



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGIA MARINA**

TRABAJO PRÁCTICO

**INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL
COMPORTAMIENTO DE *Poecilia reticulata* (Guppy)**

Previo a la obtención del título de:
Biólogo Marino

Autor:

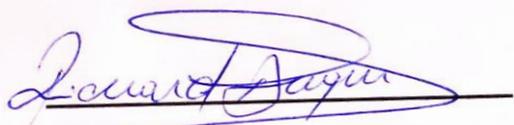
Amy Diane Quinteros Soria

Tutor:

Blga. Dennis Tomalá Solano, MSc.

La Libertad – Ecuador
2021

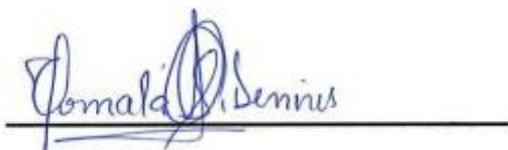
TRIBUNAL DE GRADO

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Richard Duque Marín", written over a horizontal line.

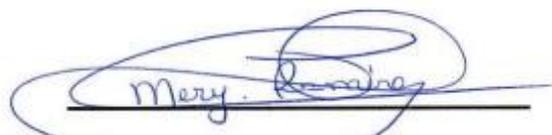
Blgo. Richard Duque Marín, Mgt.
DECANO DE LA FACULTAD

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Jimmy Villon Moreno", written over a horizontal line.

Ing. Jimmy Villon Moreno M.Sc.
DIRECTOR DE LA CARRERA

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Dennis Tomalá Solano", written over a horizontal line.

Blga. Dennis Tomalá Solano, M.Sc.
PROFESORA TUTORA

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Mery Ramírez Muñoz", written over a horizontal line.

Qui farm. Mery Ramírez Muñoz, Mgt
PROFESOR DEL ÁREA

DEDICATORIA

Quiero dedicar mi trabajo a Emperatriz Perero, quien a pesar que ya no se encuentre a mi lado, me incentivó a seguir adelante, me impulsó a no darme por vencida y me dio las fuerzas necesarias para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

A mis padres Hernán Quinteros y Sandra Soria por apoyarme en todo momento, por los valores inculcados y por haberme dado la oportunidad de tener una educación de tercer nivel en el transcurso de mi vida. Sobre todo, por ser un excelente ejemplo a seguir.

A Junior Quimiz por ser parte importante de mi vida, por haber estado en las buenas y malas, por confiar en mí, aconsejarme y por motivarme a seguir adelante en los momentos de desesperación y sobre todo por hacer de su familia, una familia para mí.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, y a las autoridades de la Facultad de Ciencias del Mar, por darme la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos y desarrollar mis habilidades en el ámbito social, cultural y profesional.

A la Blga. Dennis Tomalá Solano, MSc., quien hizo posible la realización del trabajo, gracias por su amabilidad y por orientar mi trabajo práctico.

A la Blga. María Herminia Cornejo Rodríguez, Ph.D., por compartir sus conocimientos y facilitarme su tiempo e ideas.

ABREVIATURAS

°C: Grados Celsius

cm: Centímetros

g: gramos

inch: Pulgadas

l: Litros

m²: Metros cuadrados

min: Minutos

Nº: Número

org: Organismos

T1: Tratamiento 1

T2: Tratamiento 2

T3: Tratamiento 3

TC: Tratamiento control

TCmax: Térmico crítico máximo

TCmin: Térmico crítico mínimo

Temp: Temperatura

W: Watts

ÍNDICE

CONTENIDO

RESUMEN.....	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUCCIÓN.....	ii
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
3. JUSTIFICACIÓN	2
4. OBJETIVOS.....	3
4.1. OBJETIVO GENERAL	3
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
5. MARCO TEÓRICO	4
5.1. TOLERANCIA TÉRMICA	4
5.2. CAPACIDAD DE ACLIMATACIÓN.....	5
5.3. GENERALIDADES DE <i>Poecilia reticulata</i>	6
5.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE.....	6
5.3.2. IMPORTANCIA DE LA ESPECIE	7
5.3.3. INFORMACIÓN TAXONÓMICA	7
5.3.4. DISTRIBUCIÓN	8
5.3.5. MORFOLOGÍA.....	9
5.3.6. ALIMENTACIÓN	9
5.3.7. COMPORTAMIENTO	9
6. METODOLOGÍA	11
6.1. ÁREA DE ESTUDIO.....	11
6.2. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	12
6.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	13
6.4. FASE DE EXPERIMENTACIÓN.....	13
6.4.1. ACLIMATACIÓN	13
6.4.2. MANTENIMIENTO DE INDIVIDUOS.....	15
6.4.3. RECAMBIOS DE AGUA.....	16
6.4.4. LONGITUD DE LA ESPECIE.....	16
6.4.5. TOLERANCIA TÉRMICA TC _{max} y TC _{min}	17
6.4.6. SOBREVIVENCIA DE LOS ORGANISMOS.....	18
6.5. FASE POST- EXPERIMENTACIÓN.....	18
6.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	19

7. RESULTADOS	20
7.1 TÉRMICO CRÍTICO MÁXIMO	20
7.2 TÉRMICO CRÍTICO MÍNIMO	22
7.3 CAPACIDAD DE ACLIMATACIÓN	25
7.4 EFECTOS DE LA TEMPERATURA SOBRE EL CRECIMIENTO	25
7.5 SOBREVIVENCIA	26
8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	27
9. CONCLUSIONES	29
10. RECOMENDACIONES	30
11. BIBLIOGRAFÍA	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Operacionalización de variables ambientales en el cultivo de <i>P. reticulata</i>	12
Tabla 2.- Representación del plan alimenticio de los juveniles de <i>Poecilia reticulata</i>	15
Tabla 3.- Valores promedio de TCmax	20
Tabla 4.- Prueba de normalidad de Shapiro Wilk	20
Tabla 5.- Test de Tukey de los valores de TCmax y las temperaturas de aclimatación	22
Tabla 6.- Valores promedio de TCmin.....	23
Tabla 7.- Prueba de normalidad de Shapiro Whilk.....	23
Tabla 8.- Test de Tukey de los valores de TCmin y las temperaturas de aclimatación	24
Tabla 9.- Valores promedio de LT y pH	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Organismos macho (parte superior) y hembra (parte inferior) de Guppys.....	6
Figura 2.- Ubicación del área de la fase experimental	11
Figura 3.- Esquema de la fase experimental	14
Figura 4.- Medición de peces de agua dulce.....	17
Figura 6.- Box-Plot del Térmico Crítico Máximo en temperaturas de aclimatación de 16°C, 22°C y 28°C	21
Figura 7.-Box-Plot del Térmico Crítico Mínimo en temperaturas de aclimatación de 16°C, 22°C y 28°C	24
Figura 8.- Relación entre la longitud corporal y las temperaturas experimentales	26

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.- Obtención de los organismos de <i>P. reticulata</i> para la fase de experimentación.	36
Anexo 2.- Registro de la talla corporal de los individuos.....	36
Anexo 3.- Registro del pH de cada grupo experimental	36
Anexo 4.- Obtención de TCmax en los organismos.....	37
Anexo 5.- Obtención de TCmin en los organismos.....	37
Anexo 6.- Ficha técnica del control de TCmax <i>P. reticulata</i>	38
Anexo 7.- Ficha técnica del control de TCmin <i>P. reticulata</i>	39

INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL COMPORTAMIENTO DE *Poecilia reticulata* (Guppy)

RESUMEN

P. reticulata, es una especie comercial, para la venta local y, con fines de exportación. Su comercialización brinda beneficios económicos, por lo que se requiere que las alteraciones ambientales producidas en los individuos, sean las mínimas, para que conserven su valor económico, entre estos se encuentra la temperatura. Variable indispensable para que los peces tengan un óptimo desarrollo biológico, debido a que las especies acuáticas reaccionan ante las variaciones térmicas en su medio.

La falta de estudios acerca de los rangos óptimos de los límites térmicos de *P. reticulata*, hace que el mantenimiento en acuarofilia se complique, debido a que no existen técnicas de acuicultura para el mantenimiento correcto de los organismos. El presente trabajo determinó la incidencia de la temperatura y la tolerancia térmica de individuos de *P. reticulata*, los cuales fueron divididos en grupos, tres grupos de 5 individuos por tratamiento experimental (16°C, 22°C y 28°C) con sus respectivas réplicas y un grupo de 5 individuos para el tratamiento control (25°C). Se mantuvieron las condiciones estables y similares para cada tratamiento, obteniendo su TCmax (35.93°C – 38.45°C – 40.08°C) y TCmin (7.63°C – 11.52°C – 14.09°C), valores que mostraron que no hubo una diferencia estadística significativa en relación al crecimiento. Sin embargo, respecto al comportamiento de los organismos, las fluctuaciones de temperatura sí difieren. Esta fase experimental se dio con el fin de generar información a los acuarios dedicados al cultivo de peces ornamentales, para que puedan identificar los rangos óptimos de temperatura y así poder mantener y conservar a la especie.

Palabras claves: Temperatura, variaciones, tolerancia, condiciones, aclimatación.

ACCLIMATATION CAPACITY AND THERMAL TOLERANCE OF *Poecilia reticulata* (Guppy)

ABSTRACT

P. reticulata is a commercial species, for local sale and for export. Its commercialization provides economic benefits, so it is required that the environmental alterations produced in the individuals, are the minimum, so that they keep their economic value, among these is the temperature. This is an indispensable variable for fish to have an optimum biological development, since aquatic species react to thermal variations in their environment.

