



**FACULTAD DE OCEANOGRAFÍA, PESQUERÍA, CIENCIAS ALIMENTARIAS Y
ACUICULTURA**

EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE DOS EXTRACTOS EN POLVO DE PLANTAS,
EN LOS TRATAMIENTOS PARA LA “MASCULINIZACIÓN” DE LA TILAPIA
“Oreochromis niloticus”

Línea de investigación:
Desarrollo de productos de la acuicultura

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Pesquero Acuicultor

Autora

Galindo Chircca, Inés Melina

Asesor

Álvarez Verde, Claudio Abdón

ORCID: 0000-0001-9166-1426

Jurado

Rodenas Seytuque, Pedro José

Llontop Vélez, Carlos

Mogollón Ávila, Santos Valentín

Lima - Perú

2025

EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE DOS EXTRACTOS EN POLVO DE PLANTAS, EN LOS TRATAMIENTOS PARA LA “MASCULINIZACIÓN” DE LA TILAPIA “Oreochromis niloticus”

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%	12%	3%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
2	repositorio.unam.edu.pe Fuente de Internet	1 %
3	docplayer.es Fuente de Internet	1 %
4	www.mispecies.com Fuente de Internet	1 %
5	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
6	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
7	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
8	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	<1 %
9	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE OCEANOGRAFÍA, PESQUERÍA, CIENCIAS
ALIMENTARIAS Y ACUICULTURA

EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE DOS EXTRACTOS EN POLVO DE PLANTAS, EN
LOS TRATAMIENTOS PARA LA “MASCULINIZACIÓN” DE LA TILAPIA “*Oreochromis
niloticus*”

Línea de Investigación:
Desarrollo de productos de la acuicultura

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Pesquero Acuicultor

Autora:
Galindo Chircca, Inés Melina

Asesor:
Álvarez Verde, Claudio Abdón
ORCID: 0000-0001-9166-1426

Jurado
Rodenas Seytuque, Pedro José
Llontop Vélez, Carlos
Mogollón Ávila, Santos Valentín

Lima – Perú
2025

DEDICATORIA

En primer lugar, dedico este trabajo a mis padres: Narciso Galindo y María Chircca, por ofrecerme su apoyo antes, durante y después de mis estudios universitarios, su comprensión, motivación y la fuerza necesaria para continuar siempre hacia adelante. También dedico este trabajo a mis hermanos: Karen y Nicol, por estar a mi lado en cada etapa de mi vida y por su apoyo constante a pesar de todo.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento va a Dios, por darme la vida, la oportunidad de alcanzar y estar en lugar en el que me encuentro, por ser mi guía y protección en los momentos más difíciles, así como por permitirme concluir este proyecto.

A mi padre y madre, por su apoyo incondicional y su motivación para llevar a cabo la investigación.

A mi asesor, el Dr. Claudio Álvarez por su asistencia continua en el desarrollo de la tesis, por compartir su conocimiento y experiencia.

Por último, agradezco a la familia Tineo por su ánimo para seguir adelante a pesar de las dificultades y así lograr mis objetivos y a su hijo Vladimir que desde el cielo cuida mucho a sus seres queridos.

ÍNDICE

Resumen	XII
Abstract	XIII
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción y formulación del problema	2
1.1.1. <i>Descripción del problema</i>	2
1.1.2. <i>Formulación del problema</i>	3
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Objetivos	6
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	6
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	6
1.4. Justificación.....	6
1.5. Hipótesis.....	7
II. MARCO TEÓRICO	8
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	8
2.1.1. <i>Tilapia - Características Generales</i>	8
2.1.2. <i>Distribución y hábitat</i>	8
2.1.3 <i>Características morfológicas</i>	10

2.1.4	<i>Reproducción y características sexuales</i>	10
2.1.5	<i>Requerimientos ambientales</i>	12
2.1.6	<i>Alimentación</i>	13
2.1.7	<i>Técnicas para controlar la reproducción de la tilapia</i>	14
2.1.8	<i>Reversión sexual en tilapias</i>	15
2.1.9	<i>Extractos de plantas para el control de la reproducción</i>	16
2.1.10	<i>Andrógeno y Testosterona</i>	17
2.1.11	<i>Fitocompuestos</i>	18
2.1.12	<i>Formas de aplicación del extracto de planta</i>	18
2.1.13	<i>Limitaciones del uso del extracto de las plantas</i>	19
2.1.14	<i>Plantas que aportan en la reversión sexual</i>	19
III.	MÉTODO	23
3.1.	Tipo de investigación	23
3.2.	Ámbito temporal y espacial.....	23
3.2.1.	Ámbito temporal	23
3.2.2.	Ámbito espacial	23
3.3.	Variables.....	24
3.3.1.	Variable Independiente	24
3.3.2.	Variable Dependiente	24
3.4.	Población y muestra	24

3.5. Instrumentos	24
3.5.1. <i>Materiales Biológico</i>	24
3.5.2. <i>Acuario y accesorios</i>	25
3.5.3. <i>Kit o equipos</i>	25
3.5.4. <i>Reactivos</i>	25
3.5.5. <i>Materiales para la construcción de la incubadora</i>	26
3.6. Procedimientos	27
3.6.1. <i>Obtención y diseño del sistema de incubación prototipo</i>	27
3.6.2. <i>Instalación y acondicionamiento de los acuarios</i>	29
3.6.3. <i>Obtención del insumo para la elaboración de las dietas</i>	31
3.6.4. <i>Recolección y aclimatación de larvas</i>	32
3.6.5. <i>Selección de alevinos y densidad de siembra</i>	32
3.6.6. <i>Evaluación físico-químico del agua</i>	33
3.6.7. <i>Preparación de alimento</i>	33
3.6.8. <i>Frecuencia del alimento y evaluación del crecimiento - peso</i>	35
3.6.9. <i>Evaluación de la mortalidad</i>	36
3.6.10. <i>Evaluación de la Reversión sexual</i>	36
3.6.11. <i>Análisis de costos</i>	38
3.7. Análisis de datos	38
IV. RESULTADOS	39

4.1.	Resultados del análisis Físico-Químico del agua por tratamiento.....	39
4.1.1.	<i>Resultados del tratamiento Frijol Terciopelo (Mucuna pruriens).....</i>	39
4.2.2.	<i>Resultados del tratamiento Abrojo (Tribulus terrestris)</i>	43
4.1.3.	<i>Resultados del tratamiento control.....</i>	48
4.2.	Resultados de la reversión sexual	52
4.2.1.	<i>Análisis de crecimiento</i>	52
4.2.2.	<i>Análisis inferencial de la reversión sexual total</i>	54
4.2.3.	<i>Reversión sexual del tratamiento Abrojo (Tribulus terrestris)</i>	61
4.2.3.	<i>Reversión sexual del tratamiento Frijol terciopelo (Mucuna pruriens)</i>	64
4.3.	Supervivencia Total	66
4.4.	Costos.....	68
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	70
VI.	CONCLUSIONES.....	74
VII.	RECOMENDACIONES	76
VIII.	REFERENCIAS	77
IX.	ANEXOS	83

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Primeros trabajos sobre inversión sexual.....	16
Tabla 2. Frecuencia de alimentación.....	35
Tabla 3. Resultados del parámetro de T° del tratamiento del Frijol Terciopelo.....	39
Tabla 4. Promedio del registro de temperatura.....	41
Tabla 5. Valores promedios de los parámetros del Análisis del agua.....	42
Tabla 6. Resultados del parámetro de T° del tratamiento del Abrojo	44
Tabla 7. Promedio del registro de temperatura.....	45
Tabla 8 Valores promedios de los parámetros del Análisis del agua.....	47
Tabla 9 Resultados del parámetro de T° del tratamiento del Control	49
Tabla 10 Promedio de temperatura	50
Tabla 11 Promedio de los parámetros del agua	51
Tabla 12. Relación de crecimiento de alevinos(cm)	53
Tabla 13. Porcentaje de reversión sexual de machos de la investigación	54
Tabla 14. Cantidad de reversión sexual de machos de la investigación.....	56
Tabla 15. Análisis de varianza entre tratamientos	58
Tabla 16 Comparación de medias del número de machos entre tratamientos.....	59
Tabla 17 Valoración del test de Shapiro-Wilkt.....	60
Tabla 18 Comparación de varianza en la concentración del Abrojo	61
Tabla 19 Análisis de varianza por tratamiento	63
Tabla 20 Comparación de varianza en la concentración del Frijol terciopelo	64
Tabla 21. Análisis de Varianza de la Concentración	66
Tabla 22. Resultados de Supervivencia de los tratamientos.....	67

Tabla 23. Estimación y comparación de costos entre los tratamientos.	69
--	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Tilapia - <i>Oreochromis niloticus</i>	9
Figura 2.	Visualización del sexo (hembra: parte superior / macho: parte inferior)	11
Figura 3.	Visualización del sexo a través del microscopio	12
Figura 4.	Fríjol Terciopelo (<i>Mucuna pruriens</i>)	21
Figura 5.	Abrojo (<i>Tribulus terrestris</i>)	22
Figura 6.	Distribución y ubicación del tratamiento en el sistema de incubación.	28
Figura 7	Esquema del tratamiento experimental para el tratamiento A	30
Figura 8	Esquema del tratamiento experimental para el tratamiento B	30
Figura 9.	Esquema del tratamiento control	31
Figura 10.	Diagrama de flujo de la preparación del alimento	34
Figura 11	Diagrama de flujo del proyecto de reversión sexual.	37
Figura 12	Variación del promedio de temperaturas	40
Figura 13.	Comparación de temperatura por concentración	41
Figura 14.	Valores promedio de la Medición de la calidad del agua	43
Figura 15.	Comparación de temperaturas registradas por concentración	46
Figura 16	Valores promedio de la Medición de la calidad del agua	48
Figura 17	Valoración del promedio Max. y Min de temperaturas	49
Figura 18.	Relación de crecimiento ($y=cm$)	53
Figura 19.	Porcentaje de machos concentración	55
Figura 20	Comparación de cantidades de alevines machos de los tratamientos.	57
Figura 21.	Comparación de machos por tratamiento de Abrojo	62
Figura 22.	Comparación de machos por tratamiento de Frijol terciopelo	65

Figura 23	Resultados de la investigación por concentración	68
------------------	--	----

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo evaluar la eficacia de los extractos de dos vegetales: Abrojo (*Tribulus terrestris*) y Frijol Terciopelo (*Mucuna pruriens*) que contienen saponinas y flavonoides que son compuestos bioactivos que inducen la reversión sexual. Dado que el uso de extractos de plantas es reciente utilizamos concentraciones de 5 g, 15 g y 20 g/Kg de alimento, que servirán de base para futuras pruebas orientadas a establecer la dosis óptima. Se utilizaron alevines después de absorbido su saco vitelino y se realizaron 3 réplicas con 50 alevines/réplica para cada una de las concentraciones. Se realizó la alimentación durante 45 días y a los tres meses se llevó a cabo el sexaje. Los resultados fueron satisfactorios, destacándose el extracto de Abrojo a una concentración de 20 g/Kg que logró una masculinización del 62% con un total de 93 ♂ y una supervivencia de 128 alevines/tratamiento. Por otro lado, el Frijol Terciopelo presentó una masculinización del 58.67% con un total de 88 ♂ y una supervivencia de 125 alevines/tratamiento, no encontrándose ambas concentraciones a diferencias significativas ($p < 0.05$). La técnica de reversión sexual mediante el uso de Abrojo a una concentración de 20 g/kg se recomienda como alternativa natural a las técnicas que utilizan hormonas sintéticas, dado que se obtienen mejores resultados. No obstante, se considera el Frijol Terciopelo como una opción más accesible por su fácil adquisición.

Palabras clave: Tilapia, reversión sexual, Abrojo, Frijol Terciopelo

ABSTRACT

The present thesis aims to evaluate the efficacy of extracts from two plants: Abrojo (*Tribulus terrestris*) and Velvet Bean (*Mucuna pruriens*) that contain saponins and flavonoids that are bioactive compounds that induce sexual reversal. Since the use of plant extracts is recent, we used concentrations of 5 g, 15 g and 20 g/Kg of feed, which will serve as a basis for future tests aimed at establishing the optimal dose. Fry were used after their yolk sac had been absorbed and 3 replicates were made with 50 fry/replicate for each of the concentrations. Feeding was carried out for 45 days and sexing was carried out three months later. The results were satisfactory, highlighting the Abrojo extract at a concentration of 20 g/Kg that achieved a masculinization of 62% with a total of 93 ♂ and a survival of 128 fry/treatment. On the other hand, the Velvet Bean presented a masculinization of 58.67% with a total of 88 ♂ and a survival of 125 fry/treatment, with both concentrations not finding significant differences ($p < 0.05$). The sexual reversal technique using Abrojo at a concentration of 20 g/kg is recommended as a natural alternative to techniques that use synthetic hormones, since better results are obtained. However, the Velvet Bean is considered a more accessible option due to its easy acquisition.

Keywords: Tilapia, sexual reversal, Abrojo, Velvet Bean

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura en nuestro país en comparación con otros países, es relativamente baja y recién estos últimos años se ha venido incrementando (finales del año 2000). La producción por parte del ámbito continental, viene siendo por la tilapia (*Oreochromis sp*) que ocupa el segundo lugar con 18.62% después de la trucha con 74.85% y es la región de la selva alta - provincia de San Martín, la zona con mayor actividad acuícola de cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Ministerio de la Producción, 2019).

La introducción de la tilapia (*Oreochromis sp*) en el Perú empezó como una alternativa de alimento vivo para el cultivo del Paiche o Pirarucu (*Arapaima gigas*) pero no se obtuvo buenos resultados y no fue hasta 1979 que se introdujeron otras variedades de Tilapia: *O. niloticus*, *O. hornorum* y *O. mossambicus* siendo estas con fines de investigación y cultivo en las zonas de selva alta por las instituciones como el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM) y todo esto debido a que la especie se adaptó rápidamente a la zona (Hurtado, 2005).

En la actualidad, el cultivo se ha extendido en toda la selva alta y costa norte, debido a que la tilapia es una especie de fácil adaptación por sus hábitos alimenticios y nicho ecológico, sin mencionar su adaptación a nuestro clima tropical, tanto en monocultivo como en policultivo. Sin embargo, el mayor problema de esta especie es su acelerada madurez sexual y la fácil capacidad que tienen para reproducirse, si no se controla, presentará una alta densidad poblacional, es por ello que se viene estudiando a lo largo de los años diversas técnicas para su control, entre ellas una adecuada selección por sexos o la reversión sexual (Mendoza et al., 2016).

El uso de hormonas permite conseguir la mayor cantidad posible de machos, ya que en las puestas generalmente se obtienen hembras siendo este género la que predominan más al nacer. Por ello, el método de reversión sexual y/o masculinización no sólo ayuda a controlar la población, sino que al obtener machos estos tendrán un mayor crecimiento y engorde, porque tienen un rápido crecimiento a comparación de las hembras, siendo esta última una ventaja si hablamos de temas comerciales.

Por tanto, el presente trabajo se basa en el estudio de la masculinización en la etapa de post larvas de tilapia (*Oreochromis niloticus*) con la finalidad de obtener el máximo número de machos, empleando el uso de 2 extractos de plantas que presentan saponinas y flavonoides, que son los principales compuestos bioactivos que inducen la inversión sexual y el deterioro de la fertilidad en la tilapia, sin olvidar que son de fácil acceso para conseguirlo y de bajo costo, lo que permitirá dejar de lado el uso de hormonas sintéticas y análogas al 17- α -metil testosterona.

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Descripción del problema

El principal problema de este cultivo en la actualidad, independientemente de que se utilicen distintas formas de cultivo (monocultivo o policultivo) es la rápida reproducción provocada por el crecimiento de las poblaciones mixtas (macho y hembra) de tilapia, debido a que estas alcanzan su madurez sexual entre los 4 a 6 meses de edad y para controlar el incremento de la población, se usa el método de la reversión sexual para la obtención de mono-sexos (machos o hembras), pero generalmente se busca obtener y sembrar machos en los estanques, debido a su mayor crecimiento e incremento en el peso que las hembras.

El uso de hormonas siempre ha sido el método más adecuado para controlar la densidad poblacional y producir especies de un solo sexo, en este caso obtener el mayor porcentaje (%) de masculinización. Entre las hormonas más utilizadas se encuentra la 17- α -metil testosterona siendo solamente su uso en la obtención de poblaciones mono-sexo (machos) de la tilapia, sin embargo, el uso de esta hormona presenta un uso controlado en nuestro país, debido al riesgo que puede presentar en los humanos al ingerirse, es por ello que utilizaremos extractos de plantas como alternativa a la hormona 17- α - metil testosterona (MT) debido a que son más seguros para el consumo humano (Abaho et al., 2021).

1.1.2. Formulación del problema

¿La administración de extractos vegetales en polvo influye significativamente en la masculinización de alevinos de tilapia, permitiendo obtener un alto porcentaje de individuos machos?

1.2. Antecedentes

A lo largo de los años, el tema para la mayor obtención de machos en la tilapia después del desove está siendo estudiado y no solo para la comercialización de la carne sino también para que no genere una sobrepoblación debido a que son de fácil adaptación y la facilidad que tienen en reproducirse , es por ello que es vista en los temas de investigación, desde la aplicación o uso de la hormona 17- α -metil testosterona en la reversión sexual o masculinización mediante el uso en alimentos o por el lado de la reversión por inmersión. Montoya (2014), llegó a la conclusión que la mayor eficacia de reversión sexual lo obtuvo con un porcentaje de 91% con la administración

de 60 mg/kg. siendo la de menor dosis con un porcentaje de 76%, cabe mencionar que la aplicación de la hormona tuvo gran relación con el peso y talla con el grupo experimental que no fue sometido a hormonas. En cambio, Ordóñez y Villalba (2017), menciona que la masculinización por inmersión es más eficiente porque su reversión no depende de la cantidad de alimento, sino de la concentración aplicada en el agua, donde el mejor tratamiento es 2,5 mg/l, alcanzando un porcentaje de 75% del total y que para lograr mejores resultados va a depender de muchos factores como: la calidad del agua a suministrar en el tratamiento y una instalación muy equipada para los acuarios, es decir, se recalca que el proceso requiere de una instalación adecuada de aireación, filtración, control de densidades y limpieza del agua.

Sin embargo, a lo largo de los años se viene estudiando la manera de reducir el uso de la hormona 17- α -metil testosterona y compuestos alternativos para la obtención de la reversión sexual en este caso el uso de hormonas sintéticas, es por ello que Pérez-Atiencia (2002) , nos brinda una comparación de diferentes hormonas que son: 17 alfa metil-testosterona (MT), enantato de testosterona (ET) y propionato de testosterona (PT) debido a que la hormona 17 alfa metil-testosterona (MT) es difícil de obtener, por lo que utiliza alternativas como las hormonas sintéticas (andrógenos que contengan MT) evaluando así su efectividad, crecimiento y la supervivencia de cada alevín tratado con cada hormona. Sin embargo, nos muestra como conclusión que a mayor dosis de las otras dos hormonas (PT y ET) en el alimento puede ser satisfactorio en los resultados brindados, pero su investigación en el uso de andrógenos no tuvo éxito esperado, debido a que el porcentaje de machos es inferior a lo requerido (97%) para tener éxito en el uso de andrógenos, caso contrario si lo obtuvo la hormona 17- α -metil testosterona con un 99% a comparación de las otras hormonas.

En la actualidad se viene desarrollando alternativas para el reemplazo del uso de las hormonas sintéticas por el uso de hormonas naturales, como nos muestra Tica (2020), siendo las gónadas (testículos) de toro, carnero y verraco las responsables de la reversión sexual en las tilapias (*Oreochromis niloticus*) y que presentaron gran diferencia a comparación de la hormona 17- α -metil testosterona. Siendo el tratamiento con la hormona del carnero la que predominó con una reversión sexual de 72% de machos, el tratamiento con la hormona del toro y verraco obtuvo un 66% de machos, cada uno de estos tratamientos con 3 réplicas cada una de 50 alevinos (150 alevinos por tratamiento) y nos muestra que el uso de estas hormonas naturales son aceptable para el caso de reversión sexual gracias a la testosterona presentes en las gónadas ya que supera el 50% de reversión sexual y son fáciles de adquirir en el mercado.

