

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA



“EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD REPRODUCTIVA DEL CICLIDO ENANO CACATÚA *Apistogramma cacatuoides* (Hoedeman 1951) EN DIFERENTES CONCENTRACIONES DE EXTRACTO DE HOJAS DEL ALMENDRO DE LA INDIA *Terminalia catappa* (Linneo 1767)”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO PESQUERO

David Agustin, Mamani Chang

Callao, 2022

PERÚ

“EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD REPRODUCTIVA DEL CICLIDO ENANO CACATÚA *Apistogramma cacatuoides* (Hoedeman 1951) EN DIFERENTES CONCENTRACIONES DE EXTRACTO DE HOJAS DEL ALMENDRO DE LA INDIA *Terminalia catappa* (Linneo 1767)”

David Agustin, Mamani Chang



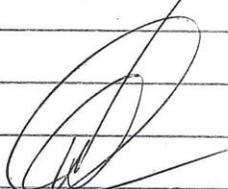
Finalizada la deliberación, el Jurado Evaluador otorgo a la Tesis la calificación de MUY BUENO (17).

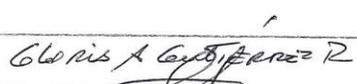
Seguidamente se dio lectura en Público el Acta de Sustentación.

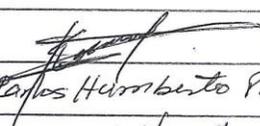
Acto seguido se realizó la Ferromentación del Titulado a cargo del Presidente del Jurado Evaluador

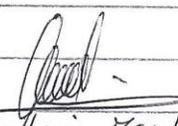
Siendo las 13.15 pm. del mismo día y habiendo cumplido con lo dispuesto en el artículo 82° del Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado.

Se declara cerrada la sesión, dando fe a lo actuado con las respectivas firmas


Mg. Walter Flores Rueta
Presidente


Mg. Glorisa Gutiérrez Romero
Secretaria


Mg. Carlos Humberto Ponte Escudero
Vocal


Mg. Arnulfo Antonio Mariluz
Fernandez
ASESOR.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS

Bellavista, 30 de noviembre del 2020

OFICIO N° 017-2022-JEST-FIPA

Señor Doctor
JUAN VALDIVIA ZUTA
Decano (e)
Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos

Presente. -

Asunto: Dictamen de Sustentación de Tesis

Referencia:

Por intermedio del presente, tenemos a bien dirigirnos a usted, para saludarlo cordialmente y a la vez informarle, que los Miembros del Jurado de Sustentación de la Tesis titulada “**EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD REPRODUCTIVA DEL CICLIDO ENANO CACATÙA *Apistogramma cactuoides* (Hoedeman 1951) EN DIFERENTES CONCENTRACIONES DE EXTRATO DE HOJAS DE ALMENDRO DE LA INDIA *Terminalia catappa* (Linneo 1767)**” del señor bachiller de Ingeniería Pesquera DAVID AGUSTIN MAMANI CHANG, cumplimos con llevar a cabo la sustentación de la Tesis, el 19 de agosto del 2022, sustentada la misma, obtuvo el calificativo de Muy Bueno (17); sin observaciones.

Por lo expuesto señor Decano, sugerimos disponga lo pertinente, a fin de que continúe con los trámites respectivos

Aprovechamos la oportunidad para manifestarle los sentimientos de nuestra consideración y estima personal.

Atentamente;



Mg. Walter Alvites Ruesta
Presidente



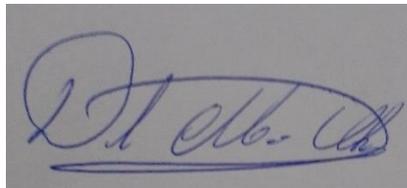
Ing. Gloria A. Gutiérrez Romero
Secretario



Mg. Carlos Humberto Ponte Escudero
Vocal

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA

**“EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD REPRODUCTIVA DEL CICLIDO ENANO
CACATÚA *Apistogramma cacatuoides* (Hoedeman 1951) EN DIFERENTES
CONCENTRACIONES DE EXTRACTO DE HOJAS DEL ALMENDRO DE LA
INDIA *Terminalia catappa* (Linneo 1767)”**



TESISTA:

.....
Br. David Agustin Mamani Chang



ASESOR:

.....
M. Sc. Arnulfo Mariluz Fernandez

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi alma mater, la Universidad Nacional del Callao, a la facultad que me acogió y me permitió formarme como profesional y seguir creciendo, a La Facultad de Ingeniería Pesquera y Alimentos y a la escuela de Ingeniería pesquera donde pude lograr mis metas.

A mi familia, mis padres, David Oscar Mamani Vitulas, Flor del Carmen Chang Lookung, mi hermana, Isabel Nidia Mamani Vitulas, tíos, Adrian Artemio Mamani Vitulas, Nely Mamani Vitulas, Isabel Chang Lookung, Luis Laca (QEPD), abuelos, Paula Vitulas Ajahuana, Santiago Palaco Mamani, Ritata Lookung y primos por brindarme su conocimiento y apoyo durante toda mi etapa universitaria, siendo muchas veces una fuente de inspiración y conocimiento.

A mi asesor interno, Arnulfo Mariluz, por darme ánimos y permitirme terminar la redacción y presentación del presente trabajo

A mis amigos y compañeros de la UNAC, que a pesar de todo me apoyaron, permitiéndome crecer como persona y lograr finalizar mi carrera. A mis amigos de la UNFV (Universidad Nacional Federico Villareal), que con sus palabras de aliento me permitieron continuar con la investigación, a pesar de las adversidades.

Finalmente, a los profesores Carlos Scotto Espinoza y Felix Javier Alvarez Alvarez, buenas guías y apoyo durante la redacción del proyecto y por permitirme realizar las pruebas preliminares en el laboratorio donde trabajaban.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.1 Identificación del problema	10
1.2 Formulación de problemas.....	11
1.2.1 Problema general	11
1.2.2 Problemas específicos	11
1.3 Objetivos de la investigación.....	12
1.3.1 Objetivo general	12
1.3.2 Objetivos específicos.....	12
1.4. Justificación	12
II. MARCO TEÓRICO	14
2.1 Antecedentes	14
2.1.1 Antecedentes Internacionales	14
2.1.2 Antecedentes Nacionales	15
2.2 Bases teóricas	15
2.2.1 <i>Apistogramma cacatuoides</i> (Hoedeman, 1951)	15
2.2.2 Almendro de la India (<i>Terminalia catappa L.</i>).....	17
2.3 Conceptual.....	19
2.3.1 Reproducción de <i>Apistogramma cacatuoides</i>	19
2.3.2 Uso de la hoja de <i>Terminalia catappa</i> en Acuicultura.....	19
2.4 Definición de términos básicos	20
2.4.1 Amoniaco/Amonio	20
2.4.2 Dureza de carbonatos	21
2.4.3 Dureza total	21
2.4.4 Huevos	21
2.4.5 Longitud Estándar (LE).....	21
2.4.6 Peces ornamentales.....	22
2.4.7 pH.....	22
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	23
3.1 Hipótesis	23
3.1.1 Hipótesis general.....	23
3.1.2 Hipótesis específicas.....	23
3.2 Definición conceptual de variables.....	24

3.2.1	Variables independientes	24
3.2.2	Variables dependientes	24
3.2.3	Operacionalización de variables.....	24
IV.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	25
4.1.	Tipo y diseño de la investigación	25
4.1.1	Tipo de Investigación.....	25
4.1.2	Diseño de la Investigación.....	25
4.2.	Población y muestra.....	26
4.3.	Técnicas e instrumentos para la recolección de información.....	26
4.3.1	Unidades Experimentales.....	26
4.3.2	Acondicionamiento de las unidades experimentales.....	26
4.3.3	Extracción del concentrado de hojas de <i>Terminalia catappa</i>	27
4.3.4	Evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua	27
4.3.5	Acondicionamiento de los ejemplares de estudio.....	28
4.3.6	Selección y reproducción de los ejemplares de estudio	29
4.3.7	Alimentación de reproductores.....	29
4.3.8	Selección de la muestra	31
4.3.9	Toma de datos.....	31
4.4.	Análisis y procesamiento de datos.....	31
V.	RESULTADOS.....	32
5.1	Resultados descriptivos e inferenciales	32
5.1.1	Parámetros fisicoquímicos	32
5.1.2	Variable Número de puestas	33
5.1.3	Variable Número de huevos desovantes.....	35
5.1.4	Variable Tasa de eclosión	38
5.1.5	Variable Tasa de supervivencia de larvas	40
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	43
6.1	Contrastación de hipótesis con los resultados	43
6.2	Contrastación de resultados con otros estudios similares	44
VII.	Conclusiones.....	47
VIII.	Recomendaciones.....	50
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
X.	ANEXOS.....	60
10.1	Ejemplares usados para la obtención de datos	60
10.2	Cuidado parental	62
10.3	Instrumentos validados	64

10.3.1	JBL PROAQUATEST® pH 6.0-7.6	64
10.3.2	JBL PROAQUATEST NH4 amonio	65
10.3.3	JBL PROAQUATEST NO2 nitrito	66
10.3.4	JBL PROAQUATEST GH dureza general.....	67
10.3.5	JBL PROAQUATEST KH dureza de carbonatos	68
10.3.6	Balanza Adam® Nimbus® ATC 200	69
10.4	Base de datos.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Apistogramma cacatuoides macho</i>	16
<i>Figura 2 Apistogramma cacatuoides hembra</i>	16
<i>Figura 3. New life spectrum® Thera A+, small pellet</i>	30
<i>Figura 4. Alimento Artemia® en gel</i>	30
<i>Figura 5. Presentacion del alimento Artemia ®</i>	30
<i>Figura 6. Datos obtenidos en la variable Número de puestas</i>	33
<i>Figura 7. Datos obtenidos en la variable Número de huevos desovantes</i>	36
<i>Figura 8. Datos obtenidos en la variable Tasa de eclosión</i>	38
<i>Figura 9. Datos obtenidos en la variable Tasa de supervivencia de larvas</i>	40
<i>Figura 10. Fenotipo 1 de Apistogramma cacatuoides macho</i>	60
<i>Figura 11. Fenotipo 2 de Apistogramma cacatuoides macho</i>	60
<i>Figura 12. Fenotipo 3 de Apistogramma cacatuoides macho</i>	61
<i>Figura 13. Fenotipo general de Apistogramma cacatuoides hembra</i>	61
<i>Figura 14. Hembra con alevines de 3 días</i>	62
<i>Figura 15. Hembra con alevines de una semana</i>	62
<i>Figura 16. Hembra con un juvenil de 3 semanas</i>	63
<i>Figura 17. Imagen referencial del JBL PROAQUATEST® pH 6.0-7.6</i>	64
<i>Figura 18. Imagen referencial del JBL PROAQUATEST NH4 amonio</i>	65
<i>Figura 19. Imagen referencial del JBL PROAQUATEST NO2 nitrito</i>	66
<i>Figura 20. Imagen referencial del JBL PROAQUATEST GH dureza general</i> ..	67
<i>Figura 21. Imagen referencial del JBL PROAQUATEST KH dureza de carbonatos</i>	68
<i>Figura 22. Balanza de precisión Nimbus nbl 223e (antes ATC 200)</i>	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Taxonomía de <i>Apistogramma cacatuoides</i></i>	15
Tabla 2 <i>Taxonomía de <i>Terminalia catappa</i></i>	17
Tabla 3 <i>Compuestos presentes en las hojas de <i>Terminalia catappa</i></i>	18
Tabla 4 <i>Operacionalización de las variables</i>	24
Tabla 5 <i>Posibles combinaciones de la variable independiente</i>	24
Tabla 6 <i>Diseño general de la investigación</i>	25
Tabla 7 <i>Diseño de la investigación</i>	25
Tabla 8 <i>Equipos a utilizar para el análisis del agua</i>	28
Tabla 9 <i>Parámetros fisicoquímicos promedio en las unidades experimentales</i>	32
Tabla 10 <i>Resultados descriptivos de la variable Número de puestas</i>	33
Tabla 11 <i>Pruebas de normalidad para Número de puestas</i>	34
Tabla 12 <i>Estadísticos de prueba para Número de puestas</i>	34
Tabla 13 <i>Comparaciones entre parejas de Tratamiento para Número de puestas</i>	35
Tabla 14 <i>Resultados descriptivos para Número de huevos desovantes</i>	35
Tabla 15 <i>Pruebas de normalidad para Numero de huevos desovantes</i>	36
Tabla 16 <i>Estadísticos de prueba para Numero de huevos desovantes</i>	37
Tabla 17 <i>Comparaciones entre parejas de Tratamiento para Número de huevos desovantes</i>	37
Tabla 18 <i>Resultados descriptivos de la variable Tasa de eclosión</i>	38
Tabla 19 <i>Pruebas de normalidad para Tasa de eclosión</i>	39
Tabla 21 <i>Resultados descriptivos de la variable Tasa de supervivencia de larvas</i>	40
Tabla 22 <i>Pruebas de normalidad para Tasa de supervivencia de larvas</i>	41
Tabla 23 <i>Estadísticos de prueba para Tasa de supervivencia de larvas</i>	41
Tabla 24 <i>Comparaciones múltiples entre parejas para Tasa de supervivencia de larvas</i>	42
Tabla 25 <i>Características del test JBL PROAQUATEST® pH 6.0-7.6</i>	64
Tabla 26 <i>Características del test JBL PROAQUATEST NH4 amonio</i>	65
Tabla 27 <i>Características del test JBL PROAQUATEST NO2 Nitrito</i>	66
Tabla 28 <i>Características del test JBL PROAQUATEST GH</i>	67
Tabla 9 <i>Características del test JBL PROAQUATEST KH</i>	68
Tabla 30 <i>Características de la balanza de precisión Nimbus® ATC 200</i>	70
Tabla 31 <i>Resumen de los parámetros reproductivos obtenidos durante el periodo de investigación</i>	71
Tabla 32 <i>Número de puestas por pareja reproductora</i>	72