The lack of studies on the optimal ranges of the thermal limits of *P. reticulata* makes the maintenance of aquariums complicated, since there are no aquaculture techniques for the correct maintenance of the organisms. The present work determined the incidence of temperature and thermal tolerance of *P. reticulata* individuals, which were divided into groups, three groups of 5 individuals per experimental treatment (16°C, 22°C and 28°C) with their respective replicates and a group of 5 individuals for the control treatment (25°C). Stable and similar conditions were maintained for each treatment, obtaining their TCmax (35.93°C - 38.45°C - 40.08°C) and TCmin (7.63°C - 11.52°C - 14.09°C), values that showed that there was no significant statistical difference in relation to growth. However, with respect to the behavior of the organisms, the temperature fluctuations did differ. This experimental phase was carried out with the purpose of generating information for aquariums dedicated to the cultivation of ornamental fish, so that they can identify the optimum temperature ranges and thus be able to maintain and conserve the species.

Key words: Temperature, variations, tolerance, conditions, acclimatization.

1. INTRODUCCIÓN

Los organismos acuáticos reaccionan ante las variaciones térmicas, evitando las temperaturas letales, prefiriendo permanecer dentro del intervalo que les permita llevar a cabo sus procesos biológicos (Hernández Rodríguez & Bückle Ramirez, 2010). Cabe recalcar que el área de resistencia según Paladino et al. (1980), está limitada por los mínimos y máximos térmicos críticos (CTMin y CTMax), caracterizados por la interacción de temperatura y tiempo. Respuestas que se utilizan como indicadores de estrés y adaptación para poiquiloterms invertebrados y vertebrados.

Hernández Rodríguez & Bückle Ramirez, (2010), han realizado investigaciones en diferentes especies ornamentales con el objeto de relacionar el efecto de las temperaturas variantes con diferentes procesos como, la termorregulación, la tolerancia térmica, el metabolismo, la tasa de crecimiento y mortandad, el tiempo de desarrollo, la madurez sexual entre otros, los resultados mostraron diferencias notables al comparar varias especies de un mismo ambiente.

La cría y cultivo de especies ornamentales, se realiza no solo para la venta local, entendiéndose que se trata dentro y fuera de la provincia donde se cultiva, sino también, con el propósito de exportarlos, por lo que, para mantener su valor económico es necesario, mitigar los niveles de estrés que ocasiona la captura, el cautiverio y el traslado en los organismos. Uno de los factores claves para su crecimiento y sobrevivencia, como se mencionó anteriormente es la temperatura, lo cual permite ampliar o restringir la cría de estos organismos en un área determinada. Pueden promoverse significativas mortalidades por cambios térmicos rápidos en el ambiente o alteraciones en las comunidades acuáticas, por eso es importante conocer las óptimas condiciones ambientales de cada especie para que pueda adaptarse de manera eficaz al medio (Parada Guevara & Cruz Casallas, 2011)

Poecilia reticulata (Guppy) es una especie ornamental muy popular debido a que es muy fácil de cuidar ya que se reproduce con mucha facilidad; también es utilizado en investigaciones genéticas. Esta especie ha sido utilizada en diversos estudios en el ámbito del aprendizaje y del comportamiento reproductivo, así como modificaciones en el comportamiento por acción de pesticidas organofosforados (Jiménez Prado, Vásquez, Rodríguez Olarte, & Charles Taphorn, 2020).

En base de información de la Global Invasive Species Database, (2012), se describe a *P. reticulata* como una especie con una alta voracidad; se le considera depredadora de larvas de mosquitos, por lo que en el pasado se introdujo ampliamente a estos organismos con la esperanza de lograr el control biológico de mosquitos, los cuales representaban un peligro para la salud tanto del hombre como el de los animales debido a que actuaban como vectores de enfermedades. Es importante recalcar que esta especie ocupa un entorno acuático amplio, por lo que, bajo estas condiciones, afecta a especies nativas como la mojarra y ciprínidos; y debido a que tiende a ser portador de parásitos inusuales contribuye en la disminución de algunas especies tanto amenazadas como en peligro de extinción (CONABIO, 2014).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo de peces ornamentales como es el de *Poecilia reticulata*, por sus colores exóticos, tipo y forma de cola, ha originado una demanda comercial a lo largo del tiempo, sin embargo uno de los factores que afecta no solo a una especie sino a todas las que son cultivadas en acuarios, es la temperatura, esto se debe a que los peces que se utilizan suelen ser silvestres, y al ser capturados para la crianza en cautiverio tienen una alteración significativa en su hábitat, provocando a que los organismos tiendan a estresarse, haciéndolos propensos a enfermedades o en casos extremos este cambio puede ocasionarles shocks térmicos, aumentando así la mortalidad y por ende disminuyendo los ingresos de comercialización.

Según Cussac et al., (2009) la temperatura es uno de los factores claves que determinan la distribución de los peces, ampliando o restringiendo el uso de un área, así como también establece una mortalidad del individuo, dependiendo en forma directa del cambio térmico en el ambiente o indirectamente de las alternaciones en otras comunidades acuáticas.

La falta de estudios acerca de los rangos óptimos de los límites térmicos de *P. reticulata*, hace que el mantenimiento en acuarofilia se complique, debido a que no existe información para que, los productores de peces ornamentales pongan en práctica técnicas de acuicultura óptimas para mantener a los organismos, debemos tomar en cuenta que la temperatura, juega un papel importante en los procesos fisiológicos de la especie, por lo que, si no obtenemos la temperatura idónea, tendremos una falta de crecimiento, un déficit alimenticio, o existirá un límite en su reproducción, lo cual disminuirá la cantidad de organismos para el comercio, aumentarán los costos de mantenimiento, y se obtendrán pérdidas económicas, por lo que es importante implementar una fase experimental con fluctuaciones de temperatura y así poder conseguir métodos factibles para obtener peces sanos que se adapten de una forma correcta al cultivo en cautiverio.

3. JUSTIFICACIÓN

Los poecílidos representan uno de los grupos más diversos y dominantes en aguas dulces, *P. reticulata*, es una especie comercial, la cual se puede observar en acuarios de todo el mundo, por este motivo, su cultivo para la acuariofilia, brinda un beneficio económico para las personas que se dedican a esta actividad. El control y buen manejo de los parámetros en acuarios, es esencial para la vida saludable de los organismos, estos se deben mantener de forma estable para que los especímenes puedan adaptarse y evitar cambios que produzcan estrés.

La aclimatación (capacidad que los peces poseen para adaptarse a los cambios climáticos), facilita la sobrevivencia en entornos donde la temperatura del agua varía dependiendo de la temporada. Bajo esta premisa se selecciona a *P. reticulata* como objeto de estudio, debido a que presenta una fácil adaptación a la variación de temperaturas, lo cual facilita su desarrollo, y su capacidad adaptativa (Poaquiza G, 2018).

Durante mucho tiempo, la población de guppys ha sido utilizada para estudiar su selección natural y variación genética, de tal forma que varios estudios demostraron que han evolucionado, cambiando su coloración (machos) y su comportamiento de apareamiento (Künstner et al., 2016).

A pesar de que las investigaciones de tolerancia térmica en *P. reticulata*, son escasos, el presente estudio genera información respecto a los límites térmicos y a la capacidad adaptativa a temperaturas cambiantes, con el fin de otorgar una herramienta a los acuarios dedicados al cultivo de peces ornamentales, para que puedan identificar los rangos óptimos de temperatura y así poder mantener y conservar a la especie.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto de la incidencia de la temperatura (a 16°C, 22°C y 28°C) en el comportamiento y crecimiento de juveniles de *Poecilia reticulata*, determinando la tolerancia a límites térmicos.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la respuesta al estrés térmico en el comportamiento de *P. reticulata* frente a las variaciones de temperatura, estableciendo los límites máximos y mínimos para la especie.
- Describir los efectos de la temperatura 16°C, 22°C y 28°C, sobre el crecimiento de *P. reticulata*, a través de monitoreos biométricos, delimitando su capacidad de adaptación.
- Estimar la sobrevivencia de los organismos por medio de un análisis cuantitativo determinando la tolerancia de la temperatura en los organismos del estudio.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. TOLERANCIA TÉRMICA

La tolerancia térmica se refiere a la capacidad de un individuo de conservar la temperatura corporal mínima o máxima con el fin de desarrollarse y cumplir con sus procesos fisiológicos. Para definir los límites térmicos máximos y mínimos de una especie, se han realizado estudios de tolerancia térmica, para conocer tanto la existencia de cambios o alteraciones fisiológicas, como la capacidad de adaptación que poseen las especies a entornos cambiantes o nuevos (Willmer *et al.* 2000). Por ese motivo, la implementación de bioensayos para determinar los rangos de tolerancia térmica considera utilizar métodos como el estático y el dinámico (Mora y Maya 2006). El primero manifiesta que, existe el 50% de la mortandad en organismos ectotermos, debido a la temperatura letal incipiente superior (TLIS) y la temperatura letal incipiente inferior (TLII), esto se debe a que la temperatura se mantiene de forma constante, por otro lado, el método dinámico, utiliza temperaturas críticas (TCMax y TCMin), para que los individuos alcancen su punto crítico. El cual se da a conocer mediante la observación del comportamiento de los individuos, es decir se toma registro de la falta de coordinación, movimientos involuntarios, pérdida de equilibrio o muerte (Lutterschmidt y Hutchison 1997).

Uno de los métodos más utilizados por la comunidad científica es el método dinámico, ya que facilita la obtención de datos de forma rápida y eficiente. Por lo general, se utiliza si la experimentación a realizar se da con una cantidad mínima de ejemplares, lo cual lo hace factible para peces y espacios pequeños, teniendo en cuenta que, al someter a los organismos a varias temperaturas, determinaremos la sensibilidad y su temperatura máxima (Huey *et al.* 2009, Somero 2010).

Chung (1980) menciona que la velocidad adecuada para el incremento o disminución de temperatura para determinar el TC_{max} y TC_{min}, debe de ser a 1°C/min; por otro lado, Prodocimo y Arruda (2001) incita a utilizar 0.125°C/min; mientras Ospina y mora (2004) menciona que 1°C/h sería lo ideal, no obstante Martínez *et al.* (2016) y Bohórquez (2016) en estudios recientes recomiendan usar intervalos de temperatura de 18°C/h, iniciando la experimentación con temperaturas de aclimatación.