A lo largo de los años el uso de la hormona 17- α -metil testosterona es administrado en el alimento o por el método de inmersión, el uso de hormonas sintéticas u homólogas como el enantato de testosterona (ET), propionato de testosterona, Testogán, Proviron y el uso de hormonas naturales que se encuentran en las gónadas (testículos) de los animales son suministradas y consumidos en el alimento.

Sin embargo, a pesar de todas las formas existentes del uso de la hormona en reversión sexual, se sigue investigando cada día más formas alternas para la obtención de la masculinización de la tilapia. Es por ello, que se viene estudiando cada vez más diversos métodos para la reversión sexual, hasta que se logró obtener tras varias investigaciones la posibilidad de usar extractos de plantas, raíces y hojas como una opción para la acuicultura. Según nos detalla Lujan (2021) en la lista de plantas con efectos androgénicos, entre ellas se encuentran la papaya (*Carica papaya*), el abrojo (*Tribulus terrestris*), el grano de terciopelo (*Mucuna pruriens*), el algodón (*Gossypium*

herbaceum), el mango (*Mangifera indica*), la guayaba, (*Psidium guajava*), entre otros; estas son suministrados en forma de extractos que pueden incorporarse en el alimento o mediante técnicas de inmersión.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la administración de extractos vegetales en polvo sobre la masculinización de alevinos de tilapia (*Oreochromis niloticus*), con el fin de determinar si se obtiene un porcentaje significativamente alto de individuos machos en la etapa de alevines.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de masculinización de alevinos de tilapia alimentados con diferentes concentraciones de extractos vegetales en polvo.
- Comparar el desarrollo y la supervivencia de los alevinos tratados con extractos vegetales en polvo frente a un grupo control no tratado.
- Identificar el o los extractos vegetales más efectivos y rentables en la inducción de la masculinización en tilapia.

1.4. Justificación

La acuicultura en la actualidad busca la manera de investigar y controlar la acelerada reproducción de la tilapia y existen distintos métodos entre las cuales tenemos la manipulación genética, la esterilización y reversión sexual. Siendo esta última la manera de controlar la

reproducción acelerada con la obtención de alevines machos, sino que también estos mismos organismos logran mayor ventaja comercial por su rápido crecimiento.

La reversión sexual – masculinización de la tilapia mediante la aplicación de extractos en polvo de plantas y/o hierbas naturales es una buena alternativa para reemplazar a los esteroides sintéticos y esto es debido a los compuestos naturales como las saponinas y los flavonoides que son los principales compuestos que inducen a la reversión sexual y la infertilidad en la tilapia y esto no solo brindarán la obtención de machos, sino que el uso de plantas o hierbas permiten la estimulación de la digestión, el apetito y dan cierta inmunidad a los peces, lo que beneficiará a los productores (Ministerio de la Producción, 2021).

El presente trabajo de investigación permitirá la introducción de hormonas naturales a través de extractos en polvo de plantas para la reversión sexual, descartando el uso de hormonas sintéticas o análogas al 17-alfa-metil-testosterona. Proporcionará un mayor conocimiento sobre la dosis a aplicar para lograr resultados óptimos en la reversión sexual de la tilapia y así determinar cuál método es más rentable para los piscicultores quienes podrán ver un incremento en su producción de machos. Además, la utilización de hormonas naturales es más accesible y económica en comparación con la 17-alfa-metil-testosterona.

1.5. Hipótesis

La administración de extractos vegetales en polvo en la dieta de alevinos de tilapia (*Oreochromis niloticus*) influye significativamente en la masculinización, permitiendo obtener un porcentaje mayor de individuos machos en comparación con el grupo no tratado.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. *Tilapia - Características Generales*

Tilapia es el nombre común del género *Oreochromis*, originario de África y del cercano Oriente, esta especie es de agua dulce, endémicos y una de las más importante en la acuicultura debido a su alto interés comercial por que presentan una tasa más alta de crecimiento en relación a especies acuáticas, son de fácil reproducción por que presentan una madurez sexual temprana y también son de fácil manejo.

Fue introducida a nuestro país como forraje para el Paiche (*Arapaima gigas*) en los años 50 y es después de los años 70, se utilizó con fines de investigación y de cultivo. Durante el 2004, el Perú se ubicó entre los 10 primeros países a nivel mundial como exportador de filetes frescos de Tilapia. Por lo tanto, la demanda de alevines de Tilapia ha aumentado, sin embargo, nuestros acuicultores aún necesitan producir o adquirir Tilapias macho porque crecen de forma rápida y alcanzan mayor tamaño que las hembras. Es también la razón de que exista actualmente en nuestro mercado una creciente demanda de alevines macho solamente para engorde y es ahí donde ingresa el método de reversión sexual para producir individuos mono-sexo (Baltazar, 2007).

2.1.2. *Distribución y hábitat*

La Tilapia es una especie que se adapta fácilmente a climas tropicales y subtropicales, encontrando como habitat las aguas estancadas o de pocas corrientes, entre ellos están: los estanques, lagunas (cultivo en jaulas flotantes) y los reservorios.

La principal zona de mayor producción y distribución en el cultivo de Tilapia en nuestro país es básicamente en el departamento de San Martín, no obstante, en la actualidad la Tilapia se encuentra distribuido y comercializado en la costa norte, costa central y la selva oriental.

Se viene trabajando el cultivo y producción de la tilapia con sus diversas especies y lo vemos en distintos departamentos del Perú, por ejemplo: *Oreochromis niloticus* (toda la costa y San Martín), *Oreochromis sp* - variedad *chitralada* (Piura y San Martín), Tilapia roja (Lima, La Libertad, Lambayeque, Ica y San Martín) y *Oreochromis aureus* (Piura). Pero recién empieza a nacer interés en su cultivo como producción y comercialización desde el año 2000, al ver a otros países vecinos como Ecuador que se dedican al mismo comercio y son uno de los mayores exportadores (Ramírez et al., 2018).

Figura 1

Tilapia - Oreochromis niloticus



Nota. Tilapia. Tomado de Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES, 2004).

Descripción taxonómica de la tilapia es la siguiente:

<i>Phylum</i>	<i>vertebrata</i>
<i>Sub Phylum</i>	<i>Craneata</i>
<i>Superclase</i>	<i>Gnostomata</i>
<i>Clase</i>	<i>Teleostei</i>
<i>Subclase</i>	<i>Actinopterygii</i>
<i>Orden</i>	<i>Perciformes</i>
<i>Suborden</i>	<i>Percoidei</i>
<i>Familia</i>	<i>Cichlidae</i>
<i>Genero</i>	<i>Oreochromis</i>
<i>Especie</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>

Nota. FONDEPES (2004)

2.1.3 Características Morfológicas

La tilapia se caracteriza porque presenta un cuerpo robusto, comprimido y discoidal; resaltando la pronunciada mandíbula con labios gruesos, dientes cónicos y en ocasiones presenta incisivos, poseen un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza, para su locomoción poseen aletas pares e impares siendo la aleta caudal redonda y trunca, la aleta dorsal en forma de cresta y anal corta, consta de varias espinas y radios en la parte terminal (Saavedra, 2006).

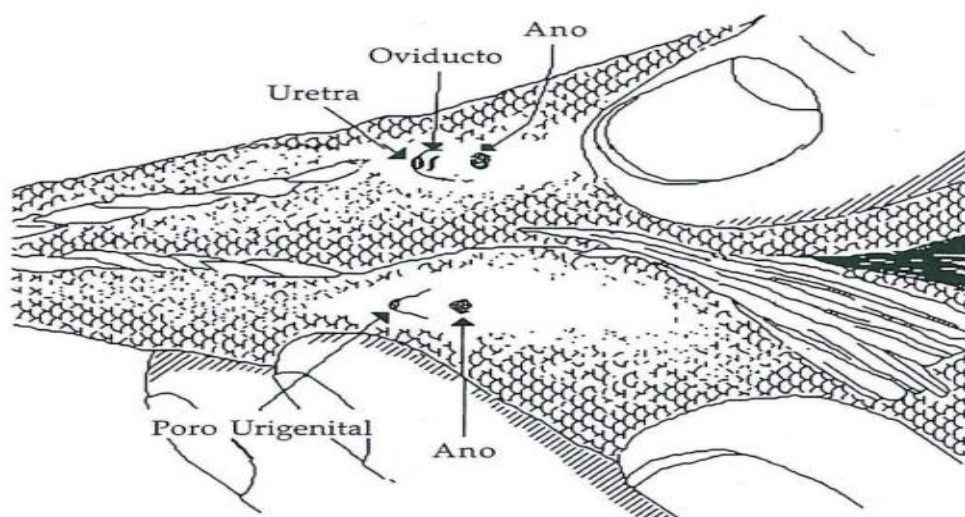
2.1.4 Reproducción y Características Sexuales

La Tilapia alcanza una madurez sexual a una edad muy temprana siendo esta entre los 4 a 6 meses, la hembra incuba los huevos en su boca y los cría hasta que absorban su saco vitelino, este periodo puede tardar de 1 a 2 semanas.

La diferencia entre los dos sexos de la tilapia, es que el macho presenta dos orificios bajo el vientre: el ano y el orificio urogenital; mientras que la hembra posee tres: el ano, el poro genital y el orificio urinario (Saavedra, 2006).

Figura 2.

Visualización del sexo (hembra: parte superior / macho: parte inferior)



Nota. La diferencia de esta especie es cuando llega los dos meses y tiene una talla aproximada de 10 cm, en la presente imagen de la parte superior se visualiza a una hembra debido a que posee 3 orificios y el macho 2 orificios ubicado en la parte inferior. Tomado de Bocek, 2016.

Figura 3.

Visualización del sexo a través del microscopio



Nota: Diferencia de la gónada sexual de alevín de tilapia, lado izquierdo Gónada sexual masculina de tilapia (células testiculares), lado derecho Gónada sexual femenina (Oocitos). Tomado de Mendel y Quintanilla (2007).

2.1.5 *Requerimientos Ambientales*

Los factores ambientales y la calidad del agua tienen un factor primordial en el desarrollo de la tilapia en un medio de cultivo, los parámetros son los siguientes:

2.1.5.1 Temperatura. El rango óptimo va desde 20 °C a 30 °C, para una reproducción o desove la temperatura óptima es de 26 a 30 °C, teniendo un crecimiento lento con 15 °C y pueden soportar como máximo temperaturas de 36 °C.

2.1.5.2 Oxígeno disuelto. Esta especie puede soportar bajas concentraciones de oxígeno en el agua, lo recomendable es que sean mayores de 3 ppm, una menor concentración puede provocar pérdida de apetito.

2.1.5.3 pH. Su rango óptimo es de 7,5 y pueden llegar a resistir valores alcalinos de 11.

2.1.5.4 Turbidez. La lectura del disco Secchi debe permanecer dentro de los 30 centímetros de visibilidad.

2.1.5.5 Altitud. Puede llegar a habitar desde 850 a 2,000 m.s.n.m.

Estos parámetros permiten establecer y controlar la calidad del agua, es por ello que se debe tener en cuenta estos parámetros si deseamos emprender en el cultivo de tilapia y mantener así un registro diario de los parámetros que pueden afectar la calidad del agua (Saavedra, 2006).

2.1.6 Alimentación

La Tilapia es un animal omnívoro, su alimentación puede variar dependiendo de la etapa en que se encuentre. Puede variar por el consumo de algas, bentos y en casos de escasez de comida puede llegar a filtrar zooplancton permitiendo así que el sabor de su carne dependa de su alimentación. Si se alimenta del sustrato del fondo donde llega a habitar hace que su carne adquiera un sabor desagradable, por lo que el éxito de un cultivo de tilapia dependerá del alimento que se le suministre y de su adecuado manejo (FONDEPES, 2004). Si la tilapia se utiliza para fines comerciales, las necesidades de la especie se deben complementar con un alimento balanceado para lograr niveles adecuados de proteína y digestibilidad. Se debe controlar las cantidades y el tipo de alimento, debido a que un exceso o sobrealimentación puede causar problemas en la calidad del agua e incluso el alimento excedente llega a convertirse en fertilizante para el estanque, causando así un lento crecimiento (PRONACA, 2021).

2.1.7 Técnicas para controlar la reproducción de la tilapia.

Jiménez y Arredondo (2000), menciona que a lo largo de la historia muchos investigadores han buscado diferentes técnicas para controlar la acelerada reproducción y así evitar una sobrepoblación, entre ellas tenemos:

2.1.7.1 Sexado manual. Para obtener una población mono-sexo al 100% se utiliza esta técnica, pero sólo si el ejemplar ha alcanzado el desarrollo de sus características externas o la diferenciación genital (el macho presenta dos orificios bajo del vientre y la hembra posee tres orificios), otro método es resaltar mediante la aplicación de colorantes como el azul de metileno en las papilas genitales para poderlos diferenciar.

2.1.7.2 Híbridos. Este enfoque involucra el cruce genético de dos especies diferentes (etológica), lo que proporciona que su descendencia tenga un alto porcentaje de machos, pero sólo si se utiliza una especie pura (ejm: macho: *Oreochromis aureus* – hembra: *Oreochromis niloticus*).

2.1.7.3 Manipulación genética. Esta técnica consiste en producir organismos haploides, triploides y poliploides, es decir, el cruce de pseudo-hembras con machos normales o el cruce de hembras normales con machos obtenidos por androgénesis; cualquiera de estos cruces producirá una descendencia con un alto porcentajes de machos, sin embargo, esta técnica ha resultado ser muy poco practicada debido a que sus costos de producción son altos, necesitan de equipos altamente sofisticados y tienen dificultad para controlar los efectos secundarios, etc.

2.1.7.4 Reversión sexual. Consiste en la aplicación de hormonas a las larvas- alevines para inducir a la producción de cultivos mono-sexo.

2.1.8 *Reversión sexual en tilapias*

Este tema ha sido desarrollado a lo largo de los años empezando por anfibios y aves y ha sido lograda gracias al conocimiento de los esteroides sexuales como: andrógenos y estrógenos (Tabla 1). Debido a la rápida reproducción de las tilapias y el deseo de contralar la sobrepoblación es que se viene estudiando y experimentando a lo largo de los años, siendo los primeros intentos de reproducir tilapias de un solo sexo por Hickling en 1960 mediante la hibridación, siendo después aplicada la reversión sexual mediante la aplicación de una hormona 17- α -metil testosterona (MT) ya sea mediante la inmersión o adicionada en el alimento, cabe mencionar que la aplicación de las hormonas tiene mayor efectividad si las larvas son recién eclosionadas permitiendo así la determinación de su sexo (Hurtado, 2005).

Al ser un uso restringido la aplicación de la hormona 17- α -metil testosterona, permite que nuevas investigaciones sigan realizándose para poder controlar la sobrepoblación y obtener una ventaja en el tema comercial al ser mono-sexo, por ello se ha realizado diversos experimentos para obtener estrógeno de las hormonas naturales y se ha encontrado en gónadas de toro, carnero o verraco una alternativa para la reversión sexual, siendo estas suministradas en el alimento de forma continua para las larvas de tilapia, dando como resultado una efectividad para la reversión sexual con el uso de las gónadas de verraco (Tica, 2020).

En la actualidad se viene desarrollando la aplicación de extractos de plantas para masculinizar a la Tilapia debido a que es una alternativa natural, segura y ecológica, evitando así el uso de esteroides sintéticos. Se han desarrollado investigaciones a 20 especies de vegetales (raíces y hojas) por sus propiedades y posible potencial masculinizante, entre ellas están: grano del Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*), papaya (*Carica papaya*), abrojo (*Tribulus terrestris*),

Moringa oleífera, entre otros y es debido a que las saponinas y flavonoides, son fuentes de taninos alcaloides y esteroides que inducen a la inversión sexual, sin embargo, se ve obstaculizada estas aplicaciones debido a que no existe una información sobre cómo preparar los extractos ni las dosis óptimas para ser aplicadas en los alimentos (Ministerio de la Producción, 2021).

Tabla 1.

Primeros trabajos sobre inversión sexual.

Autor	Especie	Esteroides	Resultados
Willer y Wistchi (1942)	Embriones de ave y anfibio.	Esteroides masculinos.	Se logró inversión
Padoa (1937-1939)	<i>Salmo irideus</i>	Inyección de hormonas foliculares de ovario y testículo.	Inversión de hembras y machos
Berkowitz (1938-1941)	<i>Lebistes reticulatus</i>	Administración de estrógenos.	Inversión de hembras.
Okeda (1943)	<i>Oryzias latipes</i>	Inyección subcutánea de Estilbestrol.	Producción de ovotestes en adultos.
Okeda (1944)	medaka	Implantación subcutánea de cristales de andrógeno (Metil de hidrostestosterona).	Cambio de ovario a ovotestes.
Yamamoto (1953)	<i>Oryzias latipes</i>	Inmersión de adultos y alimento con hormonas y crías Estrona Estil bestrol.	Inversión sexual total a hembras

Nota. Tomado de Hurtado, 2005.

2.1.9 Extractos de plantas para el control de la reproducción

La reproducción acelerada de la tilapia a lo largo de los años nos ha permitido investigar el uso de la hormona 17 α -metil testosterona (MT) para masculinizar la tilapia permitiendo controlar el desove frecuente. Sin embargo, dado que este no es un método seguro para la salud

humana, las investigaciones se han centrado en productos que vengan de las plantas como alternativa al uso del MT o esteroides sintéticos, ya que son baratos, asequibles, fáciles de preparar, ecológicos y seguros para la salud humana, ideal para una producción acuícola. El uso de extractos de plantas para controlar el desove no deseado de la tilapia va desde extractos de semillas, raíces y hojas de 20 especies de plantas. Los compuestos encontrados en las plantas como: flavonoides, taninos, terpenoides, alcaloides, saponinas y esteroides promueven los procesos androgénicos y anabólicos. Los fitoquímicos actúan como fitoandrógenos que ejercen efectos similares a la testosterona que presentan los animales, elevando así sus características reproductivas induciendo así la inversión sexual o el deterioro de la fertilidad de la tilapia (Abaho et al., 2021).

2.1.10 Andrógeno y Testosterona

2.1.10.1 Andrógeno. Son un grupo de hormonas cuya función principal es desarrollar las características sexuales en el hombre, la más conocida es la testosterona, siendo la androstenediona y la dehidroepiandrosterona precursores de esta, los testículos comienzan a secretar testosterona que es el factor principal en la diferenciación masculina (Dandan y Brunton, 2013).

2.1.10.2 La testosterona. Es el más importante esteroide segregado por los testículos y es el andrógeno el más representativo en términos de fisiología masculina y virilidad. Es necesaria para el desarrollo de los genitales externos y está en función con la edad: embrión (diferenciación sexual), pubertad (virilización) y edad adulta (función sexual, fenotipo y efectos anabólicos). Una de las mayores consecuencias por la que disminuye la testosterona, es debido al estrés y esto se debe a que incrementa la prolactina que actúa como depresora de la función sexual

(inhibidora de la testosterona). Otras hormonas que influyen en grados variables la síntesis de la testosterona son la prolactina, el cortisol y la insulina (Tejada, 2013).

2.1.11 Fitocompuestos

Son también llamados como compuestos bioactivos o fitogénicos que se encuentran en las vegetales y plantas, tales como carotenoides, esteroides, fenólicos, flavonoides y taninos, terpenos (luteína y limoneno), alcaloides (teobromina) estos se encuentran en pequeñas cantidades y en ciertos alimentos, son capaces de modular la actividad de modular y funciones biológicas del organismo (Parisi et al., 2020).

2.1.12 Formas de Aplicación del Extracto de planta

La aplicación incluye tres vías de administración: oral (alimento), inmersión e inyección. Siendo los dos primeros métodos no invasivos (Abaho et al., 2021).

2.1.12.1 La administración oral. Esta forma es más común porque el costo de su uso es bajo, causa menos estrés y el tratamiento abarca al mismo tiempo a los peces.

2.1.12.2 La técnica de inmersión. Esta es esencial para el proceso de larvas con saco vitelino o durante la embriogénesis, cuyo periodo gonadal ocurre antes de la primera alimentación, sin embargo, este método resulta un desperdicio del agente de masculinización.

2.1.12.3 La inyección intraperitoneal. Es efectiva y rápida, sin embargo, es laborioso, tiene alto costo, es estresante para los peces, requiere habilidades técnicas y es poco práctico para peces pequeños.

