2021	30.4	1094	55	4	13.7

### 8.3. Crecimiento en talla y peso

Se hizo la biometría de manera quincenal durante las fases I (23 febrero 2021 al 20 de junio 2021) y II (04 julio 2021 al 24 de octubre 2021).

Para medir la talla de los peces, se tomaron datos morfométricos de la longitud patrón (LP) y la longitud total (LT) en mm con apoyo de una regla de plástico de 30 cm.

El peso húmedo ( $W$ ) se obtuvo con apoyo de una báscula gramera digital marca Fiame modelo 10003 con capacidad máxima de 10 kg, con resolución o precisión de lectura de 1 g.

### 8.4. Medidas descriptivas de longitud total y peso en cuatro tratamientos

En la investigación aplicada a distintas ramas, se utilizan las medidas de tendencia central, lo que es el resultado de un conjunto de datos; estas medidas representan el valor que se ubica en el centro de un conjunto de datos, que se conocen como media, mediana y moda, sin embargo, las medidas de dispersión conocidas como varianza, desviación estándar y rango, miden cuanto tiende a dispersarse cada valor de su variable, lo que nos dice cuanto difieren los datos (Quevedo, 2011).

La media y mediana, así como la varianza, desviación estándar y el rango se obtuvieron para observar el cambio en medidas descriptivas de longitud total y peso en los cuatro tratamientos.



## 8.5. Parámetros de crecimiento (crecimiento absoluto y relativo y tasas de crecimiento)

Para obtener los parámetros de crecimientos en talla (mm) y peso (g) en las dos fases, se calculó el crecimiento absoluto, relativo y las tasas de crecimiento absoluto, relativo y específico, con las fórmulas siguientes (Schreck y Moyle,1990):

Crecimiento absoluto (CA):  $CA = Y_2 - Y_1$

Crecimiento relativo (CR):  $CR = (Y_2 - Y_1) / Y_1 \times 100$

Tasa de crecimiento absoluto (TCA):  $TCA = Y_2 - Y_1 / T_2 - T_1$

Tasa de crecimiento específico (TCE):  $TCE = (\ln Y_2 - \ln Y_1) / (T_2 - T_1) \times 100$

Tasa de crecimiento relativo (TCR):  $TCR = (Y_2 - Y_1) / [Y_1 (t_2 - t_1)]$

Donde:

$Y_2$ =Tamaño final del pez (mm o g)

$Y_1$ =Tamaño inicial (mm o g)

$T_2$ =Tiempo final (día)

$T_1$ =Tiempo inicial (día)

## 8.6. Análisis de varianza ANOVA

Para establecer las diferencias significativas que existen entre cada uno de los cuatro tratamientos; 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y Nutripec, se realizó el análisis de varianza ANOVA de un factor, para determinar a través de las medias muestrales el valor de cada tratamiento y conocer si el efecto de cada alimento es semejante o presenta diferencias significativas.

Se le llama ANOVA o Análisis de Varianza, al conjunto de técnicas estadísticas que se usan cuando hay más de dos grupos para comparar, el más usado es el ANOVA de una vía o factor, que se usa cuando existe una variable independiente (Dagnino, 2014).

Así, en estadística, un análisis de varianza compara la variabilidad de las medias muestrales con la variación de los elementos dentro de una muestra y se deben cumplir tres hipótesis que son las siguientes (Ruiz y Rojas, 2009):

- Los datos deben ser independientes y deben constituir una muestra aleatoria.
- Las poblaciones deben tener una distribución normal.
- Las poblaciones deben tener la misma varianza.

En estadística, la significancia da la certeza de demostrar que los resultados de un análisis no son productos del azar, y da la credibilidad en los resultados de una investigación donde se analizan más de dos grupos de datos. Por la tanto, la significancia se calcula con pruebas de hipótesis nula o alterna y está asociado al p valor que por consenso  $p < 0.05$  brinda una seguridad del 95% de confianza en los resultados. Es así como el nivel de significancia es resultado del rechazo de la hipótesis nula mediante pruebas de significación (Manterola y Pineda, 2008).

Para determinar este análisis, se recomienda usar un paquete estadístico que definan los valores correspondientes de la media cuadrática, los grados de libertad, el valor de F y el valor de p, tomando en cuenta una significancia del 5% del área bajo la curva. Si el valor de F tiene un valor de  $p < 0.05$  se acepta la hipótesis alternativa (Dagnino, 2014).

Es importante también conocer las pruebas estadísticas utilizadas en conjunto con el Anova para hacer comparaciones múltiples de las medias obtenidas y aunque existe una diversidad de pruebas, en la investigación se recomienda la prueba de

Tukey que se utiliza para encontrar las diferencias entre las medias de los tratamientos y además, se controlan más los posibles errores permitiendo hacer todas las posibles comparaciones de los conjuntos de datos considerándose una de las pruebas más completas de aplicarse (Wong, 2010).

## 8.7. Relación longitud – peso

La alometría es un cambio en las partes corporales de un ser vivo que se relacionan con el tamaño total, es decir, una diferenciación que se puede definir mediante una ecuación para determinar el tipo de crecimiento de un organismo vivo (Huwley y Teissier, 1936 citado por Condori *et al.*, 2018).

Para determinar la relación peso longitud, se utiliza la función alométrica siguiente (Delgadillo *et al.*, 2012):

$$P = a L^b$$

Donde:

P= peso (g)

L= longitud (mm)

a=es el origen de la función o factor de condición

b=es el coeficiente de alometría

Por lo tanto, un crecimiento isométrico se refiere a un crecimiento en la misma proporción representado por  $b=3$  que significa que el pez tiene un crecimiento proporcional, pero si  $b>3$  se denomina crecimiento alométrico positivo que es cuando los organismos pesan más que su longitud, de lo contrario, al obtener  $b<3$ , esto indica un crecimiento alométrico negativo lo cual nos indica que los organismos pesan menos respecto a su longitud (Ulloa *et al.*, 2003).

## 8.8. Variación de parámetros fisicoquímicos

Para que un cultivo de peces alcance un óptimo desarrollo, se requiere mantener cierta calidad en el agua respecto a parámetros físicos y químicos que deben estar dentro de los niveles óptimos que tolera la tilapia del Nilo para su producción (Tabla 8) (Bautista y Ruiz, 2011).

En las fases I y II se determinaron ocho variables fisicoquímicas del agua (temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, pH, amonio, nitratos y nitritos)

Tabla 8. Parámetros fisicoquímicos del agua determinados en el experimento, material o equipo utilizado y unidades de medida.

<b>Variable</b>	<b>Material o equipo</b>	<b>Unidades</b>
Temperatura	Termómetro de mercurio	°C
Oxígeno disuelto	Oxímetro marca Hanna Modelo HI 9146	ppm (partes por millón)
Conductividad eléctrica	TDS&EC (Sólidos disueltos totales y Conductividad eléctrica)	µS/cm (microSiemens/cm)
Sólidos disueltos totales	TDS&EC (Sólidos disueltos totales y Conductividad eléctrica)	ppm
pH	API® Freshwater Master Test Kit	
Amonio	API® Freshwater Master Test Kit	ppm
Nitratos	API® Freshwater Master Test Kit	ppm
Nitritos	API® Freshwater Master Test Kit	ppm

Temperatura ambiental y del agua. Se registró tres veces al día (8:00 am, 2:00 pm y 9:00 pm). Se obtuvo el promedio mensual.

Oxígeno disuelto en agua. Para la oxigenación del agua de las repeticiones de los cuatro tratamientos, se utilizaron tres bombas de aire de acuario; cuidando hacer una distribución homogénea del oxígeno. La concentración de oxígeno disuelto se registró diario.

Conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales. Se registraron cada 15 días y se obtuvo un promedio mensual.

pH, amonio, nitritos, nitratos. Se registraron cada 15 días y se calcularon los promedios mensuales de cada parámetro. Se graficaron las variaciones en tiempo de estos promedios.

## **9. Resultados**

### 9.1. Crecimiento en talla y peso

#### 9.1.1. Fase I

##### 9.1.1.1. Variación quincenal en longitud

Se muestran los datos de longitud total promedio (mm) de la fase I tomadas aproximadamente cada 15 días a partir de la fecha de siembra, con los cuales se calcularon los parámetros de crecimiento (crecimiento absoluto y relativo y tasas de crecimiento). En esta fase que comenzó el 23 de febrero con la siembra aleatoria de los juveniles de tilapia, se midió la longitud total inicial de los peces, en donde el tratamiento 100% maíz presentó mayor longitud promedio con 52 mm y la menor longitud promedio se observó en el tratamiento 50% (alverja + maíz) con 43 mm. Al final de la fase I, el 20 de junio, el mayor crecimiento en longitud se observó en el tratamiento Nutripec con 59 mm y el menor crecimiento se observó en los tratamientos 100% alverja y 50% (alverja + maíz) con 54 mm de longitud (Tabla 9).

Tabla 9. Longitud total promedio (mm) promedio aproximadamente cada 15 días de los juveniles de *O. niloticus* en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase I de febrero-junio 2021.

Longitud total media en mm					
Fecha	Días	100% alverja	100% maíz	50% (alverja + maíz)	Nutripec
23-feb-21	1	47	52	43	47
12-mar-21	18	47	54	44	48
26-mar-21	32	49	54	46	49
11-abr-21	48	50	55	48	50
24-abr-21	61	51	56	51	52
09-may-21	76	51	57	52	53
23-may-21	90	52	57	53	54
06-jun-21	104	53	58	53	56
20-jun-21	118	54	58	54	59

#### 9.1.1.2. Variación quincenal en peso

Respecto al peso total promedio (g), debido a las bajas temperaturas del agua durante la fase I, se obtuvo un decremento en el peso de los juveniles de tilapia. El día de la siembra (23 febrero 2021) se registró el mayor peso promedio en el tratamiento Nutripec con 10.4 g y el menor peso en el tratamiento 100% Alverja con 3.4 g en promedio. A pesar del decremento en peso observado desde la fecha de siembra hasta el mes de abril, en este mes los juveniles de tilapia comenzaron a recuperar gradualmente su peso y al final de la fase en el mes de junio se observó un mayor peso promedio en el tratamiento Nutripec con 6.2 g y un menor peso promedio en el tratamiento 100% maíz con 4.9 g (Tabla 10).

Tabla 10. Peso total promedio (g) aproximadamente cada 15 días de los juveniles de *O. niloticus* en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase I de febrero-junio 2021.

Peso total medio en g					
Fecha	Días	100% alverja	100% maíz	50% (alverja + maíz)	Nutripec
23-feb-21	1	3.4	7.3	4.9	10.4
12-mar-21	18	3.6	6.9	4.9	8.4

26-mar-21	32	3.6	6.3	4.8	5.9
11-abr-21	48	4.1	5.8	5.1	4.6
24-abr-21	61	2.9	4.2	3.3	3.7
09-may-21	76	3.2	4.8	4	3.7
23-may-21	90	4.7	4.6	4.9	4
06-jun-21	104	4.4	4.4	5	5
20-jun-21	118	5	4.9	5.2	6.2

## 9.1.2. Fase II

### 9.1.2.1. Variación quincenal en longitud

En la fase II, se obtuvo la longitud promedio en mm de los juveniles de tilapia, mismos que son la base para calcular los parámetros de crecimiento (crecimiento absoluto y relativo y tasas de crecimiento), por lo que se observa que al comenzar la fase II, el tratamiento Nutripec tiene la longitud promedio más alta con 62 mm y los tratamientos 100% alverja y 50% (alverja + maíz), tienen un menor crecimiento en longitud con 56 mm respectivamente. Al término de esta fase, el tratamiento Nutripec se observa con una mayor longitud promedio de 118 mm y la longitud menor promedio se observa en el tratamiento 100% maíz (Tabla 11).

Tabla 11. Longitud total promedio (mm) aproximadamente cada 15 días de los juveniles de *O. niloticus* en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase II de julio-octubre 2021 (113 días).