5.2. CAPACIDAD DE ACLIMATACIÓN

El proceso por el cual los organismos realizan un ajuste en su estado fisiológico se da a conocer como aclimatación. Existen variables que juegan un papel importa en este proceso las cuales son salinidad y temperatura, sin embargo, se debe considerar también la calidad de agua. Por otro lado, es crucial evitar cambios rápidos de temperatura y estrés en los organismos ya que esto aumenta la supervivencia y nos proporciona una aclimatación exitosa (Treece, 1993). Es muy común que este término, se confunda con la aclimatización, según Peck et al. (2014) tienen similitud, aunque, hace referencia a la determinación de una respuesta a ambientes naturales cambiantes con periodos de larga duración.

Teniendo claro los términos, podemos mencionar que, los procesos fisiológicos, la conducta de los organismos, la tolerancia y preferencia térmica, la locomoción e incluso hasta los rasgos morfológicos de la especie son influenciadas por la aclimatación térmica (Angilletta et al., 2002).

La capacidad de aclimatación de *P. reticulata*, proporciona mayores ventajas de subsistencia a ambientes cambiantes, en los cuales las columnas de agua oscilan en función a las épocas del año (Poaquiza, 2018). Según Crawshaw (1977) las condiciones controladas se pueden obtener mediante ensayos, exponiendo a organismos a temperaturas constantes, para temperaturas bajas se recomiendan 20 días de aclimatación, mientras que para temperaturas altas 14 días.

5.3. GENERALIDADES DE *Poecilia reticulata*

5.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Poseen boca súpera, es decir, está sutilmente dirigida hacia arriba. Por lo general las especies de vida silvestre poseen la aleta caudal redondeada, sin embargo, gracias a la crianza variable y su fácil reproducción en cautiverio, han generado que la morfología de las colas sea diversa, se hallan con forma de lira, espada, bandera, abanico, aguja, entre otras (Sánchez-Duarte *et al.*, 2012). La coloración de estos organismos es variable, por lo general son azules o plateados con manchas de tonalidad rojiza, naranja, verde, negra o lila. Sin embargo, en su ambiente natural suelen ser menos llamativos, suelen ser de color gris con reflejos verdes. Con respecto a su tamaño, las hembras suelen ser más grandes que los machos. Los machos miden hasta 3.5 cm y las hembras hasta 6 cm. Esta especie suele ser omnívora, su dieta incluye detritus, algas e invertebrados (CONABIO, 2014).



Figura 1.- Organismos macho (parte superior) y hembra (parte inferior) de Guppys.

Fuente: Emilio Intriago, 2017.

5.3.2. IMPORTANCIA DE LA ESPECIE

Desde hace mucho tiempo, *P. reticulata* ha sido usada para el control biológico de culícidos, sin embargo, el empleo de este tipo de técnicas se dio a conocer a inicios del siglo XX, siendo *P. reticulata* eficiente debido a su fertilidad, abundancia y distribución para mitigar larvas de culícidos y otros insectos. Habitar lugares altamente contaminados, con alta cantidad de residuos, donde se encuentran comúnmente los culícidos, ha sido fácil para *P. reticulata*, esto se debe a su fácil adaptación a cualquier medio (Cruz, 2017).

Este organismo tiene la capacidad de adaptarse tanto a ecosistemas naturales como a artificiales, ya que, es una especie resistente a diversas condiciones naturales según menciona Alvariño y Iannacone (2018), los cuales determinaron mediante ensayos toxicológicos, la tolerancia de *P. reticulata* a metales pesados. Por lo que Espina, et al. (2006) al igual que estos investigadores afirman que la utilización de esta especie como control biológico de pupas y larvas es factible, debido a la resistencia que poseen a componentes tóxicos presentes en cuerpos de agua.

5.3.3. INFORMACIÓN TAXONÓMICA

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cyprinodontiformes

Familia: Poeciliidae

Género: *Poecilia*

Especie: *Poecilia reticulata* (Peters, 1859)

Nombre común: Guppy

5.3.4. DISTRIBUCIÓN

Doadrio, (2002), indica que *P. reticulata* es una especie nativa del norte de América, del Sur e incluso de partes del Caribe. Sin embargo, ha sido introducidas en distintas regiones, tanto tropicales como templadas. Como es de conocimiento general, la liberación accidental o escape de los peces de acuario al ambiente natural suele tener consecuencias como la erradicación de poblaciones nativas, como ha ocurrido con la cobia y la tilapia, por ejemplo, por lo que se exige la adopción de medidas de seguridad y supervisión de estos cultivos (Jácome, Quezada Abad, Sánchez Romero, Pérez, & Nirchio, 2019).

Desde su uso a inicios del siglo XX, este organismo ha incrementado rigurosamente en las regiones tropicales y templadas. Para poder controlar la colonización de culícidos, la introducción de *P. reticulata*, fue fundamental en Asia, el Pacífico, África y Europa. Según fuentes confiables, los primeros registros de introducción de la especie para controlar la infestación de culícidos se fiaron en Hawai en el año 1905, y desde entonces ha tenido éxito en el control de plagas de insectos. Distintos estudios mencionan la factibilidad de la especie como controlador. Sin embargo, algunas comunidades dicen que no han observado cambios en la mitigación de la población de culícidos (Castleberry y Cech., 1990).

Se conoce a *P. reticulata* como un pez de acuarofilia, criados generalmente para el comercio, debido a su extensa diversidad y extravagancia, ya que posee colores llamativos y variedad en la forma de aleta caudal (Axelrod et al., 1985). Por lo que es probable que *P. reticulata* se haya establecido en columnas de agua navegables mediante el escape o liberación intensional o casual, causando un impacto a nivel mundial. Fishbase (2006) mantuvo un registro de cincuenta y cinco introducciones, sin embargo, los registros no informan sobre la fecha.

5.3.5. MORFOLOGÍA

Los machos son más pequeños (3-4 cm) y coloridos que las hembras (6-8 cm) y poseen sus aletas ventrales modificadas en la parte inferior con forma de tubo, llamándose esta estructura gonopodio, el mismo que utilizan para la cópula. Las hembras suelen ser voluminosas y de tonalidades opacas (Allen, 1991).

En estado salvaje esta especie no presenta coloración, por lo que sus tonalidades llamativas se han conseguido mediante la crianza en acuarios, debido a su gran demanda comercial (Salazar, 2021).

5.3.6. ALIMENTACIÓN

Son organismos omnívoros, por lo general se alimentan de zooplancton, detritos, comida congelada, alimento en escamas o copos y comida liofilizada, aunque principalmente de insectos, entre los que se han observado están: ceratopogónidos, quironómidos, culícidos, dípteros, hemípteros e himenópteros. Entre los alimentos vivos o liofilizados más consumidos y apropiados para los guppies se encuentran la *Dafnia* (cladóceros), las larvas de mosquitos y el camarón salado. En condiciones de cautiverio debe proporcionar pequeñas cantidades una a dos veces al día. Para evitar que los intestinos de los guppies se bloqueen y que el exceso de alimento contamine el agua, es importante no sobrealimentarlos (Anderson, 2021).

5.3.7. COMPORTAMIENTO

P. Reticulata es un pez de comportamiento pacífico, amistoso y gregario, pero activo. Sin embargo, no puede ser colocado en el mismo acuario que el pez *Betta splendens* dada las condiciones territoriales de este último; tampoco comparte hábitat con peces de mayor tamaño (20-30 cm), los cuales tienden a morder las colas de los *Poecilia*s (Salazar, 2021).

Para la reproducción de estos organismos se recomienda mantener tres hembras por cada macho ya que en época de celos el macho suele acosar a la hembra y puede provocar stress. Por lo general los machos persiguen a las hembras y se reproducen de manera constante. No obstante, las hembras suelen almacenar el esperma para la fertilización y producir alevines cada mes (Fishbase, 2006).

6. METODOLOGÍA

6.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área en que se realizó la fase experimental, constó con un espacio de 4 m². Se encontró ubicado en el cantón Salinas, provincia de Santa Elena. Con una latitud de -2.21452 y longitud de -80.95151. (Figura 2).

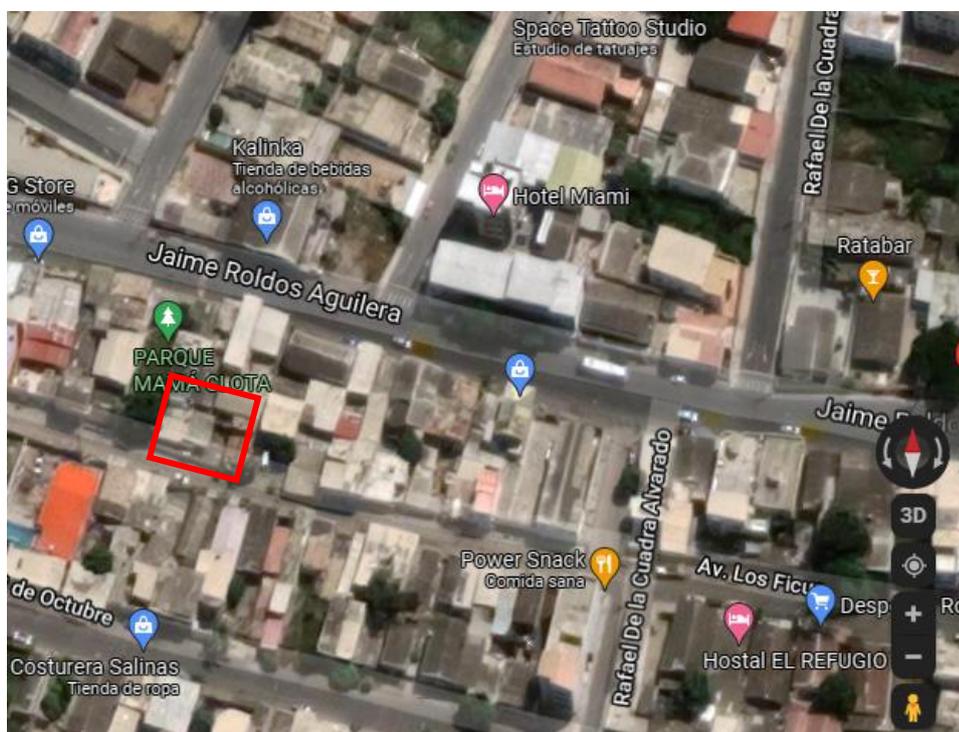


Figura 2.- Ubicación del área de la fase experimental

Fuente: Google Earth, 2021.