2.1.13 Limitaciones del Uso del Extracto de las Plantas

El uso de los extractos presenta una falta de información debido a que es una innovación reciente, por lo cual presenta las siguientes limitaciones:

- Requisitos de dosis óptimas suministradas en el alimento.
- Métodos ideales de extracción de fitoquímicos.
- Compuestos bioactivos efectivos en las plantas.
- Efectos a largo plazo en la calidad de la carne.

Es por ello que se debe seguir investigando ya que aún no se conoce con certeza la dosis óptima de los extractos para la manipulación sexual sin causar daños fisiológicos, es decir, lento crecimiento, pérdida de apetito, efectos en el sabor o calidad de la carne (Abaho et al., 2021).

2.1.14 Plantas que Aportan en la Reversión Sexual

Los extractos de plantas que se analizaron para controlar el desove frecuente de la tilapia a través de la masculinización son:

2.1.14.1 Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*). Es una leguminosa conocida como *Mucuna* o Frijol terciopelo, originaria del sur de China y el este de la India (a menudo utilizada con fines medicinales). Sus granos o semillas presentan tonalidades desde blanco, negro a pardo brillante. Sin embargo, se debe tener cuidado con esta leguminosa debido a que sus vainas y flores en contacto con la piel pueden causar una severa hinchazón, irritación o alergia. A lo largo de la historia la *Mucuna* ha sido utilizada como afrodisíaco porque permite aumentar la libido debido a

que tiene propiedades de inducción de la dopamina, la cual tiene una profunda influencia en la función genital o sexual (Martínez, 2020).

El frijol de terciopelo contiene entre 21 – 28% de proteína cruda, conteniendo una fuente natural del aminoácido L-3,4-dihidroxi fenil alanina (L-DOPA), precursor directo del neurotransmisor de la dopamina. Los principales efectos que posee son:

- Mejora la fertilidad (aumenta el nivel de la testosterona, hormona luteinizante y sus precursores).
- Disminuye los niveles de la hormona folículo estimulante (FSH) y prolactina (PRL).
- Reducción sintomatológica del Parkinson.

El frijol de terciopelo (*Mucuna pruriens*) parece mejorar la fertilidad al aumentar el volumen de la eyaculación, la densidad de espermatozoides (espermatogénesis) y mejora la motilidad del espermatozoide (Valdés, 2023).

Otro uso que le puede dar al Frijol Terciopelo (*Mucuna pruriens*) es a través de los animales, esto es debido a que sirve como forraje para el ganado y ovino. Para uso alimenticio se usa cuando los brotes y semillas son tiernas, pero cuando están secas, estas tienen que ser remojadas por aproximadamente 48 horas, cocidas y cambiadas de agua para así eliminar o reducir los compuestos tóxicos y anti nutricionales que presenta la semilla. En los países como Guatemala y México la semilla es usada como un sustituto del café y en la India la planta es usada en más de 200 preparaciones para uso medicinales. (Brunner et al., 2011).

Figura 4.

Fríjol Terciopelo (Mucuna pruriens)



Nota. En la presente figura de izquierda a derecha se ve una producción de vainas de Frijol terciopelo, la cosecha de las vainas secas y por ultimo las semillas de la mucuna, Tomado de Brunner et al., 2011.

2.1.14.2 Abrojo (*Tribulus terrestris*). También conocida como abrojo de flor amarilla, es nativa de la región mediterránea de Europa y en la actualidad se ha introducido y extendido en regiones templadas-cálidas. Una vez establecidas, son difíciles de erradicar, debido a que las semillas pueden permanecer latentes en el suelo durante 7 a 8 años, es decir, son plantas invasoras que contienen saponinas, esteroídicos y flavonoides. Los preparados de esta planta se comercializan como suplemento alimenticio y se promueve como un estimulante de la producción de testosterona (Hanan y Mondragón, 2006).

Es considerada como alimento para pavos y conejos, como medicina es empleada para bajar la tensión arterial y estomacal. Su contenido en saponósidos esteroídicos (protodioscina,

prototribestina, pseudoprotodioscina, dioscina, tribestina, tribulosina) y flavonoides obtenidos del fruto la convierte en una planta afrodisiaca en relación a los efectos sobre la función sexual porque permite el aumento de la testosterona debido a que activa la hormona desencadenante de gonadotropina, estimula la producción de LH y de la hormona foliculoestimulante, también se comercializa como complemento nutricional para aumentar la fuerza y masa muscular, teniendo así efectos positivos en la producción de glóbulos rojos eritrocitos (González et al., 2011)

Figura 5.

Abrojo (Tribulus terrestris)



Nota. El abrojo presenta flores amarillas también conocida como cabeza de toro siendo originaria de Europa. Tomado de Repositorio Digital - Flora de la Mitad del Mundo, UETMM, 2022.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo experimental en la cual se evaluó el efecto de los extractos en la masculinización y se dividió en cuatro etapas:

- La construcción de un sistema de incubación rectangular para las larvas de Tilapia.
- La aclimatación de las post larvas de Tilapia en acuarios a una temperatura de 22 °C.
- La aplicación de los extractos de plantas es a diferentes concentraciones en el alimento, siendo una de alimento control (0% de extracto) y dos experimentales Frijol terciopelo y Abrojo, permitiendo realizar 3 repeticiones por cada diferente concentración.
- Observar la reversión sexual y determinar la eficacia de los extractos.

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. *Ámbito temporal*

El tiempo de construcción del prototipo del sistema de incubación y la duración de la investigación de reversión sexual fue de 04 meses.

3.2.2. *Ámbito espacial*

La presente investigación se desarrolló en la ciudad de Lima, distrito de Ate, localizada en la Calle 8 Asociación de Vivienda Las Américas Mz. B1 Lt. 32. La construcción, funcionamiento y evaluación del sistema de incubación para el desarrollo del proyecto en el control para la masculinización se llevó a cabo dentro de un ambiente controlado (Semi-Invernadero) con la finalidad de controlar las condiciones ambientales, plagas o depredadores.

La aplicación del sistema de incubación como prototipo fue llevado a cabo en la Estación Piscícola Santa Eulalia (EPSE) de la Universidad Nacional Federico Villarreal, ubicado en la Av. San Martín 310, en el Km 37.5 de la Carretera Central - Distrito Santa Eulalia – Provincia de Huarochirí – Departamento de Lima.

3.3. Variables

3.3.1. *Variable Independiente*

- Extractos en polvo de plantas.
- Temperatura del agua

3.3.2. *Variable Dependiente*

- Porcentaje de Masculinización por reversión sexual de los alevinos de Tilapia.

3.4. Población y muestra

La población analizada fue de 1,050 alevines de Tilapia, siendo seleccionados por el método aleatorio un total de 50 alevines por cada réplica del tratamiento.

La población de alevines de Tilapia fue proporcionada por la Estación Piscícola de La Molina y los extractos en polvo de plantas proporcionado por el fundo naturistas del extranjero para el Abrojo (*Tribulus terrestris*) y para el Frijol terciopelo (*Mucuna Pruriens*) proporcionado por el fundo Santa Anita.

3.5. Instrumentos

3.5.1. *Materiales Biológico*

- 1,050 alevines de Tilapia
- Extracto en polvo de Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*)

- Extracto en polvo de Abrojo (*Tribulus terrestris*)
- Alimento Balanceado 40% proteína “Tilapia La Molina”

3.5.2. Acuario y accesorios

- Acuario de vidrio de 100 litros
- Planchas de tecknopor
- Manguera de silicona de 1/4”
- Piedras difusoras
- Declorador
- Llaves de plástico para acuario
- Uniones y conectores para acuario
- Redes de mano o acuario
- Aireador o bomba de aire

3.5.3. Kit o equipos:

- Termómetro digital
- Balanza
- Microscopio
- Placas Petri, Porta Objeto y Cubre Objeto
- Lupa

3.5.4. Reactivos

- Alcohol Etanol al 96%
- Azul de metileno
- Ácido acético “tinción de gónadas”

3.5.5. *Materiales para la construcción de la incubadora:*

- Baldes de 8 litros
- Tinas
- Niple corrido de 5" PVC
- Pegamento de PVC
- Tubos de 1/2" PVC
- Tubos de 1" PVC
- Tubos de 2" PVC
- Caño de 1/2" de bronce
- Codos de 1/2" de bronce
- Llaves de 1" de PVC
- Llaves de 1/2" de paso de PVC
- Llaves de 1/4" de PVC
- Codos de 1/2" PVC
- Codos de 1" de PVC
- Codos de 2" de PVC
- T doble de 1" de PVC
- Tapones de 2" de PVC
- Reducciones de 2" a 1" de PVC
- Taladro
- Amoladora
- Cierra de mano

- Brocas
- Lija de 100
- Llaves Francesa y Stilson
- Extensión eléctrica
- Marcador indeleble
- Esponjas
- Reglas
- Tijera
- Recipientes de plástico con tapa
- Tapers

3.6. Procedimientos

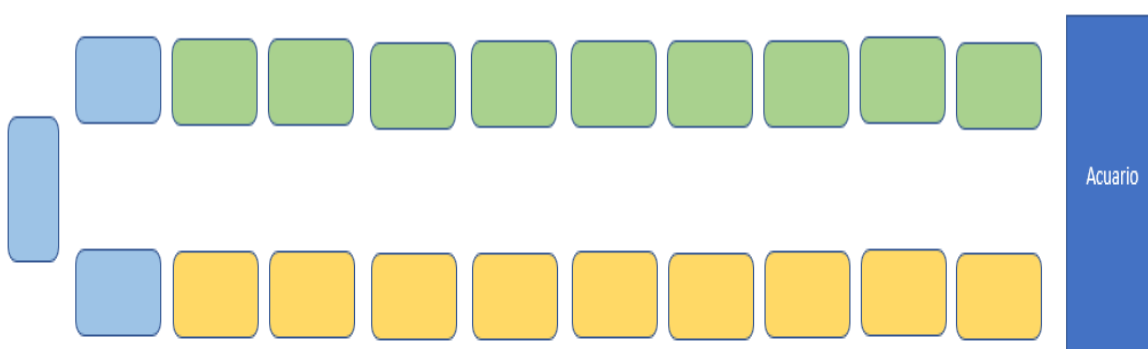
3.6.1. Obtención y Diseño del sistema de Incubación prototipo

Se realizó el diseño del sistema de incubación y fue construido de materiales de plástico y de forma artesanal, estuvo compuesto por un acuario principal donde se almacenó el agua que luego fue distribuido mediante tuberías a los distintos recipientes donde estuvieron los alevines, monitoreando así el funcionamiento y la recirculación del agua del sistema de incubación. Los materiales para la construcción del sistema de incubación constan de tuberías, codos, T, tapones, llaves, pegamento y entre otros, fueron adquiridos en ferreterías e incluso en Tiendas Sodimac en el área de gasfitería. Las tinas donde estuvo los alevines fueron adquiridas en sitios donde venden todo tipo de plásticos; las bombas de aire (aireadores), piedras difusoras, redes de mano, entre otros, fueron adquiridos en el acuario “Master Fish” y el acuario “Huancayo” ubicado a la altura

de la Carretera central – Av. Nicolas Ayllón (grifo Tagore). Para la construcción se tomó en cuenta los diversos modelos de salas de incubación tanto para ovas y alevines y así se procedió al diseño y ubicación del sistema de incubación. (Figura 5)

Figura 6.

Distribución y ubicación del tratamiento en el sistema de incubación.



Nota. La distribución para los tratamientos estuvo ubicada de acuerdo a la figura siendo el color amarillo para el tratamiento de la Frijol Terciopelo (*Mucuna pruriens*), el color verde para el tratamiento del Abrojo (*Tribulus terrestris*) y el celeste para el tratamiento control. Las concentraciones irán de derecha a izquierda (5 g-15 g-20 g) con 3 réplicas por concentración.

El reservorio de agua estuvo a cargo de un acuario de 100 L. la cual en la salida tuvo una llave de paso para regular la salida del agua y la distribución a todas las tinas, que contendrán a la vez cada una de ellas una llave de paso para cada tina abasteciendo así el ingreso del agua para cada tina de incubación, para la salida del agua se colocó una llave que estuvo adherida a la tina,

la cual tenía una rejilla de plástico y así evitar la salida de los peces, esta llave estuvo adherida a una manguera que tenía acceso a una tubería principal de desfogue.

3.6.2. *Instalación y Acondicionamiento de los acuarios*

Una vez construido el sistema de incubación, se realizó la limpieza y desinfección del acuario de vidrio de 100 litros con lejía (hipoclorito de sodio) de 500 ppm, se colocó como base al acuario una plancha de tecknopor. Se procedió al llenado de agua, colocándose termostato sumergible, aireación y filtros, dejándose en reposo por 1 semana para el inicio de la parte experimental.

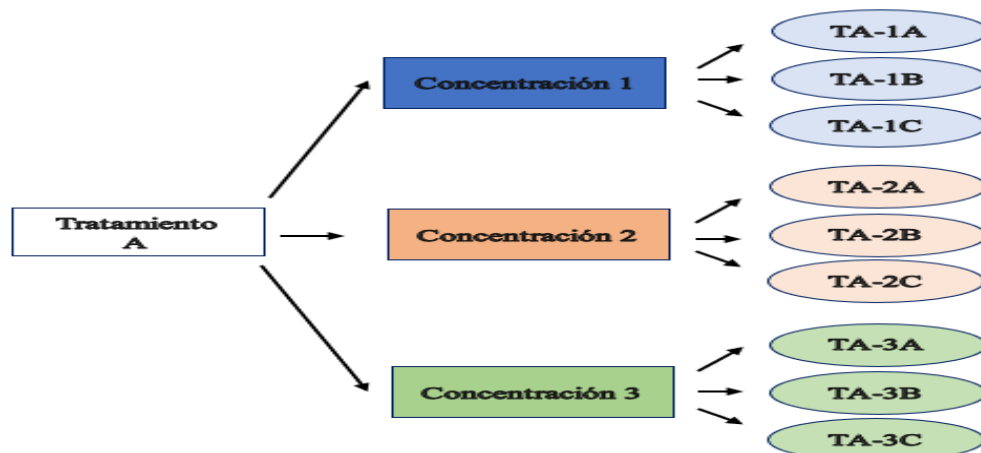
Cada acuario de incubación conto con sus materiales de ayuda entre ellas: balde de 5 litros, redes de mano, esponja y/o escobilla para limpieza, piedra difusora y manguera de silicona transparente previamente rotulado.

Las distribuciones de los acuarios de incubación consistieron en 1 control y 2 tratamientos, realizándose a 3 concentraciones cada uno y 3 repeticiones por concentración, siendo cada acuario rotulado con su respectivo código, en la cual se detallará a continuación.

- **Tratamiento A:** Constituido por el extracto de Frijol Terciopelo. (Figura 7)
- **Tratamiento B:** Constituido por el extracto de Abrojo. (Figura 8)
- **Tratamiento Control C:** Constituido por alimento balanceado sin ningún tipo de agente externo como hormona o aditivos. (Figura 9)

Figura 7

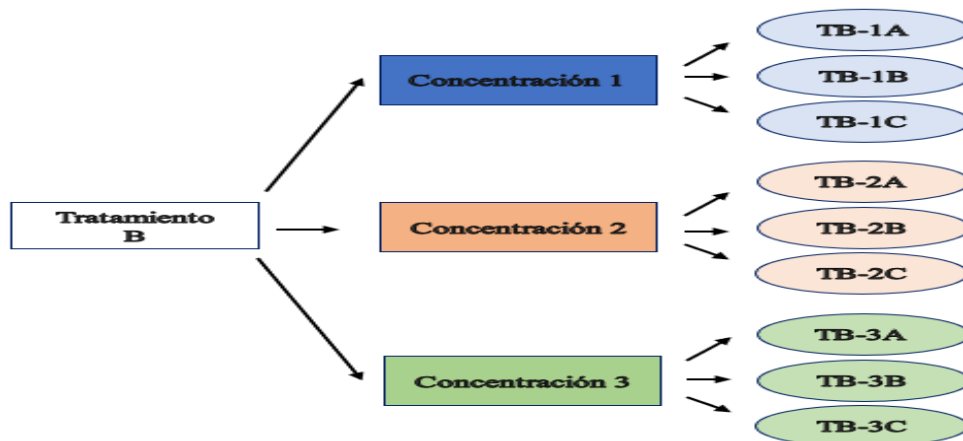
Esquema del tratamiento experimental para el tratamiento A



Nota. Para el desarrollo experimental del Tratamiento A (Frijol terciopelo) se realizó a 3 concentraciones distintas y cada concentración conto con sus 3 réplicas (representada por letra A-B-C).

Figura 8

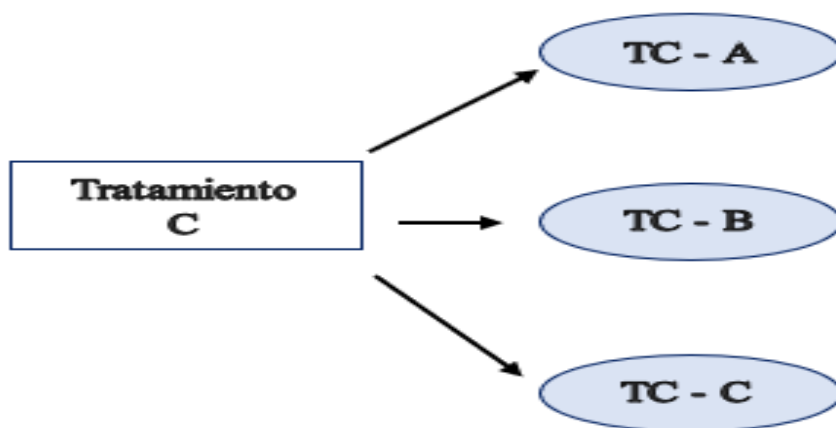
Esquema del tratamiento experimental para el tratamiento B



Nota. Para el desarrollo experimental del Tratamiento B (Abrojo) se realizó a 3 concentraciones distintas y cada concentración conto con sus 3 réplicas (representada por letra A-B-C).

Figura 9.

Esquema del tratamiento control



Nota. Distribución y replicas para el Tratamiento Control (“C”) que contó con sus tres réplicas (representada por letra A-B-C) y fue suministrada por alimento balanceado sin ningún tipo de agente externo (hormona o aditivos).

3.6.3. Obtención del insumo para la elaboración de las dietas

Para la obtención del alimento balanceado para alevines de Tilapia fue adquirido por la Universidad Agraria la Molina, Facultad de Zootecnia, el alimento paletizado “Tilapia La Molina – Inicio, con longitud de pellet 3 – 4 mm y de diámetro 2 mm con un contenido de proteína del 40% en saco de polipropileno laminada, con costura. Los demás insumos como el extracto en

polvo del Frijol Terciopelo y el Abrojo en polvo fueron obtenidos de casas naturista y/o herbolarios.

3.6.4. *Recolección y aclimatación de larvas*

Los alevines de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fueron traídos a pedido y transportadas en una bolsa de plástico de polipropileno con nudos en las esquinas y con aire suficiente (2/3 de oxígeno y 1/3 de agua) para el traslado de los peces hacia el lugar donde se realizó el proyecto (La Molina- Ate). Se adquirió las larvas - alevines al azar a una semana de absorbido su saco vitelino y fueron acondicionados en una tina con agua reposada y con aireación para una adecuada aclimatación a la temperatura del agua en reposo y así evitar un shock térmico, siendo esta monitoreada con un termómetro digital la temperatura del agua de la tina como también de los acuarios de incubación donde se estuvo realizando el monitoreo para el tratamiento con extractos en polvo de plantas, no obstante, esto permitió un adecuado control en su crecimiento, alimentación y de los parámetros de la calidad del agua.

3.6.5. *Selección de alevinos y densidad de siembra*

Se seleccionó alevinos al azar y se sembró 50 alevines para cada acuario (replica) de incubación: 2 de tratamientos y 1 de control, siendo de 3 concentraciones distintas para cada tratamiento y cada concentración tuvo 3 réplicas cada una, con un total de 1,050 alevinos de tilapia. Los alevines seleccionados fueron sometidos previamente a un control.