Longitud total media en mm					
Fecha	Días	100% alverja	100% maíz	50% (alverja + maíz)	Nutripec
04-jul-21	1	56	60	56	62
18-jul-21	15	58	62	58	66
01-ago-21	29	59	63	60	70
15-ago-21	43	66	68	65	75
29-ago-21	57	75	73	72	81
12-sep-21	71	81	80	79	88
26-sep-21	85	89	87	87	97
10-oct-21	99	99	95	97	107
24-oct-21	113	109	103	108	118

### 9.1.2.2. Variación quincenal en peso

En esta fase de crecimiento en peso (g), no se observó la disminución del peso debido a los termorreguladores que aumentaron la temperatura del agua (media de 25.83 – 25.80 °C y mediana de 25.80 -25.70) por lo tanto, al inicio de la fase el mayor peso promedio se observó en el tratamiento Nutripec con 7.9 g y el menor peso promedio se observó en los tratamientos 100% alverja y 50% (alverja + maíz) con 5.3 g respectivamente. Al término de la fase, se observa el mayor peso promedio en el tratamiento Nutripec con 34.7 g y el menor peso promedio en el tratamiento 100% maíz con 26.6 g (Tabla 12).

Tabla 12. Peso total promedio (g) aproximadamente cada 15 días de los juveniles de *O. niloticus* en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase II de julio-octubre 2021 (113 días).

Peso total medio en g					
Fecha	Días	100% alverja	100% maíz	50% (alverja + maíz)	Nutripec
04-jul-21	1	5.3	5.8	5.3	7.9
18-jul-21	15	5.7	6.2	5.8	8.6
01-ago-21	29	5.7	6.2	5.9	9.4
15-ago-21	43	9.4	9.1	8.6	12.3
29-ago-21	57	11.8	11.6	11	15.4
12-sep-21	71	15.7	14.3	14.9	20.1
26-sep-21	85	21.1	17.8	19.8	25.2
10-oct-21	99	25.6	22.2	23.8	30
24-oct-21	113	31.7	26.6	28.6	34.7



## 9.2. Medidas descriptivas de longitud total y peso en cuatro tratamientos

### 9.2.1. Fase I

#### 9.2.1.1. Medidas descriptivas de longitud

Con respecto a la longitud total media de los juveniles de tilapia, la mayor fue 55.67 mm con el tratamiento 100% maíz y la menor fue 49.33 mm con el tratamiento 50% (alverja + maíz). Con respecto a la mediana de la longitud total, la mayor es 56.00 mm en el tratamiento 100% maíz y la menor es 51.00 mm con los tratamientos 100% alverja y 50% (alverja + maíz). En el periodo de febrero-junio 2021 los peces obtuvieron mayor crecimiento en talla con el alimento 100% maíz y un menor crecimiento con la dieta de 50% (alverja + maíz), porque en este periodo la temperatura del agua fue baja (media de 19.07-19.5 °C y mediana de 19.0-19.5 °C), la cual no está en el intervalo de temperatura óptima de crecimiento de la tilapia del Nilo, se desarrolla mejor en un rango de temperatura entre 20 y 30 °C, y aunque pueden soportar temperaturas menores, las temperaturas debajo de 10 °C les ocasiona la muerte (Baltazar y Palomino, 2004) (Tabla 13).

Tabla 13. Media, mediana, varianza, desviación estándar e intervalo de variación de la longitud total (mm) de los juveniles de tilapia del Nilo en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase I de febrero-junio 2021.

Medidas descriptivas	100% alverja	100% maíz	50% (alverja + maíz)	Nutripec
Media	50.44	55.67	49.33	52.00
Mediana	51.00	56.00	51.00	52.00
Varianza	6.03	4.25	17.50	15.50
Desviación estándar	2.46	2.06	4.18	3.94
Rango	7.00	6.00	11.00	12.00

### 9.2.1.2. Medidas descriptivas de peso

En el peso total medio de los juveniles de tilapia, el mayor fue 5.77 g con el tratamiento Nutripec y el menor fue 3.88 g con el tratamiento 100% alverja (Tabla 14).

Con respecto a la mediana del peso total, la mayor es 5.00 g con Nutripec y la menor 3.60 g con 100% alverja con. Durante el periodo de febrero-junio 2021, fase I, los peces perdieron peso debido a que detuvieron su alimentación por bajas temperaturas del agua (media de 19.07-19.5 °C y mediana de 19.0-19.5 °C), sin embargo, al final de este periodo recuperaron gradualmente el peso, por lo que obtuvieron mayor crecimiento en peso con el alimento Nutripec y un menor crecimiento con la dieta de 100% alverja (Tabla 14).

Tabla 14. Media, mediana, varianza, desviación estándar e intervalo de variación del peso total (g) de los juveniles de tilapia del Nilo en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase I de febrero-junio 2021.

<b>Medidas descriptivas</b>	<b>100% alverja</b>	<b>100% maíz</b>	<b>50% (alverja + maíz)</b>	<b>Nutripec</b>
<b>Media</b>	<b>3.88</b>	5.47	4.68	<b>5.77</b>
<b>Mediana</b>	<b>3.60</b>	4.90	4.90	<b>5.00</b>
<b>Varianza</b>	0.51	1.31	0.38	5.28
<b>Desviación estándar</b>	0.71	1.14	0.62	2.30
<b>Rango</b>	2.10	3.10	1.90	6.70

## 9.2.2. Fase II

### 9.2.2.1. Medidas descriptivas de longitud

Respecto a la longitud total media de los juveniles de tilapia en los cuatro tratamientos, la mayor fue 84.89 mm con Nutripec, y la menor fue 75.78 mm con 50% (alverja + maíz). Con respecto a la mediana de la longitud total, la mayor fue 81.00 mm, con el tratamiento Nutripec, y la menor fue 72.00 mm con 50% (alverja + maíz) (Tabla 15).

En el periodo de junio-octubre 2021 los peces obtuvieron mayor crecimiento en talla con el alimento Nutripec y un menor crecimiento con la dieta de 50% (alverja + maíz), en este periodo los termorreguladores elevaron la temperatura del agua (media de 25.83 – 25.80 °C y mediana de 25.80 – 25.70 °C) (Tabla 15), que creó las condiciones de temperatura óptima de entre 20 y 30 °C que es el mejor rango de temperatura del agua para el desarrollo de la tilapia del Nilo (Baltazar y Palomino, 2004).

Tabla 15. Media, mediana, varianza, desviación estándar e intervalo de variación de la longitud total (mm) de los juveniles de tilapia del Nilo en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase II de julio-octubre 2021.

<b>Medidas descriptivas</b>	<b>100% alverja</b>	<b>100% maíz</b>	<b>50% (alverja + maíz)</b>	<b>Nutripec</b>
<b>Media</b>	76.89	76.78	<b>75.78</b>	<b>84.89</b>
<b>Mediana</b>	75.00	73.00	<b>72.00</b>	<b>81.00</b>
<b>Varianza</b>	364.86	239.44	338.94	369.61
<b>Desviación estándar</b>	19.10	15.47	18.41	19.23
<b>Rango</b>	53.00	43.00	52.00	56.00

### 9.2.1.1. Medidas descriptivas de peso

En este periodo de julio-octubre 2021 correspondiente a la fase II, respecto al peso total medio de los juveniles de tilapia en los cuatro tratamientos, el mayor fue de 18.18 g con el tratamiento Nutripec, y los menores pesos medios fueron 13.31 g y 13.74 g con 100% maíz y 50% (alverja + maíz) respectivamente. En la mediana, el mayor peso fue 15.40 g, con Nutripec, y el menor fue 11.00 g con 50% (alverja + maíz) (Tabla 16).

Tabla 16. Media, mediana, varianza, desviación estándar e intervalo de variación del peso total (g) de los juveniles de tilapia del Nilo en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase II de julio-octubre 2021.

<b>Medidas descriptivas</b>	<b>100% alverja</b>	<b>100% maíz</b>	<b>50% (alverja + maíz)</b>	<b>Nutripec</b>
<b>Media</b>	14.67	<b>13.31</b>	<b>13.74</b>	<b>18.18</b>
<b>Mediana</b>	11.80	11.60	<b>11.00</b>	<b>15.40</b>
<b>Varianza</b>	92.08	56.87	73.72	97.80
<b>Desviación estándar</b>	9.60	7.54	8.59	9.89
<b>Rango</b>	26.40	20.80	23.30	26.80

### 9.3. Parámetros de crecimiento (crecimiento absoluto y relativo y tasas de crecimiento)

#### 9.3.1. Fase I

##### 9.3.1.1. Parámetros de crecimiento en talla

De acuerdo a los parámetros de crecimiento en talla en la fase I, el mayor crecimiento absoluto (CA) de 11.67 mm es en el tratamiento 50% (alverja + maíz) y el menor crecimiento absoluto es 6.44 mm en el tratamiento 100% maíz.

Respecto al crecimiento relativo (CR), el mayor es 0.273% en el tratamiento 50% (alverja + maíz) y el menor es 0.124% en el tratamiento 100% maíz (Tabla 17).

En la tasa de crecimiento absoluto (TCA), tasa de crecimiento relativo (TCR) y tasa de crecimiento específico (TCE), el tratamiento 50% (alverja + maíz) presenta los mayores valores de 0.1 mm/día, 0.0023 %/día y 0.206 %/día, respectivamente; el tratamiento 100% maíz tiene los menores valores de 0.055 mm/día, 0.0011 %/día y 0.100 %/día respectivamente (Tabla 17).

Durante el periodo febrero-junio 2021, los peces obtuvieron los mayores parámetros de crecimiento en talla con el alimento 50% (alverja + maíz). El alimento 100% alverja se encuentra en la tercera posición de crecimiento en talla, lo cual significa que en condiciones de baja temperatura del agua (media de 19.07-19.5 °C y mediana de 19.0-19.5 °C) no es un alimento que ayude al crecimiento en talla de los juveniles de tilapia del Nilo (Tabla 17).

Los porcentajes más altos de crecimiento en talla de los crecimientos absoluto y relativo en el tratamiento 50% (alverja + maíz) son CA= 31.93% y CR= 34.60%, y en el tratamiento Nutripec son CA= 30.70% y CR= 30.04%; el tratamiento 100% alverja presenta los porcentajes más bajos con CA=19.75% y CR= 19.65%.

En las tasas de crecimiento en talla, los porcentajes más altos son tanto del tratamiento 50% (alverja + maíz) con TCA= 31.95%, TCR= 34.33% y TCE= 33.72%, como del tratamiento Nutripec con TCA= 30.67%, TCR= 29.85% y TCE= 29.79%; los porcentajes más bajos se presentan en el tratamiento 100% alverja con TCA= 19.81%, TCR= 19.40% y TCE= 20.13%.

Tabla 17. Parámetros de crecimiento en talla (longitud total en mm) de los juveniles de tilapia del Nilo en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase I de febrero-junio 2021 (118 días).

Parámetros de crecimiento y unidades	100% alverja	100% maíz	50% (alverja + maíz)	Nutripec
Longitud total inicial (mm)	46.67	52.00	42.78	47.33
Longitud total final (mm)	53.89	58.44	54.44	58.56
Crecimiento absoluto (CA) mm	7.22	<b>6.44</b>	<b>11.67</b>	<b>11.22</b>
Tasa de crecimiento absoluto (TCA)	0.062	<b>0.055</b>	<b>0.100</b>	0.096

mm/día				
Crecimiento relativo (CR) %	0.155	<b>0.124</b>	<b>0.273</b>	0.237
Tasa de crecimiento relativo (TCR) %/día	0.0013	<b>0.0011</b>	<b>0.0023</b>	0.0020
Tasa de crecimiento específico (TCE) %/día	0.123	<b>0.100</b>	<b>0.206</b>	0.182

### 9.3.1.2. Parámetros de crecimiento en peso

Los resultados de crecimiento en peso en esta fase no fueron favorables porque los peces perdieron peso en los tratamientos 100% maíz y Nutripec (testigo) que son los valores negativos de los dos crecimientos y tasas de crecimiento debido a la baja temperatura del agua (media de 19.07-19.5 °C y mediana de 19.0-19.5 °C) y motivo por el cual disminuyeron su actividad alimenticia (Tabla 18).

De acuerdo a los parámetros de crecimiento en peso, el mayor crecimiento absoluto (CA) de 1.56 g es en el tratamiento 100% alverja y 0.33 g en el tratamiento 50% (alverja + maíz). Respecto al crecimiento relativo (CR), el mayor es 0.452% en el tratamiento 100% alverja y 0.068% en el tratamiento 50% (alverja + maíz) (Tabla 18).