RESUMEN

En el presente trabajo se exponen los resultados obtenidos al someter al pez ornamental *Apistogramma cacatuoides*, nativo de Perú, a diferentes concentraciones del extracto de las hojas de *Terminalia catappa*, planta cuyas hojas que ya vienen siendo usadas para promover la reproducción de otros peces ornamentales, como lo es *Betta sp.* y cuyo efecto antibiótico, antimicótico y antiséptico ya fue probado en otras especies dulceacuícolas. El trabajo se desarrolló en el laboratorio de la FIPA-EPIP, Chucuito, laboratorio de acuicultura desde abril hasta agosto del 2019, tiempo en el cual los animales de estudio fueron sometidos a tres tratamientos, 0,3 g/L, 0,5 g/L y 0,7 g/L (T_1 , T_2 y T_3) del extracto de hojas de *Terminalia catappa*. Para desarrollar la parte experimental se implementó un módulo de 32 unidades experimentales, 8 para el control y el mismo número para los tratamientos, evaluando el número de puestas, número de huevos desovantes, tasa de eclosión y tasa de supervivencia de larvas. Los resultados obtenidos fueron evaluados mediante el software IBM SPSS Statistics. Las variables “Número de puestas” y “Número de huevos desovantes” fueron afectadas significativamente ($P < 0,05$) y de manera positiva por el segundo tratamiento (T_2). “Tasa de eclosión” no se vio significativamente afectada por los tratamientos ($P > 0,05$) y “Tasa de supervivencia” se vio afectada negativamente por los tratamientos, siendo el control (T_0) el que obtuvo mejor desempeño en esta variable. Sintetizando lo anterior, se concluye que T_2 fue el tratamiento con mejores resultados, al influir positivamente en más variables que los otros tratamientos (dos de las cuatro variables estudiadas). Estos resultados indicarían un posible parámetro que afectaría a estas dos últimas variables y que no se tomó en cuenta; como el cuidado parental, que posiblemente logró compensar los efectos adversos del medio sobre los huevos y larvas, lo que abriría paso a nuevas investigaciones sobre este comportamiento y de cómo afectaría a la reproducción en cautiverio de esta especie.

INTRODUCCIÓN

Las especies amazónicas utilizadas como ornamentales son numerosas y se calcula unas 400, (Tuesta & Chávez, 2009). Destacan los pertenecientes a las familias *Potamotrygonidae*, *Osteoglossidae*, *Characidae*, *Loricaridae*, *Pimelodidae* y *Cichlidae* (Nelson, 2006).

El género *Apistogramma* está incluido dentro de la subfamilia *Geophaginae* (que es parte de la familia *Cichlidae*), existiendo a la actualidad 115 especies descritas en total (Reis et al., 2003). Se caracterizan por ser de talla pequeña y patrones de coloración llamativos, habitan zonas ribereñas de agua poco profunda con abundante vegetación flotante o arraigada (Machado-Allison 2005).

En el Perú, existen 20 especies de este género (Ortega *et al.*, 2012), siendo usados la gran mayoría como peces ornamentales (García-Dávila et al., 2020). Sin embargo, poco se conoce acerca de la biología, ecología y crianza en cautiverio de estas especies (Ismiño & Padilla, 2005), a pesar de esta falta de conocimiento, el alto precio unitario que tiene este recurso (PROMPERU, 2017), la alta demanda en el comercio exterior e interior y la disminución de los stocks naturales vuelven al cultivo de peces ornamentales un tema válido de investigación (MINAM, 2019). Siendo así, la reproducción en ambientes controlados es una alternativa a tomar en cuenta para conservar este recurso (Ismiño et al., 2004; Ismiño et al., 2007)

Por otro lado, las hojas de *Terminalia catappa*, un árbol proveniente de la India, has sido usadas comúnmente para consumo humano (Francis & Lowe, 2000). Diferentes concentraciones del extracto de estas hojas diluidas en el agua de cultivo ya han demostrado ser efectivas como antibiótico en Tilapia (Chitmanat *et al.*, 2005) y mejorar el rendimiento reproductivo de otras especies ícticas (Monroy, 2019; Urueña *et al.*, 2014)

De esta forma, el presente estudio pretende evaluar la actividad reproductiva del ciclido enano amazónico *Apistogramma cacatuides*, especie

ornamental presente en el Perú (Ortega *et al.*, 20012; Sierra & Patiño, 2006), bajo diferentes concentraciones del extracto de hojas de *Terminalia catappa*, que diluido directamente en el agua de cultivo, tiene múltiples usos en acuicultura, para así contribuir al conocimiento del recurso y brindar una alternativa de producción que nos permita el manejo sustentable de la especie íctica.

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación del problema

Desde sus inicios la obtención de peces amazónicos en el Perú ha sido totalmente extractiva, sin tener en cuenta la magnitud del recurso y sin considerar que una pesca indiscriminada tendría efectos perjudiciales sobre las poblaciones ícticas existentes, debido a esto, la presión de pesca ejercida sobre el stock disponible ha ido incrementándose con el tiempo (Tello & Cánepa, 1991).

Para el segundo milenio se identificó que los países sudamericanos dedicados únicamente a la exportación de peces extraídos del medio iban reduciendo su participación en el mercado, debido a la mayor aceptación de peces cultivados por parte de los consumidores de Estados Unidos y Europa (Pykäläinen, 2004). Esta situación se ha ido manteniendo ya que la mayoría de peces ornamentales son reproducidos en Asia, con bajas tasas de mortalidad y precios accesibles. Por otro lado, las cada vez más restrictivas leyes relacionadas a la extracción y exportación de peces con fines ornamentales en países sudamericanos, como Perú y Brasil, limitan la posibilidad de tomar peces salvajes directamente de su medio y satisfacer el mercado (Monticini, 2010).

Otros estudios identificaron que esta presión extractiva se da con gran intensidad el río Nanay y con intensidad moderada en los ríos Apayacu y Arambassa (Gerstner *et al.*, 2006). A ésta realidad se le suma la contaminación de los hábitats por relaves mineros, principalmente los provenientes de la minería del oro y la deforestación derivada de la agricultura, poniendo en peligro la conservación de los stocks naturales (Ortega *et al.*, 2012).

Desde el punto de vista económico, las ganancias obtenidas mediante la extracción de este recurso son fluctuantes, llevando a los

exportadores durante temporadas de alta demanda casi al límite de las cuotas permitidas de las especies controladas, siendo la región Loreto y, en menor medida, Ucayali y Madre de Dios, los principales lugares de donde se obtiene este recurso (Salazar & Oliva, 2013)

1.2 Formulación de problemas

1.2.1 Problema general

¿Cuál será el efecto de diferentes concentraciones del extracto de las hojas de *Terminalia catappa* sobre la actividad reproductiva de *Apistogramma cacatuoides*?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál será el efecto del extracto de las hojas de *Terminalia catappa* diluido a 0,3 g/L sobre el número de puestas, número de huevos desovantes, tasa de eclosión y supervivencia de larvas de *Apistogramma cacatuoides*?
- ¿Cuál será el efecto del extracto de las hojas de *Terminalia catappa* diluido a 0,5 g/L sobre el número de puestas, número de huevos desovantes, tasa de eclosión y supervivencia de larvas de *Apistogramma cacatuoides*?
- ¿Cuál será el efecto del extracto de las hojas de *Terminalia catappa* diluido a 0,7 g/L sobre el número de puestas, número de huevos desovantes, tasa de eclosión y supervivencia de larvas de *Apistogramma cacatuoides*?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar qué efectos producen diferentes concentraciones del extracto de hojas de *Terminalia catappa*, diluida en al agua de cultivo sobre la actividad reproductiva de *Apistogramma cacatuoides*

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar los efectos de 0,3 g/L de extracto de hojas de *Terminalia catappa* sobre el número de puestas, número de huevos desovantes, tasa de eclosión y supervivencia de larvas de *Apistogramma cacatuoides*.
- Determinar los efectos de 0,5 g/L de extracto de hojas de *Terminalia catappa* sobre el número de puestas, número de huevos desovantes, tasa de eclosión y supervivencia de larvas de *Apistogramma cacatuoides*.
- Determinar los efectos de 0,7 g/L de extracto de hojas de *Terminalia catappa* sobre el número de puestas, número de huevos desovantes, tasa de eclosión y supervivencia de larvas de *Apistogramma cacatuoides*.

1.4. Justificación

En el año 2016 Perú llegó a exportar un monto de US\$ 2 784 190 solo en peces ornamentales vivos, siendo uno de los productos con mayor precio relativo, alcanzando los 9,55 US\$/Kg, superado solamente por los abalones y conchas de abanico congelados (PROMPERU, 2017)¹.

¹ El informe emitido por PROMPERU en 2017 fue elaborado en base a datos recolectados hasta diciembre del 2016

Experiencias en Colombia demostraron que es posible establecer métodos estandarizados para el cultivo de especies ornamentales nativas de la amazonia (Landines *et al.*, 2007). Sin embargo en el Perú aún se siguen obteniendo mediante su extracción del medio, por lo que establecer métodos de crianza que aseguren un stock permanente de peces sin necesidad de recurrir a las poblaciones salvajes resulta de gran interés (Chuquipiondo, 2009), además existe un potencial para peces ornamentales criados en cautiverio, usando tecnología regional o seleccionando peces nativos para acuicultura (Ortega *et al.*, 2012).

Bajo este contexto, se justifica trabajar con *Apistogramma spp.*, ya que cuentan con un elevado valor dentro del mercado de la acuariofilia (Mesa & Lasso, 2011). Más específicamente con *Apistogramma cacatuoides* (Hoedeman, 1951), especie de ciclido enano, apreciado en la acuariofilia por la gran variedad de colores en las que se puede encontrar (Mora *et al.*, 2005).

A nivel nacional este género cuenta con 15 especies, que representan el 1.5% de la captura total de peces ornamentales en Perú. Los miembros de este género poseen una gran potencialidad para su reproducción en ambientes controlados, lo que reduciría la presión de pesca sobre las poblaciones naturales y permitiendo de esta manera disponer de peces en forma permanente para satisfacer la demanda del mercado (Ismiño & Padilla, 2005).

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Sudamérica tiene varios antecedentes sobre la producción en cautiverio de peces ornamentales amazónicos, sobre todo en los lugares donde se extraen; Colombia ha publicado protocolos para la producción de buena parte los peces ornamentales amazónicos que viven en su territorio y especies exóticas. El libro “PRODUCCIÓN DE PECES ORNAMENTALES EN COLOMBIA” incluye información sobre la reproducción de especies pertenecientes al género *Apistogramma*, donde mencionan que el sustrato adecuado para el desove son tubos de PVC, logrando una puesta de entre 35 y 150 huevos por hembra, y 50-70 larvas viables (Landines *et al.*, 2007). Estudios similares encontraron resultados parecidos, con una producción de entre 50 y 100 huevos (Diaz *et al.*, 2003)

En Sudamérica existen también estudios centrados únicamente en la reproducción de peces nativos, como los pertenecientes al género *Apistogramma*, que debido a su bajo temperamento y tamaño ganaron aceptación en el mercado (Mora *et al.*, 2005). Otros estudios se especializaron en peces ornamentales con mayor demanda comercial, ahondando en parámetros más específicos como el tiempo de cultivo, y las tallas y pesos obtenidos (Parada *et al.*, 2012).