6.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

En el 2018, Poaquiza presentó el siguiente método:

El Método Dinámico, descrito por Chung (1980), Prodocimo y Arruda (2001), Ospina y Mora (2004), Eme y Bennett (2009), Martínez et al. (2016), Bohórquez (2016) y Gómez y Volpedo (2017) se utilizó para la experimentación, el cual consiste en el incremento de la temperatura para la obtención de TCmax y TCmin posterior a la aclimatación de los organismos. (p. 20)

Se desarrollo un diseño experimental, con la finalidad de determinar los limites críticos térmicos (TCMax y TCMin) y la capacidad de aclimatación de *Poecilia reticulata*, donde la variable independiente es determinada en función a la temperatura de aclimatación y el largo total, mientras que la variable dependiente es la tolerancia térmica (CTMax y CTMin) A continuación se muestra en la Tabla 1 la operacionalización de variables del presente estudio (Poaquiza G, 2018).

Tabla 1.- Operacionalización de variables ambientales en el cultivo de *P. reticulata*.

Fuente: Poaquiza G, 2018

Variable	Definición	Dimensión	Indicador	Escala
Temperatura de aclimatación	Volumen físico que cuantifica el calor térmico, la cual, se mide en el agua en condiciones controladas.	Temperatura del agua en el que se colocan a los individuos.	Grados centígrados	Cuantitativa 16°C, 22°C y 28°C.
Largo total	Longitud total que presentan los organismos, desde el hocico hasta la cola.	Longitud total (punta del hocico-cola)	Centímetros	Cuantitativa continua.
Tolerancia térmica	Temperatura corporal máxima o mínima que un organismo es capaz de conservar para sobrevivir y desarrollarse.	Temperaturas que resisten los organismos (Max y Min)	Grados centígrados	Cuantitativa

6.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

El trabajo práctico se llevó a cabo utilizando 35 juveniles de *P. reticulata*, los cuales fueron adquiridos en el acuario “Mascotas”, situado en La Libertad. Se los dividió en grupos; de los cuales 5 individuos fueron denominados como grupo Control con una temperatura de 25°C y tres grupos de 5 individuos cada uno, los cuales se sometieron a temperaturas de 16°C, 22°C y 28°C respectivamente. Los grupos experimentales contaron con una réplica (de acuerdo a Tamaru *et al.*, 2001 y Bohórquez 2016), tratando de mantener otras condiciones estables y similares para cada tratamiento. Se mantuvo condiciones de iluminación, nivel de alimentación y control de aireación contrastante.

6.4. FASE DE EXPERIMENTACIÓN

6.4.1. ACLIMATACIÓN

Para los tratamientos, se realizó la siembra con una densidad de 1pez/litro de agua. Los organismos fueron transferidos en bolsas plásticas con una capacidad de 1 litro, y colocados en cuatro acuarios y tres recipientes de 20 litros, teniendo así:

Tratamiento Control: Una pecera con 5 organismos a 25°C.

Tratamiento 1: Una pecera con 5 organismos aclimatados a 16°C.

Tratamiento 2: Una pecera con 5 organismos aclimatados a 21°C.

Tratamiento 3: Una pecera con 5 organismos aclimatados a 28°C.

La fase de aclimatación tuvo una duración de 20 días, los ejemplares adquiridos fueron divididos en tres grupos de 5 individuos (tres hembras y dos machos) colocados en los acuarios a temperaturas de 16°C, 22°C y 28°C correspondientemente. El proceso de aclimatación se realizó en la tasa de calor de 1°C por día, hasta conseguir las temperaturas de 16°C, 22°C y 28°C, partiendo de la temperatura de adquisición, 25°C. Para mantener dichas temperaturas se utilizaron dos termostatos marca LANSENFISH de 200 W de potencia y para disminuir la temperatura, se construyeron dos enfriamientos, los cuales consistieron en un reservorio externo con capacidad de 20 l, en el cual se colocó hielo cada 20 minutos hasta obtener la temperatura más baja, posterior a esto se realizaba un intercambio con agua fría cada 40 minutos para mantener la temperatura deseada (Figura 3).

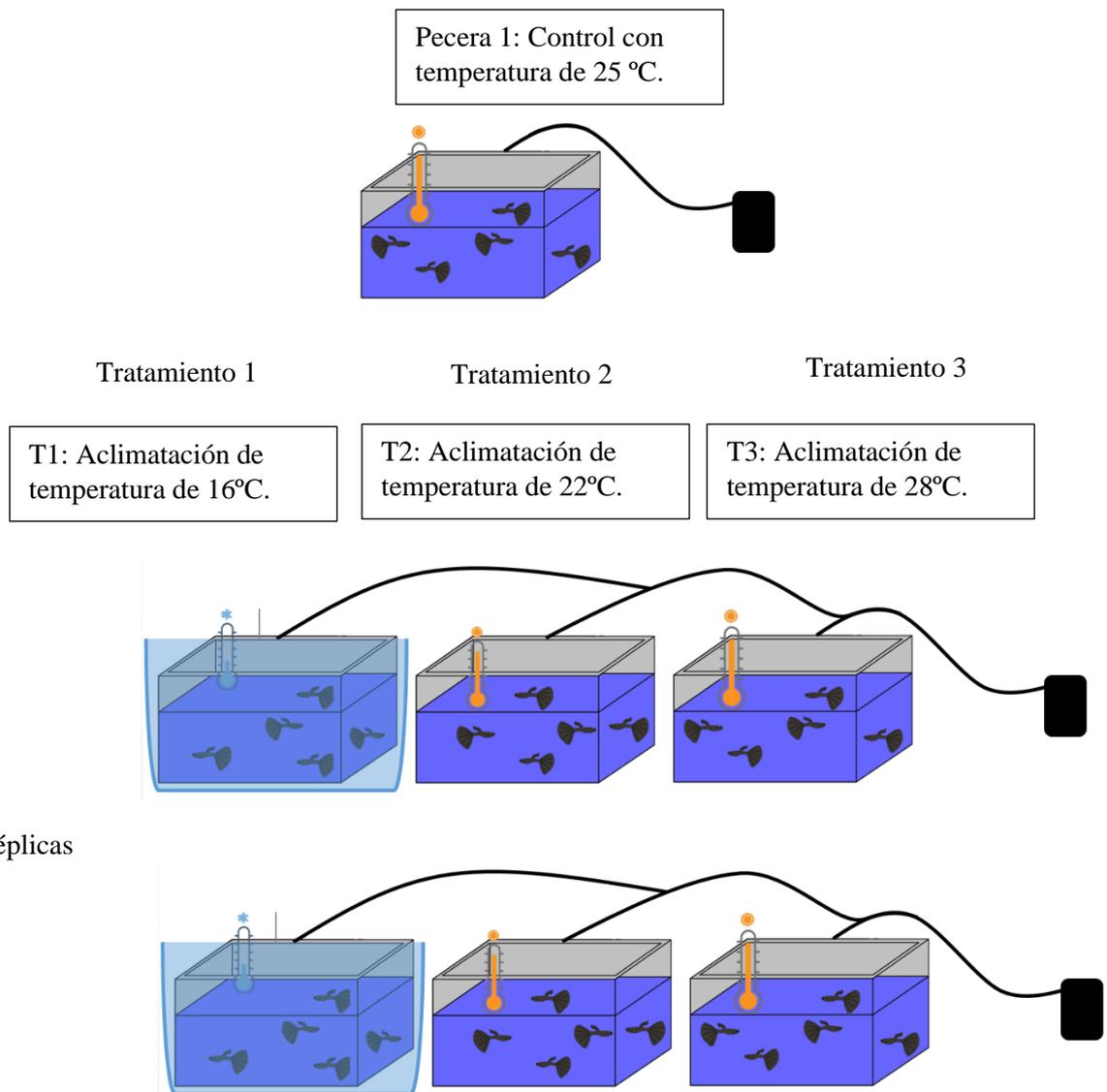


Figura 3.- Esquema de la fase experimental

La temperatura fue monitoreada cada 20 minutos durante los días de aclimatación, con ayuda de un termómetro digital, posterior a esto, se realizaba el control cada 4 horas. Para controlar el tiempo de iluminación (12 horas diarias) y temperatura, se utilizó un temporizador.

6.4.2. MANTENIMIENTO DE INDIVIDUOS

Los individuos se alimentaron dos veces al día, en cada uno de los tratamientos y el grupo control, con alimento balanceado normal o micropellet de 0.6mm, debido a que estos poseen mayor cantidad de nutrientes y son más estables en el agua. La alimentación se calculó mediante la ración diaria expresada por PRONAGRO (2009). El cual consiste en la correlación de:

$$\text{Número de individuos} \times \text{peso individual} \times 10\% \text{ de ración diaria.}$$

Mediante la fórmula el resultado de ración diaria fue de 0.2 gramos por día, el cual se referenció en base a las tablas de alimentación de la FAO, 2011. En la Tabla 2, se describe detalladamente el plan de alimentación para los juveniles de *P. reticulata*.

Tabla 2.- Representación del plan alimenticio de los juveniles de *Poecilia reticulata*.