Respecto a la tasa de crecimiento absoluto (TCA), tasa de crecimiento relativo (TCR) y tasa de crecimiento específico (TCE), el tratamiento 100% alverja presenta el mayor valor de 0.013 g/día, 0.0039 %/día y 0.319 %/día respectivamente; el tratamiento 50% (alverja + maíz) tiene valores de 0.003 g/día, 0.0006 %/día y 0.056 %/día, respectivamente (Tabla 18).

En el periodo febrero-junio 2021, los peces incrementaron su peso en los tratamientos 100% alverja y 50% (alverja + maíz). En esta fase, se demuestra que el alimento 100% alverja si logra incrementar el peso de los peces, bajo las condiciones de temperatura de agua fría, (media de 19.07-19.5 °C y mediana de 19.0-19.5 °C).

Los porcentajes que representan los crecimientos en peso absoluto y relativo en los dos tratamientos respecto a los valores positivos de la tabla, son en el tratamiento 100% alverja con CA= 82.54%, CR= 86.92%, y el tratamiento 50% (alverja + maíz) con CA=17.46% y CR= 13.08%.

Las tasas de crecimiento en peso del tratamiento 100% alverja, representan los porcentajes de crecimiento en peso con TCA 81.25%, TCR= 86.67% y TCE= 85.07%, mientras que para el tratamiento 50% (alverja + maíz) TCA= 18.75%, TCR= 13.33% y TCE= 14.93%.

Tabla 18. Parámetros de crecimiento en peso (peso total en g) de los juveniles de tilapia del Nilo en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase I de febrero-junio 2021 (118 días).

<b>Parámetros de crecimiento y unidades</b>	<b>100% alverja</b>	<b>100% maíz</b>	<b>50% (alverja + maíz)</b>	<b>Nutripec</b>
Peso total inicial (g)	3.44	7.33	4.89	10.44
Peso total final (g)	5.00	4.89	5.22	6.22
Crecimiento absoluto (CA) g	<b>1.56</b>	-2.44	0.33	<b>-4.22</b>
Tasa de crecimiento absoluto (TCA) g/día	<b>0.013</b>	-0.021	0.003	<b>-0.036</b>
Crecimiento relativo (CR) %	<b>0.452</b>	-0.333	0.068	<b>-0.404</b>
Tasa de crecimiento relativo (TCR) %/día	<b>0.0039</b>	-0.0028	0.0006	<b>-0.0035</b>
Tasa de crecimiento específico (TCE) %/día	<b>0.319</b>	-0.347	0.056	<b>-0.443</b>

### 9.3.2. Fase II

#### 9.3.2.1. Parámetros de crecimiento en talla

En los parámetros de crecimiento en talla en la fase II, el mayor crecimiento absoluto (CA) de 56.67 mm es en el tratamiento Nutripec y el menor crecimiento absoluto con 43 mm en el tratamiento 100% maíz. Respecto al crecimiento relativo

(CR), el mayor crecimiento es 0.966% en el tratamiento 100% alverja y el menor valor es 0.715% en el tratamiento 100% maíz (Tabla 19).

Respecto a la tasa de crecimiento absoluto (TCA), el mayor es 0.506 mm/día en el tratamiento Nutripec y el menor 0.384 mm/día en el tratamiento 100% maíz.

En la tasa de crecimiento relativo (TCR) y tasa de crecimiento específico (TCE), se obtuvo el mayor valor de 0.0086 %/día y 0.604 %/día, respectivamente en el tratamiento 100% alverja y el menor valor de 0.0064 %/día y 0.482 %/día, respectivamente en el tratamiento 100% maíz (Tabla 19).

En el periodo julio-octubre 2021, los peces obtuvieron los mayores parámetros de crecimiento en talla con el alimento Nutripec y 100% alverja y el menor crecimiento se observó con el tratamiento 100% maíz. En esta segunda fase de experimentación, al aumentar la temperatura del agua en los tratamientos (media de 25.83-25.80 °C y mediana de 25.80-25.70 °C) se reflejó un mayor incremento de talla en los peces (Tabla 19).

Los porcentajes que representan los crecimientos en talla en el tratamiento Nutripec son de crecimiento absoluto CA= 27.66% y el tratamiento 100% alverja CA= 26.19%, así mismo, el crecimiento relativo (CR) en el tratamiento 100% alverja CR= 27.51% y el tratamiento Nutripec CR= 26.12% mientras el tratamiento 100% maíz obtuvo un menor crecimiento CA= 20.99 % y CR= 20.36%.

En las tasas de crecimiento en talla, los porcentajes más altos son Nutripec y el tratamiento 100% alverja con TCA= 27.67% y TCA= de 26.19%, respectivamente. Así mismo, el tratamiento 100% alverja tiene un porcentaje TCR= 27.39% y TCE= 26.89% y el tratamiento Nutripec un porcentaje de crecimiento TCR= 26.11% y TCE= 25.87% respectivamente, lo cual indica que el crecimiento en los tratamientos Nutripec y 100% alverja fue muy similar.



Tabla 19. Parámetros de crecimiento en talla (longitud total mm) de los juveniles de tilapia de Nilo en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase II de julio-octubre 2021 (113 días).

<b>Parámetros de crecimiento y unidades</b>	<b>100% alverja</b>	<b>100% maíz</b>	<b>50% (alverja + maíz)</b>	<b>Nutripec</b>
Longitud total inicial (mm)	55.56	60.11	56.44	61.78
Longitud total final (mm)	109.22	103.11	108.00	118.44
Crecimiento absoluto (CA) mm	53.67	<b>43.00</b>	51.56	<b>56.67</b>
Tasa de crecimiento absoluto (TCA) mm/día	0.479	<b>0.384</b>	0.46	<b>0.506</b>
Crecimiento relativo (CR) %	<b>0.966</b>	<b>0.715</b>	0.913	0.917
Tasa de crecimiento relativo (TCR) %/día	<b>0.0086</b>	<b>0.0064</b>	0.0082	0.0082
Tasa de crecimiento específico (TCE) %/día	<b>0.604</b>	<b>0.482</b>	0.579	0.581

#### 9.3.2.2. Parámetros de crecimiento en peso

Respecto a los parámetros de crecimiento en peso en la fase II, el mayor crecimiento absoluto (CA) de 26.78 g es en el tratamiento Nutripec y el menor crecimiento absoluto de 20.78 g es en el tratamiento 100% maíz. Respecto al crecimiento relativo (CR), el mayor crecimiento es 4.938% en el tratamiento 100% alverja y el menor de 3.394% en el tratamiento Nutripec (Tabla 20).

Respecto a la tasa de crecimiento absoluto (TCA), se obtuvo el mayor valor de 0.239 g/día en el tratamiento Nutripec y el menor valor de 0.186 g/día en el tratamiento 100% maíz. En la tasa de crecimiento relativo (TCR) y tasa de crecimiento específico (TCE), se obtuvo el mayor valor de 0.044 %/día y 1.590 %/día, respectivamente en el tratamiento 100% alverja y el menor valor de 0.0303 %/día y de 1.322 %/día en el tratamiento Nutripec (Tabla 20).

Durante esta fase II, periodo julio-octubre 2021, los peces obtuvieron los mayores parámetros de crecimiento en peso en CA y la TCA con el alimento Nutripec y los menores parámetros con el tratamiento 100% maíz. Sin embargo, para la CR, TCR y TCE, los mayores parámetros de crecimiento en peso se observaron con el

tratamiento 100% alverja y los menores se obtuvieron con el tratamiento Nutripec (Tabla 20).

Los porcentajes que representan los crecimientos en peso son en el tratamiento Nutripec con un crecimiento absoluto CA= 27.58% y el tratamiento 100% alverja CA= 27.11%, así mismo, para el crecimiento relativo (CR), el mayor porcentaje de crecimiento es para el tratamiento 100% alverja con CR= 30.33% y el menor porcentaje lo tiene el tratamiento Nutripec con CR= 20.85%.

En las tasas de crecimiento en peso, el tratamiento Nutripec representa una TCA= 27.57% y el tratamiento 100% alverja una TCA= 27.10%. Así mismo, el tratamiento 100% alverja tiene una TCR= 30.28% y TCE= 27.55% mientras que el menor porcentaje lo obtiene el tratamiento Nutripec con TCR= 20.85% y TCE= 22.90% lo cual indica que el crecimiento en peso entre los tratamientos fue más homogéneo.

Tabla 20. Parámetros de crecimiento en peso (peso total en g) de los juveniles de tilapia de Nilo en los ensayos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec en la fase II de julio-octubre 2021 (113 días).

<b>Parámetros de crecimiento y unidades</b>	<b>100% alverja</b>	<b>100% maíz</b>	<b>50% (alverja + maíz)</b>	<b>Nutripec</b>
Peso total inicial (g)	5.33	5.78	5.33	7.89
Peso total final (g)	31.67	26.56	28.56	34.67
Crecimiento absoluto (CA) g	26.33	<b>20.78</b>	23.22	<b>26.78</b>
Tasa de crecimiento absoluto (TCA) g/día	0.235	<b>0.186</b>	0.207	<b>0.239</b>
Crecimiento relativo (CR) %	<b>4.938</b>	3.596	4.354	<b>3.394</b>
Tasa de crecimiento relativo (TCR) %/día	<b>0.044</b>	0.0321	0.0389	<b>0.0303</b>
Tasa de crecimiento específico (TCE) %/día	<b>1.590</b>	1.362	1.498	<b>1.322</b>

## 9.4. Análisis de varianza ANOVA

### 9.4.1. Fase I

#### 9.4.1.1. Anova para crecimiento en talla

De acuerdo a los resultados del análisis ANOVA de un factor para determinar el efecto del crecimiento en talla en los cuatro tratamientos, se obtuvo en el análisis una significancia entre los inter-grupos de 0.002 con una probabilidad  $p < 0.05$ , lo cual indica con una seguridad del 95% que existen diferencias significativas entre los grupos de alimentos (Tabla 21).

Tabla 21. Análisis de varianza ANOVA de un factor entre los tratamientos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y Nutripec, para determinar el efecto del crecimiento en talla (mm) en la fase I en el periodo febrero-junio 2021.

ANOVA de un factor					
Longitud en mm					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	206.083	3	68.694	6.349	.002
Intra-grupos	346.222	32	10.819		
Total	552.306	35			

La comparación de medias entre los cuatro tratamientos con el método de Tukey muestra diferencias significativas con un nivel de significancia del 5% equivalente a un alfa de 0.05 y valores para el subconjunto 1 con una media de 49.33 en el tratamiento 50% (alverja + maíz), 50.44 en el tratamiento 100% alverja y 52.00 para el subconjunto 1 y 2, y en el subconjunto 2 una media de 55.67 en el tratamiento 100% maíz (Tabla 22). En esta comparación, el tratamiento 50% (alverja + maíz) obtuvo el mejor resultado en los parámetros de crecimiento en talla y el tratamiento 100% maíz es el alimento que tuvo menor crecimiento en los parámetros de crecimiento en talla descritos anteriormente (Tabla 17).

En este análisis ANOVA de un factor del crecimiento en talla fase I, se acepta la Hipótesis alterna (Ha) que indica que existen diferencias significativas entre cada tipo de alimento y se demuestra que en el crecimiento en talla en la fase I, los alimentos son 100% maíz, 100% alverja y 50% (alverja + maíz), que tienen un efecto diferente sobre el crecimiento en talla de los juveniles de tilapia del Nilo mientras que Nutripec, no tiene un efecto significativo en el crecimiento de los peces. Se rechaza la hipótesis nula (H0) que indica que los cuatro tratamientos tienen el mismo efecto sobre el crecimiento en talla de la tilapia del Nilo.

Tabla 22. Comparación de medias del crecimiento en talla (mm) con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) en los tratamientos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja+maíz) y Nutripec, para determinar el efecto de cada alimento en la fase I en el periodo febrero-junio 2021.

Tratamiento	Subconjunto para alfa = .05		
	1	2	
50% (alverja + maíz)	49.33		b
100% alverja	50.44		b
Nutripec	52	52	ab
100% maíz		55.67	a

#### 9.4.1.2. Anova para crecimiento en peso

Para determinar el efecto del crecimiento en peso, en los resultados del análisis ANOVA entre los inter-grupos se obtuvo una significancia de 0.028 con una probabilidad  $p < 0.05$  o el 95% de confianza que existen diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 23).

Tabla 23. Análisis de varianza ANOVA de un factor entre los tratamientos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja+ maíz) y Nutripec, para determinar el efecto del crecimiento en peso (g) en la fase I en el periodo febrero-junio 2021.