Existe un estudio en Colombia de similares características, evaluando el comportamiento reproductivo de tres especies de ciclidos nativos de la Orinoquia frente a un tratamiento de extracto de *Terminalia catappa*, (incluyendo una especie de *Apistogramma*, *Apistogramma iniridia*), obteniendo

mejoras significativas en el comportamiento reproductivo, y la presencia de desoves (Urueña *et al*, 2014)

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Perú por su parte ha realizado algunas investigaciones enfocadas en peces nativos de alto valor comercial y/o demanda en el mercado. Los estudios corresponden a las especies nativas como *Apistogramma panduro*, ciclido que alcanza la madurez sexual a los 6 meses de edad, capaz de reproducirse durante todo el año y con una fecundidad promedio de 136 huevos, de buena aceptación entre los acuariofilos debido a su reducido tamaño, colores vistosos y costo aceptable (Ismiño *et al.*, 2004), el escalar *Pterophyllum scalare*, pez representante de la acuicultura ornamental (Trelles, 2015) y la arawana plateada, *Osteoglossum bicirrhosum*, mediante el desarrollo de un manual para la producción de este pez con importancia comercial (FONDEPES, 2015).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 *Apistogramma cacatuoides* (Hoedeman, 1951)

En lo referente a la su taxonomía, es la siguiente («ITIS Standard Report Page: *Apistogramma cacatuoides*», s. f.)

Tabla 1.

Taxonomía de Apistogramma cacatuoides

Categoría taxonómica	Taxón
<i>Reino</i>	Animalia
<i>Phyllum</i>	Chordata
<i>Clase</i>	Teleostei
<i>Orden</i>	Perciformes
<i>Familia</i>	Cichlidae
<i>Género</i>	<i>Apistogramma</i> , (Reagan 1913)
<i>Especie</i>	<i>Apistogramma cacatuoides</i> (Hoedeman, 1951)

Fuente: ITIS report, *Apistogramma cacatuoides* Hoedeman, 1951

Apistogramma cacatuoides se caracteriza por su marcado dimorfismo sexual, los machos alcanzan 50,3 mm de longitud estándar y las hembras 31,3 mm. El tercer y cuarto radio de la aleta dorsal en los machos están muy desarrollados, en ejemplares de gran tamaño la aleta caudal desarrolla “tiras” en los extremos; las hembras presentan el borde de la caudal truncada o ligeramente emarginado (Kullander, 1986).

Debido a su gran colorido y a la existencia de variedades de color azul, rojo, o naranja es considerado uno de los peces más apreciados en el mundo (Mora *et al.*, 2005).



Figura 1. Apistogramma cacatuoides macho colectado en la cuenca de Iquitos, Perú



Figura 2. Apistogramma cacatuoides hembra, colectada en Iquitos

Fuente: (Intraspecific colour preference in mate choice by female *Apistogramma cacatuoides* HOEDEMAN, 1951 (Teleostei: Perciformes: Cichlidae) (Engelking, Uwe, & Wolfgang, 2010)

Su distribución abarca la cuenca de los ríos Orinoco e Inírida (Romo, 2014), para Perú la especie ha sido reportada en el río Ucayali, dentro del sistema del Pachitea y Supay (Kullander, 1986).

2.2.2 Almendro de la India (*Terminalia catappa* L.)

El Almendro de la India se cultiva principalmente como una especie de ornamento a nivel mundial, principalmente en zonas tropicales. El árbol produce una semilla comestible y madera, a pesar de que esta se explota muy poco (Francis & Lowe, 2000).

En lo referente a su taxonomía, es la siguiente («ITIS Standard Report Page: *Terminalia catappa* L.», s. f.)

Tabla 2.

Taxonomía de Terminalia catappa

Categoría taxonómica	Taxón
Reino	Plantae
División	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Myrtales
Familia	<i>Combretaceae</i>
Género	<i>Terminalia</i> L.
Especie	<i>Terminalia catappa</i> L.

Fuente: ITIS report, *Terminalia catappa* L.

El uso del extracto de las hojas de esta planta en medicina humana ha sido documentada desde hace ya algunos años en algunas áreas de la India (Francis & Lowe, 2000) y Cuba. El extracto de las hojas ha sido usado para tratar diversas dolencias, basándose en la capacidad de los taninos que contienen para precipitar alcaloides, metales pesados y proteínas (Hernández *et al.*, 2003).

Los compuestos presentes en las hojas del Almendro de la India son fundamentalmente taninos hidrolizables como: punicalagina, punicalina, ácido chebulágico, geranina y otros

(Hernández *et al.*, 2003), la punicalagina y la punicalina son los componentes más abundantes y poseen la actividad antioxidante más fuerte dentro de este grupo de taninos (Tanaka *et al.* 1986).

Tabla 3.

Compuestos presentes en las hojas de Terminalia catappa

Parte de la planta	Tipo de compuesto	Compuestos identificados
Hojas	Taninos	Ácido chebulágico
		Corilagina
		1-degaloil eugenina
		Geranina
		2-3-(4-4'-5-5'-6'-6'-hexahidroxi-difenol) glucosa
		Granatina
		Punicalagina
		Punicalina
		Tercataina
		Terflavina
		Tergalagina

Fuente: (Almendo de la India: potencial biológico valioso). (Hernández *et al.*, 2003).

El extracto de hojas del Almendo de la India produce efectos en el agua más notorios a simple vista; cuando son sometidas a un proceso de extracción en agua, ésta gradualmente va adquiriendo un color té y se va volviendo más ácida, siendo los taninos (**Tabla 3.**) los principales responsables de este descenso (Miksen & Media, 2016).

2.3 Conceptual

2.3.1 Reproducción de *Apistogramma cacatuoides*

Debido a su procedencia, estudios anteriores identificaron que *Apistogramma cacatuoides* logra reproducirse en aguas con un pH desde 5,0 a 7,2, siendo los valores más bajos correspondientes a los de su hábitat, y los cercanos a 7,0 a criaderos, una dureza entre 5 y 34 mg/L y una temperatura promedio de 27°C (Mora *et al.*, 2005).

La especie presenta cuidado parental, el cortejo consta movimientos espasmódicos y de un cambio de color en el cuerpo del macho, contrastando con el color de las aletas para llamar la atención de la hembra, que en caso de aceptarlo también iniciará los mismos movimientos, acompañado de un cambio de color. (Alves *et al.*, 2009). Adoptando una coloración amarillenta en todo el cuerpo, contrastada con marcas de color negro (Römer *et al.*, 2014).

Ambos padres limpiarán el sustrato de puesta, sin embargo, la hembra es la única encargada de cuidarla, expulsando al macho de la cueva elegida, depositando hasta 100 huevos en el sustrato. En determinadas situaciones la hembra puede adoptar un comportamiento agresivo contra el macho, devorando los huevos (Alves *et al.*, 2009).

2.3.2 Uso de la hoja de *Terminalia catappa* en Acuicultura

En acuicultura, el uso de taninos tiene el efecto de absorber químicos peligrosos, servir como analgésico y brindar un ambiente adecuado para diversas especies ícticas. (Van-Sumere *et al.*, 1975).

Como fungicida, un tratamiento a 200 ppm ha demostrado gran efectividad en el tratamiento de ovas de Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Así mismo ha mostrado efectividad en el tratamiento de *Trichodina sp.* y *Aeromonas Hydrophila* a concentraciones de 0,8 y 0,5 mg/ml respectivamente (Chitmanat *et al.*, 2005). Dosis muy altas de ácido tánico, que forma parte de la composición de las hojas de Almendro, pueden provocar la muerte. Estudios anteriores aclararon que a una concentración superior a 5,4 mg/ml *Poecilia reticulata* muere por asfixia pasadas las 96 horas de exposición a la solución. Esto se debió a una fuerte irritación de las branquias y a la formación de coloides en las mismas, provocando que se adhirieran entre sí, evitando el intercambio de oxígeno, al mismo tiempo el extracto aumenta la cantidad de amonio disuelto en agua; otros parámetros no se ven afectados de manera significativa (Chansue & Assawawongkasem, 2008).

2.4 Definición de términos básicos

2.4.1 Amoniaco/Amonio

El amoníaco o el amonio no-ionizado (NH₃) es el producto principal del metabolismo de proteína en peces, crustáceos y otros organismos acuáticos. Es muy tóxico para los peces mientras el amonio ionizado es relativamente inocuo, excepto a niveles muy elevados.

Concentraciones de amoniaco tan bajas como 1 a 2 ppm pueden ser letales para los peces. Con 0,3 ppm de amoniaco en el agua, se puede impedir el crecimiento y normal desarrollo de los organismos acuáticos. También las bacterias excretan NH₃ como producto de la descomposición de la materia orgánica en medios acuosos (Meyer *et al.* 2004).

2.4.2 Dureza de carbonatos

Corresponde a los contenidos de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio. Puede ser eliminada por ebullición del agua y posterior eliminación por filtración de los precipitados formados (Neira, 2006).

2.4.3 Dureza total

La dureza o alcalinidad total mide el contenido de carbonato de calcio en el agua. Esta variable está ligada a la geología de la región. Se consideran aguas “duras” las que poseen más de 150 mg/L de óxido de calcio, mientras que las aguas “blandas” son la que mantienen niveles de 65 mg/L. Las aguas duras cuyo rango se encuentra entre 150 y 200 mg/L son las de mayor productividad y garantizan la permanencia del pH entre valores de 7 y 8.

La dureza se mide habitualmente mediante una valoración con AEDT (compuesto de ácido tetraprótico). Comercialmente existen “Kits” con soluciones ya preparadas que se utilizan para obtener valores de dureza. (URUGUAY. Dirección Nacional de Recursos Acuáticos, 2010).

2.4.4 Huevos

En peces, su desarrollo comprende dos fases del periodo embrionario, segmentación y embrión. Inicia desde que es fecundado el ovocito y termina en el momento de la eclosión (Balon, 1984).

2.4.5 Longitud Estándar (LE)

Representa la distancia desde el extremo anterior del hocico hasta la base de la aleta caudal (Salgado-Negret, 2015).

2.4.6 Peces ornamentales

Se define como peces ornamentales a aquellos ejemplares vivos pertenecientes a las comunidades de peces de cuerpos de agua naturales o procedentes de cultivo que son obtenidos para ser comercializados en nuestro país o bien, exportados con fines de comercialización en aquellos países donde surge la demanda (Panné *et al.* 2004).

2.4.7 pH

El pH representa una medida de la concentración de iones de hidrógeno (H^+), en el agua. El valor de $pH = -\log[H^+]$ es igual al logaritmo negativo de la concentración de protones presentes en una muestra de agua. La escala de pH es de 0 a 14. Valores por debajo de 7 indican una concentración elevada de protones y condiciones de acidez. Valores arriba de siete indican una baja concentración de protones y condiciones básicas o alcalinas. Si el valor obtenido es igual a 7, se considera que el agua es neutra (Meyer, 2004).

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

La adición del extracto de hojas de *Terminalia catappa* diluido a diferentes concentraciones contribuirá a aumentar la actividad reproductiva de *Apistogramma cactuoides*.

3.1.2 Hipótesis específicas

- La adición del extracto de hojas de *Terminalia catappa* diluido a una concentración de 0,3 g/L contribuirá a aumentar número de puestas, número de huevos desovantes, tasa de eclosión y supervivencia de larvas de *Apistogramma cactuoides*.
- La adición del extracto de hojas de *Terminalia catappa* diluido a una concentración de 0,5 g/L contribuirá a aumentar número de puestas, número de huevos desovantes, tasa de eclosión y supervivencia de larvas de *Apistogramma cactuoides*.
- La adición del extracto de hojas de *Terminalia catappa* diluido a una concentración de 0,7 g/L contribuirá a aumentar número de puestas, número de huevos desovantes, tasa de eclosión y supervivencia de larvas de *Apistogramma cactuoides*.

3.2 Definición conceptual de variables

3.2.1 Variables independientes

Concentración del extracto de hojas de *Terminalia catappa*.

3.2.2 Variables dependientes

Actividad reproductiva de *Apistogramma cacatuoides*

3.2.3 Operacionalización de variables

Tabla 4.

Operacionalización de las variables de estudio

Variable	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable Independiente			
Concentración del extracto de hojas de <i>Terminalia catappa</i>	Extracto de hojas de <i>Terminalia catappa</i>	Hojas secas por litro de agua (g/L)	0,3 g/L 0,5 g/L 0,7 g/L
Variables dependientes			
Actividad reproductiva de <i>Apistogramma cacatuoides</i>	Puestas	Número de desoves	0-6
	Fecundidad	Número de huevos	0-120
	Tasa de eclosión	Porcentaje de huevos que eclosionan	0-100%
	Tasa de supervivencia de larvas	Porcentaje de larvas	0-100%

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta la **Tabla 3**, se plantea una única variable independiente ("T"), con 3 grados de control (escala) dando 3 posibles combinaciones (1x3), T₁, T₂ y T₃.

Tabla 5.

Posibles combinaciones de la variable independiente

Tratamiento	1	2	3
T	0,3 g/L	0,5 g/L	0,7 g/L

Fuente: Elaboración propia

IV.METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo y diseño de la investigación

4.1.1 Tipo de Investigación

Investigación de tipo aplicada, descriptiva y correlacional con un diseño con posprueba únicamente y grupo de control de 1 x 3 (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

4.1.2 Diseño de la Investigación

Diseño de investigación unifactorial (1x4x8), 1 variable con 3 tratamientos y un grupo control (T₀, T₁, T₂ y T₃), cada tratamiento contó con 8 repeticiones y cada repetición con una pareja reproductora, dando un total de 32 unidades experimentales, obteniendo el siguiente diseño de investigación.