Plan alimenticio básico							
Tratamientos	N.º de org.	Vol. de agua (l)	Tipo de alimentación	Long (cm)	Peso (g)	Ración diaria (g)	Frecuencia (Nº/ día)
Control	5	5	Pellet	1.03	0.4	0.2	2 veces (8am- 4pm)
T1	5	5	Pellet	1.03	0.4	0.2	2 veces (8am- 4pm)
	5	5	Pellet	1.03	0.4	0.2	2 veces (8am- 4pm)
T2	5	5	Pellet	1.03	0.4	0.2	2 veces (8am- 4pm)
	5	5	Pellet	1.03	0.4	0.2	2 veces (8am- 4pm)
T3	5	5	Pellet	1.03	0.4	0.2	2 veces (8am- 4pm)
	5	5	Pellet	1.03	0.4	0.2	2 veces (8am- 4pm)

6.4.3. RECAMBIOS DE AGUA

Se realizaron recambios de agua correspondiente al 30% de cada acuario cada tres días, para los recambios se utilizó un balde, en el cual se colocaba agua fresca y 2,5 mg/l de vitamina C para la eliminación de amoníaco y cloro del agua. Posteriormente, se retiró el alimento sobrante y heces de manera manual con ayuda de un sifón y se agregó el agua tratada en cada uno de los acuarios. Después de cada recambio de agua no se alimentó a los organismos hasta después de 24 horas.

6.4.4. LONGITUD DE LA ESPECIE

El crecimiento de los peces, se observó mediante muestreos biométricos, que se realizaron cada 7 días, el proceso consistió en colocar al pez en una caja Petri y con ayuda de una regla obtener las medidas. Se procedió a registrar la longitud de los peces considerando la longitud inicial, longitud final y la ganancia de longitud, antes de aclimatarlos, durante las fluctuaciones de temperatura y al finalizar el experimento para determinar si existe alguna relación entre la longitud corporal de *P. reticulata* y el TCmax y TCmin, para conocer su capacidad de adaptación. La ganancia de longitud se determinó con la siguiente fórmula (Monge Villacrez & Navarro Pezo, 2014).

$$GL = \text{longitud promedio final} - \text{longitud promedio inicial}$$



Figura 4.- Medición de peces de agua dulce.

Fuente: Juan Gutiérrez, 2017.

6.4.5. TOLERANCIA TÉRMICA TC_{max} y TC_{min}

Los organismos fueron medidos, e incorporados a sus respectivos acuarios de aclimatación y se mantuvieron en ayuno durante un día, para evitar la alteración de los resultados de tolerancia térmica (Reyes et al. 2011).

Los ensayos de TC_{max} se realizaron colocando a los organismos vivos en un acuario de 6 l de capacidad, el cual mantuvo la temperatura inicial del individuo aclimatado respectivamente (16°C - 22°C - 28°C), permanecieron 15 minutos en el sistema nuevo antes de realizar la experimentación. Luego se procedió a incrementar la temperatura a 0.3°C/minuto a cada tratamiento con ayuda del termostato y se controló la temperatura con el termómetro digital. Cuando los organismos presentaron movimientos involuntarios, saltos, nado errático y pulsaciones, se determinó en TC_{max}.

En cuanto a los ensayos de TC_{min}, se colocaron a los ejemplares vivos en un acuario de 6 l de capacidad, manteniendo la temperatura inicial del organismo aclimatado (16°C - 22°C y 28°C). Se colocó el acuario en el interior de una hielera térmica, y se disminuyó la temperatura con la ayuda de hielo a 0.3°C/minuto, a cada tratamiento. Cuando los organismos presentaron movimientos

involuntarios, nado errático y pulsaciones, se determinó en TCmin (Poaquiza G, 2018).

Las variables que se analizaron para el comportamiento de la especie frente a las variaciones de temperatura, fueron: tipos de nado (normal - errático) y la presencia de espasmos musculares. El comportamiento de los individuos fue registrado durante el incremento y disminución térmica mediante una ficha técnica tal como se muestra en el Anexo 5 y 6.

6.4.6. SOBREVIVENCIA DE LOS ORGANISMOS

Para estimar la supervivencia de los organismos, se realizó la toma de datos desde la aclimatación mediante revisiones diarias de los tratamientos, y se pudo relacionar si los cambios de temperaturas afectaban a los poecílicos. La información fue recopilada en una hoja de cálculo de Excel, registrando la mortalidad y supervivencia. Además, se realizaron mediciones de pH con la ayuda de bandas indicadoras de Macherey Nagel, para determinar la existencia de variación en la calidad del agua durante el proceso experimental.

6.5. FASE POST- EXPERIMENTACIÓN

Una vez finalizada la experimentación de tolerancia térmica, se donaron los organismos sobrevivientes al acuario “Mascotas” de la Libertad, evitando así sacrificarlos mediante el suministro de algún analgésico.

6.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron organizados en Excel (2013) y los análisis estadísticos se realizaron en el programa IBM SPSS Statistics versión 25 y EXCEL (2013).

Para comprobar la normalidad de los datos y la homogeneidad de la varianza, se realizó la prueba de Shapiro Wilk, debido a que el tamaño de la muestra es inferior a 50 (muestras pequeñas).

Se realizó Análisis de Varianza (Anova) de una vía y un diagrama de cajas (Box-Plot), para determinar la existencia de diferencias significativas entre las limitaciones térmicas, y la temperatura de aclimatación de los organismos. Una vez corroborada la existencia de diferencias significativas entre las temperaturas de aclimatación y los grupos de poecílicos, se realizó la prueba de Tukey para poder establecer el grupo que tiene mayor diferencia. Se realizó una ecuación de ganancia de longitud para verificar si las temperaturas de aclimatación influían en el crecimiento de los peces. Por último, para obtener la sobrevivencia de los organismos, se utilizó el Método de Kaplan-Meier, el cual permitió realizar pruebas de significación estadística para comparar una variable categórica, los resultados obtenidos fueron representados en gráficas (Poaquiza G, 2018).

7. RESULTADOS

7.1 TÉRMICO CRÍTICO MÁXIMO

Para *P. reticulata* los límites térmicos máximos (TCmax), se determinaron mediante la obtención de las medias de cada uno de las pruebas realizadas (Tabla 3) y la observación del comportamiento de los organismos a medida que se incrementaba la temperatura a razón de 0.3°C/min. El rango térmico dejó de aumentar en cuanto los organismos presentaron movimientos rápidos en su nado, pero erráticos.

Tabla 3.- Valores promedio de TCmax

Temperatura de aclimatación (°C)	N° de org.	Tcmax (°C)
16	5	35.93
22	5	38.45
28	5	40.08

Se procedió a realizar la prueba de Shapiro Wilk una vez obtenidos los datos de TCmax, para comprobar la normalidad de los datos, donde se determinó que tienden a ser normales ($P > 0.05$) (Tabla 4).

Tabla 4.- Prueba de normalidad de Shapiro Wilk

	Tcmax 16 °C	TCmax 22 °C	TCmax 28 °C
N° de org.	5	5	5
Shapiro – Wilk W	0.960	0.907	0.917
p(normal)	0.78	0.259	0.520

Posteriormente se realizó el análisis de varianza (ANOVA) de una vía, con la finalidad de determinar la existencia de diferencias significativas entre los valores obtenidos de TCmax y las temperaturas de aclimatación. El valor que se obtuvo del ANOVA ($P < 0.001$), determinando que la temperatura de aclimatación ($16^{\circ}\text{C} - 22^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C}$) difiere en cada TCmax obtenido (Figura 6).

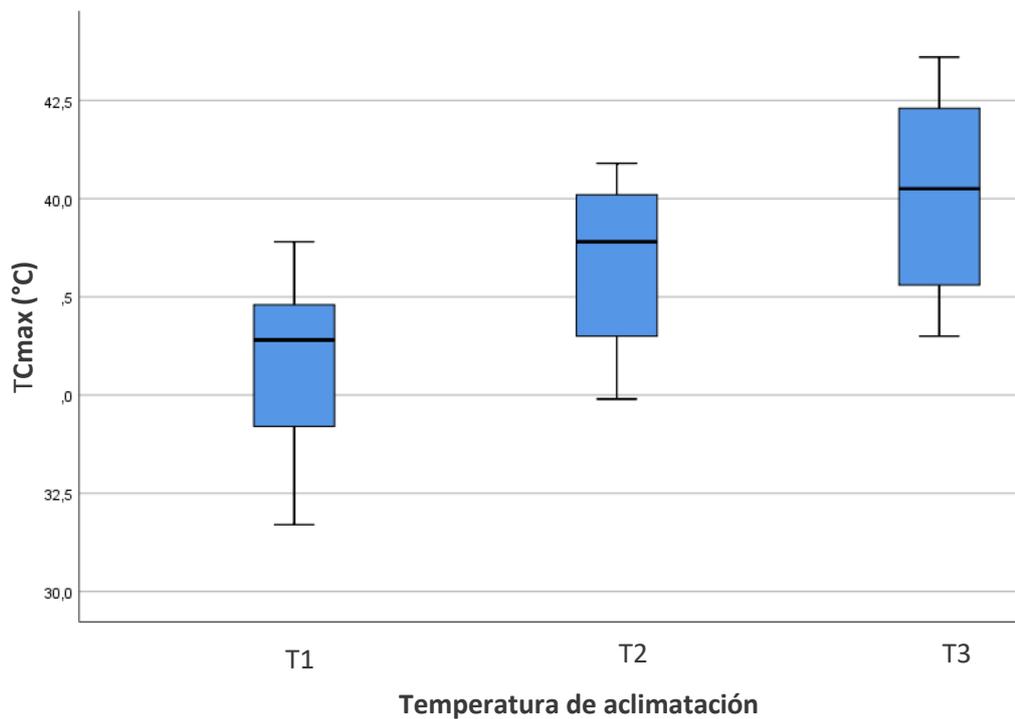


Figura 5.- Box-Plot del Térmico Crítico Máximo en temperaturas de aclimatación de 16°C , 22°C y 28°C

Luego, se realizó la prueba de Tukey, dando como resultado $P < 0.05$ entre las temperaturas de aclimatación. Estableciendo que el tratamiento 1 (16°C) y el tratamiento 3 (28°C) poseen diferencias significativas (Tabla 5).