Distribución de alevinos:

- A: Primer tratamiento con extracto de Frijol Terciopelo.
- B: Primer tratamiento con extracto de Abrojo
- C: Tratamiento Control

3.6.6. Evaluación físico-químico del agua

Se realizó la evaluación de la calidad del agua al momento de ingresar los alevines a cada tratamiento, como inicio de la fase experimental. Durante el proceso se registró la temperatura 3 veces al día (8:00 am – 12:00 pm – 4 pm) con un termómetro digital, mensualmente se analiza el pH, oxígeno y el nivel de cloro. La temperatura del agua se controló mediante el uso de un termostato de 200 watts. Posteriormente se realizó el recambio parcial del agua 1 vez durante la semana y un cambio total del agua una vez por semana.

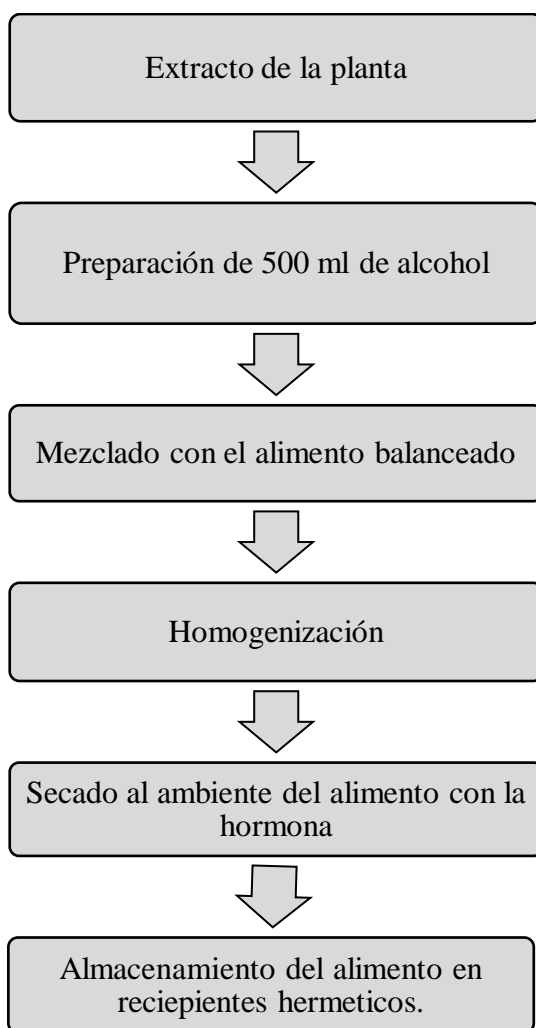
3.6.7. Preparación de alimento

La preparación del alimento se inició utilizando una solución madre (extracto de la planta), la cual fue preparada de acuerdo a las cantidades experimentales para cada tratamiento, disuelta en 500 ml de alcohol rectificado del 96% en 1 Kg de alimento balanceado de 40% de proteína. Posteriormente, se realizó la homogenización del alimento con la solución madre por aproximadamente 15 a 20 minutos para evaporar el alcohol y se mezcló la solución con el alimento, todo esto en una bandeja de plástico para mantener su calidad y posteriormente fue secado al ambiente por 3 días protegiendo de los rayos de sol (bajo sombra), este procedimiento se repite solamente para cada tratamiento y sus repeticiones. Una vez que se tuvo las dosis para cada

tratamiento en el alimento seco, estas fueron puestas en recipientes de plástico con tapa (táper) con sus respectivos rotulados, previamente fueron pesados y anotados en un registro para su control. La presente investigación siguió el siguiente diagrama de flujo: (Figura 10.)

Figura 10.

Diagrama de flujo de la preparación del alimento



Nota. El presente diagrama detalló la secuencia para la elaboración del alimento con el extracto de planta, este proceso fue repetirá para cada réplica del tratamiento debido a las diferentes concentraciones del extracto que se realizó la investigación. Elaboración propia.

3.6.8. Frecuencia del alimento y Evaluación del crecimiento - peso

El alimento suministrado para cada tratamiento y sus respectivas repeticiones fue de 3 veces al día, siendo a las 8:00 am – 12 pm – 4:00 pm (Tabla 2). Cada alimento se encontró rotulado con el nombre su respectivo tratamiento y concentración indicando también el número de repetición o replica, siendo registrado cada alimento consumido a saciedad por cada acuario para su respectivo control en consumo de alimentación. El control biométrico de los alevines de tilapia se evaluó y registró de manera mensual así evitaremos el estrés en los alevines que pueden causar la muerte de ellos y para el control del peso se utiliza una balanza digital de valores de 0.1 g a 1000 g ($\pm 0,01$ g).

Tabla 2.

Frecuencia de alimentación.

Tipo de Tratamiento	Cantidad de Replicas por concentración	Cantidad de Peces por Replica	Frecuencia de Alimentación
Control “C”	3	50	3 veces por día
Tratamiento “A”	3	50	
Tratamiento “B”	3	50	

Nota. En la presente tabla se detalla las cantidades de réplicas por cada concentración usado para cada tratamiento, como también para el de control y la frecuencia de alimentación suministrada.

3.6.9. Evaluación de la mortalidad

La mortalidad de los alevines fue registrada diariamente en un formato para ser evaluados al final de la investigación.

3.6.10. Evaluación de la Reversión sexual

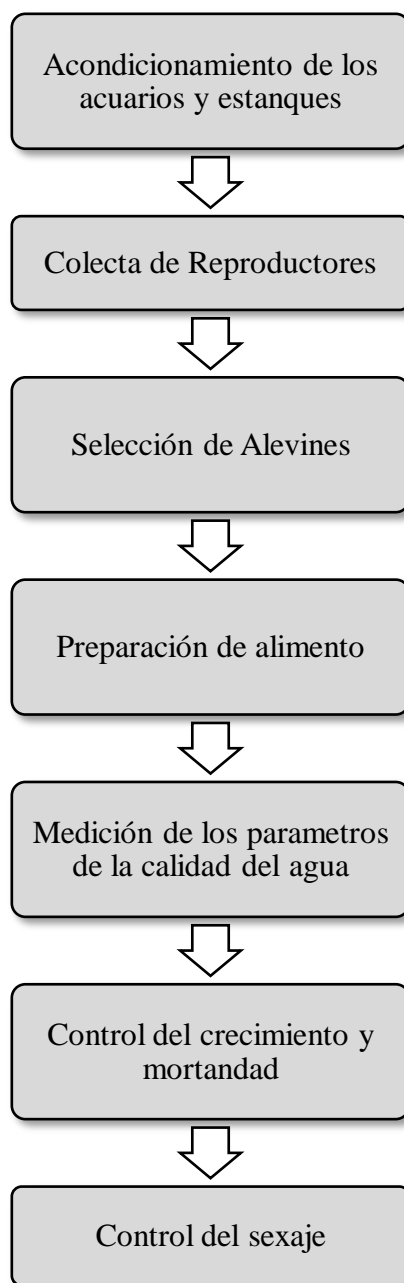
El sexo de los alevines de Tilapia fue sometido al final de la investigación de forma manual (inspección visual) de la papila urogenital, con ayuda de una lupa visualizando los orificios urogenitales de la tilapia y microscopio para visualizar las gónadas.

- Macho: presenta dos orificios (ano y orificio urogenital)
- Hembra: presenta tres orificios (ano, poro genital y orificio urinario)

La presente investigación siguió el siguiente diagrama de flujo: (Figura 11.)

Figura 11

Diagrama de flujo del proyecto de reversión sexual.



Nota. Elaboración propia.

3.6.11. Análisis de costos

Se realizó una comparación de los costos de cada uno de los tratamientos, que consistió en llenar un cuadro desde el momento que se adquirió el alimento, hormona y peces, para así determinar cuál tratamiento es más viable dependiendo de su porcentaje de reversión sexual y el valor económico invertido en el tratamiento. Para así ayudar a futuros reproductores de cual uso es más adecuado y factible para su reversión sexual.

3.7. Análisis de datos

El análisis de datos que se utilizó fue del Diseño Completamente al azar (DCA) para 1 Control y 2 tratamientos, contando con 3 diferentes concentraciones para tratamiento; se realizó el análisis estadístico con el Software SPSS versión N.º 23, se empleó el análisis estadística: determinación de media, desviación estándar, determinación de intervalos de confianza al 95% para cada uno de las concentraciones utilizando el Análisis de Varianza Simple (ANOVA), Prueba de Shapiro-Wilk y el Método de Tukey para determinar si los grupos difieren entre sí, Microsoft office (Excel y Word) para aplicación de fórmulas y cálculos estadísticos y determinar la diferencia entre los tratamientos y para la elaboración de formatos llevando el control de todo el proceso de investigación.

IV. RESULTADOS

Los resultados derivados de la investigación para los dos tratamientos, considerando tres concentraciones distintas (5 g, 15 g y 20 g), incluyen tres réplicas por cada concentración y una base que funcionará como el control. Los datos recopilados se presentarán en forma de tablas, y gráficos estadísticos. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

4.1. Resultados del análisis Físico-Químico del agua por tratamiento.

4.1.1. Resultados del tratamiento Frijol Terciopelo (*Mucuna pruriens*)

A. Análisis del parámetro de temperatura:

Tabla 3.

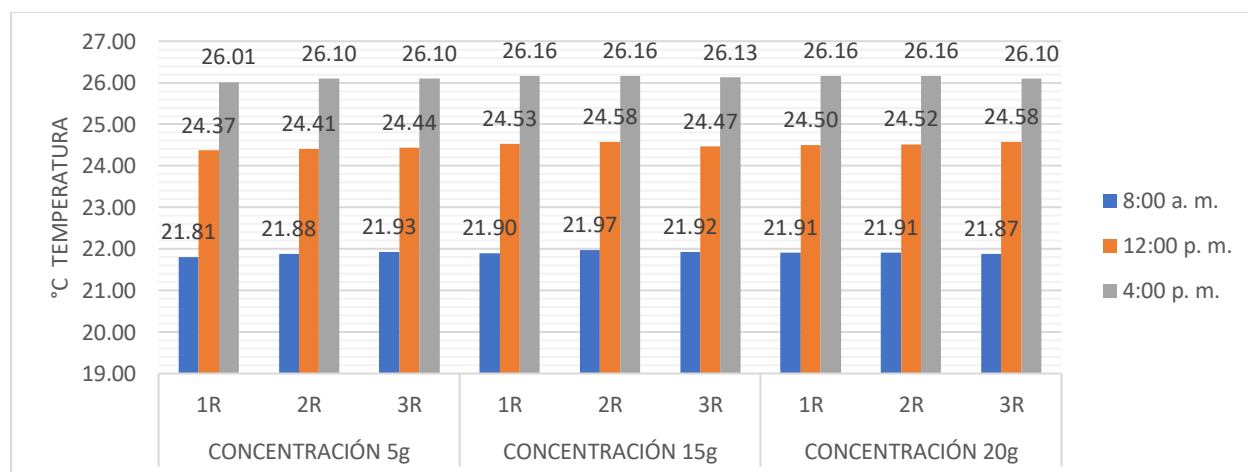
Resultados del parámetro de T° del tratamiento del Frijol Terciopelo.

Concentración	Horario	n / #Días	Media	D.E			Intervalo de confianza al 95%								
							1 - replica			2 - replica			3 - replica		
				1R	2R	3R	L.I.	L.S		L.I.	L.S		L.I.	L.S	
5 g	8:00 a. m.	45	21.9	0.79	0.82	0.84	21.64	22.10	21.9±0.23	21.63	22.11	21.9±0.24	21.63	22.12	21.9±0.25
	12:00 p. m.	45	24.4	0.93	0.95	0.92	24.14	24.68	24.4±0.27	24.13	24.69	24.4±0.28	24.14	24.68	24.4±0.27
	4:00 p. m.	45	26.1	0.95	0.96	0.97	25.79	26.35	26.1±0.28	25.79	26.35	26.1±0.28	25.79	26.35	26.1±0.28
15 g	8:00 a. m.	45	21.9	0.79	0.82	0.84	21.70	22.16	21.9±0.23	21.69	22.17	21.9±0.24	21.69	22.18	21.9±0.25
	12:00 p. m.	45	24.5	0.92	0.94	0.90	24.26	24.79	24.5±0.27	24.25	24.80	24.5±0.27	24.26	24.79	24.5±0.26
	4:00 p. m.	45	26.2	0.96	0.96	0.97	25.87	26.43	26.2±0.28	25.87	26.43	26.2±0.28	25.87	26.43	26.2±0.28
20 g	8:00 a. m.	45	21.9	0.77	0.80	0.82	21.67	22.12	21.9±0.22	21.66	22.13	21.9±0.24	21.66	22.14	21.9±0.24
	12:00 p. m.	45	24.5	0.90	0.93	0.90	24.27	24.80	24.5±0.26	24.26	24.81	24.5±0.27	24.27	24.80	24.5±0.26
	4:00 p. m.	45	26.1	0.91	0.93	0.95	25.87	26.41	26.1±0.27	25.87	26.41	26.1±0.27	25.86	26.42	26.1±0.28

En la Tabla 3, observamos los parámetros estadísticos de temperatura en tres momentos de medición del día: 8:00am, 12:00 pm y 4:00pm. La temperatura se registra en °C durante el período de investigación y desarrollo de 45 días. Los resultados de la medición muestran que en este caso las temperaturas más bajas de cada medición a las 8:00 a.m. presento $T^{\circ} \text{ min: } 20.0^{\circ} \text{C}$ (M:21.9; DE=0.77), a las 12:00 pm presento $T^{\circ} \text{ min: } 22.0^{\circ} \text{C}$ (M: 24,4; SD = 0,93) y a las 16:00 pm presento $T^{\circ} \text{ min: } 20.7^{\circ} \text{C}$ (M: 26,1; SD = 0,91), mientras que los I.C. de las repeticiones de concentración fueron similares a lo largo del estudio. Las temperaturas registradas fueron muy similares y constantes, excepto un día en el que la temperatura mínima registrada fue de 20.0°C y la máxima de 28.5°C , como se muestra en la Figura 12, que muestra la variación de temperatura durante el período de investigación y en la tabla 4 nos muestra la temperatura promedio para todo el período de investigación, aumentando la temperatura con las estaciones y en la Figura 13 se muestran las temperaturas máximas y mínimas en base en la temperatura media registrada durante el período de investigación.

Figura 12

Variación del promedio de temperaturas



Nota. Elaboración propia.

Tabla 4.

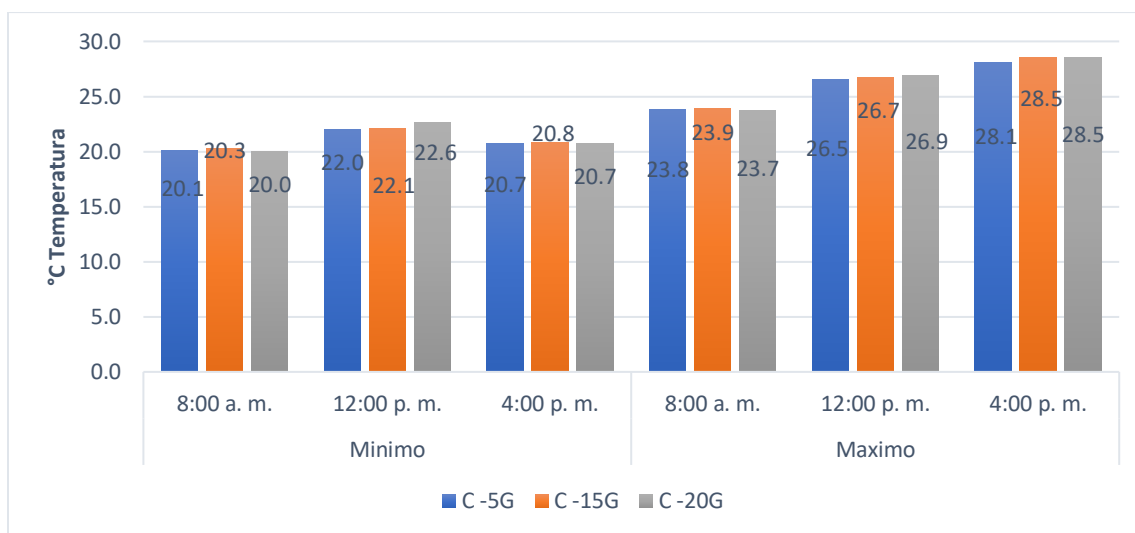
Promedio del registro de temperatura.

HORARIO	CONCENTRACIÓN 5 g			CONCENTRACIÓN 15 g			CONCENTRACIÓN 20 g		
	1R	2R	3R	1R	2R	3R	1R	2R	3R
8:00 a. m.	21.81	21.88	21.93	21.90	21.97	21.92	21.91	21.91	21.87
12:00 p. m.	24.37	24.41	24.44	24.53	24.58	24.47	24.50	24.52	24.58
4:00 p. m.	26.01	26.10	26.10	26.16	26.16	26.13	26.16	26.16	26.10

Nota. Elaboración propia

Figura 13.

Comparación de temperatura por concentración



Nota. Elaboración propia

B. Análisis de la calidad del agua: Los análisis de los parámetros relacionados con la calidad del agua del tratamiento del extracto en polvo del Frijol Terciopelo (*Mucuna pruriens*) mostraron una estabilidad notable. Se llevaron a cabo mediciones mensuales

durante los meses de noviembre, diciembre y enero, es decir, un total de tres veces. En particular, se evaluaron los parámetros de pH, cuyo rango ideal debe estar entre 6.5 y 8.5, así como el nivel de oxígeno, que debe ser superior al valor mínimo de 1.0 ppm. Además, se consideró el cloro, que debe tener un valor de 0, siendo este último parámetro esencial para la correcta realización de la investigación. Los resultados se detallan en la tabla siguiente:

Tabla 5.

Valores promedios de los parámetros del Análisis del agua.

Parámetro	Concentración	# n	m	M	Media	DE	IC 95%
pH	5 mg	3	6.9	7.2	7.0	0.15	7.0±0.173
	15 mg	3	7.0	7.5	7.3	0.29	7.3±0.327
	20 mg	3	7.2	7.6	7.4	0.20	7.6±0.226
Cloro	5 mg	3	0.0	0	0.0	0.00	0
	15 mg	3	0.0	0	0.0	0.00	0
	20 mg	3	0.0	0	0.0	0.00	0
Oxígeno (ppm)	5 mg	3	6.3	6.8	6.53	0.25	6.53±0.285
	15 mg	3	6.1	6.7	6.30	0.35	6.7±0.392
	20 mg	3	6.3	6.8	6.47	0.21	6.47±0.236

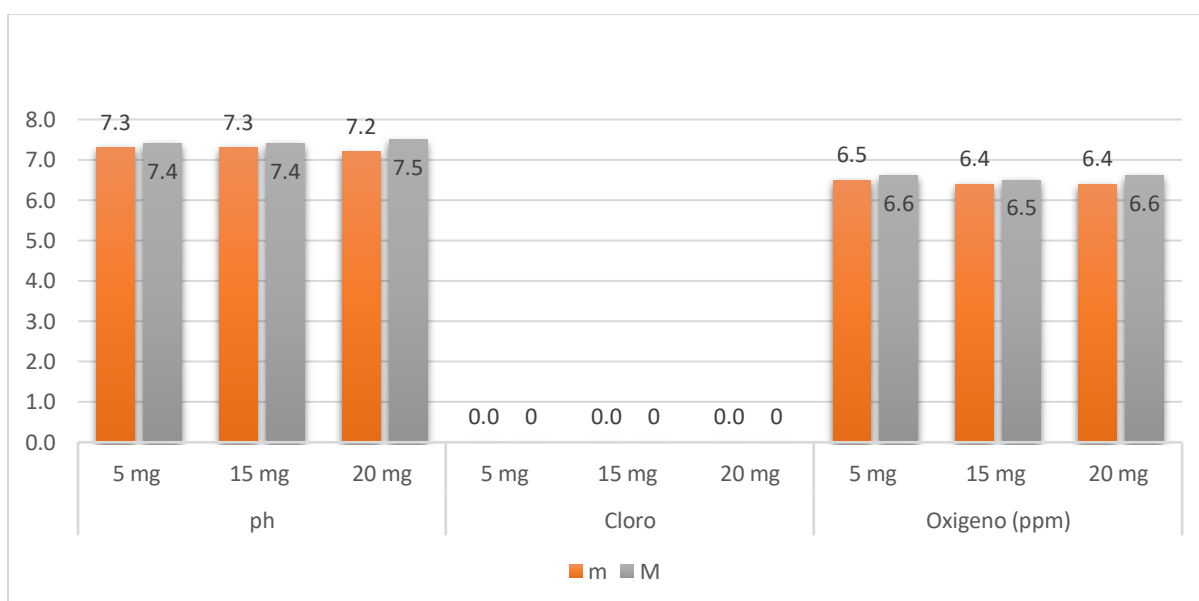
Nota. Elaboración propia

En la tabla 5 se presenta una serie de datos que indican que los valores de la media para el pH fueron de 7.0, 7.3 y 7.4, con desviaciones estándar (D.E.) de 0.15, 0.29 y 0.20 para las concentraciones, respectivamente. En lo que respecta al cloro, se reportaron valores de cero; mientras que, para el oxígeno, los de la media fueron de 6.53, 6.30 y 6.7, con D.E. 0.25, 0.35 y 0.21 para las concentraciones. Estos parámetros fueron recopilados mensualmente durante la investigación (tres veces) y se observó una similitud en las concentraciones al inicio y al final del estudio. En relación con el intervalo de confianza (IC) para el pH, se calcularon medias para las

siguientes concentraciones con los rangos: en 5 g, el intervalo fue de LI: 6.827 a LS: 7.173; en 15 g, de LI: 6.973 a LS: 7.627; y en 20 g, de LI: 7.37 a LS: 7.826. Para el oxígeno los rangos fueron: en 5 g, LI: 6.25 a LS: 6.815; en 15 g, LI: 6.308 a LS: 7.092; y en 20 g, LI: 6.23 a LS: 6.706. En la Figura 14 se ilustra una comparación entre los valores máximos y mínimos correspondientes a las concentraciones de los parámetros indicados en la tabla 5, los cuales no presentan cambios abruptos que pudieran comprometer la calidad del agua para el cultivo.