Tabla 6.

Diseño general de la investigación

Grupo	Tratamiento	Observación
RG ₁	X ₁	O ₁
RG ₂	X ₂	O ₂
RG ₃	X ₃	O ₃
RG ₄	-	O ₄

Fuente: Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). Metodología de la investigación (5a ed). McGraw-Hill.

Tabla 7.

Diseño de la investigación

Repeticiones	T ₀ (0,0 g/L)	T ₁ (0,3 g/L)	T ₂ (0,5 g/L)	T ₃ (0,7 g/L)
1	N = 2	N = 2	N = 2	N = 2
2	N = 2	N = 2	N = 2	N = 2
3	N = 2	N = 2	N = 2	N = 2
4	N = 2	N = 2	N = 2	N = 2
5	N = 2	N = 2	N = 2	N = 2
6	N = 2	N = 2	N = 2	N = 2
7	N = 2	N = 2	N = 2	N = 2
8	N = 2	N = 2	N = 2	N = 2

Fuente: Elaboración propia

4.2. Población y muestra

La población total fue de 64 ejemplares adultos de *Apistogramma cacatuoides* salvajes, 32 hembras y 32 machos, para formar 32 parejas reproductoras, la muestra fue los datos obtenidos de estas 32 parejas.

4.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de información

4.3.1 Unidades Experimentales

Se usó un único modelo de unidad experimental con un área total de 0,12 m² y un volumen de 34 L, donde se colocó a cada pareja reproductora. Esta unidad se obtuvo de una pecera con área total de 0,36 m², dividiéndose en tres unidades experimentales mediante separaciones de acrílico.

4.3.2 Acondicionamiento de las unidades experimentales

Previo a los ensayos, cada unidad experimental fue sometida a limpieza y desinfección exhaustiva. Se colocó una cama de arena previamente lavada de 1 cm de espesor y tubos de PVC que sirvieron como sustrato de puesta.

Una vez cumplido esto se llenó con agua previamente tratada con un acondicionador de agua comercial Nutrafin[®] AQUA PLUS, neutralizando cloro, cloraminas, metales pesados y otras sustancias perjudiciales para los peces. Se usaron filtros de esponja ejet[®] 101 accionados con dos bombas de aire (fluval[®] Q1 y big boy[®] 10200). La temperatura fue regulada a 25 °C (Alves *et al.*, 2009), mediante el uso de calentadores de 150 watts.

Finalmente se dejó ciclar cada unidad experimental por un periodo de una semana para colocar los ejemplares de *Apistogramma cacatuoides* y finalmente adicionar el extracto de *Terminalia catappa*.

4.3.3 Extracción del concentrado de hojas de *Terminalia catappa*

Se realizó mediante la desecación de las hojas a 50°C en una incubadora Incucell® por 18 horas y una posterior extracción en agua destilada (Chitmanat *et al.*, 2005), filtrando la solución en papel filtro.

Pasos a seguir para la obtención del producto final:

- a) Recolección de hojas secas de *Terminalia catappa*.
- b) Lavado previo eliminando cualquier material extraño.
- c) Secado previo a temperatura ambiente.
- d) Secado final a 50°C por 18 horas en una incubadora Incucell®.
- e) Molienda.
- f) Extracción en agua destilada.
- g) Filtrado en papel filtro

4.3.4 Evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua

El Nitrito, Amonio/Amoníaco, dureza total y dureza de carbonatos se midieron semanalmente, y en caso se muestren signos de aparente intoxicación por parámetros no tolerados por la especie.

El pH se midió semanalmente y tras cada adición del concentrado de *Terminalia catappa*, para asegurar la adición de la cantidad correcta del tratamiento.

La temperatura se midió diariamente, para asegurar el correcto funcionamiento del sistema de control de temperatura.

Tabla 8.
Equipos a utilizar para el análisis del agua

Parámetro	Equipo	unidad
Temperatura	Termómetro de alcohol	°C
pH	Kit JBL®	Dimensional
Amonio/Amoniaco	Kit JBL®	mg/L
Nitrito	Kit JBL®	mg/L
Dureza total	Kit JBL®	dgH
Dureza de carbonatos	Kit JBL®	dKH

Fuente: Elaboración propia

4.3.5 Acondicionamiento de los ejemplares de estudio

Los ejemplares de *Apistogramma cacatuoides* se colocaron a razón de 6 ejemplares por cada pecera para la formación de parejas compatibles. Los peces estuvieron por dos semanas en agua de condiciones estándar (pH 7, 25°C, 7dgH, 6dKH), hasta que se acostumbren a las condiciones de cautiverio, pasado este tiempo se empezó a adicionar las concentraciones de extracto de hojas de *Terminalia catappa* en las dosis respectivas a los tratamientos T₁, T₂ y T₃.

Las parejas se identificaron cuando dos individuos de sexos opuestos se aíslan y defiendan un territorio del resto de ejemplares (Landines *et al.*, 2007), siendo este el momento en donde se separarán mediante las divisiones de acrílico, formando así las unidades experimentales.

4.3.6 Selección y reproducción de los ejemplares de estudio

Para la selección de reproductores se buscaron individuos de aproximadamente 4 cm de longitud, facilitando el trabajo por el marcado dimorfismo sexual que existe entre machos y hembras, donde la madurez gonadal se caracteriza por la intensificación del color en el cuerpo y aletas, característica más notoria en los machos, quienes suelen ser de tamaño superior al de las hembras y con aletas más vistosas y coloridas, mostrando generalmente los primeros radios de la dorsal muy prolongados (Landines *et al.*, 2007).

Finalmente se usaron piezas de tubos de PVC para que sean usados como área de desove y refugio (Ismiño & Padilla, 2005)

4.3.7 Alimentación de reproductores

Se usó alimento comercial en pellet de la marca New Life® Thera A+ (*Figura 3*) y Alimento en gel “Gel de Artemia®” (*Figura 4 y 5*) con un 50% de contenido de *Artemia sp.* para satisfacer las necesidades nutricionales de las parejas reproductoras, debido a que el alimento fresco constituye un recurso natural de gran importancia y por el hecho de que estos organismos por lo general contienen los elementos de una dieta balanceada (Luna-Figueroa & Figueroa Torres, 2003).



Figura3. New life spectrum® Thera A+, small pellet

Fuente: <https://www.feedspectrum.com/products/nlsthera>



Figura 4. Alimento Artemia®, en gel.

Fuente: <https://www.facebook.com/119782044871011/posts/artemia-en-gels12-cada-uno-2-x-s20precio-en-efectivodisponible-entiendaformulad/1154073158108556/>



Figura 5. Presentación del alimento Artemia®

Fuente: <https://www.facebook.com/119782044871011/posts/artemia-en-gels12-cada-uno-2-x-s20precio-en-efectivodisponible-entiendaformulad/1154073158108556/>

Cabe recalcar que los peces del genero *Apistogramma* requieren alto contenido proteico en su dieta, debido a que en su ambiente natural se alimentan principalmente de alimento vivo como insectos (Díaz *et al.*, 2006).

4.3.8 Selección de la muestra

La muestra fueron los datos obtenidos de las puestas correspondientes a las 32 parejas de *Apistogramma cacatuoides*.

4.3.9 Toma de datos

Se tomaron los datos obtenidos de cada pareja reproductora, número de puestas, número de huevos, presencia de larvas con saco vitelino y presencia de alevines con natación libre, mediante la observación diaria de cada unidad experimental, contando los ítems anteriormente mencionados.

4.4. Análisis y procesamiento de datos

Los datos obtenidos (número de puestas, número de huevos, tasa de eclosión y supervivencia de larvas) fueron almacenados y organizados en el software Microsoft Office Excel 2013, para luego ser evaluados a través del software estadístico IBM SPSS Statistics 25 mediante un análisis de varianza simple (ANOVA) de un factor y una prueba post hoc de Dunnett con un nivel de confianza al 95% si es que llegan a cumplir los las presunciones básicas de este tipo de análisis. En caso contrario se utilizarán la prueba T3 de Dunnett y Kruskal wallis, pruebas que desestiman el supuesto de varianzas iguales.

V. RESULTADOS

5.1 Resultados descriptivos e inferenciales

5.1.1 Parámetros fisicoquímicos

Se recolectó información de los parámetros fisicoquímicos de las unidades experimentales, poniendo especial énfasis a los efectos de las hojas de *Terminalia catappa* sobre la química del agua (**Tabla 9**). Temperatura, nitritos y amonio se mantuvieron estables, pH, dKH y dgH experimentaron un descenso progresivo, resultando en aguas más ácidas, blandas y con un tono ambarino más opaco conforme el tratamiento tenía una mayor concentración del extracto de la planta, siendo lo último directamente proporcional al contenido de partículas en suspensión, provenientes del extracto.

Tabla 9.

Parámetros fisicoquímicos promedio en las unidades experimentales

	°C	NO ₂	NH ₃	pH	kH	gH
T0	26	0,05	0,1	7,5±0,1	4,0	14
T1	26	0,05	0,1	7,4±0,1	3,5	14
T2	26	0,05	0,1	7,0±0,2	3,5	13
T3	26	0,05	0,1	6,8±0,2	3,0	12

Fuente: Elaboración propia

5.1.2 Variable Número de puestas

Los datos obtenidos para esta variable están expresados en la siguiente tabla (**Tabla 10**), la distribución de los mismos queda expresado en el gráfico de cajas adjunto (*Figura 6.*)

Tabla 10.
Resultados descriptivos de la variable “Número de puestas”

Tratamiento	Media	Mínimo	Máximo
T ₀	,38	0	1
T ₁	1,25	0	3
T ₂	1,75	1	3
T ₃	,63	0	2

Fuente: elaboración propia

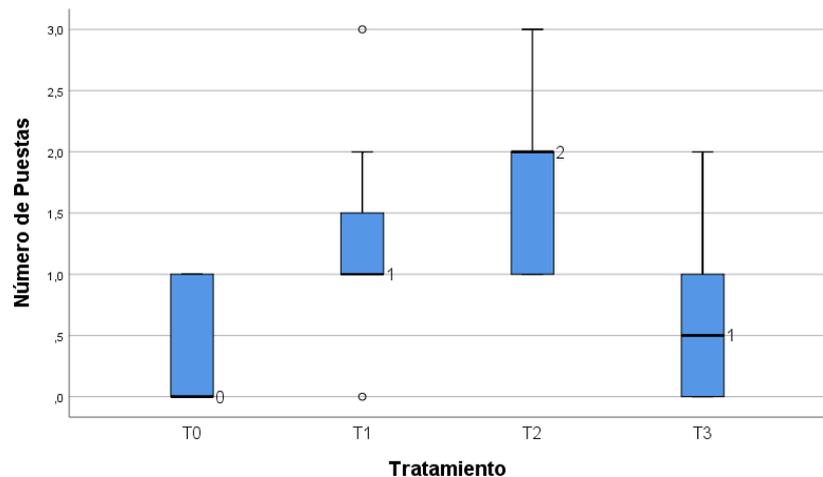


Figura 6. Datos obtenidos en la variable “Número de puestas”

Fuente: elaboración propia

Se puede observar que para T₀ los datos oscilaron entre 0 y 1 puestas, T₁ entre 1 y 2, T₂ entre 1 y 3 y T₃ entre 0 y dos puestas. Las medianas fueron 0 puestas para T₀, 1 para T₁, 2 para T₂ y 1 puesta para T₃.

Centrándonos en el análisis estadístico, se empezó por comprobar la normalidad de los datos para decidir si realizar un ANOVA, o una prueba no paramétrica para determinar si existe diferencias estadísticas entre los tratamientos, tomando en cuenta la prueba de Shapiro-Wilk ($n < 50$), se concluyó que los datos tienen una distribución no normal (Sig. $< 0,05$) (**Tabla 11**).

Tabla 11.

Pruebas de normalidad para “Número de puestas”

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Número de Puestas	0,250	32	0,000	,847	32	0,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

En base a lo anterior, se eligió la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, observando que existe una diferencia significativa intra-grupos ($p < 0,05$) (**Tabla 12**).

Tabla 12.

Estadísticos de prueba para “Número de puestas”^{a,b}

	Número de Puestas
H de Kruskal-Wallis	12,671
gl	3
Sig. asintótica	0,005

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Tratamiento para puestas

Fuente: Elaboración propia

Se ejecutó la opción de “Comparaciones entre parejas” que ofrece el software SPSS 25 para identificar que tratamiento resultó más efectivo, los datos se muestran en la siguiente tabla (**Tabla 13**)

Tabla 13.