Tabla 5.- Test de Tukey de los valores de TCmax y las temperaturas de aclimatación

Comparaciones múltiples					
Variable dependiente: Temp					
	(I) Rangos	(J) Rangos	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
HSD Tukey	16	22	-2,52000	1,03703	,056
		28	-4,15000*	1,03703	,001
	22	16	2,52000	1,03703	,056
		28	-1,63000	1,03703	,275
	28	16	4,15000*	1,03703	,001
		22	1,63000	1,03703	,275

7.2 TÉRMICO CRÍTICO MÍNIMO

Para *P. reticulata* los límites térmicos mínimos (TCmin), se determinaron mediante la obtención de las medias de cada uno de las pruebas realizadas (Tabla 6) y la observación del comportamiento de los organismos a medida que disminuye la temperatura a razón de $0.3^{\circ}\text{C}/\text{min}$. El rango térmico dejó de disminuir en cuanto los organismos presentaron nado lento, e incluso se observó a los organismos apoyarse a las paredes de los recipientes.

Tabla 6.- Valores promedio de TCmin

Temperatura de aclimatación (°C)	N° org.	TCmin (°C)
16	5	7.63
22	5	11.52
28	5	14.09

Se procedió a realizar la prueba de Shapiro Wilk una vez obtenidos los datos de TCmin, para comprobar la normalidad de los datos, donde se logró determinar que estos tienen a ser normales ($P > 0.05$) (Tabla 7).

Tabla 7.- Prueba de normalidad de Shapiro Wilk

	TCmin 16 °C	TCmin 22 °C	TCmin 28 °C
N° de organismos	5	5	5
Shapiro – Wilk W	0.914	0.928	0.883
p(normal)	0.312	0.430	0.142

Posterior a esto se realizó el análisis de varianza (ANOVA) de una vía, con la finalidad de determinar la existencia de diferencias significativas entre los valores obtenidos de TCmin y las temperaturas de aclimatación. El valor que se obtuvo del ANOVA ($P < 0.001$), determinó que la temperatura difiere en cada TCmin obtenido (Figura 7).

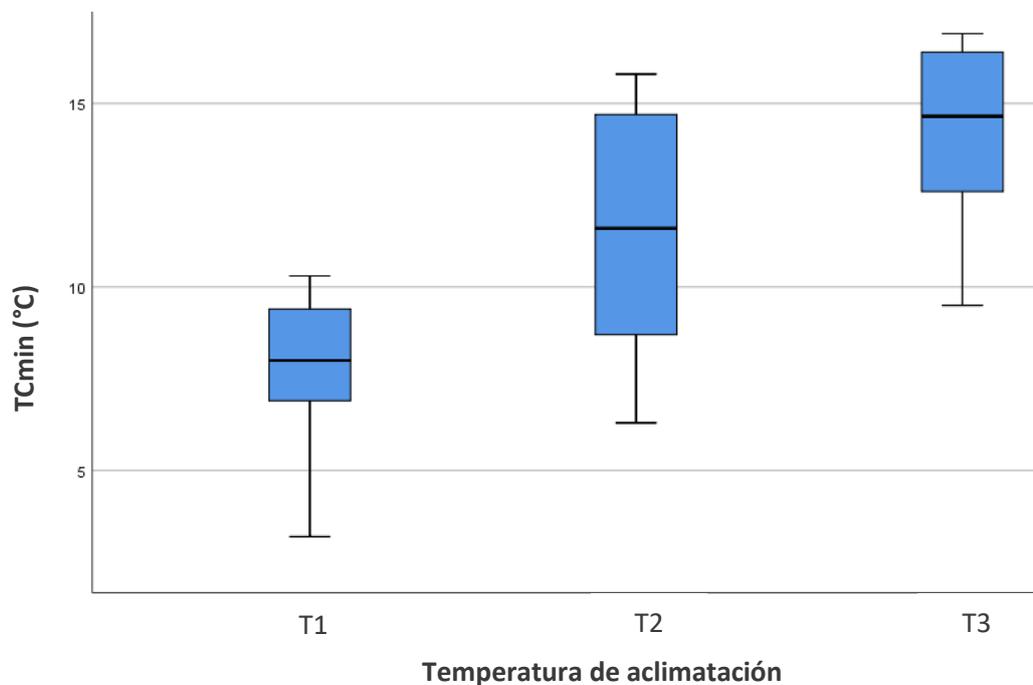


Figura 6.-Box-Plot del Térmico Crítico Mínimo en temperaturas de aclimatación de 16°C, 22°C y 28°C

Luego, se realizó la prueba de Tukey, en el cual nos dio $P < 0.05$ entre las temperaturas de aclimatación. Estableciendo que el tratamiento 1 (16°C) y el tratamiento 3 (28°C) poseen diferencias significativas (Tabla 8).

Tabla 8.- Test de Tukey de los valores de TCmin y las temperaturas de aclimatación

Comparaciones múltiples					
Variable dependiente: Temp					
	(I) Rangos	(J) Rangos	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
HSD Tukey	16	22	-3,89000 [*]	1,27071	,013
		28	-6,46000 [*]	1,27071	,000
	22	16	3,89000 [*]	1,27071	,013
		28	-2,57000	1,27071	,126
	28	16	6,46000 [*]	1,27071	,000
		22	2,57000	1,27071	,126

7.3 CAPACIDAD DE ACLIMATACIÓN

No se registraron problemas dermatológicos o enfermedad alguna en los individuos, lo cual nos demostró que la especie posee una alta capacidad de aclimatación a las fluctuaciones de temperaturas extremas. De igual forma se registraron valores de pH, para evitar que existan cambios en el agua que puedan afectar la supervivencia de *P. reticulata*. Los datos promedio del largo total (LT) y pH se pueden observar en la (Tabla 9).

Tabla 9.- Valores promedio de LT y pH

Tratamientos	N° de org.	Promedios de LT	pH
TC (25°C)	5	1.88	6,5
T 1 (16 °C)	10	1.51	6
T 2 (22 °C)	10	1.76	6,5
T 3 (28 °C)	10	2.03	7

7.4 EFECTOS DE LA TEMPERATURA SOBRE EL CRECIMIENTO

Se realizó el cálculo de ganancia de longitud, con el promedio de longitud total y final para cada temperatura de aclimatación, donde se obtuvo como resultado el crecimiento de los organismos durante la fase experimental. De acuerdo a los resultados, se estableció que existe una relación positiva entre la longitud corporal total y los rangos de temperatura, debido a que los organismos presentaron un aumento en su crecimiento semana a semana a pesar de los cambios de temperatura (Figura 8).

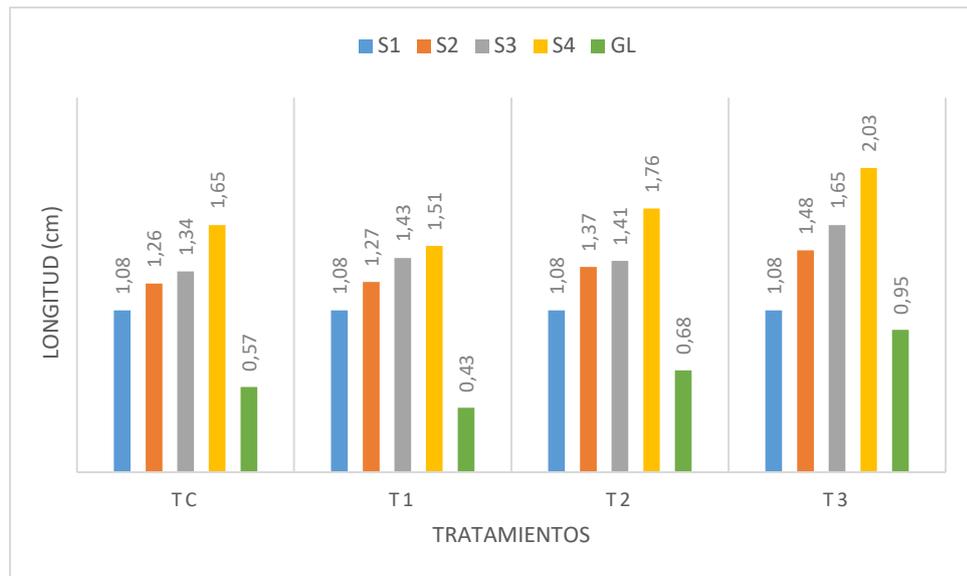


Figura 7.- Relación entre la longitud corporal y las temperaturas experimentales

7.5 SOBREVIVENCIA

Se estimó la sobrevivencia de los organismos con el Método de Kaplan-Meier, los datos obtenidos nos muestran que los cambios de temperatura no afectaron a la especie, por lo que no se registró la muerte de ningún individuo obteniendo así una sobrevivencia del 100% a lo largo de la experimentación.

8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los valores promedio de TC_{max} para las temperaturas de 16°C, 22°C y 28°C, fueron de 35.95°C, 38.45°C y 40°C, mientras que para TC_{min} obtuvimos 7.63°C, 11.52°C y 14.09°C, respectivamente. Estos valores muestran una diferencia significativa respecto a las temperaturas de aclimatación a las cuales fueron sometidos los organismos; por lo que, se determinó que las limitaciones térmicas dependen de las temperaturas a utilizar y el comportamiento de los organismos durante la fase experimental.

Según Roberts (1981), los guppys juveniles tienden a resistir durante mayor tiempo los cambios de temperatura que los alevines, lo cual lo corroboran los resultados obtenidos. A pesar de que los organismos tuvieron un nado errático, y espasmos musculares durante la obtención de los términos críticos máximos y mínimos toleraron las temperaturas fluctuantes.

El comportamiento que se observaron en los peces relacionados durante el incremento de temperatura fue un aumento en su actividad, es decir tuvieron espasmos musculares e incluso mostraron una leve pérdida de equilibrio y un nado acelerado. Mientras que durante el descenso de temperatura su comportamiento se manifestó con una disminución en su actividad, tuvieron espasmos ocasionales y un nado lento. Estos cambios en el comportamiento se dieron debido a que los guppys son organismo ectotermos, es decir que no son capaces de producir calor. García (2017) también menciona que son las condiciones externas lo que determina la temperatura corporal, por los que los peces utilizaron una fuente externa para enfriarse o calentarse.