Figura 14.

Valores promedio de la Medición de la calidad del agua



Nota. Elaboración propia

4.2.2. Resultados del tratamiento Abrojo (*Tribulus terrestris*)

A. Análisis del parámetro de temperatura. En la tabla 6 se presentan los resultados estadísticos correspondientes a las horas de 8:00 am, 12:00 pm y 4:00 pm para el tratamiento (*Tribulus terrestris*).

Las mediciones realizadas durante la investigación se extendieron por un periodo de 45 días. Se registró una temperatura mínima de 19.9 °C a primera hora de la mañana 8:00 am, la cual fue aumentando a lo largo de los días hasta alcanzar 21 °C durante las mañanas, mientras que la temperatura máxima observada durante las horas de la tarde fue de 27.8 °C, condiciones idóneas para el crecimiento de alevines.

Tabla 6.

Resultados del parámetro de T° del tratamiento del Abrojo

Concentración	Horario	n / #Días	Media	D.E			Intervalo de confianza al 95%								
							1 - replica			2 - replica		3 - replica			
				1R	2R	3R	L.I.	L.S		L.I.	L.S	L.I.	L.S		
5 g	8:00 a. m.	45	21.7	0.91	1.00	0.97	21.42	21.95	21.7±0.27	21.40	21.98	21.7±0.29	21.40	21.97	21.7±0.28
	12:00 p. m.	45	24.0	1.07	1.06	1.10	23.65	24.28	24.0±0.31	23.65	24.28	24.0±0.31	23.64	24.29	24.0±0.32
	4:00 p. m.	45	26.0	0.93	1.00	1.04	25.68	26.22	26.0±0.27	25.66	26.24	26.0±0.29	25.65	26.26	26.0±0.30
15 g	8:00 a. m.	45	21.7	1.02	0.97	0.99	21.44	22.03	21.7±0.30	21.45	22.02	21.7±0.28	21.44	22.02	21.7±0.29
	12:00 p. m.	45	24.0	1.09	1.08	1.12	23.70	24.33	24±0.32	23.70	24.33	24.0±0.32	23.69	24.34	24.0±0.33
	4:00 p. m.	45	26.1	0.93	0.96	0.96	25.80	26.35	26.1±0.27	25.80	26.36	26.1±0.28	25.79	26.36	26.1±0.28
20 g	8:00 a. m.	45	21.7	1.01	1.02	0.95	21.38	21.97	21.7±0.30	21.38	21.97	21.7±0.30	21.40	21.95	21.7±0.28
	12:00 p. m.	45	24.0	1.13	1.09	1.17	23.63	24.28	24.0±0.33	23.64	24.27	24.0±0.32	23.61	24.30	24.0±0.34
	4:00 p. m.	45	26.0	0.97	0.87	0.91	25.75	26.31	26.0±0.28	25.78	26.28	26.0±0.25	25.77	26.30	26.0±0.27

Nota. Elaboración propia.

Las mediciones realizadas para las 8:00 am (M: 21.7; D.E: 0.91(1R); D.E: 1.00 (2R); D.E: 0.97 (3R)); a las 12:00 pm (M:24.0; D.E: 1.09(1R); D.E: 1.08 (2R); D.E: 1.12 (3R)) y a las 4:00 pm (M: 26.1; D.E: 0.97(1R); D.E: 0.87 (2R); D.E: 0.91 (3R)) presentan resultados similares. Se observa similitud en las temperaturas, como se visualiza en la tabla 6 conforme a los horarios registrados, mostrando incluso un incremento de entre 1 a 2 °C en cada hora analizada. Se mantiene un IC (21.42-21.95-21.40-21.98-21.40-21.97-21.44-22.03-21.45-22.02-21.44-22.02-21.38-21.97-25.78-26.28-25.77-26.30) para la primera hora de la mañana (8:00 a.m.) a lo largo de toda la investigación. La tabla 7, que presenta un promedio de temperaturas durante el periodo analizado, indica que las temperaturas fueron aumentando debido a la estación del año, y la figura 15 ilustra las temperaturas máximas y mínimas del promedio de temperaturas registradas durante el estudio.

Tabla 7.

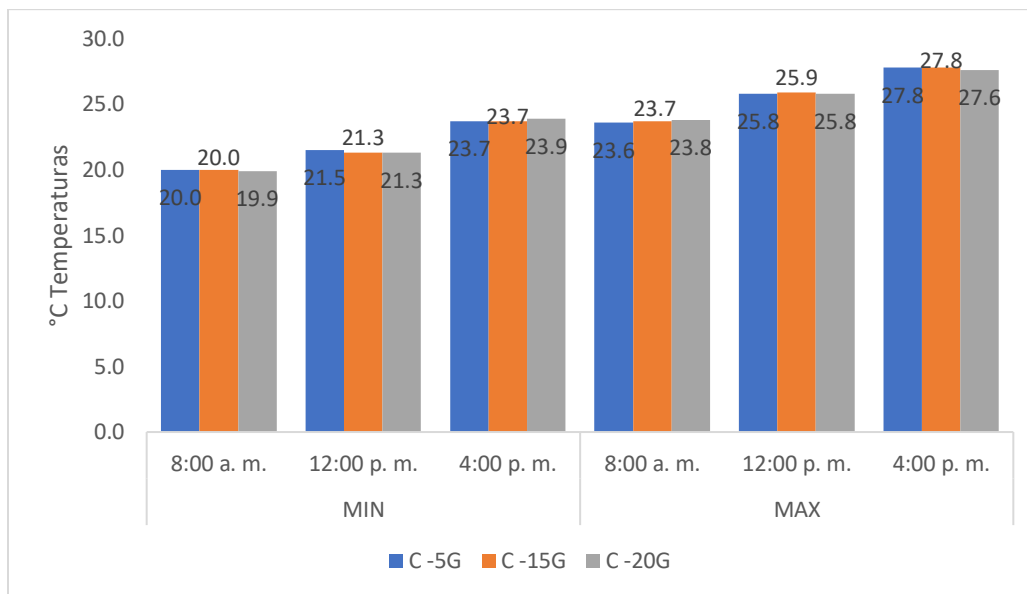
Promedio del registro de temperatura.

Horario	CONCENTRACIÓN 5 g			CONCENTRACIÓN 15 g			CONCENTRACIÓN 20 g		
	1R	2R	3R	1R	2R	3R	1R	2R	3R
8:00 a. m.	21.7	21.7	21.6	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	21.6
12:00 p. m.	23.9	24.0	24.0	24.0	24.0	24.1	24.0	24.0	23.9
4:00 p. m.	25.9	26.0	26.0	26.1	26.1	26.1	26.0	26.1	26.1

Nota. Elaboración propia.

Figura 15.

Comparación de temperaturas registradas por concentración



Nota. Elaboración propia.

B. Análisis de la calidad del agua. Los análisis de los parámetros relacionados con la calidad del agua se mantuvieron en condiciones estables. Se llevaron a cabo mediciones mensuales durante los meses de noviembre, diciembre y enero, realizando un total de tres mediciones. Se prestó especial atención a los parámetros de pH, los cuales deben situarse dentro del rango de 6.5 a 8.5, así como al oxígeno que debe estar por encima del valor mínimo de 1.0 ppm. Además, se registró el cloro cuyo valor ideal es 0. Este último parámetro es fundamental para una investigación adecuada. A continuación, se presentan los detalles en la tabla siguiente:

Tabla 8

Valores promedios de los parámetros del Análisis del agua.

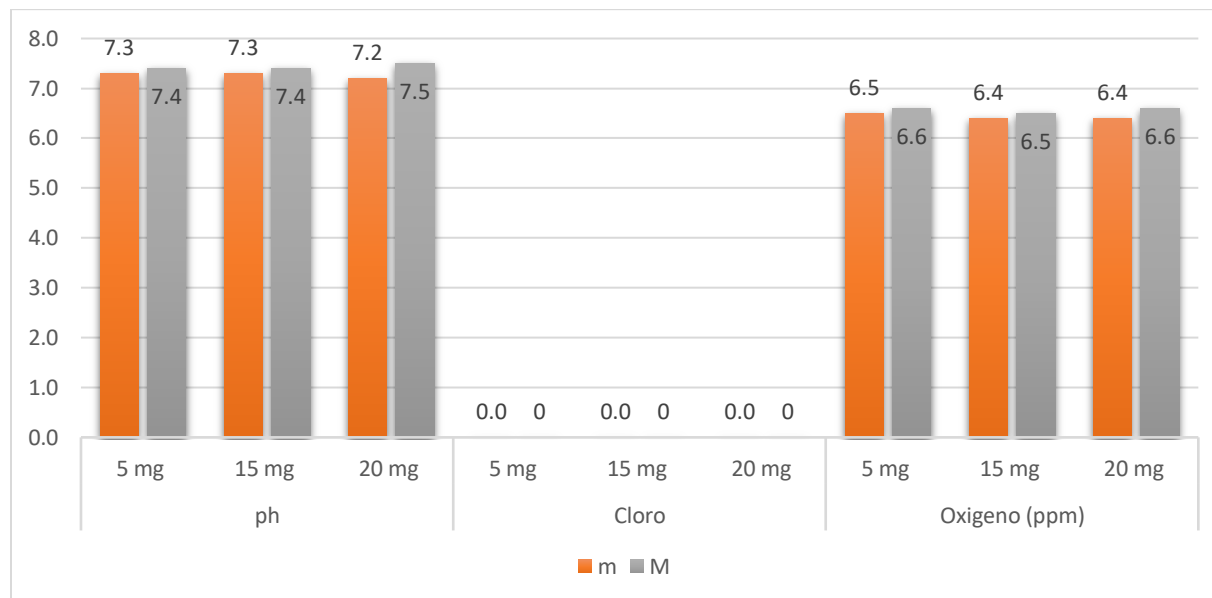
Parámetro	Concentración	# n	m	M	Media	DE	IC 95%
pH	5 mg	3	7.3	7.4	7.3	0.06	7.3±0.07
	15 mg	3	7.3	7.4	7.4	0.06	7.4±0.07
	20 mg	3	7.2	7.5	7.3	0.15	7.3±0.17
Cloro	5 mg	3	0.0	0	0.0	0.00	0
	15 mg	3	0.0	0	0.0	0.00	0
	20 mg	3	0.0	0	0.0	0.00	0
Oxígeno (ppm)	5 mg	3	6.5	6.6	6.55	0.07	6.55±0.08
	15 mg	3	6.4	6.5	6.47	0.06	6.47±0.07
	20 mg	3	6.4	6.6	6.47	0.12	6.47±0.13

Nota. Elaboración propia

En la tabla 8 se observa que las medias del pH: M:7.3, M:7.4, M:7.3 y una D.E: 0.06, D.E: 0.06, D.E:0.15; para el cloro con valores de 0 y para el oxígeno M:6.55, M:6.47, M:6.47; D.E: 0.07, 0.06, 0.12. Estos parámetros fueron registrados de manera mensual durante la investigación, en tres ocasiones. Se constató una similitud en las concentraciones al inicio y al final de la investigación presentando un IC para el pH 5 g (LI:7.23; LS:07.37), 15g (LI:7.33; LS:7.47) y 20 g (LI:7.13; LS:7.47) y para el oxígeno 5 g (LI: 6.47; LS: 6.63), 15g (LI:6,4; LS: 6.54) y 20 g (LI:6.34; LS:6.60). En la figura 16 se presenta una comparación de los valores máximos y mínimos de los parámetros, evidenciando que no se han producido cambios bruscos que puedan comprometer la calidad del agua para el cultivo.

Figura 16

Valores promedio de la Medición de la calidad del agua



Nota. Elaboración propia.

4.1.3. Resultados del tratamiento Control

En la Tabla 9 se presentan los resultados estadísticos correspondientes a los horarios de 8:00 a.m., 12:00 p.m. y 4:00 p.m. para el tratamiento de control (sin tratamiento o concentración). Las mediciones registradas durante esta investigación se llevaron a cabo a lo largo de un período de 45 días. Se observó que la temperatura más baja registrada para este tratamiento fue de 19.9 °C a primera hora de la mañana (8:00 a.m.), mientras que, con el transcurso de los días, la temperatura fue incrementándose, alcanzando 23.7 °C en horas de la mañana. La temperatura máxima registrada en horas de la tarde fue de 27.9 °C, lo cual se considera adecuado para el crecimiento de alevines.

A. Análisis del parámetro de temperatura.

Tabla 9

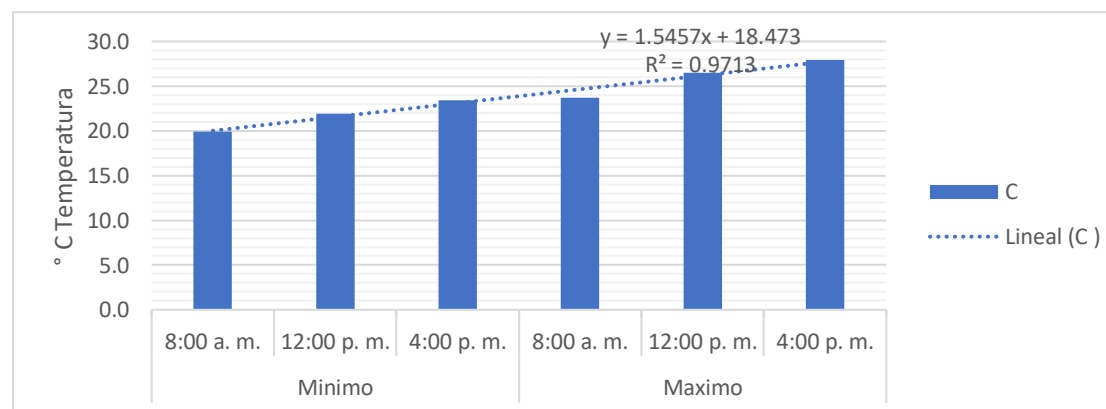
Resultados del parámetro de T° del tratamiento del Control

Horario	n / #Días	T° Mínima	T° Máximo	Media	D.E			Intervalo de confianza al 95%								
								1 - replica		2 - replica		3 - replica				
					1R	2R	3R	L.I.	L.S	L.I.	L.S	L.I.	L.S			
8:00 a. m.	45	19.9	23.7	21.7	0.92	0.94	0.89	21.46	22.00	21.7±0.27	21.31	22.15	21.7±0.42	21.37	22.09	21.7±0.36
12:00 p. m.	45	21.9	26.5	24.2	1.04	0.99	1.01	23.87	24.48	24.2±0.30	23.75	24.60	24.2±0.42	23.79	24.57	24.2±0.39
4:00 p. m.	45	23.4	27.9	26.1	1.01	0.99	1.07	25.82	26.41	26.1±0.29	25.71	26.52	26.1±0.40	25.71	26.52	26.1±0.40

Nota. Elaboración propia.

Figura 17

Valoración del promedio Max. y Min de temperaturas



Nota. Elaboración propia.

Las mediciones correspondientes a las 8:00 a.m. (M:21.7; DE:0.92(1R); DE: 0.94 (2R); DE:0.89 (3R)); las 12:00 pm (M:24.2; DE:1.04(1R); DE: 0.99 (2R); DE:1.01 (3R)) y para las 4:00 pm (M:26.1; DE:1.01(1R); DE: 0.99 (2R); DE: 1.07 (3R)) presentan resultados que son consistentes entre sí esto se refleja en la Tabla 9, la cual muestra los valores correspondientes a los horarios registrados, evidenciando un incremento de entre 1 a 2 °C en cada hora registrada manteniendo un IC (21.46-22.00-21.31-22.15-21.37-22.09) para la primera hora de la mañana durante la primera hora de la mañana (8:00 a.m.) a lo largo de toda la investigación. Además, la Tabla 10 proporciona un promedio de las temperaturas durante todo el período estudiado, resaltando que las temperaturas experimentaron un aumento debido a la estación del año. Por otro lado, la Figura 17 ilustra la temperatura máxima y mínima del promedio de temperaturas registradas durante la investigación.

Tabla 10

Promedio de temperatura

Horario	CONCENTRACIÓN CONTROL		
	1R	2R	3R
8:00 a. m.	21.8	21.8	21.7
12:00 p. m.	24.2	24.2	24.2
4:00 p. m.	26.2	26.1	26.0

Nota. Elaboración propia

B. ***Análisis de la calidad del agua.*** Los análisis de los parámetros relacionados con la calidad del agua del Tratamiento Control se llevaron a cabo de manera continua. Se realizaron

mediciones mensuales durante los meses de noviembre, diciembre y enero, es decir, un total de tres ocasiones. Se prestó especial atención a los siguientes parámetros: pH, que debe estar dentro del rango de 6.5 a 8.5; la concentración de oxígeno, que debe superar el valor mínimo de 1.0 ppm; y el cloro, que debe presentar un valor de 0. A continuación, se presentan los resultados detallados en la tabla siguiente.

Tabla 11

Promedio de los parámetros del agua

Parámetro	# n	m	M	Media	DE	IC 95%
pH	3	7.2	7.6	7.4	0.13	7.4±0.15
Cloro	3	0	0	0	0.00	0.0
Oxígeno (ppm)	3	6.2	6.6	6.42	0.13	6.42±0.15

Nota. Elaboración propia.

En la Tabla 11, se presenta la estabilidad del parámetro de pH, con los siguientes valores en: M:7.4, y D.E:0.13; Asimismo, el parámetro de cloro se registró con valores de 0, mientras que para el oxígeno se obtuvieron los resultados: M:6.42 y D.E: 0.13. Estos parámetros fueron registrados mensualmente en el transcurso de la investigación, en tres ocasiones, y se observó una similitud entre las concentraciones al inicio y al final de la investigación. Se presenta un IC para el pH con LI: 7.25, LS: 7.55 para el oxígeno en LI: 6.27, LS: 6.57.

4.2. Resultados de la reversión sexual

Los extractos en polvo de plantas utilizados para tratamientos a distintas concentraciones han demostrado eficacia en la masculinización de los alevines de tilapia. Se observó que el mayor porcentaje de individuos machos se registró en la concentración de 20 g para el tratamiento con Abrojo (*Tribulus terrestris*) con 62.00% reversión sexual, así como en la misma concentración de 20 g para el tratamiento con Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) con 58.67% de reversión sexual. Sin embargo, a pesar de la casi similitud en los porcentajes de machos, los resultados indican que el tratamiento con Abrojo (*Tribulus terrestris*) presentó la mayor eficacia, alcanzando un 62.00% de machos en una concentración del 20 g. Los experimentos se llevaron a cabo durante un periodo de 45 días en alimentación, el cual se extendió en 90 días adicionales para permitir el desarrollo de las gónadas y facilitar la visualización manual de los poros genitales o a través de análisis gonadales. La siembra de peces se realizó utilizando 50 individuos por réplica y 150 por cada concentración de los tratamientos. Se consideró la alimentación específica para cada grupo, utilizando el respectivo extracto en polvo como hormona masculinizante, así como los alimentos proporcionados bajo las mismas condiciones, incluso para el tratamiento control (sin hormona). En la Tabla 12 se ilustran los datos recolectados a lo largo de la investigación, lo que permitirá determinar cuál de los tratamientos es el más eficaz.