Comparaciones entre parejas de Tratamiento para “Número de puestas”

Muestra	Estadístico de contraste	Error	Desv. Estadístico de contraste	Significancia Ajustada
T ₀ -T ₁	-9,000	4,399	-2,046	0,245
T ₀ -T ₂	-14,250	4,399	-3,239	0,007
T ₀ -T ₃	-2,750	4,399	-0,625	1,000
T ₁ -T ₂	-5,250	4,399	-1,193	1,000
T ₃ -T ₁	6,250	4,399	-1,421	0,933
T ₃ -T ₂	11,500	4,399	-2,614	0,054

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las comparaciones múltiples indicaron que el tratamiento más efectivo fue T₂ (0,5 g/L), con una significancia de 0,007 (<0,05).

5.1.3 Variable Número de huevos desovantes

Los datos obtenidos para esta variable están expresados en la siguiente tabla (**Tabla 14**), la distribución de los mismos queda expresado en el gráfico de cajas adjunto (*Figura 7.*).

Tabla 14.

Resultados descriptivos de la variable “Número de huevos desovantes”

Tratamiento	Media	Mínimo	Máximo
T ₀	37,50	0	90
T ₁	56,00	0	92
T ₂	74,57	48	102
T ₃	38,22	0	81
Total	54,07	0	102

Fuente: Elaboración propia

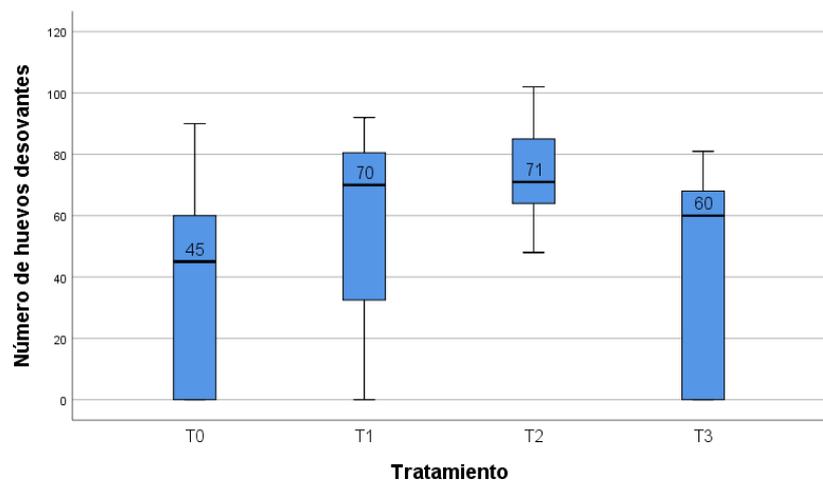


Figura 7. Datos obtenidos en la variable “Número de huevos desovantes”

Fuente: elaboración propia

Los datos obtenidos para T₀ oscilaron entre 0 y 90 huevos desovantes, para T₁ entre 0 y 92, para T₂ entre 42 y 102 y para T₃ entre 0 y 102. Las medianas fueron 45 para T₀, 70 para T₁, 71 para T₂ y 60 para T₃.

Para los resultados inferenciales se empezó con la prueba de normalidad. Los datos se trataron de igual forma que “Número de puestas”, con la prueba de Shapiro wilk (n>50), la prueba arrojó de igual forma la no normalidad de los datos (Sig. <0,05) (**Tabla 15**).

Tabla 15.

Pruebas de normalidad para “Número de huevos desovantes”

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Número de huevos desovantes	0,251	44	0,000	0,828	44	0,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

La variable se analizó con la prueba de kruskar wallis (**Tabla 16**), resultando en que existe una diferencia significativa entre tratamientos (Sig <0,05).

Tabla 16.

Estadísticos de prueba para “Número de huevos desovantes”^{a,b}

	Número de huevos desovantes
H de Kruskal-Wallis	8,840
gl	3
Sig. asintótica	0,032

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Tratamiento nro

Fuente: Elaboración propia

Las comparaciones múltiples entre parejas se llevaron a cabo, donde los resultados dejaron ver que el tratamiento más exitoso fue nuevamente T₂ (0,5 g/L), que mostró una significancia de 0,05 (<0,05) al ser comparada con T₀ (control) (**Tabla 17**).

Tabla 17.

Comparaciones entre parejas de Tratamiento para “Número de huevos desovantes”

Muestra	Estadístico de contraste	Error	Desv. Estadístico de contraste	Significancia Ajustada
T ₀ -T ₁	-9,127	5,565	-1,640	0,606
T ₀ -T ₂	-13,614	5,274	-2,582	0,050
T ₀ -T ₃	-1,400	5,852	-0,239	1,000
T ₁ -T ₂	-4,487	5,132	-0,874	1,000
T ₃ -T ₁	7,727	5,725	1,350	1,000
T ₃ -T ₂	12,214	5,442	2,245	0,149

Fuente: Elaboración propia

5.1.4 Variable Tasa de eclosión

Los datos obtenidos para esta variable están expresados en la siguiente tabla (**Tabla 18**), la distribución de los mismos queda expresado en el gráfico de cajas adjunto (*Figura 8.*).

Tabla 18.

Resultados descriptivos de la variable “Tasa de eclosión”

Tratamiento	Media	Mínimo	Máximo
T0	0,5175	0,0000	0,8000
T1	0,4555	0,0000	0,8955
T2	0,6245	0,0000	0,9647
T3	0,8833	0,7500	0,9852
Total	0,6033	0,0000	0,9852

Fuente: Elaboración propia

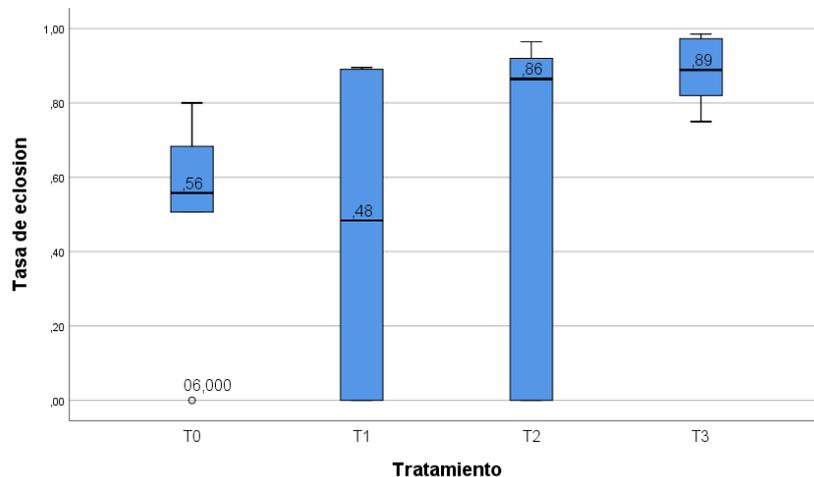


Figura 8. Datos obtenidos en la variable “Tasa de eclosión”

Fuente: elaboración propia

La tasa de eclosión para T_0 osciló entre 0 y 0,80 (0% y 80%), para T_1 entre 0 y 0,89 (0% y 89%), para T_2 entre 0 y 0,96 (0% y 96%), para T_3 entre 0,75 y 0,98 (75% y 98%) Las medianas fueron 0,56 para T_0 , 0,48 para T_1 , 0,86 para T_2 y 0,89 para T_3 .

Para los resultados inferenciales se empezó con la prueba de normalidad, eligiéndose la prueba de Shapiro Wilk. La variable se evaluó mediante la prueba no paramétrica de kruskar wallis, al no cumplir con los supuestos de normalidad (**Tabla 19**).

Tabla 19.

Pruebas de normalidad para “Tasa de eclosión”

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tasa de eclosión	0,203	33	0,001	0,782	33	0,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la prueba de hipótesis expusieron que el tratamiento no afectó significativamente a la variable, al obtener una significancia de 0,095 (>0,05) (**Tabla 20**).

Tabla 20.

Estadísticos de prueba para “Tasa de eclosión”^{a,b}

	Tasa de eclosión
H de Kruskal-Wallis	6,367
gl	3
Sig. asintótica	0,095

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Tratamiento nro

Se hizo adicionalmente un gráfico de cajas (*Figura 4*), indicando una diferencia entre las medias de T₀ (55,78%) y T₃ (86,44%) y mostrando una amplitud de datos muy grande en T₁ (0 a aproximadamente 0,90) y T₂ (0 a 98%).

5.1.5 Variable Tasa de supervivencia de larvas

Los datos obtenidos para esta variable están expresados en la siguiente tabla (**Tabla 21**), la distribución de los mismos queda expresado en el gráfico de cajas adjunto (*Figura 9.*).

Tabla 21.

Resultados descriptivos de la variable “Tasa de supervivencia de larvas”

Tratamiento	Media	Mínimo	Máximo
T0	0,8998	0,8421	0,9375
T1	0,4940	0,0000	0,7500
T2	0,7283	0,3977	0,9666
T3	0,6840	0,0000	0,9583
Total	0,7069	0,0000	0,9666

Fuente: Elaboración propia

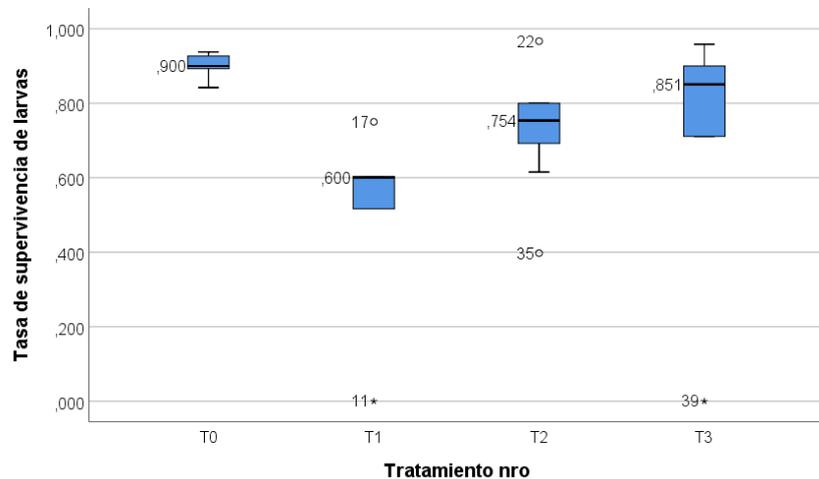


Figura 9. Datos obtenidos en la variable “Tasa de supervivencia de larvas”

Fuente: elaboración propia

Para La tasa de supervivencia de larvas para T₀ osciló entre 0,842 y 0,937 (84% y 93%), para T₁ entre 0 y 0,75 (0% y 75%), para T₂ entre 0,397 y 0,966 (39% y 96%), para T₃ entre 0 y 0,958 (75% y 95%) Las medianas fueron 0,90 para T₀, 0,60 para T₁, 0,75 para T₂ y 0,85 para T₃.

La variable tampoco cumplió con los supuestos de normalidad y homocedasticidad (**Tabla 22**).

Tabla 22.

Pruebas de normalidad para “Tasa de supervivencia de larvas”

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tasa de supervivencia de larvas	0,197	25	0,013	0,801	25	0,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Tomando en consideración la prueba de normalidad, la variable fue analizada de la misma forma que “Tasa de eclosión”. La significancia obtenida en la prueba fue de 0,017 (<0,05), implicando que la adición de concentrado de hojas de *Terminalia catappa* tuvo efectos significativos sobre la variable (**Tabla 23**).

Tabla 23.

Estadísticos de prueba para “Tasa de supervivencia de larvas”^{a,b}

	Tasa de supervivencia de larvas
H de Kruskal-Wallis	10,204
gl	3
Sig. asintótica	0,017

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Tratamiento nro

Las comparaciones múltiples entre parejas (**Tabla 24**) mostraron que T₁ (0,3 g/L) obtuvo los resultados más estadísticamente diferentes con una significancia de 0,010 (<0,05) cuando fue comparado con T₀ (control).

Tabla 24.

Comparaciones múltiples entre parejas para “Tasa de supervivencia de larvas”

Muestra	Estadístico de contraste	Error	Desv. Estadístico de contraste	Significancia Ajustada
T ₀ -T ₁	14,600	4,652	3,138	0,010
T ₀ -T ₂	8,100	4,029	2,011	0,266
T ₀ -T ₃	5,700	4,652	1,225	1,000
T ₁ -T ₂	-6,500	4,029	-1,613	0,640
T ₃ -T ₁	-8,900	4,652	-1,913	0,334
T ₃ -T ₂	-2,400	4,029	-0,596	1,000

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación de hipótesis con los resultados

Los resultados indicaron que el extracto de hojas de *Terminalia catappa* influyó significativamente en las variables estudiadas exceptuando en “Tasa de eclosión”, donde la influencia no fue significativa.

Se observa que para número de puestas y número de huevos desovantes el tratamiento más efectivo fue T₂ (0,5 g/L) existiendo diferencias significativas ($P < 0,05$) con relación al grupo control.

Tasa de eclosión no se vio afectada significativamente por alguno de los tratamientos ($P > 0,05$). El valor medio que se obtuvo con T₃ (0,7 g/L) fue de 88.3%; valor superior al obtenido con los otros tratamientos, diferencia que no fue estadísticamente relevante.