Los resultados de TC_{max} y TC_{min} son similares a los obtenidos por Martínez et al. (2016), las variaciones de temperatura según su metodología también fueron a razón de 0.3°C/min, el trabajo lo realizó con la especie *Poecilia caunana* en Colombia, sin embargo, las temperaturas que utilizó fueron de 20°C, 25°C y 28°C, teniendo como resultado un TC_{max} de 38.43°C, 40.28°C y 41.57°C y un TC_{min} de 12.52°C, 13.41°C y 14.24 °C.

La importancia de la aclimatación durante la fase experimental es primordial, debido a que los organismos al ser sometidos a este tipo de pruebas, pueden aclimatarse previamente a las variaciones de temperatura, evitando así cambios bruscos y su posterior muerte, según lo indica García (2017).

Poaquiza (2018), menciona que la determinación de rangos térmicos en peces, nos ayuda a obtener información acerca su distribución, nichos ecológicos, adaptaciones a cambios, predecir la propagación de especies invasoras y a seguir desarrollando nuevos estudios en peces.

Con respecto al crecimiento de *P. reticulata*, los resultados muestran que la temperatura no afectó de forma significativa. En el TC hubo una longitud final de 1.65 cm y una ganancia longitudinal de 0.57 cm, en el T1 una longitud final de 1.51 y una ganancia de 0.43 cm, en el T2 una longitud final de 1.76 y una ganancia de 0.68 cm y en el T3 una longitud final de 2.03 y una ganancia de 0.95 cm.

Quarters (2021), nos manifiesta que los juveniles de guppys pueden crecer entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$ de pulgada, es decir de 1.2 a 2 cm, según lo obtenido en la fase experimental nos mantenemos en el rango óptimo de crecimiento.

Referente a la sobrevivencia de los organismos respecto a la temperatura, se observó que no hubo un descenso en la población de peces, los organismos lograron adaptarse correctamente al medio y la alimentación provista fue aceptada sin ningún problema.

9. CONCLUSIONES

Se demostró que las variaciones térmicas, difieren en el comportamiento de los organismos, modificando su conducta de acuerdo al aumento o disminución de la temperatura. Se obtuvo los límites térmicos máximos y mínimos de la especie, estableciendo un rango promedio para su crianza en acuarios, evitando la aparición de enfermedades patológicas y optimizando sus procesos fisiológicos.

De acuerdo a la relación crecimiento - temperatura, se puede afirmar que, a pesar de las fluctuaciones térmicas, la ganancia longitudinal de los organismos no se vio afectada, esto se debe a que los juveniles de *P. reticulata* tienen un menor consumo de energía que los individuos adultos

P. reticulata, tiene una alta capacidad de adaptativa a los cambios de temperatura, ya que los individuos tuvieron una sobrevivencia del 100% en la fase experimental. Un factor importante que influye en la supervivencia de los organismos fue el proceso de aclimatación, el cual evita la muerte por shock térmicos.

10. RECOMENDACIONES

Los límites térmicos de *P. reticulata* están relaciones con la temperatura de aclimatación seleccionadas de manera directa, por lo que se aconseja realizar otros experimentos de tolerancia térmica, los cuales tomen en consideración variables como la gestación de las hembras ya que se desconoce si las fluctuaciones de temperatura pueden afectar el comportamiento de la hembra en esta condición.

Generalmente la causa de mortalidad en los peces, se debe a los cambios de temperatura, estrés, contaminación o enfermedades. Es por esto que se aconseja realizar ensayos con variaciones en la cantidad de días de aclimatación, y aumentar la temperatura a otros rangos extremos y poder determinar la tasa de sobrevivencia.

Se logró constituir un modelo experimental para otras especies de interés ornamental. Sin embargo, es necesario integrar estudios genéticos, para determinar los cambios o alteraciones (desarrollo, reproducción, supervivencia) existentes dentro de los individuos después de la experimentación.

11.BIBLIOGRAFÍA

Allen, G.R., 1991 Field guide to the freshwater fishes of New Guinea. Christensen Research Institute, Madang, Papua New Guinea. 213 pp.

Alvariño L; Iannacone J; y Dale W. (2018). Pruebas ecotoxicológicas como herramienta para la evaluación del impacto ambiental en los ecosistemas acuáticos. Boletín de Lima, Perú.

Anderson, K. M. (2021, 18 noviembre). Cómo cuidar un pez guppy | Kiwoko. Blog Kiwoko.
https://www.kiwoko.com/blogmundoanimal/ficha-tecnica-guppy/#%C2%BFComo_es_el_comportamiento_de_los_guppys

Angilletta J, Niewiarowski P y Navas A. 2002. The evolution of thermal physiology in ectotherms. *Journal of Thermal Biology*. 2002, 27:249–268.

Axelrod, A., Burgess, W. y Emmens, C. (1985). Mini atlas de peces de acuario de agua dulce. TFH publ., Ed. Hispano Europea, Barcelona.1008 pp.

Becker, C. D. & Genoway, R. G. (1979). Evaluation of the critical thermal maximum for determining thermal tolerance of freshwater fish. *Environmental Biology of Fishes*, 4: 245-246

Bohórquez B. 2016. Estimación del máximo crítico térmico para la palometa *Gasteropelecus maculatus* (Characiformes: Gasteropelecidae), una aproximación a su respuesta frente al cambio climático. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C

Castleberry D; Cech JJ Jr. (1990). Control de mosquitos en aguas residuales: una comparación controlada y cuantitativa de cachorros (*Cyprinodon nevadensis amargosae*), pez mosquito (*Gambusia affinis*) y guppies (*Poecilia reticulata*) en marismas de Sagú.

Chung K. 1980. Tolerancia térmica de algunos peces marinos tropicales: estudio preliminar. *Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela*. 29 (2), 107-108.

Chung K. 1981. Rate of acclimation of tropical saltmarsh fish (*Cyprinodon dearborni*) to temperature changes. *Hydrobiology*, 78: 77-81.

Chung K, Kiung S y Mendez S. 1993. Tolerancia Térmica Comparativa en algunos peces tropicales de Venezuela. *Universidad de Oriente, Maracaibo-Venezuela*.

CONABIO. (2014). Ponderación de Invasividad de Especies Exóticas en México. Obtenido de Ponderación de Invasividad de Especies Exóticas en México:

http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/LI007_Anexo_11_Ficha_Poecilia_reticulata.pdf

Crawshaw, L. I. Physiological and behavioral reactions of fishes to temperature change. *Journal of the Fisheries Board of Canada*. 1977, 34(5): 730-734.

Cruz Villar, J. A. (2017). Eficacia de *Poecilia reticulata* (Guppys) como controlador biológico de larvas y pupas de *Culex* sp en bebederos de uso pecuario en Pampa Baja y Pampa Alta en el Distrito de Ite. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/>.

http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3159/1337_2017_cruz_villar_ja_faci_biologia_microbiologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cussac, V. E., Fernández, D. A., GÓMEZ, S. E. & LÓPEZ, H. L. (2009). Fishes of southern South America: a story driven by temperature. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35: 29-42

Doadrio, I. (2002). Atlas y libro rojo de los peces continentales de España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.

Elliot, J. M. 1981. Some aspects of thermal stress on freshwater teleosts. In: Pickering, AD (ed.). *Stress and fish*. Academic Press, London. UK.

Eme J. and Bennett W. Critical thermal tolerance polygons of tropical marine fishes from Sulawesi, Indonesia. *Journal of Thermal Biology*. 2009, 34: 220–225.

Espina,L;Larreal,Y;Maldonado,M;Meleán,E;Montiel,M;Valero,N. (2006). Capacidad larvívora del gold fish (*Carassius auratus*) y del guppy salvaje (*Poecilia reticulata*) sobre larvas de *aedes aegypti* en condiciones de laboratorio.

García, F. M. (2017, 9 diciembre). Mantenimiento de la pecera en invierno. Mis Animales. <https://misanimales.com/mantenimiento-la-pecera-invierno/>

FAO: Formulación y preparación /producción de alimentos. (2011). www.fao.org. <https://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/nile-tilapia/formulacion-y-preparacion-produccion-de-alimentos/es/>

Fishbase. (2006). www.fishbase.se. Obtenido de www.fishbase.se: <https://www.fishbase.se/summary/3228>

Giusto, A., Gómez, S.E., Cassar, C., y Ferriz, R. A. 1998. Resistencia a la temperatura y salinidad en *Poecilia reticulata* (Peters, 1859). *Bioikos*, 12 (2): 45-52.

Gómez S y Volpedo V. 2017. Tolerancia térmica de dos cíclidos neotropicales sudamericanos *Rocio octofasciata* (Regan, 1903) y *Australoheros facetus* (Jenyns, 1842). *Buenos Aires- Biología acuática*. 32: 24 – 31

Global Invasive Species Database. (10 de 2012). *Invasive Species Specialist Group (ISSG)*. Obtenido de Invasive Species Specialist Group (ISSG): <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=683>

Huey B, Deutsch C, Tewksbury J, Vitt J, Hertz E, Álvarez H y Garland J. 2009. Why tropical forest lizards are vulnerable to climate warming. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 276: 1939–1948.

Hernández Rodríguez , M., & Bückle Ramirez, L. F. (2010). *Latin american journal of aquatic research*. Obtenido de Latin american journal of aquatic research: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-560X2010000300007&script=sci_arttext

Jácome, J., Quezada Abad, C., Sánchez Romero, O., Pérez, J. E., & Nirchio, M. (2019). www.scielo.org.pe. www.scielo.org.pe, págs. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332019000400017.