ANOVA de un factor					
Peso en g					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Inter-grupos</b>	19.419	3	6.473	3.462	0.028
<b>Intra-grupos</b>	59.831	32	1.87		
<b>Total</b>	79.25	35			

La comparación de medias entre los cuatro tratamientos con el método de Tukey muestra diferencias significativas con un alfa de 0.05 y valores para el subconjunto 1 con una media de 3.88 en el tratamiento 100% alverja y para el subconjunto 1 y 2 una media de 4.68 en el tratamiento 50% (alverja + maíz) y 5.47 para el tratamiento 100% maíz, mientras que para el subconjunto 2 una media de 5.77 en el tratamiento Nutripec (Tabla 24). En estos resultados las diferencias significativas están entre los tratamientos 100% alverja y Nutripec, tal y como se observa en los parámetros de crecimiento en peso Fase I donde el tratamiento con mejores resultados fue 100% alverja y el alimento con menor resultado fue Nutripec (Tabla 18).

En este análisis ANOVA de un factor del crecimiento en peso fase I, se acepta la Hipótesis alterna (Ha) que indica que existen diferencias significativas entre cada tipo de alimento y se demuestra que en el crecimiento en peso en la fase I, los alimentos que muestran estas diferencias son 100% alverja y Nutripec que tienen un efecto significativo sobre el crecimiento en peso de los juveniles de tilapia del Nilo, mientras que 50% (alverja + maíz) y 100% maíz no muestran diferencias significativas. Se rechaza la hipótesis nula (H0) que indica que los cuatro tratamientos tienen el mismo efecto sobre el crecimiento en peso de la tilapia del Nilo.

Tabla 24. Comparación de medias del crecimiento en peso (g) con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) en los tratamientos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja+ maíz) y Nutripec, para determinar el efecto de cada tratamiento en la fase I en el periodo febrero-junio 2021.

Tratamiento	Subconjunto para alfa = .05		
	1	2	
100% alverja	3.88		b
50% (alverja + maíz)	4.68	4.68	ab
100% maíz	5.47	5.47	ab
Nutripec		5.77	a

#### 9.4.2. Fase II

##### 9.4.2.1. Anova para crecimiento en talla

De acuerdo a los resultados del análisis ANOVA de un factor para determinar el efecto del crecimiento en talla en los cuatro tratamientos, se obtuvo en el análisis una significancia entre los inter-grupos de 0.691 con una probabilidad  $p > 0.05$  lo cual indica que no existen diferencias significativas entre los grupos de alimentos (Tabla 25).

Tabla 25. Análisis de varianza ANOVA de un factor entre los tratamientos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja+ maíz) y Nutripec, para determinar el efecto del crecimiento en talla (mm) en la fase II en el periodo julio-octubre 2021.

ANOVA de un factor					
Longitud en mm					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	483.861	3	161.287	0.491	0.691
Intra-grupos	10502.889	32	328.215		
Total	10986.75	35			

La comparación de medias entre los cuatro tratamientos con el método de Tukey muestra que no existen diferencias significativas entre las medias de los cuatro tratamientos mostrando las medias en un solo subconjunto alfa de 0.05 con medias de 75.78 en el tratamiento 50% (alverja + maíz), 76.78 en el tratamiento 100% maíz, 76.89 en el tratamiento 100% alverja y 84.89 en Nutripec, por lo tanto, el efecto de los alimentos es el mismo, en esta fase (Tabla 26).

En este análisis ANOVA de un factor del crecimiento en talla fase II, se rechaza la hipótesis alternativa (Ha) que indica que existen diferencias significativas en los tratamientos sobre el crecimiento en talla de los peces y se acepta la hipótesis nula (H0) que indica que el efecto de los cuatro tratamientos es el mismo para su crecimiento en talla de los juveniles de tilapia del Nilo.

Tabla 26. Comparación de medias del crecimiento en talla (mm) con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) en los tratamientos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja+maíz) y Nutripec, para determinar el efecto de cada alimento en la fase II en el periodo julio-octubre 2021.

Tratamiento	Subconjunto para alfa = .05	
	1	
50% (alverja + maíz)	75.78	a
100% maíz	76.78	a
100% alverja	76.89	a
Nutripec	84.89	a

#### 9.4.2.2. Anova para crecimiento en peso

De acuerdo a los resultados del análisis ANOVA de un factor para determinar el efecto del crecimiento en peso en los cuatro tratamientos, se obtuvo en el análisis una significancia entre los inter-grupos de 0.653 con una probabilidad  $p > 0.05$  lo cual indica que no existen diferencias significativas entre los grupos de alimentos (Tabla 27).

Tabla 27. Análisis de varianza ANOVA de un factor entre los tratamientos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja+ maíz) y Nutripec, para determinar el efecto del crecimiento en peso (g) en la fase II en el periodo julio-octubre 2021.

ANOVA de un factor					
Peso en g					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Inter-grupos</b>	131.721	3	43.907	.548	.653
<b>Intra-grupos</b>	2563.767	32	80.118		
<b>Total</b>	2695.488	35			

La comparación de medias entre los cuatro tratamientos con el método de Tukey muestra que no existen diferencias significativas entre las medias de los cuatro tratamientos mostrando un solo subconjunto alfa de 0.05 con medias de 13.31 en el tratamiento 100% maíz, 13.74 en el tratamiento 50% (alverja + maíz), 14.67 en el tratamiento 100% alverja y 18.18 en el tratamiento Nutripec, por lo tanto, el efecto de los alimentos es el mismo, en esta fase (Tabla 28).

En este análisis ANOVA de un factor del crecimiento en peso fase II, se rechaza la hipótesis alternativa (Ha) que indica que existen diferencias significativas en los tratamientos sobre el crecimiento en peso de los peces y se acepta la hipótesis nula (H0) que indica que el efecto de los cuatro tratamientos es el mismo para su crecimiento en peso de los juveniles de tilapia del Nilo.

Tabla 28. Comparación de medias del crecimiento en peso (g) con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) en los tratamientos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y Nutripec, para determinar el efecto de cada alimento en la fase II en el periodo julio-octubre 2021.

Tratamiento	Subconjunto para alfa = .05	
	1	
<b>100% maíz</b>	13.31	a
<b>50% (alverja + maíz)</b>	13.74	a
<b>100% alverja</b>	14.67	a
<b>Nutripec</b>	18.18	a



## 9.5. Relación longitud–peso

### 9.5.1. Fase I

Se obtuvieron los valores de las constantes de regresión potencial entre la longitud total y el peso observados de los juveniles de tilapia de Nilo para cada tratamiento.

En el tratamiento 100% alverja  $q= 0.0291$  y  $b= 1.2374$ , con un coeficiente de regresión de  $r= 0.514$ , obteniendo la siguiente ecuación de la relación longitud total (Figura 8a):

$$P=0.0291L^{1.2374}$$

En el tratamiento 100% maíz  $q= 0.0342$  y  $b= 1.2503$  con un coeficiente de regresión de  $r= 0.565$ , obteniendo la siguiente ecuación de la relación longitud total (Figura 8b):

$$P=0.0342L^{1.2503}$$

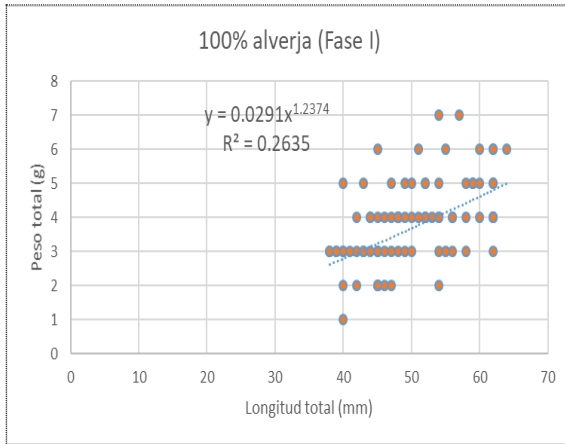
En el tratamiento 50% (alverja + maíz)  $q= 0.0558$  y  $b= 1.124$  con un coeficiente de regresión de  $r= 0.554$  obteniendo la siguiente ecuación de la relación longitud total (Figura 8c):

$$P=0.0558L^{1.124}$$

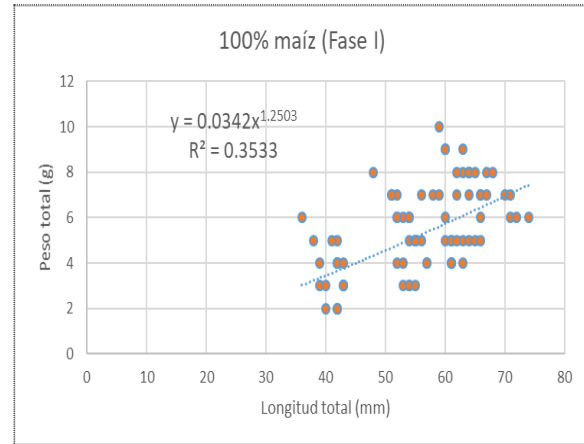
En el tratamiento Nutripec  $q= 0.3662$  y  $b= 0.6625$  con un coeficiente de regresión de  $r= 0.133$ , obteniendo la siguiente ecuación de la relación longitud total (Figura 8d):

$$P=0.3662L^{0.6625}$$

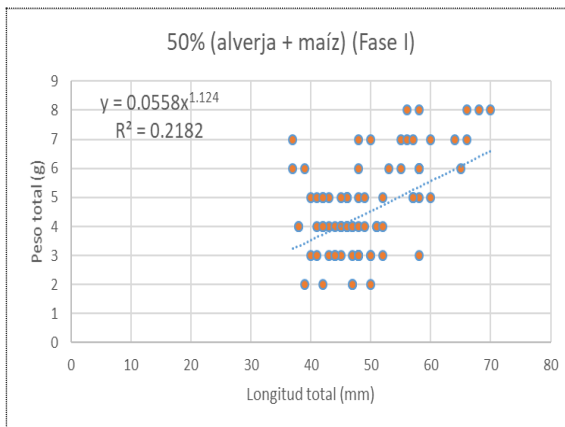
Por lo tanto, con base en los valores de la constante  $b$  de cada uno de los tratamientos, se determina que los juveniles de tilapia del Nilo presentaron un crecimiento de tipo alométrico negativo, es decir, los organismos tienen un peso menor respecto a su longitud (crecen más en talla que en peso).



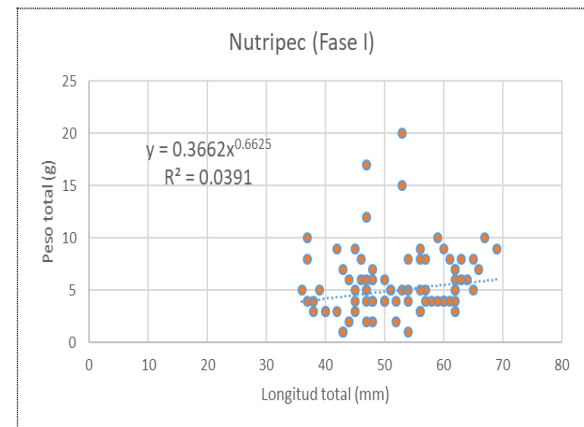
a)



b)



c)



d)

Figura 8 a, b, c, d. Relación peso-longitud de los juveniles de tilapia del Nilo de los tratamientos a) 100% alverja, b) 100% maíz, c) 50% (alverja + maíz) y d) testigo (alimento Nutripec) en la fase I de febrero-junio 2021.