4.2.1. Análisis de Crecimiento:

En la Tabla 12, se puede observar el crecimiento de los alevines durante el proceso de reversión sexual. Se identifica que el mayor crecimiento se observó en el Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) en comparación con el tratamiento de Abrojo (*Tribulus terrestris*). No obstante, en las

concentraciones 15 g y 20 g del Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) se obtuvieron similares resultados de crecimiento de 5.8 cm y 5.9 cm. Sin embargo, si comparamos tratamientos no es demasiada la diferencia en su crecimiento con el Abrojo (*Tribulus terrestris*) a concentración de 20 g con un crecimiento de 5.7 cm.

Tabla 12.

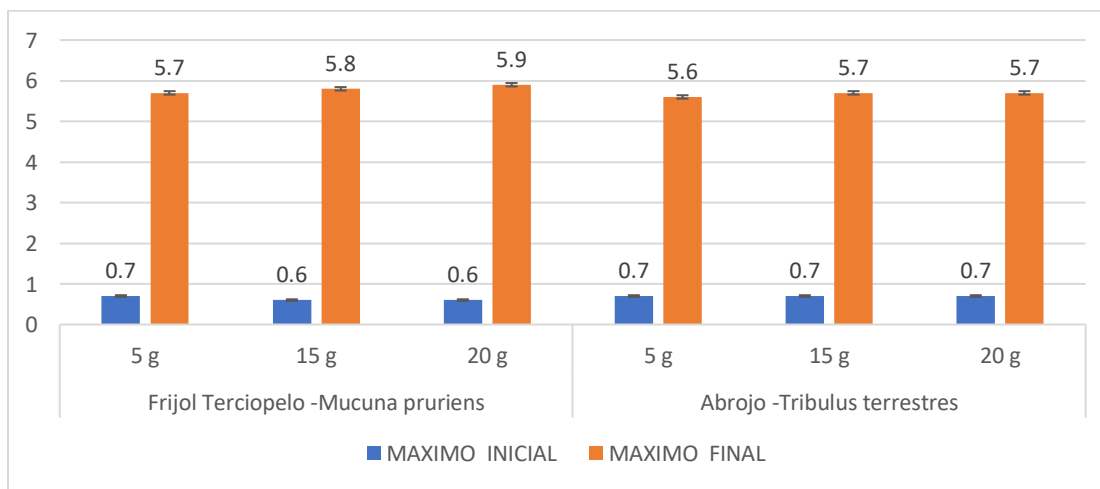
Relación de crecimiento de alevinos(cm)

Extracto	Concentración	#n	m	M	Media
Frijol - Terciopelo - <i>Mucuna</i> <i>pruriens</i>	C.A-5 g	45	5.6	5.7	5.67
	C.A-15 g	45	5.7	5.8	5.77
	C.A-20 g	45	5.7	5.9	5.80
Abrojo - <i>Tribulus</i> <i>terrestris</i>	C.M-5 g	45	5.5	5.6	5.57
	C.M-15 g	45	5.5	5.7	5.60
	C.M-20 g	45	5.6	5.7	5.67

Nota. #n: cantidad de población muestreada, m: valor mínimo; M: valor máximo, media: promedio. Elaboración propia.

Figura 18.

Relación de crecimiento (y=cm)



Nota. Elaboración propia

4.2.2. Análisis inferencial de la Reversión sexual total

En la Tabla 13, se puede observar el porcentaje de machos por cada réplica de las diferentes concentraciones de los extractos de planta. Se identifica que el mayor porcentaje de machos en las réplicas por concentración fue conseguido con el tratamiento de Abrojo (*Tribulus terrestris*), en comparación con el Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*). No obstante, al evaluar de manera individual los tratamientos, se observa que las diferencias entre las concentraciones no varían demasiado. La concentración de Abrojo a 15 g resultó en un porcentaje del 58%, mientras que el Frijol terciopelo a 15 g alcanzó el 56.47%. Asimismo, en la concentración de Abrojo a 20 g se registró un 62%, en contraste con el Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) a 20 g, que mostró un 58.67%. En el caso del tratamiento de control, el mayor porcentaje de machos fue de 24%. Los resultados sugieren que el extracto de abrojo ejerce un efecto más significativo en la inducción sexual, considerando al otro el extracto en cuestión.

Tabla 13.

Porcentaje de reversión sexual de machos de la investigación

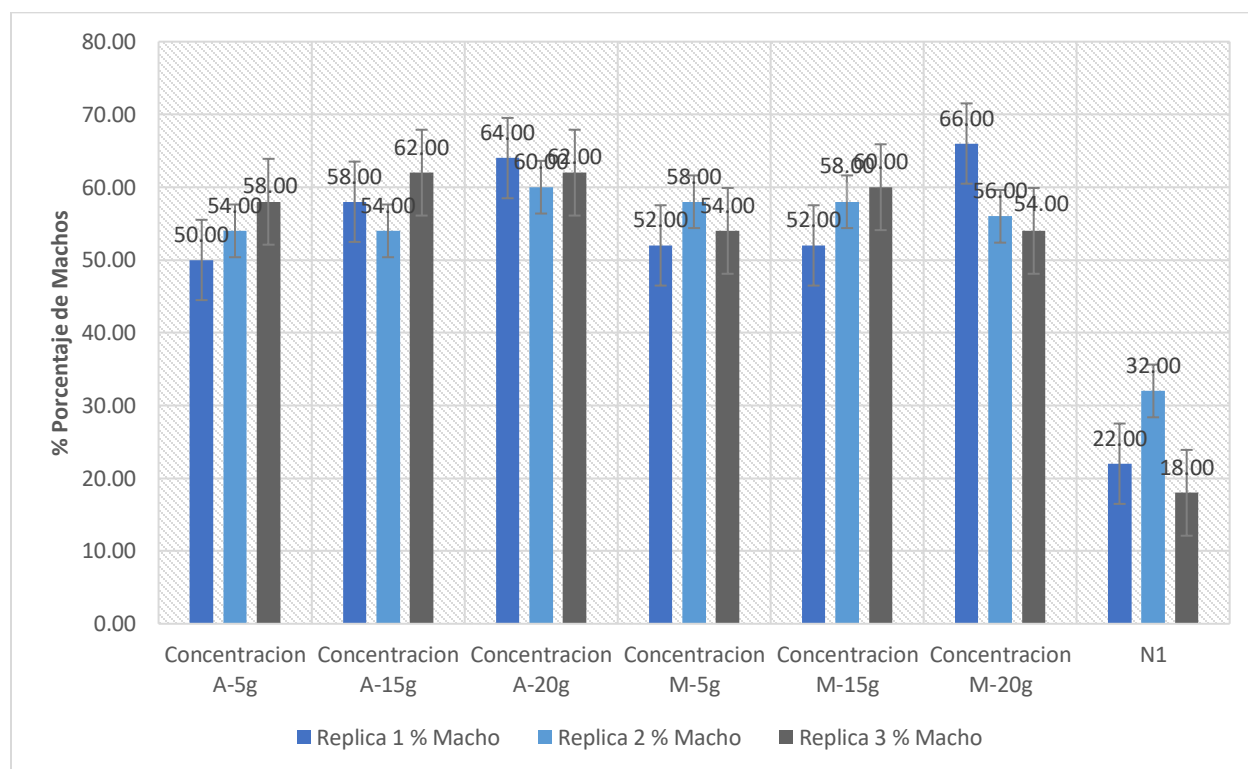
# Replicas	% Sexo	Abrojo (<i>Tribulus terrestris</i>)			Frijol terciopelo (<i>Mucuna pruriens</i>)			Contro l
		C.A-5 g	C.A-15 g	C.A-20 g	C.M-5 g	C.M-15 g	C.M-20 g	N1
Replica 1	% Macho	50.00	58.00	64.00	52.00	52.00	66.00	22.00
	% Hembra	32.00	16.00	22.00	30.00	24.00	16.00	62.00
Replica 2	% Macho	54.00	54.00	60.00	58.00	58.00	56.00	32.00
	% Hembra	16.00	28.00	24.00	28.00	26.00	30.00	50.00
Replica 3	% Macho	58.00	62.00	62.00	54.00	60.00	54.00	18.00
	% Hembra	18.00	26.00	26.00	24.00	20.00	28.00	68.00

Promedio	% Macho	54.00	58.00	62.00	54.67	56.67	58.67	24.00
	% Hembra	22.00	23.33	24.00	27.33	23.33	24.67	60.00

Nota. Elaboración propia

Figura 19.

Porcentaje de machos concentración



Nota. Elaboración propia

En la Figura 19, se presenta el porcentaje de reversión sexual en cada réplica, en función de las concentraciones, acompañado de las barras de error que indican el grado de dispersión de los datos en relación con el valor medio.

El muestreo se llevó a cabo una vez finalizado el período de investigación. En la Tabla 14 se presentan las cantidades totales de machos por cada concentración, siendo estas compuestas por un total de 150 alevinos por concentración de tratamiento con extracto en polvo de planta. Se observa que la mayor cantidad de machos se registró en el tratamiento con abrojo a una concentración de 20 g, donde se obtuvieron 93 machos. Asimismo, el tratamiento con frijol a la misma concentración de 20 g dio como promedio 88 machos. Sin embargo, estas cifras no muestran una diferencia significativa entre concentraciones, a diferencia del grupo de control, que presentó 36 machos. Esta tendencia también se refleja en la varianza observada en cada uno de los tratamientos. En general, cuanto mayor sea la cantidad, mayor será la dispersión, lo que indica que los datos no se agrupan en torno a la media. Se evidencia que la concentración de 20 g de abrojo presenta la menor varianza, con un valor de 1, lo cual se traduce en datos de sus réplicas que no muestran una diferencia considerable en la cantidad de machos. En contraste, el extracto de frijol a 20 g exhibe una varianza de 10,3, lo que indica una mayor dispersión en sus réplicas. Asimismo, el tratamiento de control muestra una varianza de 13.0.

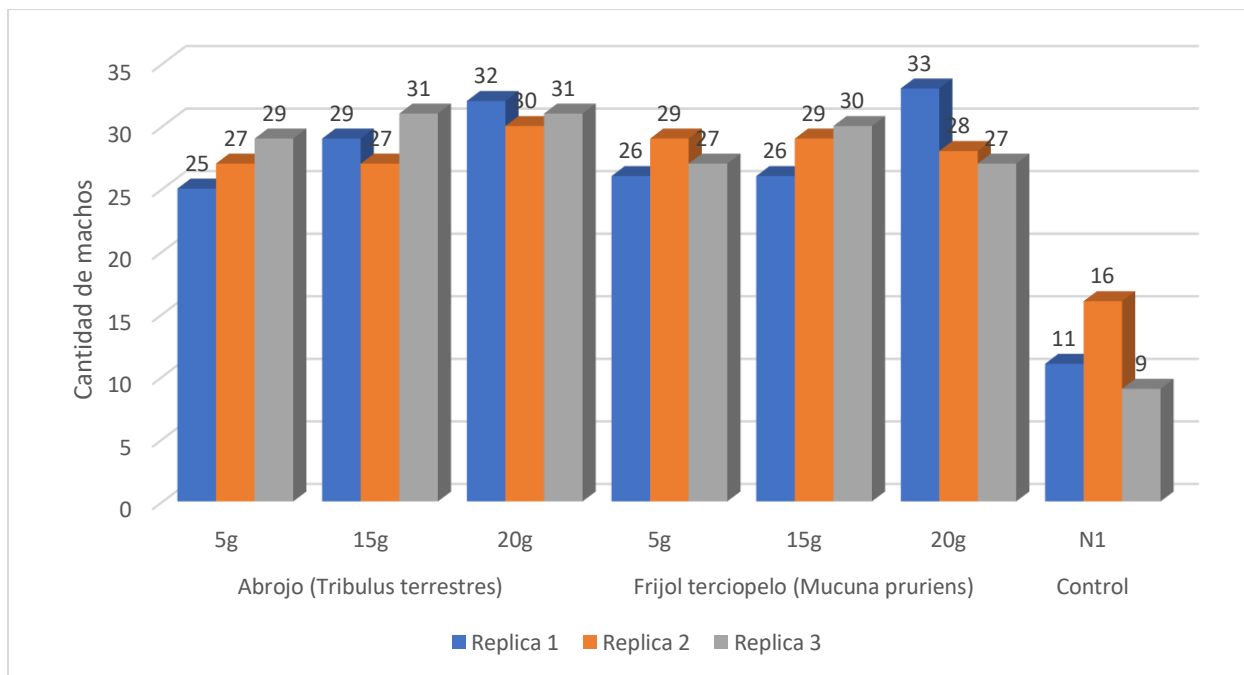
Tabla 14.

Cantidad de reversión sexual de machos de la investigación

# Replicas	Abrojo (<i>Tribulus terrestris</i>)			Frijol terciopelo (<i>Mucuna pruriens</i>)			Control
	C.A-5 g	C.A-15 g	C.A-20 g	C.M-5g	C.M-15 g	C.M-20 g	N1
Replica 1	25	29	32	26	26	33	11
Replica 2	27	27	30	29	29	28	16
Replica 3	29	31	31	27	30	27	9
Total	81	87	93	82	85	88	36
Media	27	29	31.00	27.33	28.33	29.33	12.00
Varianza	4	4	1	2.3	4.3	10.3	13.0

Figura 20

Comparación de cantidades de alevines machos de los tratamientos.



Nota. Elaboración propia

El análisis inferencial al concluir la investigación sobre la cantidad de machos de tilapia en relación con los extractos en polvo de las plantas, como el Abrojo y el Frijol terciopelo, se llevó a cabo mediante una prueba comparativa con un nivel de significancia del 5%. Los resultados obtuvieron evidencias que indican la existencia de diferencias entre las concentraciones analizadas.

Hipótesis: La cantidad de machos en alevines de tilapia alimentados a diferentes concentraciones entre: tratamiento del Abrojo (*Tribulus terrestris*), tratamiento del Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) y tratamiento control son iguales o diferentes.

- Ho: Las medias poblacionales de los tratamientos son iguales
- Ha: Las medias poblacionales de los tratamientos no son iguales

La tabla 15 nos permitirá determinar si nuestra hipótesis es igual o presenta diferencias.

Reglas de decisión: Para proceder con la aceptación o rechazo de las medias, es imperativo que se aprueben las siguientes normas.

- p-valor: rechazar Ho si: $P < \alpha \therefore 0.000002 < 0.05$; entonces SE RECHAZA HO

Si se desea verificar el rechazo de la hipótesis nula (H0), se puede realizar un análisis utilizando el valor crítico.

- Rechazar Ho si $F > F_c \therefore 22.32 > 2.84$; nos muestra otra vez que SE RECHAZA HO.

Se puede concluir que, a un nivel de significancia del 5%, se acepta la hipótesis alternativa (Ha). En consecuencia, se afirma que al término de la investigación sobre los tres tratamientos (tratamiento del Abrojo, tratamiento del Frijol Terciopelo y tratamiento de control), las medias poblacionales de los tratamientos no son iguales.

Tabla 15.

Análisis de varianza entre tratamientos

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	746.29	6	124.381	22.32478632	2.05781E-06	2.847726
Dentro de los grupos	78.00	14	5.571			
Total	824.29	20				

Nota. Elaboración propia

En la tabla 15, se observa un resultado estadístico significativo ($F: 22.32; p < 0.05$), lo cual indica que el número de alevines entre los diferentes grupos es estadísticamente diferente. Para determinar cuáles grupos presentan diferencias significativas, se presenta la tabla 16, en la que se aplica el test de Tukey para comparar las medias entre grupos. Esta tabla revela que existe una diferencia significativa entre las concentraciones de los grupos experimentales, específicamente entre los grupos A, B y C. En este sentido, la administración del extracto en polvo en los alimentos a diversas concentraciones en los tratamientos con Abrojo y Frijol Terciopelo generó un número de alevines machos prácticamente equivalente durante el período de investigación. Sin embargo, esta afirmación no es aplicable al grupo D (Tratamiento control), el cual presenta una notable diferencia en comparación con las concentraciones de los tratamientos experimentales.

Tabla 16

Comparación de medias del número de machos entre tratamientos.

TUKEY HSD/KRAMER				
<i>Tipo de Concentración</i>	<i>Promedio</i>	<i>n</i>	<i>ss</i>	<i>Grupo</i>
<i>Concentración A-5 g</i>	<i>27.0</i>	<i>3.0</i>	<i>8.0</i>	<i>a</i>
<i>Concentración A-15 g</i>	<i>29.0</i>	<i>3.0</i>	<i>8.0</i>	<i>b</i>
<i>Concentración A-20 g</i>	<i>31.0</i>	<i>3.0</i>	<i>2.0</i>	<i>c</i>
<i>Concentración M-5 g</i>	<i>27.3</i>	<i>3.0</i>	<i>4.7</i>	<i>a</i>
<i>Concentración M-15 g</i>	<i>28.3</i>	<i>3.0</i>	<i>8.7</i>	<i>b</i>
<i>Concentración M-20 g</i>	<i>29.3</i>	<i>3.0</i>	<i>20.7</i>	<i>c</i>
<i>N1(Control)</i>	<i>12</i>	<i>3.00</i>	<i>26</i>	<i>d</i>

Nota. Elaboración propia; Test: Tukey Alfa=0,05 Error: 5.571 gl: 14

Para determinar si el conjunto de datos presenta una distribución normal entre las réplicas de las concentraciones, se empleará la prueba de Shapiro-Wilk. Esta prueba tiene como objetivo evaluar la normalidad del conjunto de datos relacionado con la reversión sexual de machos (Tabla 14). Sin embargo, para llegar a una interpretación válida acerca de la aceptación o rechazo de la hipótesis, es necesario analizar los resultados obtenidos a continuación.

- H_0 : los datos provienen de una distribución normal
- H_a : los datos no provienen de una distribución normal

Normas de decisión: Para proceder con la aceptación o rechazo de las medias, es imperativo que se aprueben las siguientes normas.

- Si el valor de $\alpha > p$; Se rechaza hipótesis nula (H_0)

En este contexto, se concluye que, de acuerdo con los datos presentados en la Tabla 17, a un nivel de significancia del 5%, la distribución puede considerarse normal para cada una de las concentraciones analizadas.

Tabla 17

Valoración del test de Shapiro-Wilk

	Abrojo (<i>Tribulus terrestris</i>)			Frijol terciopelo (<i>Mucuna pruriens</i>)			Control
	C. A-5 g	C. A-15 g	C. A-20 g	C. M-5 g	C. M-15 g	C. M-20 g	NI
W-stat	1	1	1	0.964	0.923	0.871	0.942
p-value	1	1	1	0.637	0.463	0.298	0.537
alpha	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
normal	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes

Nota. Elaboración propia.

4.2.3. *Reversión sexual del tratamiento Abrojo (Tribulus terrestris)*

Se llevó a cabo un análisis de los tratamientos de manera individual con el objetivo de determinar si existen diferencias significativas entre sus concentraciones. En este experimento, se emplearon 150 alevines por cada concentración (5 g, 15 g y 20 g). Los resultados Figura 21, indicaron que la mayor cantidad de machos se obtuvo en la concentración de 20 g, con un total de 93 machos (M:31), lo que establece esta concentración como la óptima para la reversión sexual. En contraste, la menor cantidad se registró en la concentración de 5 g, que produjo un total de 81 machos (M:27) y mostrando la desviación estándar entre concentraciones.

Al analizar la varianza entre los tratamientos (Tabla 18), se observa que la concentración de 20 g presenta una varianza más uniforme (V:1), lo que indica que no existe una dispersión significativa en torno a cada réplica. Por otro lado, tanto la concentración de 5 g como la de 15 g muestran una varianza equivalente (5 g: V:4, 15 g: V:4). En cuanto al tratamiento de abrojo, este no presenta una varianza con una mayor dispersión en relación a sus réplicas.