Tasa de supervivencia de larvas se vio afectada negativamente por el tratamiento, obteniendo los valores más altos con el control (T₀). Los resultados con los demás tratamientos siguieron la misma tendencia que mostraron Número de puestas y Número de huevos, un aumento en T₁ y un posterior descenso en T₃.

Dicho esto, se puede aceptar parcialmente la hipótesis general “La adición de extracto de hoja de *Terminalia catappa* diluido a diferentes concentraciones contribuirá a aumentar el número de puestas, número de huevos desovantes, tasa de eclosión y supervivencia de larvas de *Apistogramma cacatuoides*”, al observar mejoras significativas solo en las variables “Número de puestas” y “Número de huevos desovantes”, primeras etapas de la reproducción de *Apistogramma cacatuoides*.

Por la misma razón, se plantearía el siguiente enunciado, siendo T₂ el tratamiento que mejoró más variables. “La adición del extracto de hoja de *Terminalia catappa* diluido a una concentración de 0,5 g/L contribuirá a aumentar número de puestas y número de huevos desovantes”.

6.2 Contrastación de resultados con otros estudios similares

Los resultados obtenidos coinciden con estudios pasados en la misma especie, especies del mismo género y con trabajos en otras especies probando el efecto de *Terminalia catappa*.

Los parámetros se mantuvieron similares a otros estudios, (**Tabla 9**), donde se reportan valores de pH neutro a ligeramente básico, 7 a 7,6 (Kullander, 1982), 7 a 7,5 (Ismiño *et al.*, 1997) y 7,3 a 7,6 (González *et al.*, 2011) y temperatura entre 23 y 30°C (Kullander, 1982) o entre 25,8 y 27,3°C (González *et al.*, 2011).

Estudios anteriores indican que la media de producción de huevos por parte de *Apistogramma cacatuoides* está entre los 50 y 100 huevos (Díaz *et al.*, 2003), análogo al presente estudio donde se obtuvieron entre 40 y 102 huevos (máximo y mínimo de los valores totales).

El cuidado parental siempre es descrito en las especies de la familia cichlidae (Kullander, 1982, Ismiño *et al.*, 1997 & Wimberger *et al.* 1998), comportamiento observado también durante el estudio y el cual se asume que fue el responsable de permitir cierto grado de éxito en la variable “Tasa de eclosión” cuando el extracto de hojas de *Terminalia catappa* no tenía concentración suficiente para tener efectos significativos sobre los parámetros fisicoquímicos o los individuos.

Respecto a estudios con los componentes de *Terminalia catappa* en acuicultura, trabajos anteriores en *Oreochromis niloticus* (Tilapia) indican el efecto antibiótico de los componentes de las hojas de la planta en *Trichodina sp.* a 0,8 g/L y *Aeromonas sp.* en 0,5 g/L. Adicionalmente, el artículo menciona que los componentes tienen un efecto antifúngico sobre los huevos de la especie íctica estudiada (Chitmanat *et al.*, 2005). Estos datos se corroborarían con el ligero mayor éxito de los tratamientos frente al control, diferencias que sin embargo no son significativas, debido a la presencia del cuidado parental de los ejemplares, que consta en oxigenar y retirar huevos dañados, lo cual garantizaría en cierta medida el éxito de la puesta (Figura 14, Figura 15 y Figura 16).

En Colombia, donde se estudió el comportamiento reproductivo de *Apistogramma iniridia* (Urueña *et al.*, 2014) se reportó que al estar presente las hojas de *Terminalia catappa*, mejoró significativamente el porcentaje de huevos y la ocurrencia de despliegues relacionados al cortejo, algo muy similar a esta investigación, donde el número de puestas y huevos en el tratamiento más exitoso (0,05 g/L), fue significativamente alto en comparación con los demás (2 puestas en promedio sin embargo, el pH difiere bastante a otros trabajos, donde se mantuvo entre 4,5 y 5,5, debido principalmente al hecho de trabajar en el lugar de origen de la especie.

Estudios más profundos sobre los componentes de la planta indican los efectos negativos del último tratamiento se pudieron deber al efecto quelante que tiene el ácido tánico, siendo reportada la capacidad irritante y adherente a altas concentraciones en las agallas de guppy, (*Poecilia reticulata*) y goldfish (*Ciprinus carpio*) llegando incluso a producir la muerte (Chansue & Assawawongkasem, 2008), estudios en *Betta sp.*, otra especie de pez ornamental, corroboraría esta hipótesis, al ver su supervivencia

afectada negativamente por la presencia de concentraciones determinadas de la planta (Nugroho *et al.*, 2016), siendo el principal responsable la saponina. Para otras especies del genero se reportan situaciones similares, *Pterophyllum scalare* vio reducido su crecimiento a 1,0 g/L, mas no su supervivencia (Mamani & Scotto, 2020). Todo esto apuntaría a que concentraciones elevadas del extracto también tiene efectos negativos sobre la biología de esta especie en particular, incluso si proceden de aguas con pH ácido y poca dureza, lo cual sería la causa de que T₃ (0,7 g/L) tuviera poco éxito en las cuatro variables.

VII. CONCLUSIONES

Debido a la naturaleza del tratamiento se puede inferir que los parámetros fisicoquímicos del agua influyeron en la reproducción de *Apistogramma cacatuoides*, resalta que los efectos de los componentes de las hojas de *Terminalia catappa* variaron a lo largo del proceso reproductivo de la especie estudiada, no teniendo una sola concentración efectiva para mejorar todos los parámetros evaluados a la vez.

Los dos primeros parámetros fueron influenciados positivamente por el tratamiento, la cantidad de huevos producidos y la frecuencia con la que fueron depositados mejoró gradualmente hasta T₂ (0,5 g/L), obteniendo un número significativamente mayor de puestas y de huevos en comparación con el tratamiento control. Los demás tratamientos no tuvieron los mismos resultados al ser estadísticamente similares entre ellos (Sig.>0,05), concluyendo que una concentración elevada del extracto de *Terminalia catappa* tiene efectos contraproducentes para la reproducción de *Apistogramma cacatuoides*, pudiendo ser un efecto químico, al liberar sustancias que en exceso inhibirían la reproducción de la especie o físico, al aumentar la presencia de partículas disueltas en el agua y reduciendo la penetración de luz, lo cual podría interferir en el proceso de cortejo y desove.

Tasa de eclosión no se vio afectada significativamente por el tratamiento, con T₁ y T₂ mostrando resultados con gran amplitud de datos. La ligera diferencia entre los resultados del control y los tratamientos indicaría que este parámetro reproductivo se ve influenciado no solamente por factores medioambientales, sino que también se ve involucrado el cuidado parental otorgado por la hembra, que es la encargada de oxigenar los huevos y eliminar aquellos echados a perder, ya sea que no han sido fecundados, o que presenten alguna anomalía que impida su desarrollo y perjudique al resto de la puesta. Todo este abanico de variantes puede mitigar las aparentes carencias del medio y lograr una

tasa de eclosión más o menos similar en condiciones fisicoquímicas distintas, el éxito de estos cuidados al parecer depende también de la experiencia de la hembra, ya que a pesar de esto aún se presentan tasas bajas de eclosión en casos puntuales.

En el caso de Tasa de supervivencia de larvas, obtener un mejor resultado en T_0 implicaría que existe un aparente efecto negativo por parte del extracto hojas de *Terminalia catappa* sobre esta variable. El efecto negativo al parecer se debería a la presencia sólidos disueltos en el agua, lo cual permitiría el crecimiento bacteriano que terminaría impidiendo la supervivencia de los individuos, la presencia de componentes quelantes en las hojas en exceso podría ser otra razón para este resultado ya que se ha demostrado que estos pueden reducir la captación de oxígeno a nivel de las branquias (Chansue & Assawawongkasem, 2008). Aun así, la tendencia entre T_1 , T_2 y T_3 , observada en las otras variables, se mantuvo, siendo T_2 el que obtuvo resultados más cercanos a T_0 . El haber obtenido estos resultados en los tratamientos implicaría nuevamente que el cuidado parental, que se alarga hasta la etapa alevín (*Figura 14 y Figura 15*) e incluso juvenil (*Figura 16*) subsanarían el posible escenario de efectos negativos en el medio acuático, además, que T_2 obtuviera buenos resultados implicaría que al haber suficiente concentración de los componentes responsables del efecto antibacteriano del extracto de *Terminalia catappa*, se mitigaría el efecto contraproducente de los sólidos en suspensión, nuevamente un exceso de componentes activos en T_3 produciría efectos negativos.

Finalmente, los resultados indican que se necesitan concentraciones determinadas del extracto de hojas de esta planta para cada etapa reproductiva de esta especie (entre 0,3 a 0,5 g/L), concentraciones muy bajas no tienen efectos significativos sobre la fisiología del animal o sobre agentes patógenos (la planta tiene efectos antiparasitarios y antibióticos, sobre todo aquellos que se asientan en la

piel y branquias) y concentraciones muy altas afectan negativamente la biología del animal.

Los buenos resultados obtenidos con el ciclido enano *Apistogramma cacatuoides* abren nuevas posibilidades para cultivar especies ornamentales en nuestro país fuera de su lugar de origen, al permitir obtener condiciones similares a las de su medio natural y su reproducción exitosa, lo cual implicaría varias repercusiones económicas positivas, como generar nuevos puestos de trabajo y permitir la generación de ingresos, algo de suma importancia en el contexto actual.

Esta investigación es un excelente antecedente para que Perú apunte a entrar al mercado exportador de peces ornamentales cultivados, ya que hasta la fecha solamente exporta animales provenientes de captura, situación muy diferente a la de otros países como Brasil, Colombia y varios países asiáticos, donde por norma general un porcentaje significativo de peces comercializados provienen de cría en cautiverio, que actualmente son más aceptados por el mercado internacional al tener bajas tasas de mortalidad y ser fácilmente adaptables a la vida en acuarios.

VIII. RECOMENDACIONES

Sería un gran apoyo a la comunidad científica continuar con los estudios sobre *Apistogramma cacatuoides* y otras especies similares con potencial comercial, incluidas las variedades obtenidas por cría selectiva, mucho más llamativas y más valorizadas, ya que los resultados demostraron la viabilidad de su cultivo en cautiverio, y muy probablemente la viabilidad de otras especies del mismo género en zonas con parámetros de agua distintas a las de su medio.

Este trabajo también abriría las puertas a futuras investigaciones sobre los compuestos activos de las hojas de *Terminalia catappa* con aplicación en acuicultura, en particular los componentes que afectan el comportamiento reproductivo de otras especies de ciclidos, para así poder controlar mejor los tratamientos y buscar si existe la posibilidad de filtrar los componentes tóxicos de las hojas, eliminando los efectos negativos que implica aplicar directamente el extracto a concentraciones elevadas.

Estudiar el cuidado parental en este género permitirá identificar los mecanismos por los cuales la hembra logra mantener un número de huevos viables a pesar de que las condiciones no sean las idóneas, permitiendo optimizar el medio de cultivo para la especie y otras de comportamiento similar.

Finalmente, se recomienda continuar con las investigaciones sobre las especies ornamentales en Perú, al ser un bien olvidado del cual solo se aprovecha las empresas que practican la extracción, siendo necesario cambia de mentalidad y apuntar a la obtención de organismos cultivados.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, F. C. M., Rojas, N. E. T., & Romagosa, E. (2009). REPRODUÇÃO DO “CICLÍDEO-ANÃO AMAZÔNICO”, *Apistogramma cactuoides*, *Boletim do Instituto de Pesca Sao Paulo*. 35(4): 587 – 596
- Balon, E. K. (1984). Reflections of some decisive events in the early life history of fishes. *Trans Am. Fish. Soc.* 113: 178-185.
- Chansue, N., & Assawawongkasem, N. (2008). The in vitro antibacterial activity and ornamental fish toxicity of the water extract of Indian almond leaves (*Terminalia catappa* Linn.). *KKU Veterinary Journal*, 18(1), 36–45.
- Chitmanat, C., Tongdonmuan, K., Khanom, P., Pachontis, P. & Nunsong, W. (2005). Antiparasitic, Antibacterial, and Antifungal Activities Derived from a *Terminalia catappa* Solution against Some Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Pathogens. *Acta Hort.* 678, 179-182
- Chuquipiondo Guardia, Carlos. (2009). Alternativas de Producción de peces Ornamentales en la Amazonia Peruana. Recuperado de http://www.promamazonia.org.pe/wfr_Descarga.aspx?id=3BMV6iYnMv741RWqdNZUvw==&tipo=SNrz4CY7n79ZfATctl9apg==
- Díaz-Cachay, C., Llontop-Vélez, C., Luis Clemente Sanguinetti, L.C., Muñoz-Landa, M., & Melgar Del Risco, J. (2006). Adaptación y reproducción de peces ornamentales amazónicos *Apistogramma spp.* *Pyrrhulina sp.* En: J.F. Renno *et al.*, (ed.) *Biología de las poblaciones de peces de la Amazonía y piscicultura* (pp. 215-221). Iquitos, Perú
- Díaz, C. C., Llontop, V.C., Kostelac, R. J., & Cavero, A. J. (2003). Adaptación y Reproducción de peces ornamentales Amazónicos *Apistogramma spp.* El acuicultor (SVA) Año VI Vol 4. 16-18.

