UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA

ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA

# ESTANDARIZACIÓN DE PROTOCOLO DE ANESTESIA CON EUGENOL (ACEITE DE CLAVO) EN ALEVINES DE CARPA COMÚN *(CYPRINUS CARPIO)* EN LA AUTORIDAD DE LOS RECURSOS ACUÁTICOS DE PANAMÁ

MEREDITH JASSIBEL VILLARREAL CUEVAS

4-814-299

CIUDAD DE PANAMÁ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2025

# ESTANDARIZACIÓN DE PROTOCOLO DE ANESTESIA CON EUGENOL (ACEITE DE CLAVO) EN ALEVINES DE CARPA COMÚN *(CYPRINUS CARPIO)* EN LA AUTORIDAD DE LOS RECURSOS ACUÁTICOS DE PANAMÁ

TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTORA EN MEDICINA VETERINARIA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA

ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA

PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA

APROBADO POR:

ASESOR INTERNO

DR. JULIO REYES _____

ASESOR EXTERNO

DRA. CILINI AROSEMENA _____

CIUDAD DE PANAMÁ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2025

## AGRADECIMIENTO

A Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza a lo largo de este camino. Sin su ayuda, no habría sido posible culminar mi trabajo de grado, ni mi carrera universitaria.

A mis padres, gracias por ser el pilar fundamental en mi vida, por su amor incondicional, por exhortarme siempre a seguir adelante, y por nunca permitirme rendirme ni dejarme vencer ante las adversidades. A mis hermanos, gracias por su paciencia, apoyo y por acompañarme durante estos cinco años de retos y aprendizajes.

A mi querido "Caballín," gracias por estar a mi lado en los días buenos y malos, por motivarme a seguir adelante y ser una fuente constante de ánimo y amor.

Al doctor Julio Reyes, mi asesor interno, por su paciencia, dedicación y apoyo durante los momentos de intensidad. Gracias por enseñarme y guiarme con tanta disposición.

A la doctora Cilini Arosemena, mi asesora externa. Mi más sincero agradecimiento por su invaluable apoyo, por su excelente orientación, al responder mis dudas en cualquier momento y por brindarme su equipo de trabajo para llevar a cabo este proyecto con éxito.

Al Lic. Adair Quiroz por mostrarme el fascinante mundo de los peces de producción.

A la licenciada Alexandra Martínez por su apoyo en la realización del estudio, por escucharme y por su tiempo al igual que a la licenciada Evelyn Ríos por su ayuda en la corrección y mejoramiento de mi trabajo.

Al licenciado Kadir Montalvo, por su tiempo y disposición para apoyarme con la revisión del trabajo.

A la doctora Shannon Weeks, por la valiosa ayuda durante este trabajo de tesis.

A todos los colaboradores de la Estación Dulceacuícola Ricardo A. Ríos de Gualaca, gracias por su generosidad y disposición para ayudarme sin esperar nada a cambio. Su colaboración hizo que este estudio fuera no solo posible, sino también una experiencia divertida e inolvidable.

A Omar Caicedo, gracias por tu apoyo incondicional en todo momento de la carrera y por brindarme ideas que facilitaron la realización de este estudio.

A la doctora Dalkis Grajales y al doctor Jacobo Vargas, les debo mi gratitud por enseñarme, de manera práctica, los fundamentos de la Medicina Veterinaria, por abrirme las puertas de la clínica y por motivarme a no rendirme jamás.

A mis amigos de la universidad, gracias por ser parte fundamental de esta etapa de mi vida. En especial, a Juan Raúl Guerra, por su amistad y todas las ocurrencias que hicieron estos años más llevaderos.

Al grupo "Bush caballos/perros," gracias por aceptarme, escucharme, reírse de mis tonterías y convertir el 2024 en un año inolvidable.

A mis amigos y familiares que estuvieron en todo momento, gracias por su apoyo, paciencia y confianza en mí. Este logro es también de ustedes.

**Meredith Jassibel**

## DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida y por cuidar de mí en cada paso que doy y en las metas que me he trazado.

A mis padres, Antonino Villarreal y Nuris Cuevas, pilares fundamentales en mi vida espiritual, moral y académica.

A mis hermanos Darlenys, Nuryan, Ninin, por apoyarme en los proyectos que voy logrando.