Tabla 18

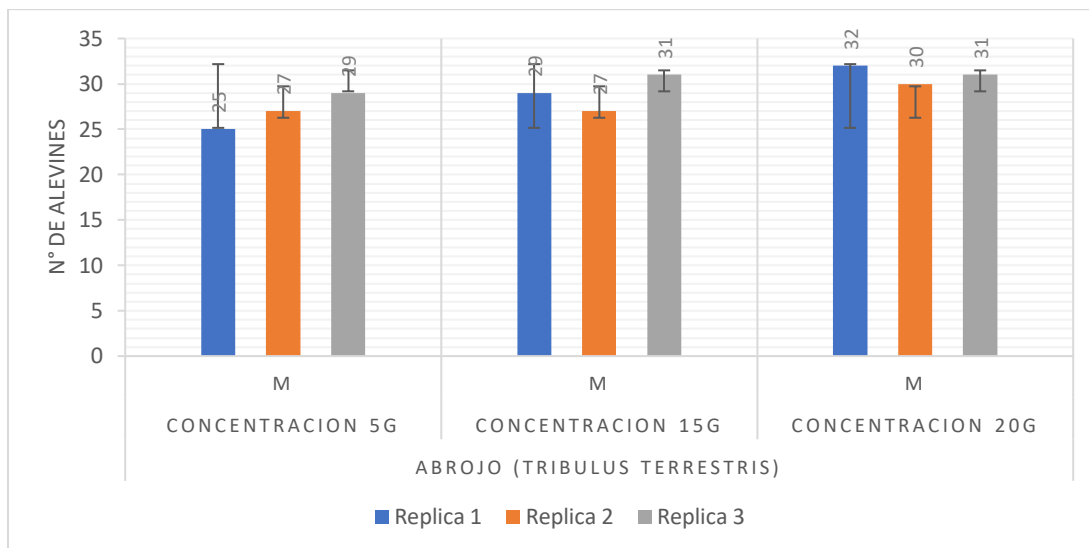
Comparación de varianza en la concentración del Abrojo

# Replica	Abrojo (<i>Tribulus terrestris</i>)		
	Concentración 5 g	Concentración 15 g	Concentración 20 g
Replica 1	25	29	32
Replica 2	27	27	30
Replica 3	29	31	31
Total	81	87	93
Media	27	29	31
Varianza	4	4	1

Nota. Elaboración propia.

Figura 21.

Comparación de machos por tratamiento de Abrojo



Nota. Elaboración propia.

El análisis inferencial relacionado con el tratamiento de Abrojo (*Tribulus terrestris*) en función de la cantidad de machos se llevó a cabo mediante una prueba comparativa con un nivel de significancia del 5%. Los resultados obtenidos indican que no existen diferencias significativas entre las concentraciones evaluadas, como se visualiza en la Tabla 19.

Hipótesis: La cantidad de machos en los alevines de tilapia alimentados con diferentes concentraciones del tratamiento de Abrojo (*Tribulus terrestris*) es, en términos estadísticos, igual o diferente.

- Ho: Las medias poblacionales son iguales del tratamiento del abrojo
- Ha: Las medias poblacionales no son iguales del tratamiento del abrojo

Reglas de Decisión: Para proceder con la aceptación o rechazo de las medias, es imperativo que se aprueben las siguientes normas.

- p-valor: rechazar H_0 si $P < \alpha \therefore 0.078 < 0.05$; SE ACEPTA H_0

Si se desea verificar la aceptación de la hipótesis nula (H_0), se puede realizar un análisis utilizando el valor crítico.

- Valor crítico: rechazar H_0 si $F > F_c \therefore 4 > 5.143$; SE ACEPTA OTRA VEZ LA H_0

Se puede afirmar que en la Tabla 18, a un nivel de significancia del 5%, se acepta la hipótesis nula (H_0). En consecuencia, se puede concluir que, al finalizar la investigación sobre el tratamiento de Abrojo (*Tribulus terrestris*), las medias poblacionales de los tratamientos son iguales ($F=4$, $p < 0.05$)

Tabla 19

Análisis de varianza por tratamiento

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	24	2	12	4	0.0787172	5.14325285
Dentro de los grupos	18	6	3			
Total	42	8				

Nota. Elaboración propia

4.2.3. Reversión sexual del tratamiento Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*)

Se llevó a cabo un análisis de los tratamientos de forma individual para determinar si existía una diferencia significativa entre sus concentraciones. En este estudio, se utilizaron 150 alevines por cada concentración (5 g, 15 g y 20 g). La Figura 22, indica que la mayor cantidad de machos fue obtenida en la concentración de 20 g, con un total de 88 machos (M: 29.33), lo que sugiere que esta concentración es óptima para la reversión sexual si se aplica únicamente este tratamiento. Por otro lado, la menor cantidad de machos fue registrada en la concentración de 5 g, con un total de 82 machos (M: 27.33) y la desviación estándar entre concentraciones.

Al analizar la varianza entre tratamientos, se observa que la concentración de 5 g presenta una dispersión más uniforme (V: 2.33), lo que indica una menor variabilidad en torno a cada réplica. En contraste, el tratamiento correspondiente a la concentración de 20 g muestra una mayor dispersión (V: 10.33), esto se visualiza en la Tabla 20.

Tabla 20

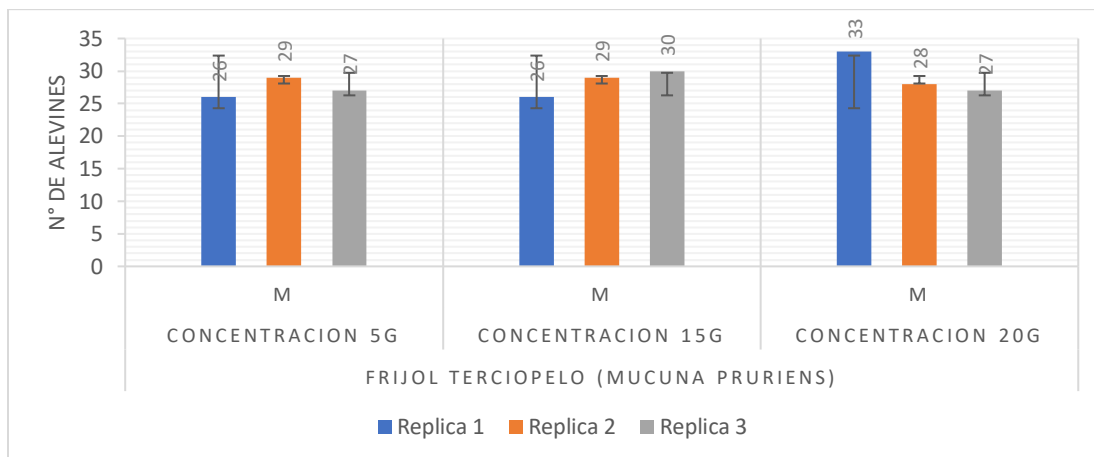
Comparación de varianza en la concentración del Frijol terciopelo

#Replica	Frijol terciopelo (<i>Mucuna pruriens</i>)		
	Concentración 5 g	Concentración 15 g	Concentración 20 g
Replica 1	26	26	33
Replica 2	29	29	28
Replica 3	27	30	27
Total	82	85	88
Media	27.33	28.33	29.33
Varianza	2.33	4.33	10.33

Nota. Elaboración propia.

Figura 22.

Comparación de machos por tratamiento de Frijol terciopelo



Nota. Elaboración propia.

El análisis inferencial del tratamiento con Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) en relación a la cantidad de machos, realizado mediante una prueba comparativa con un nivel de significancia del 5%, indica que no existen diferencias significativas entre las distintas concentraciones, tal como se puede observar en la tabla 21.

Hipótesis: la cantidad de machos en alevines de tilapia alimentados con diferentes concentraciones del tratamiento de Frijol terciopelo es idéntica o presenta variaciones.

- H_0 : Las medias poblacionales son iguales
- H_a : Las medias poblacionales no son iguales

Reglas de Decisión: Para proceder con la aceptación o rechazo de las medias, es imperativo que se aprueben las siguientes normas.

- p-valor: rechazar H_0 si $P < \alpha \therefore 0.614 < 0.05$; SE ACEPTA H_0

Si se desea verificar la aceptación de la hipótesis nula (H_0), se puede realizar un análisis utilizando el valor crítico.

- Valor crítico: rechazar H_0 si $F > F_c \therefore 0.53 > 5.143$; SE ACEPTA H_0

Se puede concluir que, en la Tabla 20, a un nivel de significancia del 5%, se acepta la hipótesis nula (H_0). Por consiguiente, se puede afirmar que, al finalizar la investigación sobre el tratamiento de Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*), las medias poblacionales de los tratamientos son iguales ($F=0.53$, $p<0.05$).

Tabla 21.

Análisis de Varianza de la Concentración

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	6	2	3.00	0.53	0.614125	5.14325285
Dentro de los grupos	34	6	5.67			
Total	40	8				

Nota. Elaboración propia.

4.3. Supervivencia Total

En la Tabla 22 se presenta un análisis detallado de la supervivencia de los alevines de tilapia a lo largo del curso de la investigación. La reversión sexual y la tasa de supervivencia son aspectos fundamentales para la realización de un análisis de costos de producción. Con el transcurso de los días, se observó una disminución de la mortalidad de los alevines, lo cual se atribuye a diversos factores, entre los que se destacan el incremento de la resistencia y la adaptación de los alevines al medio de cultivo en el que residen. Asimismo, se documentó el

porcentaje de supervivencia correspondiente a cada tratamiento, considerando un total de 150 alevines por tratamiento, así como la cantidad de machos y hembras obtenidos a lo largo de la investigación.

Tabla 22.

Resultados de Supervivencia de los tratamientos

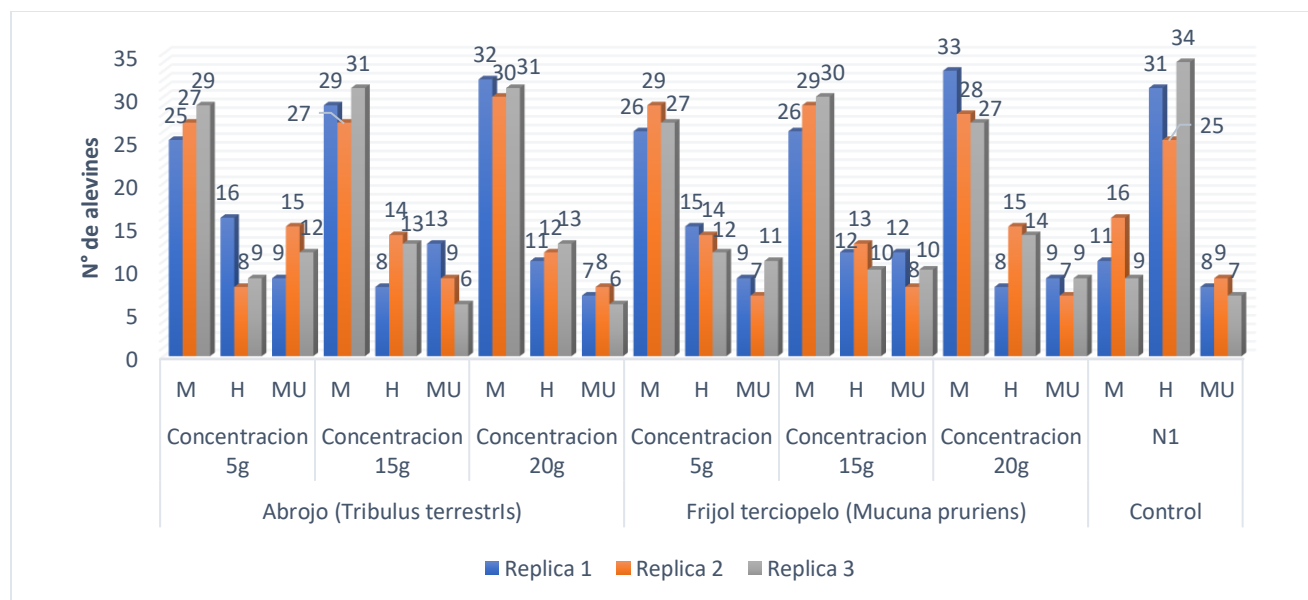
# Replicas	Abrojo (<i>Tribulus terrestris</i>)									Frijol terciopelo (<i>Mucuna pruriens</i>)									Control		
	Concentración 5 g			Concentración 15 g			Concentración 20 g			Concentración 5 g			Concentración 15 g			Concentración 20 g			N1		
	M	H	MU	M	H	MU	M	H	MU	M	H	MU	M	H	MU	M	H	MU	M	H	MU
Replica 1	25	16	9	29	8	13	32	11	7	26	15	9	26	12	12	33	8	9	11	31	8
Replica 2	27	8	15	27	14	9	30	12	8	29	14	7	29	13	8	28	15	7	16	25	9
Replica 3	29	9	12	31	13	6	31	13	6	27	12	11	30	10	10	27	14	9	9	34	7
Total	81	33	36	87	35	28	93	36	21	82	41	27	85	35	30	88	37	25	36	90	24
PROM	27	11	12	29	12	9	31	12	7	27	14	9	28	12	10	29	12	8	12	30	8
%	54.00	22.00	24.00	58.00	23.33	18.67	62.00	24.00	14.00	54.67	27.33	18.00	56.67	23.33	20.00	58.67	24.67	16.67	24.00	60.00	16.00

Nota. M: machos; H: hebras; MU: muertos. Elaboración propia.

La figura 23, presenta los resultados de la investigación en términos cuantitativos, incluyendo la cantidad de reversión sexual y la mortalidad correspondiente a cada una de las réplicas.

Figura 23

Resultados de la investigación por concentración



Nota. Elaboración propia

4.4. Costos

En la tabla 23, se observa que los gastos no presentan variaciones significativas entre las distintas concentraciones y tratamientos. Se destaca que el tratamiento con Abrojo (*Tribulus terrestris*) mostró el mejor porcentaje de reversión sexual, alcanzando un 62 % de machos con una concentración de 20 g y un gasto de S/. 79.53. Por otro lado, el Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) también con una concentración de 20 g, obtuvo un 58.67% de machos, con un gasto de S/. 76.13.

Tabla 23.

Estimación y comparación de costos entre los tratamientos.

Descripción	Abrojo (<i>Tribulus terrestris</i>)			Frijol terciopelo (<i>Mucuna pruriens</i>)			Control
	C.A-5 g	CA-15 g	C.A-20 g	C.M-5 g	C.M-15 g	C.M-20 g	N1
Hormona	3.1	7.44	9.6	2.3	4.9	6.2	0.0
Peces	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5
Alimento	5	5	5	5	5	5	5
Alcohol	6	6	6	6	6	6	6
Servicios básicos	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43
Total	73.03	77.37	79.53	72.23	74.83	76.13	69.93
% de							
Reversión sexual	54.00	58.00	62.00	54.67	56.67	58.67	24.00

Nota. Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El tratamiento con hormonas ha sido objeto de estudio con el propósito de regular la población masculina en la tilapia destinada a la comercialización, debido a su preferencia por las tasas de crecimiento más rápidas y los tamaños más grandes que presentan. Por esta razón, a lo largo de los años se han buscado mejorar los métodos para obtener mejores ejemplares machos. Estos métodos varían incluyendo la aplicación de hormonas como 17- α -metil testosterona, hormonas sintéticas, hormonas naturales y hormonas derivadas de extractos vegetales. Esta última opción constituye el foco de la investigación actual, que se propone explorar sustancias naturales que puedan controlar de manera eficaz la masculinización, teniendo en cuenta aspectos de concentración y eficacia.

Para llevar a cabo la investigación y comparación de la eficacia de los extractos en polvo de plantas en la reversión sexual de las tilapias *Oreochromis niloticus*, se seleccionaron alevines menores de 1.4 cm de longitud, que se encontraban en la primera semana posterior a la absorción de su saco vitelino. Esta elección se fundamenta en el hecho de que, en este periodo, los alevines aún no inician el desarrollo de sus gónadas, conforme a lo señalado por Arboleda (2005).

Según lo señalado FONDEPES (2004), uno de los aspectos de relevancia en el cultivo es la calidad del agua, estableciendo como requerimiento que el nivel de oxígeno disuelto sea superior a >4 mg/l. Además, se indica que las temperaturas deben oscilar entre 20 y 30 °C y el rango deseable para el pH debe estar entre 6.5 y 9. De acuerdo a este concepto brindado, se llevó a cabo una investigación que presentó valores de pH con un mínimo de 6.9 y un máximo de 7.6, mientras que el oxígeno disuelto fluctuó entre un mínimo de 6.1 mg/l y un máximo de 6.8 mg/l. La variable

que mostró variación fue la temperatura, que alcanzó un mínimo de 19 °C, el cual se registró durante un par de días; sin embargo, posteriormente se incrementó y se estabilizó, alcanzando un mínimo de 20 °C en las horas de la mañana (8:00 AM) y un máximo de 28.5 °C en las horas de la tarde (4:00 PM). Estos parámetros recopilados resultaron ser adecuados para el crecimiento de los alevines de tilapia.

Un estudio sobre la utilización de extractos de plantas como alternativas al uso de hormonas sintéticas en el control de la reproducción de la tilapia. Identifican veinte especies de plantas incluyendo semillas, raíces y hojas que se han incorporado a la alimentación de peces, destacando su riqueza en compuestos bioactivos como saponinas, flavonoides, taninos, terpenoides, alcaloides y esteroides. Estos compuestos promueven procesos androgénicos y anabólicos, así como la estimulación de la digestión y el apetito, según Abaho et al. (2021). No obstante, los autores también destacan la existencia de limitaciones tanto técnicas como económicas, tales como la necesidad de métodos de extracción óptimos de fitoquímicos y la determinación de dosis adecuadas. En este contexto, la presente investigación se enfocará en comparar el uso de concentraciones de dos extractos de plantas mencionados en su estudio, específicamente el extracto en polvo del Abrojo (*Tribulus terrestris*) y el extracto en polvo del Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) administrando en concentraciones de 5 g, 15 g y 20 g mezcladas en la alimentación destinada a los alevines de tilapia.

De acuerdo con la investigación llevada a cabo por Mukherjee et al. (2015), mediante el tratamiento oral con polvo de *Mucuna pruriens* a concentraciones de 2, 3.5 y 5 g/Kg de alimento, se observó un mayor porcentaje de machos en la concentración de 5.0 g/Kg, alcanzando un porcentaje de eficacia de $73.33\% \pm 0.67$ con un nivel de significancia ($p < 0.05$) y un mayor

porcentaje de supervivencia del 94.33 ± 0.33 durante un periodo de 30 días, con una muestra de 40 peces por concentración asignados aleatoriamente. En la presente investigación, se tomaron como referencia los parámetros proporcionados por los autores mencionados. Esto implicó el uso de 5 g, 15 g y 20 g del extracto en polvo en un Kilogramo de alimento que será suministrado a los alevinos, si comparamos resultados en base a 5 g/Kg de alimento podemos decir que nuestro porcentaje de masculinización es de 52 %, 58% y 54% por replica, lo que promedió un 54.67% de masculinización basado en una muestra de 50 peces por cada réplica de la concentración. Además, se registró una supervivencia del 82% y un nivel de significancia ($p < 0.05$), resultando en un total de 82 macho y 41 hembras por concentración en un periodo de 45 días. La discrepancia entre los resultados obtenidos con una concentración de 5 g/Kg y los reportados por los autores antes mencionados podría atribuirse a la cantidad de muestra o a la mortalidad registrada en esta investigación, dado que los alevinos, al inicio de la prueba, no mostraron una adecuada resistencia y adaptación a su entorno. No obstante, a pesar de esta situación, el mayor porcentaje de masculinización se observó en la concentración de 20 g/kg de alimento, arrojando porcentajes de masculinización de 66%, 56% y 54% por replica con un promedio de 58.67% y un nivel de significancia ($p < 0.05$), basado en una muestra de 50 peces por réplica, este enfoque resultó en un total de 88 machos y 37 hembras en un periodo de 45 días en el total de la concentración.