Engelking, B., Uwe, R., & Wolfgang, B. (2010). Intraspecific colour preference in mate choice by female *Apistogramma cacatuoides* HOEDEMAN, 1951 (Teleostei: Perciformes: Cichlidae). *Vertebrate Zoology*, 60(3), 199-208.

FONDEPES. (2015). *Protocolo de Reproduccion de la Arawana (Osteoglossum bicirrhosum)* (1.^a ed.). Lima-Perú: FONDEPES.

Francis, J. K., & Lowe, C. A. (2000). *Bioecología de Árboles Nativos y Exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales*.

García-Dávila, C., Estivlas, G., Mejía, J., Flores, M., Angulo, C., Sánchez, H., Chuquipiondo, C., Castro-Ruiz, D., García, A., Ortega, H., Pinedo, L., Oliveira, C., Römer, U., Mariac, C., Duponchelle, F., & Renno, J.-F. (2020). *PECES ORNAMENTALES DE LA AMAZONIA PERUANA* (1.^a ed.). Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP).

Gerstner, C. L., Ortega, H., Sanchez, H., & Graham, D. L. (2006). Effects of the freshwater aquarium trade on wild fish populations in differentially-fished areas of the Peruvian Amazon. *Journal of Fish Biology*, 68(3), 862-875.
<https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2006.00978.x>

González del Aguila, L., Mori-Pinedo, L., Ríosisern, E., & Ismiño, R. (2011). Influencia de cuatro dietas inertes en el crecimiento del cíclido enano *Apistogramma eunotus*. *Folia Amazonica*, 20(1), 39-44.

Hernández Ángel, M., García Bacallao, L., Rojo Domínguez, D. M., & Olivares Padilla, D. (2003). Almendro de la India: potencial biológico valioso. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 22(1), 41-47.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación* (5.^a ed.). México: McGRAW-HILL. 613 pp.
- Ismiño, R., Padilla, P., & Sánchez, H. (1997). Fecundidad y Desove de *Apistogramma panduro* “pandurini” Romer (1997) en ambientes controlados. *Manejo de Fauna silvestre en Amazonia y Latinoamérica*, 14-16.
- Ismiño, R., Padilla, P., & Sánchez, H. (2004). Fecundidad y Desove de *Apistogramma panduro* “pandurini” Romer (1997) en ambientes controlados (pp. 14-16). Presentado en *Manejo de Fauna silvestre en Amazonia y Latinoamérica*, Iquitos-Perú. Recuperado de http://www.comfauna.org/wp-content/uploads/2012/PDFs-Manejofaunasilvestre/Iquitos-2004/1_Conservacion_y_Manejo_Ex_Situ/14-16_rismino_FecundidadDesoveApistogrammaPanduro.pdf
- Ismiño, R., & Padilla, P. (2005). Comportamiento reproductivo de cinco especies del género *Apistogramma* (Cichlidae) en ambientes controlados. En *Biología de las Poblaciones de Peces en la Amazonia y Piscicultura* (1.^a ed., pp. 222-226). Lima, Perú: Guzlop editoras. Recuperado de <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/PUBL916.pdf#page=221>
- Ismiño, R., Vasquez, N., Delgado, P., & CHU-KOO, F. (2007). Avances en el cultivo de *Apistogramma panduro*, rümer, 1997 (perciformes: ciclidae) en la amazonía peruana. *Folia Amazonica*, IIAP, 12(1-2), 69-73. <https://doi.org/10.24841/fa.v16i1-2.298>

ITIS Standard Report Page: *Apistogramma cacatuoides*. (s. f.). Recuperado 12 de agosto de 2018, de

https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=169868#null

ITIS Standard Report Page: *Terminalia catappa*. (s. f.). Recuperado 10 de marzo de 2019, de

https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=27762#null

Kalliola R, & Puhakka M. (1993) Geografía de la Selva Baja Peruana. Amazonia Peruana: Vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Gummerms Printing ed. Danjoy MPyW, editor. Turku (Finlandia): Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales – ONERN.

Kullander, S. O. (1986). *Cichlid fishes of the Amazon River drainage of Peru*. Stockholm. Sweden. Dept. of Vertebrate Zoology, Research Division, Swedish Museum of Natural History.

Landines, M., Urueña, F., Mora, J., Rodríguez, L., Sanabria, A., Herazo, D., & Giraldo, J. (2007). Producción de peces ornamentales en Colombia. Recuperado de <https://www.yumpu.com/es/document/read/14782918/produccion-de-peces-ornamentales-en-colombia-docentesunal-5>

Landines, M. (2007). PRODUCCIÓN DE PECES ORNAMENTALES DE LA ORINOQUÍA COLOMBIANA. *Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola*, 2(1), 1-38 p.

- Luna-Figueroa, J. & Figueroa Torres, J. (2003). Crecimiento de juveniles de la Mojarra Criolla *Cichlasoma istlanum*. *II Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura*. Estado de morales, Mexico: Laboratorio de Acuicultura-CIB, Universidad Autónoma del Estado de Morelos (México).
- Machado-Allison, A. (2005). Los peces de los llanos de Venezuela: un ensayo sobre su historia natural. Segunda edición. Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. 222 pp.
- Mamani-Chang, D., & Scotto-Espinoza, C. (2020). TASA DE CRECIMIENTO DEL PEZ ESCALAR *Pterophyllum scalare* (Schultze, 1823) A DIFERENTES CONCENTRACIONES DEL EXTRACTO DE HOJAS DEL ALMENDRO DE LA INDIA (*Terminalia catappa* Linneo, 1767). *Bol Inst Mar Perú*, 35(1), 143-150.
- Mesa S, Lina M, & Lasso, C. A. (2011). *III. Revisión del género Apistogramma Regan 1913 (Perciformes, Cichlidae) en la cuenca del Río Orinoco*. Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.
- Meyer, D. (2004). *Introducción a la Acuicultura* (Vol. 1). Zamorano, Honduras. Recuperado de https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2490/1/208986_0363%20-%20Copy.pdf
- Miksen, C., & Media, D. (2016). Aquariums: How does tannic acid affect aquariums? Recuperado de <https://pets.thenest.com/tannic-acid-affect-aquariums-12501.html>

- MINAM. (2019). *SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LA LÍNEA DE BASE DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE LOS PECES ORNAMENTALES, PROSPECCIÓN DE LA DIVERSIDAD, ESTUDIO SOCIOECONÓMICO, ECOLÓGICO, FLUJO DE GENES Y SISTEMATIZACIÓN* [Linea Base]. https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2020/02/sist_ldb_pecesornam_19.pdf
- Monroy, M. (2019). *Alimentos funcionales en acuicultura con énfasis en el uso de extractos algales y vegetales*. 19. <https://pacuicola.iztacala.unam.mx/wp-content/uploads/2019/04/MEMORIAS.pdf>
- Monticini, P. (2010). *Production and Commerce of Ornamental Fish: technical-managerial and legislative aspects* (Vol. 102). Roma, Italia: FAO-GLOBEFISH.
- Mora, J., Urueña, F., Avendaño, L., & Landines, M. (2005). *Guía de Producción de Peces Ornamentales de la Orinoquia Colombiana-CICLIDOS ENANOS* (pp. 16). Bogotá-Colombmoraia. Recuperado de <https://www.elacuario.org/sites/default/files/sites/default/files/archivos/CICLIDOS%20ENANOS.pdf>
- Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the world* (4th ed). John Wiley.
- Neira, M. (2006). *DUREZA EN AGUAS DE CONSUMO HUMANO Y USO INDUSTRIAL, IMPACTOS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN. ESTUDIO DE CASO: CHILE*. Universidad de Chile - Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas - Departamento de Ingeniería Civil, Chile. 83pp.
- Nugroho, R. A., Manurung, H., Saraswati, D., Ladyescha, D. & Nur, F. M. (2016). *The Effects of Terminalia catappa L. Leaves Extract on the Water Quality Properties, Survival and Blood Profile of Ornamental fish (Betta sp)*

Cultured. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 8(2), 241-248.

Ortega H., & Chang F. (1998). Peces de aguas continentales del Perú. In: G. Halfter (ed.), *Diversidad Biológica en Iberoamérica III. Volumen Especial. Acta Zoológica Mexicana, nueva serie*. Instituto de Ecología, Asociación Civil, Xalapa, Veracruz, México. Pp. 151-160

Ortega, H., Hidalgo, M., Trevejo, G., Correa, E., & Cortijo, A. M. (2012). *Lista anotada de los peces de aguas continentales del Perú* (2.^a ed., Vols. 1–1). Perú: Dirección General de Diversidad Biológica Ministerio del Ambiente. Recuperado de http://museohn.unmsm.edu.pe/docs/pub_ictio/Ortega_et_al.2012Lista_Peces_Aguas_Cont.Peru.pdf

Panné, S.; Alvarez, M. & Luchini, L. (2004). *Aspectos de la comercialización de peces ornamentales en Argentina (importación y exportación, periodo 1999-2003)*. Dirección de Acuicultura, Buenos Aires, Argentina.

Parada, S., Virgüez, A., & Cruz, P. (2012). Experiencias sobre cultivo de peces ornamentales en la Cooperativa COOPESCA, Acacias - Meta. *Orinoquia Suplemento*, 16(2), 248. <https://doi.org/10.22579/20112629.113>

Pykäläinen, M. (2004). Analisis de pesca y comercio de peces ornamentales de la Reserva nacional Allpahuayo Mishana, pp. 22.

PROMPERU. (2017). Principales Productos Exportados. *Boletín del Sector de Productos Pesqueros Diciembre 2016*, pp. 6

Römer, U., Bernd, E., & Wolfgang, B. (2014). Genetically determined mate choice can be influenced by learning in *Apistogramma cacatuoides* Hoedeman, 1951 (Teleostei, Cichlidae). *VERTEBRATE ZOOLOGY*, 199-206.

- Reis, R. E., Kullander, S. O., Ferraris, C. J., & Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (Eds.). (2003). *Check list of the freshwater fishes of South and Central America*. EDIPUCRS.
- Ruíz, L. (2012). Estado de la acuicultura en el Perú. *Revista AquaTIC*, 99-106. Recuperado de http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/37_12.pdf
- Salazar, E., & Oliva, W. (2013). *ANÁLISIS DE LAS EXPORTACIONES DE PECES ORNAMENTALES DE LORETO, PERIODO 2008 - 2012*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA, Perú.
- Salgado-Negret, B. (ed). (2015). *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. Colombia. 236 pp.
- Sánchez, H., García, A., Vásquez, J., & Alcántara, F. (2011). *PECES ORNAMENTALES AMAZÓNICOS* (2.^a ed.). Iquitos-Perú: Deposito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú. Recuperado de <http://repositorio.iiap.org.pe/handle/IIAP/138>.
- Tanaka, T, Nonaka, G, & Itsuo, N. (1986). Isolation and characterization for new hydrolyzable tannins, terflavins A and B, tergallagin and tercatain from the leaves of *Terminalia catappa* L. *Chem Pharm Bull*, 34(3):1039-1049.
- Tello, M. S. & Cánepa, L. J. (1991). Estado actual de la explotación de los principales peces ornamentales de la Amazonía Peruana. *Folia Amazónica - IIAP*, 3: 109-128.
- Trelles, A. (2015). Producción de semilla de *Pterophyllum scalare* "pez ángel" en sistema cerrado, Trujillo-Perú. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo*, 35(1), 91-98.

Tuesta, A., & Chávez, K. (2009). ACTUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN DE LA CADENA PRODUCTIVA DE PECES ORNAMENTALES. Recuperado de http://www.promamazonia.org.pe/wfr_Descarga.aspx?id=L53i77UGbpMU p+3NTsz73w==&tipo=SNrz4CY7n79ZfATctI9apg==

Urueña, F., Gonzalez, C., Triana, F., & Linares, Y. (2014). *PROYECTO: ESTABLECIMIENTO DE LOS PARÁMETROS COMPORTAMENTALES RELACIONADOS CON LA REPRODUCCIÓN E INDUCCIÓN AMBIENTAL DE LA MISMA EN TRES ESPECIES DE CICLIDOS NATIVOS DE LA ORINOQUIA COLOMBIANA DE ALTO POTENCIAL ECONÓMICO COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE PAQUETES PRODUCTIVOS*. (Técnico N.º 2; p. 47). ACOLPECES. <https://www.aunap.gov.co/wp-content/uploads/2016/10/9-INFORME-final-peces-ornamentales.pdf>

Wimberger, P. H., R. E. Reis & K. R. Thornton. (1998). *Mitochondrial phylogenetics, biogeography and evolution of parental care and mating system in *Gymnogeophagus* (Perciformes: Cichlidae)*. Pp. 509-518. En: Malabarba, L. R., R. E. Reis, R. P. Vari, Z. M. S. Lucena y C. A. S. Lucena (Eds.). *Phylogeny and classification of Neotropical fishes*. EDIPUCRS, Porto Alegre, Brasil

X. ANEXOS

10.1 Ejemplares usados para la obtención de datos

Los ejemplares adultos de *Apistogramma cacatuoides* usados para los experimentos pueden observarse en las siguientes figuras, procedentes de colecta en la selva peruana, Iquitos, se observó el marcado dimorfismo sexual entre machos (Figura 4, Figura 5 y Figura 6) y hembras (Figura 7), resalta la variación cromática de los ejemplares macho, no observando dos ejemplares con coloración similar, las hembras por otro lado mostraron siempre la misma distribución de color.