### 9.5.2. Fase II

Respecto a los valores de las constantes de regresión potencial entre la longitud total y el peso de la población por cada uno de los tratamientos en la fase II se obtuvo lo siguiente (Figura 9 a-d):

En el tratamiento 100% alverja se obtuvo  $q= 0.0003$  y  $b= 2.4273$  con un coeficiente de regresión de  $r= 0.963$ , obteniendo la siguiente ecuación de la relación longitud total (Figura 9a):

$$P=0.0003L^{2.4273}$$

En el tratamiento 100% maíz  $q= 0.0013$  y  $b= 2.1035$  con un coeficiente de regresión de  $r= 0.903$  obteniendo la siguiente ecuación de la relación longitud total (Figura 9b):

$$P=0.0013L^{2.1035}$$

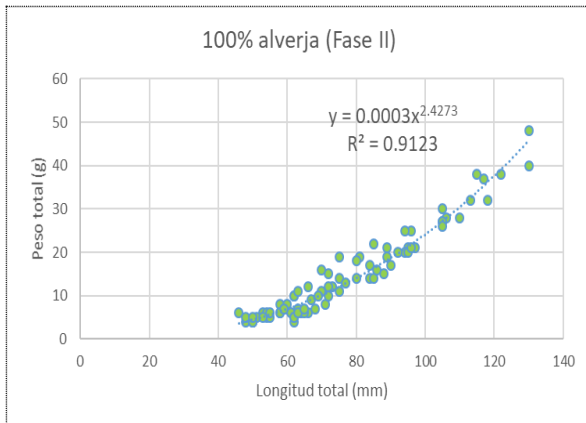
En el tratamiento 50% (alverja + maíz)  $q= 0.0004$  y  $b= 2.3864$  con un coeficiente de regresión de  $r= 0.956$ , obteniendo la siguiente ecuación de la relación longitud total (Figura 9c):

$$P=0.0004L^{2.3864}$$

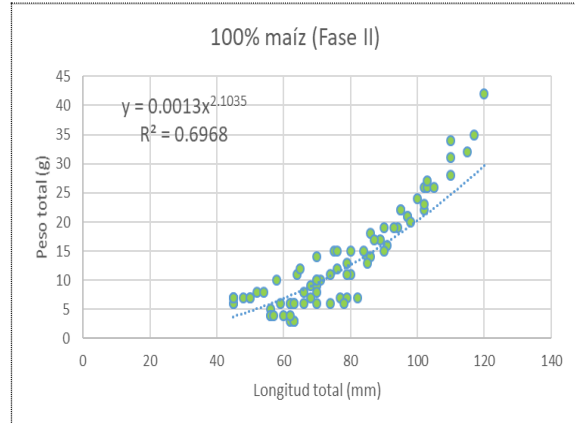
Para el tratamiento Nutripec  $q= 0.0004$  y  $b= 2.37$  con un coeficiente de regresión de  $r= 0.972$  obteniendo la siguiente ecuación de la relación longitud total (Figura 9d):

$$P=0.0004L^{2.37}$$

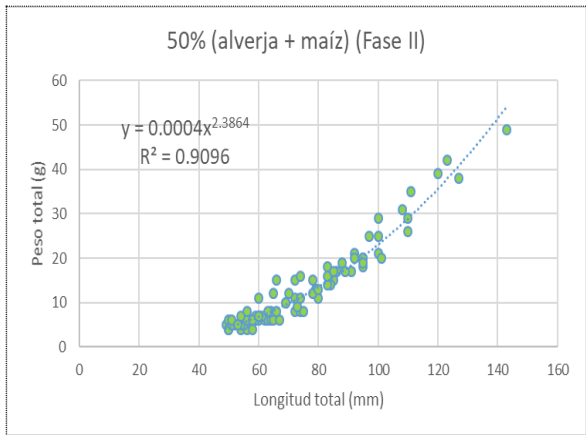
En la fase II, los juveniles de tilapia del Nilo presentaron un mayor crecimiento en peso que en la fase I, sin embargo, respecto a los valores de la constante  $b$ , se determina que los juveniles de tilapia del Nilo presentaron un crecimiento de tipo alométrico negativo, que quiere decir, que los organismos tienen un peso menor respecto a su longitud (crecen más en talla que en peso).



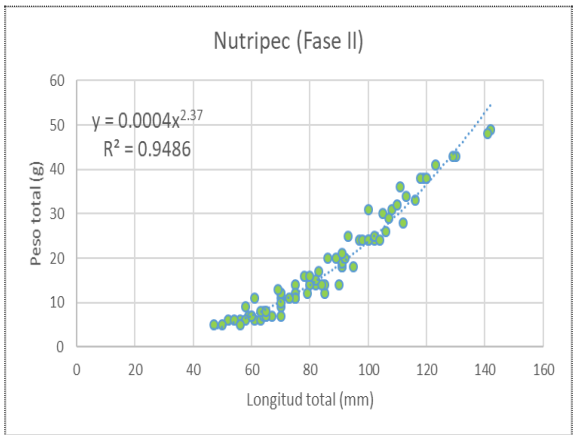
a)



b)



c)



d)

Figura 9 a, b, c, d. Relación peso-longitud de los juveniles de tilapia del Nilo de los tratamientos a) 100% alverja, b) 100% maíz, c) 50% (alverja + maíz) y d) testigo (alimento Nutripec) en la fase II de julio-octubre 2021.

## 9.6. Variación de parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos medidos en cada uno de los cuatro tratamientos fueron: temperatura ambiental ( $T_{am}$  °C), temperatura del agua ( $T_{agua}$  °C), oxígeno disuelto del agua ( $O_2$  ppm), conductividad eléctrica del agua ( $C_e$   $\mu$ S/cm), sólidos disueltos totales del agua ( $S_d$  ppm), pH del agua, amonio del agua ( $A$  ppm) y nitratos del agua ( $N$  ppm). Las medidas descriptivas calculadas de cada parámetro son media, mediana, varianza, desviación estándar y rango. Se compararon los valores de estas medidas de los cuatro tipos de alimentos en cada fase.

### 9.6.1. Fase I

Las medidas descriptivas de cada parámetro en el periodo de esta fase están en la Tabla 29.

En los cuatro tratamientos: la media de 18.23 °C y la mediana de 18.20 °C de la temperatura ambiental son las mismas; la media de 19.07-19.5 °C y la media de 19.0-19.5 °C de la temperatura del agua varían poco; el intervalo de variación de la media y mediana es de 6.38-6.42 ppm del oxígeno disuelto del agua; las variaciones de la media es de 404.33-434.67  $\mu$ S/cm y la mediana es de 397-442  $\mu$ S/cm de la conductividad eléctrica; la media y mediana de sólidos disueltos totales en el agua fue de 201.33-217.33 y de 198-221 ppm, respectivamente; el pH del agua es 7.6; el amonio es 0.25 ppm; y la media y mediana de la concentración de nitratos es de 10.00-16.33 ppm y de 10-16 ppm, respectivamente (Tabla 29).

Tabla 29. Media, mediana, varianza, desviación estándar e intervalo de variación de ocho parámetros fisicoquímicos: temperatura ambiental ( $T_{am}$ ), temperatura del agua ( $T_{agua}$ ), oxígeno disuelto ( $O_{2d}$ ), conductividad eléctrica ( $C_e$ ), sólidos disueltos totales ( $S_d$ ), pH, amonio ( $A$ ) y nitratos ( $N$ ), en los tratamientos 100%

alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec (testigo) en la fase I de febrero-junio 2021.

Tratamiento	Medidas descriptivas	Tam °C	Tagua °C	O <sub>2</sub> d ppm	Ce µS/cm	Sd ppm	pH	A ppm	N ppm
<b>100% alverja</b>	Media	<b>18.23</b>	<b>19.07</b>	<b>6.42</b>	422.00	209.33	7.60	0.25	16.00
	Mediana	<b>18.20</b>	19.00	<b>6.42</b>	431.00	216.00	7.60	0.25	15.00
	Varianza	0.02	0.01	0.00	1467.00	517.33	0.00	0.00	13.00
	Desviación estándar	0.15	0.12	0.06	38.30	22.74	0.00	0.00	3.61
	Rango	0.30	0.20	0.11	75.00	44.00	0.00	0.00	7.00
<b>100% maíz</b>	Media	<b>18.23</b>	19.10	6.40	<b>404.33</b>	<b>201.33</b>	7.60	0.25	12.67
	Mediana	<b>18.20</b>	19.10	<b>6.38</b>	<b>397.00</b>	<b>198.00</b>	7.60	0.25	12.00
	Varianza	0.02	0.00	0.00	1265.33	297.33	0.00	0.00	4.33
	Desviación estándar	0.15	0.00	0.05	35.57	17.24	0.00	0.00	2.08
	Rango	0.30	0.00	0.09	70.00	34.00	0.00	0.00	4.00
<b>50% (alverja + maíz)</b>	Media	<b>18.23</b>	<b>19.50</b>	6.40	<b>434.67</b>	<b>217.33</b>	7.60	0.25	<b>10.00</b>
	Mediana	<b>18.20</b>	19.50	6.41	<b>442.00</b>	<b>221.00</b>	7.60	0.25	<b>10.00</b>
	Varianza	0.02	0.00	0.00	209.33	52.33	0.00	0.00	1.00
	Desviación estándar	0.15	0.00	0.05	14.47	7.23	0.00	0.00	1.00
	Rango	0.30	0.00	0.09	26.00	13.00	0.00	0.00	2.00
<b>Nutripec</b>	Media	<b>18.23</b>	<b>19.07</b>	<b>6.38</b>	414.67	205.33	7.60	0.25	<b>16.33</b>
	Mediana	<b>18.20</b>	19.10	6.39	425.00	213.00	7.60	0.25	<b>16.00</b>
	Varianza	0.02	0.00	0.00	2432.33	746.33	0.00	0.00	0.33
	Desviación estándar	0.15	0.06	0.03	49.32	27.32	0.00	0.00	0.58
	Rango	0.30	0.10	0.06	97.00	53.00	0.00	0.00	1.00

### 9.6.2. Fase II

En los cuatro tratamientos: la media de 17.03 °C y la mediana de 17.00 °C de la temperatura ambiental son las mismas; la media de 25.80-25.83 °C y la mediana de 25.80-25.70 °C de la temperatura del agua con poca variación; un intervalo de variación de la media y mediana de 6.08-6.11 ppm del oxígeno disuelto del agua, variaciones de media de 407.67-427.33 µS/cm y la mediana de 393-439 µS/cm de la conductividad eléctrica del agua; la media 196-212.33 ppm y mediana 196.00-219 ppm de sólidos disueltos totales en el agua; el pH del agua es 7.6; el amonio es de 0.25 ppm; y la media y mediana de la concentración de nitratos fue de 11.33-19.67 ppm y de 10-19 ppm, respectivamente (Tabla 30).

Tabla 30. Media, mediana, varianza, desviación estándar e intervalo de variación de ocho parámetros fisicoquímicos: temperatura ambiental (Tam), temperatura del agua (Tagua), oxígeno disuelto (O<sub>2</sub>d), conductividad eléctrica (Ce), sólidos disueltos totales (Sd), pH, amonio (A) y nitratos (N), en los tratamientos 100% alverja, 100% maíz, 50% (alverja + maíz) y alimento Nutripec (testigo) en la fase II de julio-octubre 2021.

Tratamiento	Medidas descriptivas	Tam °C	Tagua °C	O <sub>2</sub> d ppm	Ce µS/cm	Sd ppm	pH	A ppm	N ppm
<b>100% alverja</b>	Media	<b>17.03</b>	<b>25.83</b>	<b>6.11</b>	425.00	212.33	7.60	0.25	12.33
	Mediana	<b>17.00</b>	<b>25.80</b>	<b>6.10</b>	436.00	218.00	7.60	0.25	14.00
	Varianza	0.02	0.02	0.00	1423.00	366.33	0.00	0.00	8.33
	Desviación estándar	0.15	0.15	0.02	37.72	19.14	0.00	0.00	2.89
	Rango	0.30	0.30	0.04	73.00	37.00	0.00	0.00	5.00
<b>100% maíz</b>	Media	<b>17.03</b>	<b>25.83</b>	6.09	407.67	<b>196.00</b>	7.60	0.25	<b>11.33</b>
	Mediana	<b>17.00</b>	<b>25.80</b>	6.09	393.00	<b>196.00</b>	7.60	0.25	<b>10.00</b>
	Varianza	0.02	0.02	0.00	1061.33	16.00	0.00	0.00	10.33
	Desviación estándar	0.15	0.15	0.01	32.58	4.00	0.00	0.00	3.21
	Rango	0.30	0.30	0.02	60.00	8.00	0.00	0.00	6.00
<b>50% (alverja + maíz)</b>	Media	<b>17.03</b>	<b>25.83</b>	6.09	427.33	<b>213.33</b>	7.60	0.25	13.67
	Mediana	<b>17.00</b>	<b>25.80</b>	6.09	432.00	216.00	7.60	0.25	13.00
	Varianza	0.02	0.02	0.00	160.33	41.33	0.00	0.00	1.33
	Desviación estándar	0.15	0.15	0.02	12.66	6.43	0.00	0.00	1.15
	Rango	0.30	0.30	0.03	24.00	12.00	0.00	0.00	2.00
<b>Nutripec</b>	Media	<b>17.03</b>	<b>25.80</b>	<b>6.08</b>	425.67	212.33	7.60	0.25	<b>19.67</b>
	Mediana	<b>17.00</b>	<b>25.70</b>	<b>6.08</b>	439.00	<b>219.00</b>	7.60	0.25	<b>19.00</b>
	Varianza	0.02	0.03	0.00	1733.33	433.33	0.00	0.00	9.33
	Desviación estándar	0.15	0.17	0.02	41.63	20.82	0.00	0.00	3.06
	Rango	0.30	0.30	0.04	80.00	40.00	0.00	0.00	6.00

## 9.7. Alimento recomendado

Como parte de los proyectos de piscicultura sustentables en las comunidades rurales de Oaxaca y en específico de la región mixteca, de acuerdo con los resultados de crecimiento en talla y peso, así como de las medidas descriptivas y parámetros de crecimiento obtenidos en esta investigación, se propone proporcionar a los cultivos de tilapia el alimento Nutripec, debido a que en la fase I, el tratamiento Nutripec mostró un mayor crecimiento en talla y peso al final del periodo de 118 días, con 59 mm y 6.2 g; así mismo, en la fase II, Nutripec mostró un mayor crecimiento en talla y peso al final del periodo de 113 días, con 118 mm y 34.7 g.