En lo que respecta a la reversión sexual utilizando extracto en polvo de Abrojo (*Tribulus terrestris*), se observó que se obtuvieron resultados superiores a las concentraciones de 5 g y 15 g, en comparación con los hallazgos de Ghosal et al. (2016). En nuestro estudio, se reportó una concentración de 5 g/kg, la cual resultó en un porcentaje de machos en cada réplica de 50%, 54% y 58%, lo que genera un promedio de machos por concentración del 54%. En cuanto a las hembras, los porcentajes registrados en cada réplica fueron de 32%, 16% y 18%, dando como resultado un

promedio de hembras por concentración del 22%. Además, la supervivencia observada fue del 54% para machos y del 22% para hembras, haciendo un total de 73%. Para la concentración de 15 g/kg, se determinó que el porcentaje de machos por réplica fue de 58%, 54% y 62%, lo que arroja un promedio de machos por concentración del 58%, en este caso las hembras mostraron un porcentaje promedio por concentración del 23.33%, con una supervivencia de un total de 81.33%. Todos estos datos fueron obtenidos con un nivel de significancia ($p < 0.05$). Estos resultados difieren de los reportados por los autores mencionados, quienes trabajaron con juveniles de tilapia del Nilo de tres días de edad, utilizando 40 peces por grupo a concentraciones de 5.0 y 15.0 g/kg de alimento. En su investigación, encontraron que la concentración de 5 g/kg resultó en un $55.8\% \pm 2.4$ de machos, $26.2\% \pm 3.6$ de hembras y una supervivencia del $97\% \pm 2.5$. En el caso de la concentración de 15 g/kg, los resultados mostraron un $64.1\% \pm 0.8$ de machos, $25.6\% \pm 1.0$ de hembras y una supervivencia del $89\% \pm 5$. A pesar de todo, llegamos a la misma conclusión de que el mayor porcentaje de machos se observó a una concentración de 15 g/kg, la cual fue significativamente mayor ($P < 0,05$) en comparación con la otra categoría de concentración.

Almeida (2014), Señala en su trabajo de investigación que, para la visualización manual de los poros genitales, empleo el uso del azul de metileno con el fin de resaltar los poros genitales y así facilitar la identificar del sexo. Por consiguiente, el trabajo de investigación se llevó a cabo la separación o sexaje de los alevines mediante la aplicación de un colorante denominado azul de metileno puesto en sus poros genitales, utilizando un hiposo se pudo resaltar estas características y permitir una mayor visión. Asimismo, se establece que las hembras presentan tres orificios: ano, oviducto y uretra, mientras que los machos solo cuentan con el ano y la uretra, lo que permite distinguir entre ambos sexos.

VI. CONCLUSIONES

La inducción sexual para la obtención de machos en tilapias es crucial para alcanzar los objetivos de la presente investigación. Por lo tanto, este estudio pudo determinar cuál de los tratamientos con los extractos de plantas en polvo mayor resulta más efectivo y rentable, dando como resultado lo siguiente:

- Se obtuvieron resultados más favorables al emplear el extracto de Abrojo (*Tribulus terrestris*). La información presentada en la presente investigación sugiere que ambas plantas pueden ser utilizadas como métodos alternativos para la reversión sexual en los alevines de tilapia. Sin embargo, el extracto de Abrojo (*Tribulus terrestris*) puede considerarse un método más eficaz para la inducción sexual, dado que genera una reversión sexual mayor de machos en comparación con el extracto de Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*).
- Asimismo, se evidencia que no se encuentra una diferencia significativa ($P < 0,05$) al evaluar de manera individual los extractos naturales utilizados.
- Se concluyó que el tratamiento con la mayor concentración de machos fue de 20 g, observándose que el tratamiento con Abrojo (*Tribulus terrestris*) presentó una tasa de reversión sexual del 62% de machos, en comparación con el Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*), que mostró una tasa del 58.67% de machos. Esta concentración se considera óptima para la reversión sexual.
- Aunque el tratamiento con Abrojo (*Tribulus terrestris*) mostró una mayor reversión sexual, se ha determinado que el Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) ofrece una mayor rentabilidad. Esta conclusión se basa en que, aunque la diferencia en los costos relacionados con la reversión sexual es mínima, el principal inconveniente del Abrojo (*Tribulus terrestris*) radica en la dificultad para obtener su extracto en polvo. Este último se adquiere a través de un proveedor naturista extranjero, lo que implica un tiempo de entrega estimado de aproximadamente un mes y medio. En cambio,

el extracto en polvo de Frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) es un producto de origen nacional, lo que permite su compra y entrega en un plazo de alrededor de 24 horas.

VII. RECOMENDACIONES

- Se debe continuar investigando el uso de hormonas naturales y determinar la dosis necesaria para la reversión sexual y así sustituir las hormonas sintéticas. Los estudios realizados evidencian una considerable viabilidad en la reversión cuando se aplica una concentración adecuada.
- Se sugiere llevar a cabo investigaciones adicionales para establecer un régimen de tratamientos con diferentes dosis de concentración de los extractos de plantas disponibles, con el fin de incrementar la eficacia en la reversión sexual. Resulta esencial comparar la efectividad de los extractos con las dosis empleadas, ya que esta constituye la principal limitación en la identificación de la dosis óptima.
- Se recomienda no realizar la limpieza de las réplicas de manera diaria, puesto que los alevines son más susceptibles a sufrir estrés o lesiones durante el proceso de limpieza. Esto contribuirá a reducir la mortalidad y promoverá una adaptación más rápida al entorno.
- Para aquellos interesados en incursionar en el tema de reversión sexual en tilapias con fines comerciales, se sugiere comenzar con la construcción de un prototipo para la sala de incubación. En esta investigación, he demostrado la viabilidad de dicho montaje y su traslado a otras ubicaciones, garantizando un funcionamiento óptimo de la sala de incubación.

VIII. REFERENCIAS

- Abaho, I., Masembe, C., Akoll, P. y Jones, L. (2021). The use of plant extracts to control tilapia reproduction: Current status and future perspectives. *Journal of the World Aquaculture Society*, 53(3), 593-619. <https://doi.org/10.1111/jwas.12863>
- Almeida, J. (2014). *Reversión sexual de tilapia roja (oreochromis niloticus), utilizando dos tipos de andrógenos comerciales y un testigo (Andriol y Proviron)*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica De Machala]. Repositorio Institucional UTMACH. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/1977>
- Arboleda, D. (2005). Reversion sexual de las tilapias roja (Oreochromis sp), una guía básica para el acuicultor (sexual reversion of the red tilapias (Oreochromis sp), a basic guide for the acicultor). *REDVET-Revista Electrónica de Veterinaria*, 6(12), 1-6. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63617178008.pdf>
- Baltazar, P. (2007). La Tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas. *Revista Peruana de Biología*, 13(3). http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332007000100022
- Bocek, A. (2016). Cultivo de Machos de Tilapia Sexados A Mano. *International center for aquaculture and aquatic environments Auburn University, Alabama, USA*. <https://aurora.auburn.edu/bitstream/handle/11200/49644/Spanish%20Culture%20of%20Hand%20Selected%20Male%20Tilapia.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Brunner, B., Beaver, J. y Flores, L. (2011). *Proyecto de agricultura orgánica – Mucuna*. [Hoja Informativa]. Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales – Estación

- Experimental de Lajas. <https://www.yumpu.com/es/document/read/9154627/mucuna-pruriens-agricultura-organica-puerto-rico>
- Dandan, R. y Brunton, L. (2013). *Goodman & Gilman: manual de farmacología y terapéutica* (2a ed). MC Graw Hill. <https://accessmedicina.mhmedical.com/book.aspx?bookID=1468#93489653>
- Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero [FONDEPES]. (2004). *Manual de cultivo de tilapia*. https://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/manual_tilapia.pdf
- Ghosal, I., Mukherjee, D., Hancz, C. y Bhusan, S. (2016). Production of monosex Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* by dietary and immersion treatment with *Basella alba* leaves and *Tribulus terrestris* seeds. *Revista Internacional de Estudios Pesqueros y Acuáticos* 2016 ,4(1), pp. 358-363. <https://www.fisheriesjournal.com/archives/2016/vol4issue1/PartE/4-1-7.pdf>
- González, R., Casares, M., Molero, J. y Benítez, G. (2011). *Inventario español de los conocimientos tradicionales relativos a la biodiversidad. fase II'*, 2(3), 418. Ministerio De Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente - España. https://www.researchgate.net/publication/326014989_Tribulus_terrestris_L
- Hanan, A. y Mondragón, J. (22 de noviembre de 2006). *Zygophyllaceae - Tribulus terrestris L. - Abrojo de flor amarilla*. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/zygophyllaceae/tribulus-terrestris/fichas/ficha.htm>
- Hurtado, N. (2005). *Inversión sexual en tilapias*. 4-31. <https://es.scribd.com/doc/287116577/inversion-sexual-en-tilapias-pdf>

- Hurtado, N. (2005). *Producción de alevinos revertidos de Tilapia*. 1-31.
<https://es.scribd.com/document/377330208/Produccion-de-Alevines-Revertidos-de-Tilapia>
- Jiménez, M. y Arredondo, J. (2000). *Manual técnico para la reversión sexual de Tilapia*. .
 .Universidad autónoma metropolitana Iztapalapa - México. pp 5-21.
https://www.researchgate.net/publication/249010837_Manual_tecnico_para_la_reversion_sexual_de_tilapia_Technical_manual_of_tilapia_sexual_reversion
- Lujan, M. (13 de diciembre de 2021). *Extractos de plantas para controlar la reproducción de la tilapia*. AQUAHOY. <https://aquahoy.com/extractos-plantas-controlar-reproduccion-tilapia/>
- Martínez, F. (17 de febrero del 2020). *Ficha técnica de frijol terciopelo (Mucuna pruriens (L.) DC)*. <https://infopastosyforrajes.com/leguminosas/ficha-tecnica-de-frijol-terciopelo-mucuna-pruriens-l-dc/>
- Méndez, M. y Quintanilla, S. (2007). *Inducción sexual de Oreochromis Niloticus por administración oral de 17 alfa metiltestosterona en diferentes infraestructuras de cultivo en la estación de acuicultura Izalco de agosto 2006 a marzo 2007*. [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional UES.
<https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/b979d432-a070-4317-82ab-bf70963696c9/content>
- Mendoza, D., Berger, C., y Berger, C. (2016). *La Acuicultura Peruana – una mirada al 2025 (The Peruvian Aquaculture - A look at 2025)*. https://www.ipcinfo.org/fileadmin/user_upload/red-icean/docs/Acuicultura%20Peruana%20-%20Una%20Mirada%20al%202025.pdf - Búsqueda

Ministerio de la Producción [PRODUCE]. (2019). *Situación actual de la acuicultura en el Perú*.

<https://rnia.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2019/09/Situaci%C3%B3n-actual-de-la-acuicultura.pdf>

Ministerio de la Producción [PRODUCE]. (2021). *Boletín - red nacional de información*. pp. 7 -

9. https://rnia.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2021/12/bol_75_RNIA.pdf

Montoya, D. (2014). *Reversión sexual en tilapias con hormona 17alfa metiltestosterona a diferentes dosis 40-60-80 mg/Kg. de alimento en tena sector Uglopamba*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio de la UTC.

<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2901>

Hurtado, N. (2005). *Producción de alevinos revertidos de Tilapia*. Workshop International de Tilapia. Tarapoto – Perú. <https://es.scribd.com/document/377330208/Produccion-de-Alevines-Revertidos-de-Tilapia>

Mukherjee, D., Ghosal, I, y Bhussan, S. (2015). Production of monosex Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* using seed of *Mucuna pruriens*. *Revista IOSR-JPBS*, 10(1). https://www.researchgate.net/publication/325960959_Production_of_Monosex_Nile_Tilapia_Oreochromis_niloticus_Using_Seed_of_Mucuna_pruriens

Ordóñez, C. y Villalba, V. (2017). *Estudio de la reversión sexual en tilapias *Oreochromis ssp* por el método de inmersión con 17 alfa metil testosterona, Santo Domingo – Ecuador*. [Tesis de Pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas]. Repositorio Institucional ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12961/1/T-ESPE-002801.pdf>

Parisi, S., Varghese, S. y Dongo, D. (31 de julio de 2020). *Fitocompuestos de alto valor añadido en subproductos hortofrutícolas*.

<https://www.greatitalianfoodtrade.it/es/innovazione/fitocomposti-ad-alto-valore-aggiunto-nei-sottoprodotti-da-frutta-e-verdura/>

Pérez, R. (2002). *Evaluación de tres hormonas sintéticas para la reversión de sexo de alevines de tilapia (Oreochromis niloticus)*. [Tesis de pregrado, Universidad Zamorano]. Repositorio de Biblioteca Digital Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/9e33a4e4-2dfe-4761-ba1e-c9bc0fa85079/content>

PRONACA. (2021). *Manejo y nutrición de la tilapia*. Ecuador. <https://www.procampo.com.ec/index.php/blog/10-nutricion/45-manejo-y-nutricion-de-la-tilapia>

Ramírez, J., Sandoval, G. y Vicente, K. (2018). Programa nacional de innovación en pesca y acuicultura, fundamentos y propuesta 2017-2022. *Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura - PNIPA*. <https://www.pnipa.gob.pe/wp-content/uploads/2019/02/PESCA-Y-ACUICULTURA-3-1.pdf>

Saavedra, M. (2006). Manejo del cultivo de tilapia. *The University of rhode island*. <https://www.crc.uri.edu/download/manejo-del-cultivo-de-tilapia-cidea.pdf>

Tejada, A. (2013). La actitud y la testosterona, la hormona del estilo de vida. *Revista Horizonte Médico*, 13 (2). pp. 46-50. <https://www.horizontemedico.usmp.edu.pe/index.php/horizontemed/article/view/74>

Tica, J. (2020). *Reversión sexual en alevines de tilapia (Oreochromis niloticus) empleando tres tipos de hormonas naturales en la Universidad Nacional de Moquegua*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Moquegua]. Repositorio institucional digital de la UNM.

https://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/handle/UNAM/188/D095_72899902_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Unidad Educativa Técnica Mitad del Mundo [UETMM]. (12 de enero de 2022). *Abrojo: Tribulus terrestres*. <https://floradelamitaddelmundo.wordpress.com/2022/01/12/01756-abrojo-tribulus-terrestris/>

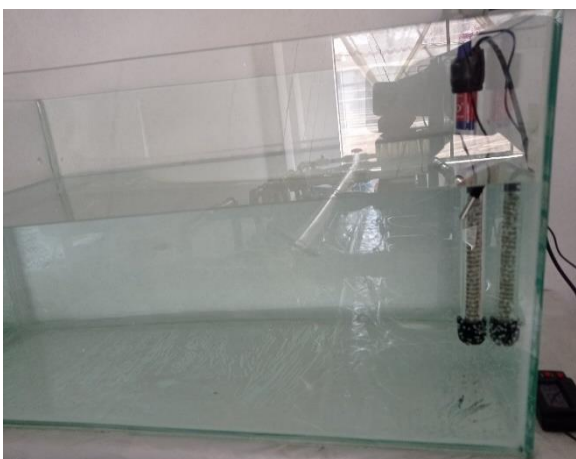
Valdés, A. (2023). *Mucuna Pruriens – aumento de testosterona y fertilidad*. HSNBlog. <https://www.hsnstore.com/blog/suplementos/sexualidad/mucuna-pruriens/>

IX. ANEXOS

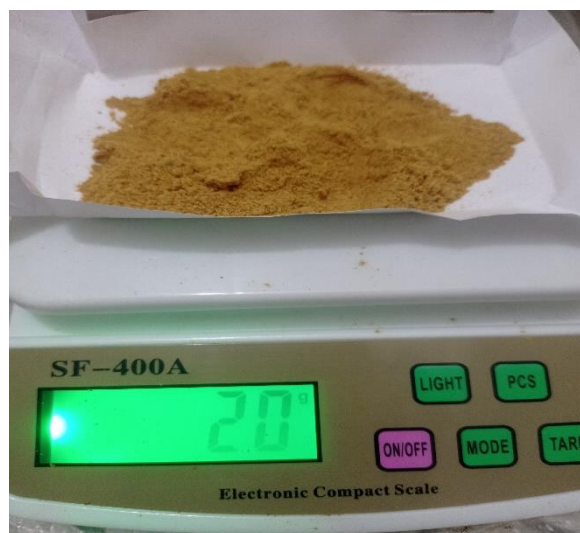
Anexo I. Materiales y Construcción del prototipo de incubación para alevines.



Anexo II. Equipos y aclimatación de alevines.



Anexo III. Preparación de alimento.

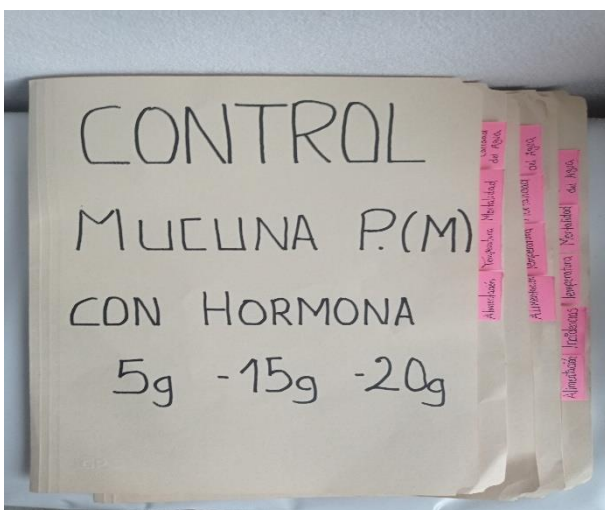




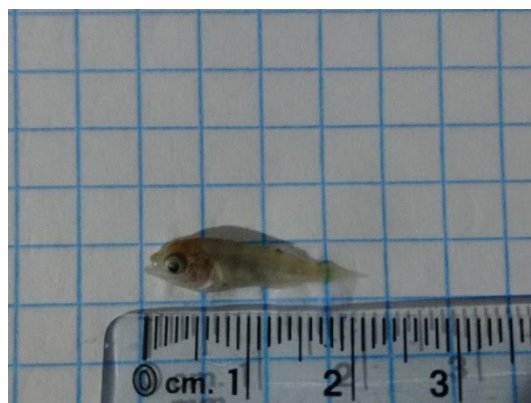
Anexo III. Limpieza y control.

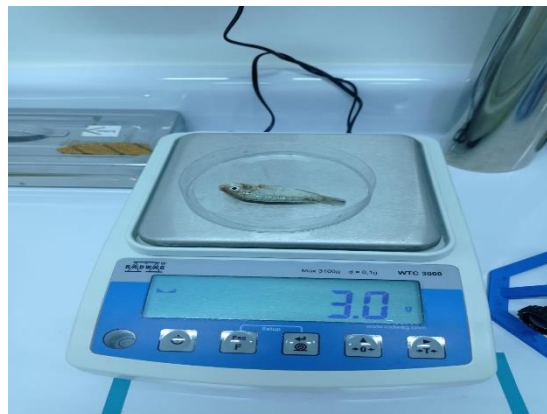


Anexo IV. Zonas de Control, alimentación y medición de temperatura.



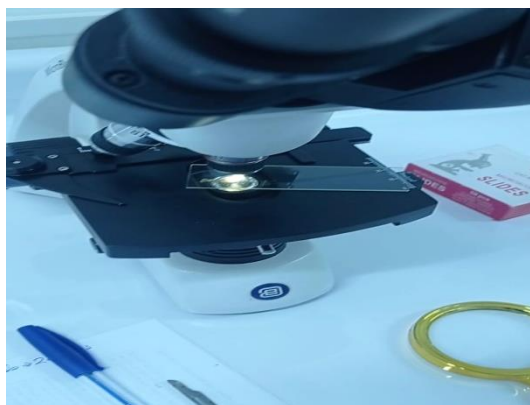
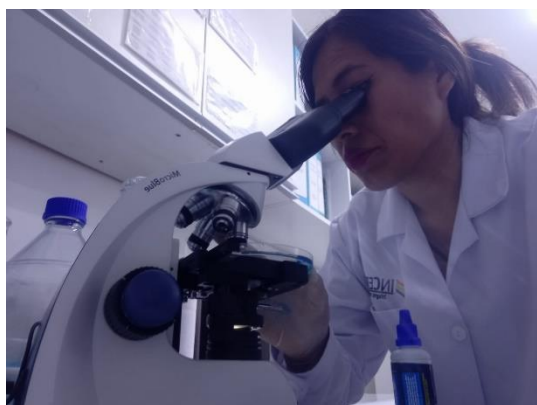
Anexo V: Control de peso y tamaño.





Anexo VI: Muestreo y sexaje manual para reversión sexual.





Anexo VII: Implementación de la sala de incubación en la EPSE.