Jiménez Prado, P. J., Vásquez, F., Rodríguez Olarte, D., & Charles Taphorn, D. (03 de 2020). *ResearchGate*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/339032086_Efectos_de_la_especie_invasora_Poecilia_gillii_Cyprinodontiformes_Poeciliidae_sobre_Pseudopoecilia_fria_en_rios_costeros_de_la_region_del_Choco_Ecuador

Künstner, A., Hoffmann, M., Fraser, B. A., Kottler, V. A., Sharma, E., Weigel, D., & Dreyer, C. (2016, 29 diciembre). The Genome of the Trinidadian Guppy, *Poecilia reticulata*, and Variation in the Guanapo Population. <https://journals.plos.org/>. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0169087>

Lutterschmidt I y Hutchison V. 1997. The critical thermal maximum: History and critique. *Canadian Journal of Zoology*. 75: 1561-1574. DOI: 10.1139/z97-783.

Martínez D, Cadena C, Torres M. 2016. Límites térmicos críticos de *Poecilia caucana* (Steindachner, 1880) (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Neotrop.ictiol.* vol.14 no.1 Maringá

Monge Villacrez, M., & Navarro Pezo, K. E. (2014). UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA. LEVANTE DE POSTLARVAS DE BANDA NEGRA, *Myleus schomburgkii*, - PDF

Descargar libre. docplayer.es. <https://docplayer.es/95875647-Universidad-nacional-de-la-amazonia-peruana-levante-de-postlarvas-de-banda-negra-myleus-schomburgkii.html>

Mora C y Maya M. 2006. Effect of the rate of temperature increase of the dynamic method on the heat tolerance of fishes. *Journal of Thermal Biology*. 2006, 31:337-341

Ospina A y Mora C. 2004. Effect of body size on reef fish tolerance to extreme low and high temperatures. *Environ. Biol. Fishes*, 70: 339-343

Paladino V, Spotila, J, Schubauer J y Kowalski T. 1980. The critical thermal maximum: a technique used to elucidate physiological stress and adaptation in fishes. *Reviews of Canadian Biology*, 39: 115-122.

Parada Guevara, S. L., & Cruz Casallas, P. E. (08 de 2011). *www.scielo.org.co*. Obtenido de *www.scielo.org.co*: <http://www.scielo.org.co/pdf/rovi/v15n2/v15n2a06.pdf>

Poaquiza Tuquerres, G. A. (2018). Repositorio Digital: Tolerancia térmica y capacidad de aclimatación de especímenes de *Xiphophorus hellerii* (Heckel, 1848). <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/17259>

Prodocimo V y Arruda C. 2001. Critical thermal maxima and minima of the platyfish *Xiphophorus maculatus* Günther (Poeciliidae, Cyprinodontiformes) – a tropical species of ornamental freshwater fish. *Revista Brasileira de Zoologia*, 18 (Suppl. 1): 97-106.

Programa Nacional de Desarrollo Agroalimentario (PRONAGRO) 2009. Calculo de ración alimenticia para tilapia. ALCON: Información obtenida del programa de alimentación de tilapia. SENASA. Buenos aires, Argentina obtenido el 18 de junio de pronagro.sag.gob.hn/dmsdocument/3657.

Quarters, C. (2021, 20 noviembre). The Growth of a Guppy. *Pets - The Nest*. <https://pets.thenest.com/growth-guppy-4119.html>

Reiser, S., Herrmann, J.P. and Temming, A. Thermal preference of the common brown shrimp (*Crangon crangon*) determined by the acute and gravitational method. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2014, 461, 250–256.

Reyes I, Díaz F y Pérez J. 2011. Behavioral thermoregulation, temperature tolerance and oxygen consumption in the Mexican bullseye pufferfish, *Sphoeroides annulatus* Jenyns (1842), acclimated to different temperatures. *Journal of Thermal Biology*, 36: 200-205.

Reynolds, W. and Casterlin, M. Behavioral thermoregulation and the final preferendum paradigm. *American Zoologist*. 1979, 19, 211-224.

Roberts, R.J. 1981. Anatomía y fisiología de los teleósteos. (Ed). Mundi-Prensa. Madrid.

Salazar, A. (2021, 3 abril). Pez Guppy, *Poecilia Reticulata*. Peces de acuarios. <https://www.pecesdeacuarios.net/peces-de-agua-caliente/poecilidos/guppy/>

Sánchez-Duarte, P., Gutiérrez, F. de P. y Díaz-Espinosa, A.M. 2012b. *Poecilia reticulata*. En: Catálogo de la biodiversidad acuática exótica y transplantada en Colombia: moluscos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles y aves. Editado por Francisco de Paula Gutiérrez [et. al.]. 1 Ed. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Serie Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia: VI.

Tamaru C, Cole B, Bailey R, Brown C y Ako H. 2001. A manual for commercial production of the swordtail, *Xiphophorus hellerii*. Center for Tropical and Subtropical Aquaculture, 128.

Treece, G. D. (1993). ACLIMATACIÓN Y SIEMBRA DE POSTLARVA. [www.cesasin.com.mx.
http://www.cesasin.com.mx/CentroAmerica/6%20Aclimatacion.pdf](http://www.cesasin.com.mx/CentroAmerica/6%20Aclimatacion.pdf)

Willmer P, Stone G y Johnston I. 2000. Environmental Physiology of Animals. John Wiley y Sons. Blackwell Publishing, Second edition. pp: 198

ANEXOS

Anexo 1.- Obtención de los organismos de *P. reticulata* para la fase de experimentación



Anexo 2.- Registro de la talla corporal de los individuos



Anexo 3.- Registro del pH de cada grupo experimental



Anexo 4.- Obtención de TCmax en los organismos



Anexo 5.- Obtención de TCmin en los organismos



Anexo 6.- Ficha técnica del control de TCmax *P. reticulata*



Universidad Estatal Península de Santa Elena
Facultad de Ciencias del Mar
Carrera de Biología Marina



Tema: Incidencia de la temperatura en el comportamiento de *Poecilia reticulata* (Peters, 1859).

Provincia: Santa Elena

Cantón: Salinas

Acuario con individuos aclimatados a: 16°C

Hora	TCmax/ TCmin	Temperatura	Tipo de nado	Presencia de espasmos
8:00 am	TCmax	16 °C	Normal	No
8:04 am	TCmax	16 °C	Normal	No
8:07 am	TCmax	16 °C	Normal	No
8:10 am	TCmax	16 °C	Normal	No
8:15 am	TCmax	16 °C	Normal	No
8:18 am	TCmax	16 °C	Normal	No
8:20 am	TCmax	16 °C	Normal	No
8:23am	TCmax	16 °C	Aumento de velocidad	Aumento de respiración
8:25am	TCmax	16 °C	Aumento de velocidad	Aumento de respiración
8:28 am	TCmax	16 °C	Aumento de velocidad	Aumento de respiración
8:30 am	TCmax	16 °C	Aumento de velocidad	Aumento de respiración
8:34 am	TCmax	16 °C	Aumento de velocidad	Aumento de respiración
8:38am	TCmax	16 °C	Aumento de velocidad	Aumento de respiración
8:40 am	TCmax	16 °C	Aumento de velocidad	Aumento de respiración
8:43 am	TCmax	16 °C	Aumento de velocidad	Respiración acelerada
8:46 am	TCmax	16 °C	Aumento de velocidad	Respiración acelerada
8:50 am	TCmax	16 °C	Rápido	Respiración acelerada
8:55 am	TCmax	16 °C	Rápido	Respiración acelerada
8:58 am	TCmax	16 °C	Rápido	Respiración acelerada
9:00 am	TCmax	16 °C	Rápido	Respiración acelerada
9:05 am	TCmax	16 °C	Rápido	Respiración acelerada
9:09 am	TCmax	16 °C	Rápido	Pérdida de equilibrio
9:12 am	TCmax	16 °C	Rápido	Pérdida de equilibrio
9:15 am	TCmax	16 °C	Rápido	Pérdida de equilibrio
9:18 am	TCmax	16 °C	Rápido	Pérdida de equilibrio

Anexo 7.- Ficha técnica del control de TCmin *P. reticulata*



Universidad Estatal Península de Santa Elena
Facultad de Ciencias del Mar
Carrera de Biología Marina



Tema: Incidencia de la temperatura en el comportamiento de *Poecilia reticulata* (Peters, 1859).

Provincia: Santa Elena

Cantón: Salinas

Acuario con individuos aclimatados a: 16°C

Hora	TCmax/ TCmin	Temperatura	Tipo de nado	Presencia de espasmos
10:00 am	TCmin	16 °C	Normal	No
10:04 am	TCmin	16 °C	Normal	No
10:07 am	TCmin	16 °C	Normal	No
10:10 am	TCmin	16 °C	Normal	No
10:15 am	TCmin	16 °C	Normal	No
10:18 am	TCmin	16 °C	Normal	No
10:20 am	TCmin	16 °C	Normal	No
10:23am	TCmin	16 °C	Disminución de velocidad	Respiración normal
10:25am	TCmin	16 °C	Disminución de velocidad	Respiración normal
10:28 am	TCmin	16 °C	Disminución de velocidad	Respiración normal
10:30 am	TCmin	16 °C	Disminución de velocidad	Respiración normal
10:34 am	TCmin	16 °C	Disminución de velocidad	Disminución de respiración
10:38am	TCmin	16 °C	Disminución de velocidad	Disminución de respiración
10:40 am	TCmin	16 °C	Disminución de velocidad	Disminución de respiración
10:46 am	TCmin	16 °C	Disminución de velocidad	Disminución de respiración
10:50 am	TCmin	16 °C	Lento	Disminución de respiración
10:55 am	TCmin	16 °C	Lento	Disminución de respiración
10:58 am	TCmin	16 °C	Lento	Respiración lenta
11:00 am	TCmin	16 °C	Lento	Respiración lenta
11:05 am	TCmin	16 °C	Lento	Respiración lenta
11:09 am	TCmin	16 °C	Lento	Respiración lenta
11:12 am	TCmin	16 °C	Lento	Respiración lenta
11:15 am	TCmin	16 °C	Lento	Respiración lenta
11:18 am	TCmin	16 °C	Lento	Respiración lenta