En cuanto a las medidas descriptivas en la fase I, el tratamiento 100% maíz presentó la mayor longitud total media de 55.67 mm y el mayor peso total medio de 5.77 g se obtuvo con Nutripec. En la fase II, Nutripec mostró la mayor longitud total media con 84.89 mm y un peso total medio de 18.18 g.

De acuerdo a los parámetros de crecimiento en talla en la fase I, el tratamiento 50% (alverja + maíz) presentó los parámetros más altos, con crecimiento absoluto de 11.67 mm, tasa de crecimiento absoluto de 0.100 mm/día, crecimiento relativo de 0.273%, tasa de crecimiento relativo de 0.0023 %/día y tasa de crecimiento específico de 0.206 %/día. Sin embargo, los mayores parámetros de crecimiento en peso los muestra el tratamiento 100% alverja, con crecimiento absoluto de 1.56 g, tasa de crecimiento absoluto de 0.013 g/día, crecimiento relativo de 0.452%, tasa de crecimiento relativo de 0.0039 %/día y tasa de crecimiento específico de 0.319 %/día.

En la fase II, son dos tratamientos los que presentan el mayor crecimiento en talla; Nutripec con un crecimiento absoluto de 56.67 mm, tasa de crecimiento absoluto de 0.506 mm/día, y el tratamiento 100% alverja con un crecimiento relativo de 0.966%. tasa de crecimiento relativo de 0.0086 %/día y tasa de crecimiento específico de 0.604 %/día. Los mayores parámetros de crecimiento en peso



también se observan con los tratamientos mencionados en longitud que son Nutripec y 100% alverja; por lo tanto, Nutripec muestra un crecimiento absoluto de 26.78 g, tasa de crecimiento absoluto de 0.239 g/día, y el tratamiento 100% alverja muestra un crecimiento relativo de 4.938%, tasa de crecimiento relativo de 0.044 %/día y tasa de crecimiento específico de 1.590 %/día.

El alimento Nutripec se adquiere en la ciudad de Oaxaca de Juárez de Distribuidora de alimentos “El Tío” ubicada en la Central de Abastos de la ciudad. Para los piscicultores con cultivos semi-intensivos de tilapia, adquirir el alimento desde la distribuidora a sus unidades de producción es costoso por el precio del alimento y los gastos de traslado. Por lo tanto, dadas las condiciones económicas y recursos alimenticios disponibles en la región, y debido a los resultados descritos anteriormente sobre los parámetros de crecimiento, se recomienda el alimento 100% alverja, el cual, en condiciones favorables de desarrollo y principalmente con una temperatura del agua entre 20-30°C como requerimiento para el cultivo de tilapia del Nilo (Baltazar y Palomino, 2004), el alimento *P. sativum* mejor conocido como alverja, resulta un alimento favorable para su crecimiento.

Así mismo, en la región Mixteca, la alverja es un grano que se cultiva en la región y se encuentra disponible durante todo el año a un precio muy accesible a la población. Es uno de los cultivos tradicionales junto con el maíz, frijol y calabaza por lo que hasta ahora se ha utilizado únicamente para consumo humano.

## 10. Discusión

En la fase I a temperatura de agua promedio de 19.07-19.50 °C en 118 días para cada tratamiento se obtuvieron las siguientes longitudes totales promedio: 100% alverja 54 mm, 100% maíz 58 mm, 50% (alverja + maíz) 54 mm y Nutripec 59 mm. En la fase II a temperatura de agua promedio de 25.80-25.83 °C en 113 días para cada tratamiento se registraron las siguientes longitudes totales promedio: 100% alverja 109 mm, 100% maíz 103 mm, 50% (alverja + maíz) 108 mm y Nutripec 118 mm; entonces en esta fase se tiene el mayor crecimiento en talla.

En la fase I a la misma temperatura de agua promedio e igual lapso de tiempo para cada tratamiento se consiguieron los siguientes pesos promedio: 100% alverja 5.0 g, 100% maíz 4.9 g, 50% (alverja + maíz) 5.2 g y Nutripec 6.2 g. En la fase II para cada tratamiento se obtuvieron los siguientes pesos promedio: 100% alverja 31.7 g, 100% maíz 26.6 g, 50% (alverja + maíz) 28.6 g y Nutripec con 34.7 g; por lo que en dicha fase se presenta el mayor crecimiento en peso.

La fase I presenta el menor crecimiento en talla y peso por la baja temperatura del agua media de 19.3 °C, lo cual concuerda con Villafuerte (2014), quien compara el crecimiento de tilapia del Nilo en etapa juvenil con cuatro tipos de alimentos y a diferentes temperaturas durante 115 días, el cual reporta que a una temperatura promedio de 19.7 °C un tipo de alimento no logra incrementar lo deseado en longitud, a diferencia con temperaturas más altas. Según Atwood *et al.* (2003), citados por Ruíz *et al.* (2006), el crecimiento de la tilapia del Nilo en temperaturas frías fue aceptable, porque obtuvo un peso promedio de 300 g, que no fue el deseado; menciona que a temperatura del agua de 13-18 °C esta tilapia disminuye su actividad alimenticia y en otras ocasiones, detiene totalmente dicha actividad, ocasionando riesgo para cualquier cultivo de tilapia; también indica que a temperaturas más bajas de hasta 10 °C mueren las tilapias.

En los parámetros de crecimiento en talla en la fase I, a pesar de la baja temperatura del agua media de 19.3 °C, el tratamiento que mejores resultados mostró fue el 50% (alverja + maíz), con crecimiento absoluto de 11.67 mm y tasa

de crecimiento absoluto de 0.100 mm/día. En la fase II a temperatura del agua media de 25.8 °C, el alimento Nutripec presentó los valores más altos, con crecimiento absoluto de 56.67 mm y tasa de crecimiento absoluto de 0.506 mm/día; la dieta de 100% alverja tuvo un crecimiento absoluto de 53.67 mm y una tasa de crecimiento absoluto de 0.479 mm/día, valores muy cercanos al tratamiento Nutripec. Sin embargo, en la fase II el tratamiento 100% alverja mostró datos mayores que el alimento Nutripec en crecimiento relativo (0.966%), tasa de crecimiento relativo (0.0086 %/día) y tasa de crecimiento específico (0.604 %/día); en Nutripec se obtuvo crecimiento relativo de 0.917%, tasa de crecimiento relativo de 0.0082 %/día y tasa de crecimiento específico de 0.581 %/día. Por lo cual, en cuanto a los parámetros de crecimiento en talla en la fase I (crecimiento absoluto, tasa de crecimiento absoluto, crecimiento relativo, tasa de crecimiento relativo y tasa de crecimiento específico) el mejor alimento es 50% (alverja + maíz) y en la fase II, los mejores alimentos son Nutripec en crecimiento absoluto y tasa de crecimiento absoluto, y 100% alverja en crecimiento relativo, tasa de crecimiento relativo y tasa de crecimiento específico.

En los parámetros de crecimiento en peso en la fase I en el tratamiento 100% alverja se obtuvieron los mejores resultados, con crecimiento absoluto de 1.56 g, tasa de crecimiento absoluto de 0.013 g/día, crecimiento relativo de 0.452%, tasa de crecimiento relativo de 0.0039 %/día y tasa de crecimiento específico de 0.319 %/día; el alimento Nutripec mostró valores negativos en crecimiento absoluto con valores de -4.22 g, tasa de crecimiento absoluto -0.036 g/día, crecimiento relativo -0.404%, tasa de crecimiento relativo -0.0035 %/día y tasa de crecimiento específico -0.443 %/día, debido a la pérdida de peso por la baja temperatura del agua media de 19.3 °C. En la fase II los tratamientos Nutripec y 100% alverja muestran los mejores valores, donde el tratamiento Nutripec tiene los mayores valores en crecimiento absoluto de 26.78 g y tasa de crecimiento absoluto de 0.239 g/día, y el tratamiento 100% alverja presenta los valores más altos en crecimiento relativo de 4.938%, tasa de crecimiento relativo de 0.044 %/día y tasa de crecimiento específico de 1.590 %/día; aunque el alimento Nutripec tiene

valores menores en crecimiento relativo de 3.394%, tasa de crecimiento relativo de 0.0303 %/día y tasa de crecimiento específico de 1.322 %/día.

Los parámetros de crecimiento absoluto en peso en la fase II, se relacionan a los reportados por McCallum *et al.* (2000), quienes en un estudio de 84 días y a una temperatura del agua de 24-27°C, obtuvieron resultados favorables para tilapia del Nilo con la dieta que contenía 50% soya + 50% alverja extruída con crecimiento absoluto de 18.72 g; con el alimento 100% alverja cruda, tuvieron crecimiento absoluto de 14.42 g y con el alimento comercial (no se menciona la marca) registraron un crecimiento absoluto de 13.32 g demostrando que las dietas de alverja extruída y cruda proporcionan resultados favorables para el crecimiento en peso en dietas para tilapia del Nilo juvenil.

Otros resultados similares al crecimiento absoluto en peso y talla en la fase II, son los de Corazon *et al.* (2001), quienes probaron dietas en tilapia del Nilo a temperatura del agua de 23-27 °C en 63 días, en las cuales sustituyeron el 10, 20, 30, 40 y 50% de proteína de harina de pescado por alverja al 12.7, 25.3, 37.5, 50.7 y 63.3%, respectivamente; los mejores resultados fueron con la sustitución del 10% de esta proteína equivalente al 12.7% de alverja, con crecimiento absoluto en peso de 34.0 g y crecimiento absoluto en talla de 34 mm; los autores concluyeron que la alverja es un alimento con proteína vegetal que puede usarse como alimento crudo o extruído y que puede incorporarse en dietas para tilapia del Nilo a diferentes porcentajes, para reemplazar la harina de pescado, sin afectar el crecimiento y supervivencia de los peces, especialmente cuando el costo de la harina de pescado es elevado.

Resultados que también se relacionan con crecimientos favorables en crecimiento absoluto en peso y talla en la fase II, son los de Hussin *et al.* (2010) que evaluaron varios tipos de alimentos en tilapia del Nilo en 98 días de investigación, donde sustituyeron parcialmente el 25, 50 y 75% la harina de pescado por residuos de alverja, los valores más altos de crecimiento fueron con el alimento que contenía 75% alverja + 25% harina de pescado con crecimiento absoluto en talla de 38 mm y crecimiento absoluto en peso de 10.18 g a temperatura del agua media de 25°C

y pH de 7.4, similares a los parámetros de la fase II. Los juveniles no mostraron efectos negativos en el desarrollo de los peces al incorporar alverja en sus dietas. Se reducen los costos de alimentación al sustituir la harina de pescado con proteína vegetal, porque existe un mayor costo de alimentación con el alimento comercial o control; por lo que concluyen que la tilapia del Nilo se puede alimentar de manera segura y eficiente con la sustitución de harina de pescado por fuentes de proteína vegetal, como la alverja, sin mostrar efectos adversos en el rendimiento de su cultivo.