Figura 10. Fenotipo 1 de Apistogramma cacatuoides macho
Fuente: Elaboración propia



Figura 11. Fenotipo 2 de Apistogramma cacatuoides macho
Fuente: Elaboración propia



Figura 12. Fenotipo 3 de *Apistogramma cacatuoides* macho
Fuente: Elaboración propia



Figura 13. Fenotipo general de *Apistogramma cacatuoides*
hembra
Fuente: Elaboración propia

10.2 Cuidado parental

Durante la fase experimental se pudo observar el cuidado parental de la hembra hacia los huevos, larvas y alevines, que quedó documentado en las siguientes imágenes (figura 14, 15 y 16).



Figura 14. Hembra con alevines de 3 días.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 15. Hembra con alevines de una semana
Fuente: Elaboración propia.



Figura 16. Hembra con un juvenil de 3 semanas
Fuente: Elaboración propia.

10.3 Instrumentos validados

10.3.1 JBL PROAQUATEST® pH 6.0-7.6

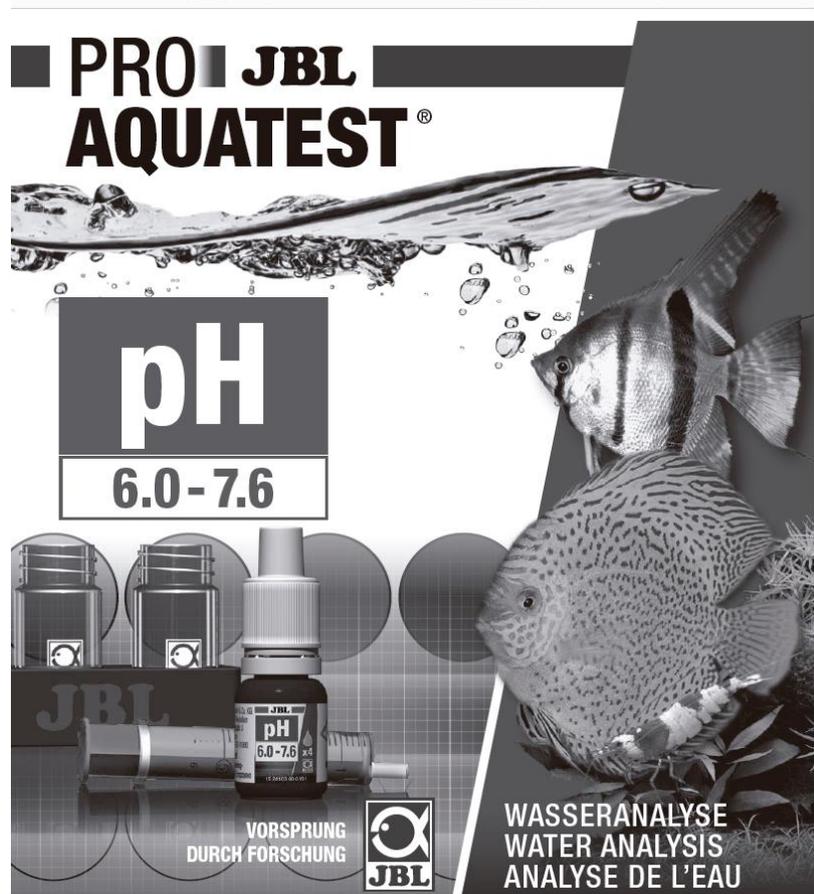


Figura 17. Imagen referencial del JBL PROAQUATEST® pH 6.0-7.6

Fuente:

<https://www.jbl.de/?mod=products&func=detail&id=8643&cpref=528&lang=es&country=pe#2410300>

Tabla 25.

Características del test JBL PROAQUATEST® pH 6.0-7.6

Rango de medición pH	6,0-7,6±0,2
Tipo de test	Test colorimétrico, con “Sistema comparador de laboratorio para compensar la coloración propia del agua”

Fuente:

<https://www.jbl.de/?mod=products&func=detail&id=8643&cpref=528&lang=es&country=pe#2410300>

10.3.2 JBL PROAQUATEST NH4 amonio

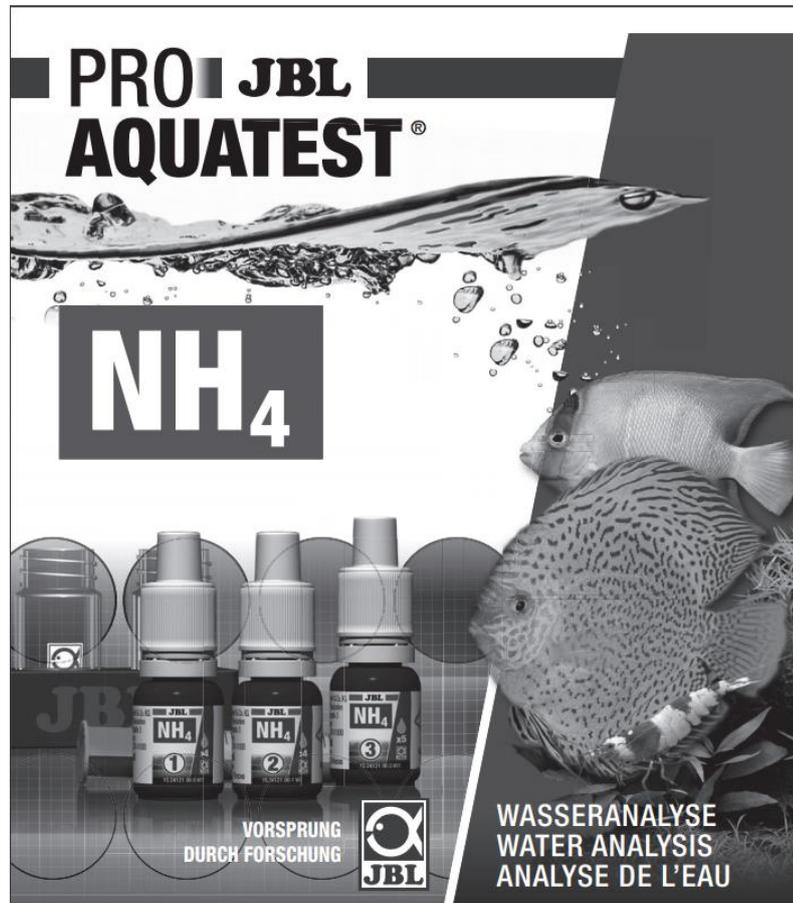


Figura 18. Imagen referencial del JBL PROAQUATEST NH4 amonio

Fuente:

<https://www.jbl.de/?mod=products&func=detail&id=8667&cpref=528&lang=es&country=pe#2412100>

Tabla 26.

Características del test JBL PROAQUATEST NH4 amonio

Rango de medición NH ₄	0,05-5,0 mg/L
Tipo de test	Test colorimétrico, con "Sistema comparador de laboratorio para compensar la coloración propia del agua"

Fuente:

<https://www.jbl.de/?mod=products&func=detail&id=8667&cpref=528&lang=es&country=pe#2412100>

10.3.3 JBL PROAQUATEST NO2 nitrito



Figura 19. Imagen referencial del JBL PROAQUATEST NO2 nitrito

Fuente:

<https://www.jbl.de/?mod=products&func=detail&id=8670&cpref=56&lang=es&country=pe#2412300>

Tabla 27.

<i>Características del test JBL PROAQUATEST NO2 Nitrito</i>	
Rango de medición NO ₂	0,01-1,0 mg/L
Tipo de test	Test colorimétrico, con “Sistema comparador de laboratorio para compensar la coloración propia del agua”

Fuente:

<https://www.jbl.de/?mod=products&func=detail&id=8670&lang=es&country=pe#2412300>

10.3.4 JBL PROAQUATEST GH dureza general



Figura 20. Imagen referencial del JBL PROAQUATEST GH dureza general

Fuente: <https://www.jbl.de/es/productos/detail/8649/jbl-proaquatest-gh-dureza-general?country=pe>

Tabla 28.

Características del test JBL PROAQUATEST GH

Rango de medición GH	No especifica
Tipo de test	Test colorimétrico, por titulación (cambio de color)

Fuente: <https://www.jbl.de/es/productos/detail/8649/jbl-proaquatest-gh-dureza-general?country=pe>

10.3.5 JBL PROAQUATEST KH dureza de carbonatos



Figura 21. Imagen referencial del JBL PROAQUATEST KH dureza de carbonatos

Fuente:

<https://www.jbl.de/?mod=products&func=detail&id=8652&lang=es&country=pe#2411000>

Tabla 29.

Características del test JBL PROAQUATEST KH

Rango de medición KH	No especifica
Tipo de test	Test colorimétrico, por titulación (cambio de color)

Fuente:

<https://www.jbl.de/?mod=products&func=detail&id=8652&lang=es&country=pe#2411000>

10.3.6 Balanza Adam® Nimbus® ATC 200



Figura 22. Balanza de precisión Nimbus nbl 223e (antes ATC 200)

Fuente: <https://www.adamequipment.es/nbl-223e-es>

Tabla 30.

Características de la balanza de precisión Nimbus® ATC 200

Capacidad	220g
Lectura	0.001g
Capacidad De Repetición	0.002g
Unidades De Pesaje	g, mg, ct, GN, N, oz, ozt, dwt, Unidad personalizada
Calibración	Calibración Externa
Tiempo De Estabilización	3.0
Tamaño Del Sartén	120mm ø
Linealidad	0.002g
Fuente De Alimentación	Adaptador 18VDC 50/60Hz 830mA
Construcción	Base de aluminio extruido con una caja de aluminio fundido
Temperatura De Funcionamiento	15° a 35°C
Peso Neto	3.1kg
Dimensiones	220x310x270mm (aprox)
Marca De Seguridad Eléctrica	CE, cUL

Fuente: <https://www.adamequipment.es/nbl-223e-es>

10.4 Base de datos

Tabla 31.

Resumen de los parámetros reproductivos obtenidos durante el periodo de investigación

Tratamiento	Pareja ^a	Huevos	Larvas	Tasa de eclosión	Tasa de supervivencia larvas
T0	1	90	50	56%	90%
	2	0	0	-	-
	3	0	0	-	-
	4	0	0	-	-
	5	0	0	-	-
	6	60	0	0%	-
	7	40	32	80%	94%
	7	50	28	56%	89%
	8	75	38	51%	84%
T1	8	60	41	68%	93%
	1	70	48	69%	0%
	2	87	0	0%	-
	2	74	0	0%	-
	3	92	0	0%	-
	4	0	0	-	-
	5	90	80	89%	60%
	5	71	20	28%	75%
	5	65	58	89%	60%
T2	6	0	0	-	-
	7	67	60	90%	52%
	8	0	0	-	-
	1	67	60	90%	97%
	1	64	0	0%	-
	2	70	65	93%	62%
	2	80	0	0%	-
	2	72	65	90%	69%
	3	65	50	77%	80%
T3	3	75	50	67%	78%
	4	64	58	91%	72%
	4	48	40	83%	80%
	5	102	0	0%	-
	6	100	92	92%	74%
	7	85	82	96%	77%
	8	60	0	0%	-
	8	92	88	96%	40%
	T3	1	68	67	99%
2		0	0	-	-
3		60	45	75%	71%
4		74	72	97%	0%
4		61	50	82%	90%
5		0	0	-	-
6		0	0	-	-
7		81	72	89%	96%
8	0	0	-	-	

^a: los números repetidos indican que la pareja correspondiente realizó más de una puesta
Fuente: Elaboración propia

Tabla 32.*Número de puestas por pareja reproductora*

Tratamiento	Pareja N°	N° de puestas
T0	1	1
	2	0
	3	0
	4	0
	5	0
	6	1
	7	2
	8	2
T1	1	1
	2	2
	3	1
	4	0
	5	3
	6	0
	7	1
	8	0
T2	1	2
	2	3
	3	2
	4	2
	5	1
	6	1
	7	1
	8	2
T3	1	1
	2	0
	3	1
	4	2
	5	0
	6	0
	7	1
	8	0

Fuente: Elaboración propia.