En la variación de los valores de parámetros físicos en las dos fases, en la fase I de febrero-junio 2021 la temperatura ambiental media fue 18.23 °C y en la fase II de julio-octubre 2021 fue 17.03 °C. La temperatura del agua promedio en la fase I fue 19.07-19.50 °C y en la fase II fue 25.80-25.83 °C, esta temperatura en la fase I impidió el desarrollo en los juveniles de tilapia de Nilo y que se vio reflejado en los resultados de crecimiento en talla y peso descritos anteriormente, y dicha temperatura en la fase II permitió un mejor crecimiento de los peces en talla y peso; esta especie se desarrolla mejor en un rango de temperatura de 20-30 °C, aunque pueden soportar temperaturas menores, las temperaturas debajo de 10 °C les ocasiona la muerte (Baltazar y Palomino, 2004); por lo que en la fase I los juveniles tuvieron un lento crecimiento, aunque no murieron ni se enfermaron, debido a que no encontraron las condiciones de temperatura ambiental y del agua adecuadas para su desarrollo.

El oxígeno disuelto en el agua es indispensable para el desarrollo de la tilapia del Nilo, requiriendo una concentración mayor a 4.5 ppm para favorecer su crecimiento (Baltazar y Palomino, 2004); las concentraciones medias registradas de este oxígeno en la fase I fue 6.38-6.42 ppm y en la fase II 6.08-6.11 ppm, por lo que estos intervalos se encuentran dentro del rango óptimo reportado por estos autores.

Las especies de agua dulce que se cultivan en piscicultura toleran cierto rango de salinidad, es decir, sales disueltas en el agua, que se puede medir a partir de la conductividad eléctrica (Ce), así el agua potable tiene un rango de conductividad

eléctrica de 50-500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Por otra parte, la salinidad aparte de medir concentración de iones en el agua, también mide la concentración de sólidos disueltos totales (Sd). Es por esta razón que la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales, están estrechamente relacionados (Boyd, 2017). En esta investigación en agua de la red potable de manantial se midió Ce y Sd con un conductímetro, en la fase I la Ce media fue 404.33-434.67  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y los Sd promedio fueron 201.33-217.33 ppm, en la fase II la Ce media fue 407.33-427.33  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y los Sd promedio fueron 196.00-213.33 ppm.

El cultivo de tilapia del Nilo requiere un rango de pH de 6-9 (Saavedra, 2006); en las dos fases de este estudio el pH 7.5 fue constante que se considera como un nivel óptimo.

El nivel óptimo de amoníaco o ion amonio producido por los desechos de los peces y restos de alimento o materia orgánica presente en el agua, debe estar debajo de 1 ppm, ya que por arriba de este nivel se considera como un indicador de contaminación en el agua (Bautista y Ruiz, 2011); en las dos fases de esta investigación la concentración promedio de amonio fue 0.25 ppm.

De acuerdo a los niveles de nitratos, en el intervalo de concentración de 0-40 ppm se puede desarrollar la tilapia, si la concentración es mayor a 80 ppm, se considera como tóxica para su desarrollo (Bautista y Ruiz, 2011); en esta investigación en la fase I la concentración media de nitratos fue 10.00-16.33 ppm y en la fase II fue 11.33-19.67 ppm, lo cual indica que estos intervalos no sobrepasaron la concentración tóxica de nitratos que pondría en peligro la existencia de los organismos.

En la cabecera municipal de Tlaxiaco de la región Mixteca de Oaxaca, la temperatura ambiental va desde los 0°C en invierno hasta los 27 °C sobre todo en verano (Ramos, 2009); sin embargo, por ser un municipio con clima templado, los principales factores que impidieron obtener resultados óptimos en este proyecto de investigación, en la fase I fueron las bajas temperaturas ambiental y del agua; sin embargo, en la fase II a una temperatura del agua media de 25.80-25.83 °C se

obtuvieron resultados favorables de crecimiento en talla y peso, lo cual indica que en localidades de la región Mixteca donde se cultiva tilapia, como por ejemplo el distrito de Huajuapán de León (López, 2017), se recomienda proporcionar el alimento alverja en pellets como opción de alimentación para disminuir los costos de alimentación de tilapia del Nilo.

## 11. Conclusiones

Las tilapias del Nilo se adaptaron a la temperatura fría tanto del ambiente como del agua durante la fase I, con un 100% de sobrevivencia y 0% de organismos enfermos, considerando un bajo crecimiento en talla y peso influenciado por la temperatura registrada durante el experimento. Un cultivo de tilapia no se recomienda para un proyecto productivo sustentable en localidades con bajas temperaturas en la Mixteca oaxaqueña. Como alternativa a las condiciones ambientales imperantes en el área de estudio, existe la opción de realizar una unidad de producción a través de cultivos intensivos en invernadero, donde se puede aumentar y controlar la temperatura ambiental y del agua, y de esta manera obtener óptimos resultados, pero con una mayor inversión inicial principalmente debido a la construcción, infraestructura, manejo y mantenimiento del cultivo, por lo que se requiere un estudio de costo beneficio para este tipo de unidades de producción.

A pesar de que las tilapias detuvieron su alimentación en la fase I, durante la fase II, al aumentar la temperatura del agua, los peces aceptaron mejor los cuatro tipos de alimentos (100% alverja, 100% maíz, 50% alverja + 50% maíz y Nutripec), por lo que se obtuvo un mejor incremento en talla y peso; se concluye que Nutripec ofrece mejor crecimiento en talla, con crecimiento absoluto de 56.67 mm y una tasa de crecimiento absoluto de 0.506 mm/día, lo que representa el mayor porcentaje de tasa de crecimiento absoluto de 27.67% respecto a los otros tres alimentos; también con Nutripec se obtuvo un buen crecimiento en peso, con un crecimiento absoluto en peso de 26.78 g y una tasa de crecimiento absoluto de 0.23 g/día, que representa el mayor porcentaje de tasa de crecimiento absoluto del 27.57% de los otros tres alimentos.

También en la fase II, en el alimento 100% alverja se registró un mayor crecimiento en talla, con un crecimiento relativo de 0.966% y una tasa de crecimiento relativo de 0.0086 %/día, que representa el mayor porcentaje de tasa de crecimiento relativo del 27.39% de los otros tres alimentos; también tiene una



tasa de crecimiento específico de 0.604 %/día que representa el mayor porcentaje de tasa de crecimiento específico del 26.89% de los otros tres alimentos. Así mismo obtuvo el mayor crecimiento en peso, con crecimiento relativo de 4.938% y tasa de crecimiento relativo de 0.044 %/día, representando el mayor porcentaje de tasa de crecimiento relativo del 30.28% de los otros tres alimentos y con tasa de crecimiento específico de 1.590 %/día, representando el mayor porcentaje de tasa de crecimiento específico del 26.89% de los otros tres alimentos.

El tratamiento 100% alverja no muestra que todos los parámetros de crecimiento en talla y peso sean más altos, porque comparte el crecimiento más alto en longitud y peso junto con el tratamiento Nutripec; sin embargo, la alverja es un alimento óptimo para los cultivos de tilapia en la región Mixteca, siempre y cuando se realicen en condiciones ambientales y del agua favorables para su crecimiento.

Proporcionar granos disponibles en la región Mixteca como alimento para tilapia del Nilo, reduce los costos de producción de peces en zonas rurales; el realizar investigaciones y proponer dietas derivadas de una fuente de proteína vegetal a bajo costo para alimentación piscícola, ayuda a los pequeños productores a tomar mejores decisiones en sus cultivos, así, una dieta de 100% alverja, reduce los costos de alimentación por ser un grano producido y comercializado en la región mixteca y utilizado para consumo humano; en cambio el alimento Nutripec para tilapias solamente se adquiere de una comercializadora de la ciudad de Oaxaca, lo que aumenta los costos de producción que no pueden pagar los productores que se dedican a los cultivos semi-intensivos de tilapia del Nilo de esta región.

## 12. Bibliografía

- Alvarado, Q. M. M. y Guzmán, C. Y. E. 2020. Efecto de tres dietas en el crecimiento de *Oreochromis aureus* "tilapia" en el módulo piscícola La Balsa, Jaén – San Ignacio. Tesis de grado para obtener el título de Biólogo pesquero. Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Biológicas. Trujillo, Perú. pp. 1-58.
- Aragón, C. F., Taba, S., Hernández, C. J. M., Figueroa, C. J. y Serrano, A. V. 2005. Actualización de la información sobre los maíces criollos de Oaxaca. Proyecto CONABIO CS-002. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP. Campo Experimental Valles Centrales. Oaxaca, México. pp. 1-133.
- Badii, M. H., Castillo, J., Rodríguez, Wong, A. y Villalpando, P. 2007. Diseños experimentales e investigación científica. UANL, San Nicolás, México. pp. 1-48.
- Baltazar, G. P. M. 2007. La Tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas. Centro de Acuicultura Tambo de Mora. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES). Revista de Biología. Número especial 13(3). Avances de las ciencias biológicas en el Perú. Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM. Perú. pp. 267-273.
- Baltazar, G. P. M. y Palomino, R. A. M. 2004. Manual de cultivo de tilapia. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES). Gerencia de acuicultura. Lima, Perú. pp. 1-116.
- Bautista, C. J. C. y Ruiz, V. A. J. M. 2011. Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. Revista Fuente Año 3. No.8 Dirección de Fortalecimiento a la Investigación. Universidad Autónoma de Nayarit, México. pp.10-14.
- Boyd, C. E. 2017. Conductividad eléctrica del agua, parte 1. Principios y medición de un importante parámetro de producción. Global Aquaculture Advocate. <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/conductividad-electrica-del-agua-parte-1/>
- Castro, C. G. A. 2005. Evaluación de harinas de arveja (*Pisum sativum* L.) de tres cultivares, como sustituto parcial de harina de pescado, en la formulación de alimento para salmónidos. Tesis de Ingeniería. Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería en alimentos. Chile. p. 18.
- Condori, G., Ayala, C., Renieri, C., Rodriguez, T. y Martínez, Z. 2018. Crecimiento alométrico en camélidos sudamericanos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y de Recursos Naturales. San Andrés Bolivia. pp. 48 – 53.

- Corazon, B. S., Perla, S. E. and Timothy, P. W. 2001. Feed Pea (*Pisum Sativum*) As An Alternative Protein Source In The Diets Of Nile Tilapia, *Oreochromis Niloticus* (L.). Aquaculture Department. Southeast Asian Fisheries Development Center. USA Dry Pea & Lentil Council. Unites States of America. pp. 11-19.
- Dagnino, S. J. 2014. Análisis de Varianza. Bioestadística y epidemiología. División de Anestesiología. Pontificia Universidad Católica de Chile. Revista ChilAnest. Chile. pp. 306-310.
- Delgadillo, C. A. C., Martínez, P. C. A., Berruecos, V. J. M., Ulloa, A. R., López, O. R. y Vásquez, P. C. G. 2012. Caracterización de la curva de crecimiento en dos especies de pez blanco *Chirostom estor*, *C. promelas* y sus híbridos. Departamento de Genética y Bioestadística, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. pp. 113-121.
- FAO. 2002. Informe de la primera reunión del subcomité de acuicultura - Beijing, República Popular China. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Informe de Pesca No 674. FIRI/R674 (Tri). ISSN 0429-9337. Comité de pesca. Roma. pp. 1-103.
- FAO. 2007. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2006. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO, Roma. pp. 1-198.
- FAO. 2018. El estado mundial de la pesca y acuicultura. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, Roma. pp. 1-250.
- FAO. 2020a. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. ISSN 1020-5500. Roma. pp. 1-243.
- FAO. 2020b. Sistema de Información sobre Alimentos y Recursos Fertilizantes para la Acuicultura. <http://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/nile-tilapia/references/es/> Fecha de consulta, 10 de junio de 2020.
- Fitzsimmons, K. 2000. Tilapia aquaculture in Mexico. Department of Soil, Water and Environmental Science. University of Arizona Tucson, Arizona, United States. pp. 171-183.
- Froese, R. y Pauly, D. Editores. 2019. FishBase. Publicación electrónica de la World Wide Web. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), versión (12/2019). Fecha de consulta, 04 de junio de 2020.
- García, M. A., Tenorio, L. P. y Reyes, S. J. 1994. El endemismo en la flora fanerogámica de la Mixteca Alta, Oaxaca-Puebla, México. Acta Botánica Mexicana, núm. 27. Instituto de Ecología A.C. Pátzcuaro, México. pp. 53-73.

- Gómez, V. P. E. 2005. Transformación y mejora del valor nutritivo de la harina de guisante mediante la adición de enzima fitasa. Universidad de Granada. Facultad de Farmacia, Departamento de Fisiología. España. pp. 18-49.
- González, C. N., Silos, E. H., Estrada, C. J. C., Chávez, M. J. A. y Tejero, J. L. 2016. Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.7 Núm.3. México. pp. 669-680.
- Hussin, M. S., Al-Azab, E. S. and Taj Adeen, Y. M. H. 2010. The effects of partial replacement of fish meal by peas (*Pisum sativum*) and tomato pomace by-product as non- conventional ingredients in diets fed to Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile. Animal Production Dept. Fac. Agric., Al-Azhar Univ., Cairo, Egypt. J. Animal and Poultry Production, Mansoura Univ., Vol. pp. 225-240.
- Loor, M. N. E. 2016. Fundamentos de los alimentos peletizados en la nutrición animal. Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Manta, Ecuador. Revista científica Dom. Cien., ISSN: 2477-8818 Vol. 2, núm. Ecuador. pp. 323-333.
- López, R. 2017. En la Mixteca generan producción de tilapia. Periódico del estado de Oaxaca “El Imparcial”. <https://imparcialoaxaca.mx/los-municipios/90850/en-la-mixteca-generan-produccion-de-tilapia/> (Consultado: 20/01/2021).
- Luchini, L. 2013. Piscicultura rural en subtrópico y templado. Ministerio de Agricultura, ganadería y pesca. Presidencia de la Nación. Dirección de Acuicultura. Argentina. pp 1-11.
- Manterola, D. C., y Pineda, N. V. 2008. El valor de “p” y la significación estadística. Aspectos generales y su valor en la práctica clínica. Interpretation of medical statistics. Revista Chilena de Cirugía. Vol. 60. N° 1. Chile. pp. 86-89.
- Martínez, P. C. A., Chávez, S. M. C., Olvera, N. M. A., y Abdo de la P. M. I. 1996. Fuentes alternativas de proteínas vegetales como sustitutos de la harina de pescado para la alimentación en acuicultura. Avances en Nutrición Acuícola. Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Acuicultura y Manejo Ambiental del CIAD y Centro de Investigación y Estudios Avanzados, Unidad Mérida, México. pp. 1-86.
- Martínez, R. E. 2017. Diagnóstico de las especies invasoras de peces en el área oaxaqueña de la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional. Informe técnico final SNIB-CONABIO, proyecto No. LI007. Ciudad de México.
- Mayorga, C. F. G. 2016. Evaluación de rasgos morfoagronómicos y del contenido nutricional del grano de arveja (*Pisum sativum* L.), en ambientes de clima frío del

departamento de Cundinamarca. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias. Bogotá, Colombia. pp. 19-23.

McCallum, I., Newell, W., Cruz, S. L. E., Ricque, M., Tapia, S. M., Davis, A., Thiessen, D., Campbell, L., Meyer, W. A. O., Phillips, C. y Hickings, D. 2000. Uso de arvejón (feed pea, chícharo) *Pisum sativum* en alimentos para camarones (*Litopenaeus stylirostris* y *L. vannamei*), tilapia (*Oreochromis niloticus*) y trucha (*Oncorhynchus mykiss*). Pulse Canada, 330-360 Main St., Winnipeg, Manitoba, R3C 3Z3, Canada. Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Mérida, Yucatán. pp. 193-215.

Melo, O. O., López, L. A. y Melo, S. E. 2020. Diseño de experimentos. Métodos y aplicaciones. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Bogotá, D. C. Segunda edición. Colombia. pp. 277-326.

Meza, C. A. P. 2011. Estudio comparativo de la preparación de alimentos con utensilios tradicionales y acero quirúrgico. Trabajo de grado para la obtención del título de administradora gastronómica. Facultad de turismo y preservación ambiental, hotelería y gastronomía. Quito, Ecuador. pp. 1-133.

Morales, D. A. 1991. La tilapia en México. Biología, cultivo y pesquerías. A. G. T. Editor, S. A. D. F., México. p. 190.

Muñoz, M. M. C. y Martínez, G. 2000. Cartilla Tecnológica de Piscicultura. Programa Nacional de Transferencia de Tecnologías Agropecuarias (PRONATTA). Asociación de Zootecnistas Egresados de la Universidad de la Amazonia (AZUA). Asociación de Acuicultores del Caquetá (ACUICA). Impresos Camacho E. Florencia Colombia. pp. 1-38.

Muñoz, R. A. P. 2019. Uso de materias primas locales y no locales para alimentación de tilapia en sistemas de Acuicultura de Recursos Limitados (AREL) - Mesoamérica, Cuba y República Dominicana. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Roma, FAO. pp. 98.

Nepamuceno, C. A. y Hernández, O. E. F. 2018. Participación y especialización relativa del sector agrícola en el estado de México, 2006-2016. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Licenciatura en Contaduría. México. pp. 1-138.

Platas, R. D. E. y Vilaboa, A. J. 2014. La acuicultura mexicana: potencialidad, retos y áreas de Oportunidad. Revista Mexicana de Agronegocios, Vol. 35. Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C. Torreón, México. pp. 1065-1071.

Quevedo, R. F. 2011. Estadística aplicada a la investigación en salud. Medwave. Año XI, No. 3. Departamento de Educación en ciencias de la salud, Facultad de Medicina, Universidad de Chile. pp. 1-6.

- Ramos, S. A. 2009. Regionalización del distrito de Tlaxiaco ubicado en la región Mixteca en el estado de Oaxaca. OIDLÉS - Vol. 3, N° 7.
- Reyes, J. I. 2000. Las arcillas: barro, creación, vida y arte. Departamento de biología de la división de ciencias biológicas y de la salud, UAM-I. México. pp. 24-32.
- Robles, I. S. 2018. Anuncian primera feria de tilapia en Tlaxiaco, Oaxaca. Periódico del estado de Oaxaca "NVI Noticias" <https://www.nvinoticias.com/nota/92356/anuncian-primera-feria-de-la-tilapia> (Consultado: 20/01/2021).
- Ruiz, A. y Rojas, F. 2009. Herramientas estadísticas-comparación de más de dos muestras: ANOVA (Parte I). Módulo 13. Universidad Pontificia de Madrid. España. pp. 1-22.
- Ruiz, V. A. J., Tapia, V. R., García, P. J. R. y González, V. H. 2006. Evaluación de un cultivo semi-intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en tanques circulares con aguas termales. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. Vol. VII. España. pp. 1-12.
- Saavedra, M. M. A. 2006. Manejo del cultivo de Tilapia. Managua, Nicaragua. pp.1-24.
- Sánchez, O. I. 2014. Maíz I (*Zea mays*). Reduca (Biología). Serie Botánica 7 (2) ISSN: 1989-3620. Madrid, España. pp. 151-171.
- San Juan, S. A. 2011. Plan municipal de desarrollo 2011-2013. Heroica ciudad de Tlaxiaco. [https://www.finanzasoxaca.gob.mx/pdf/inversion\\_publica/pmds/11\\_13/397.pdf](https://www.finanzasoxaca.gob.mx/pdf/inversion_publica/pmds/11_13/397.pdf) (Consultado: 15/12/2020).
- Schreck, B.C y Moyle B.P. 1990. Methods for fish Biology. American Fisheries, Bethesda Maryland, USA. P. 684.
- Topiltzin, C. M., Huidobro, L., Gaspar, D. M. T. y Mojica, H. 2014. Peces invasores en el centro de México. Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 413-424.
- Trejo, L., Oseguera, A., Hope, M. y Acosta, T. 2008. Región Sur. Tomo 1. Oaxaca. Condiciones socioeconómicas y demográficas de la población indígena. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas CDI-PNUD. México. pp. 1-201.
- Ulloa, I. J. T., Belmont, H. J. F., Benítez, V. A. y Rodríguez, Ch. G. 2003. Relaciones talla – peso en la mojarra *Oreochromis aureus*. Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera. Universidad Autónoma de Nayarit. México. pp. 41 – 53.

- Vega, V. F., Cortés, L. M. C., Zuñiga, M. L. M., Jaime, C. B., Galindo, L. J., Basto, R. M. y Nolasco, S. H. 2010. Cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) a pequeña escala ¿alternativa alimentaria para familias rurales y periurbanas de México? REDVET. Revista electrónica de Veterinaria 1695-7504. Volumen 11 Número 03. México. pp. 1-15.
- Villafuerte, V. S. N. 2014. Evaluación del efecto de la temperatura en el desarrollo de la tilapia de Nilo (*Oreochromis niloticus*) en etapa juvenil y determinación del costo de su producción. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Arequipa, Perú. pp. 1-107.
- Wang, T. L., Domoney, C., Hedley, C. L., Casey, R. and Grusak, M. A. 2003. Can We Improve the Nutritional Quality of Legume Seeds? Plant Physiology. Vol. 131. American Society of Plant Biologists. Unites States. pp. 886-891.
- Watanabe, W. O., Losordo, T. M., Fitzsimmons, K., and Hanley, F. 2002. Tilapia Production Systems in the Americas: Technological Advances, Trends, and Challenges. Reviews in Fisheries Science, United States. pp. 465-498.
- Wong, G, E. 2010. ¿Después de un análisis de variancia...qué? ejemplos en ciencia de alimentos. Agronomía Mesoamericana 21. ISSN: 1021-7444. Escuela de Tecnología de Alimentos, Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. pp. 349-356.
- Woynarovich, E. 2013. Conceptos básicos de piscicultura tropical. 2a edición. Centre d'Estudis Amazònics. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). Brasil. p 10.

<sup>1</sup>INAPESCA. 2020. Acuacultura Tilapia, Acuacultura comercial. Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA). <https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuacultura-tilapia> (Consultado: 15/12/2020).

<sup>2</sup>INEGI. 1997. El Maíz en el Estado de Oaxaca, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). ISBN 970-13-1593-6. Impreso en México. México. pp. 1-63.

<sup>3</sup>INCAP. 2007. Tabla de Composición de Alimentos. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). 2ª edición. Guatemala. p. 126.

<sup>4</sup>Plan Estatal de Desarrollo. 2016-2022. Pesca y acuicultura. Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022. Gobierno del Estado de Oaxaca. Oaxaca. pp. 128-131. [https://www.finanzasoaxaca.gob.mx/pdf/planes/Plan\\_Estatal\\_de\\_Developmento\\_2016-2022.pdf](https://www.finanzasoaxaca.gob.mx/pdf/planes/Plan_Estatal_de_Developmento_2016-2022.pdf) (Consultado: 18/01/2021).

- <sup>5</sup>Estudio Regional Forestal. 2009. Estudio Regional Forestal de la Unidad de Manejo Forestal "Mixteca Norte" 2010-2030. Oaxaca. pp. 1-541. [http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/9/1097ERF\\_UMAFOR2011.pdf](http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/9/1097ERF_UMAFOR2011.pdf) (Consultado: 22/07/2020).
- <sup>6</sup>INEGI. 2020. Áreas geográficas. Consulta nacional, estatal, municipal y localidad. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). <http://www.inegi.gob.mx> (Consultado: 05/06/2020).
- <sup>7</sup>Diagnóstico Regional Mixteca. 2017. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Coordinación General del Comité Estatal de Planeación para el Desarrollo de Oaxaca (COPLADE). Oaxaca. pp. 1-11. <http://www.coplade.oaxaca.gob.mx/wp-content/uploads/2017/04/DR-Mixteca-05-abril-17.pdf> (Consultado: 13/03/2020).
- <sup>8</sup>MarketDataMexico. 2019. Inteligencia comercial. Colonia Barrio San Diego, Heroica Ciudad de Tlaxiaco, en Oaxaca. <https://www.marketdatamexico.com/es/article/Colonia-Barrio-San-Diego-Heroica-Ciudad-Tlaxiaco-Oaxaca> (Consultado: 05/01/2021).
- <sup>9</sup>Comité Estatal De Sanidad Acuícola de Yucatán. 2012. Esquema de alimentación en Tilapia. Sanidad e Inocuidad Acuícola y Pesquera. Yucatán. <http://cesay.org.mx/download/materialconsulta/Alimentaci%C3%B3n%20tilapia.pdf> (Consultado: 18/04/2020).