A mi abuelo Antonino Villarreal Morales, mi guía, consentidor y eterno consejero.

A mis perritos Coockie y Abby, mi alegria.

**RESUMEN**

Es de suma importancia validar la forma en que un agente anestésico actúa sobre cada especie de pez, principalmente sobre el sistema nervioso central (SNC) ya que al ser absorbido a través de las branquias, llegando al torrente sanguíneo y distribuyéndose hacia el cerebro y la médula espinal, tiene características fisiológicas únicas que influyen en la respuesta a los anestésicos, lo que resalta la importancia de elegir adecuadamente un fármaco para llevar a cabo un protocolo de anestesia adecuado para garantizar el bienestar del animal y el éxito del procedimiento.

El eugenol [2-methoxy-4-2-(2- propenyl)-phenol], también llamado aceite de clavo se obtiene de hojas, flores y tallos de árboles de clavo *(Syzygium aromaticum*). El objetivo principal de este estudio fue evaluar la efectividad del eugenol (aceite de clavo) como agente anestésico en una especie de peces carpa común *(Cyprinus carpio)*.

Se realizó un estudio donde se probaron cinco concentraciones diferentes para analizar el tiempo de inducción, duración del plano anestésico y la recuperación. Los resultados mostraron que las concentraciones más altas redujeron el tiempo de inducción, pero prolongaron la anestesia, mientras que las concentraciones moderadas (60-80 mg/L) equilibraron la eficacia y seguridad de los organismos. Este estudio resalta el potencial del eugenol como un anestésico accesible y eficiente para la acuicultura.

***Palabras claves: Cyprinus carpio, aceite de clavo, anestésico, calidad del agua, acuicultura***.

**ABSTRACT**

It is of utmost importance to validate how an anesthetic agent acts on each fish species, particularly on the central nervous system (CNS). Since the anesthetic is absorbed through the gills, enters the bloodstream, and is distributed to the brain and spinal cord, fish have unique physiological characteristics that influence their response to anesthetics. This underscores the importance of selecting an appropriate drug to implement a proper anesthesia protocol, ensuring the animal's welfare and the success of the procedure.

Eugenol [2-methoxy-4-2-(2-propenyl)-phenol], also known as clove oil, is obtained from the leaves, flowers, and stems of clove trees (*Syzygium aromaticum*). The main objective of this study was to evaluate the effectiveness of eugenol (clove oil) as an anesthetic agent in a common carp species (*Cyprinus carpio*).

A study was conducted in which five different concentrations were evaluated to analyze induction time, duration of the anesthetic plane, and recovery. The results showed that higher concentrations reduced induction time but prolonged anesthesia, while moderate concentrations (60–80 mg/L) balanced efficacy and safety for the organisms. This study highlights the potential of eugenol as an accessible and efficient anesthetic for aquaculture.

**Keywords:** *Cyprinus carpio*, clove oil, anesthetic, water quality, aquaculture.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

**1. INTRODUCCIÓN** ..... 1

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA A INVESTIGAR ..... 3

1.2 ANTECEDENTES ..... 4

1.3 JUSTIFICACIÓN ..... 8

1.4 OBJETIVOS ..... 9

1.4.1 Objetivo general ..... 9

1.4.2 Objetivos específicos ..... 9

1.5 HIPÓTESIS ..... 10

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO ..... 11

**2. REVISIÓN DE LITERATURA** ..... **12**

2.1 Eugenol ..... 12

Farmacocinética y farmacodinamia del eugenol ..... 13

2.2 Etapas de la anestesia en peces ..... 15

2.3 Principales especies de peces en Panamá ..... 16

2.4 Protocolo de anestesia ideal para esta especie de peces ..... 18

**3. MATERIALES Y MÉTODOS** ..... **20**

3.1. Materiales: ..... 20

3.2.1 Marco metodológico: ..... 21

Diseño epidemiológico ..... 23

Diseño de muestra ..... 23

Población De estudio ..... 23

Cálculo del Tamaño de Muestra ..... 23

Análisis de los datos ..... 25

Método de muestreo ..... 25

Procedimiento ..... 25

Instalación del sistema ..... 25

Calibración del sistema ..... 26

Colecta y evaluación sanitaria de los individuos ..... 27

Traslado y distribución de los individuos ..... 28

Preparación del anestésico ..... 30

Desarrollo del Estudio ..... 31

**4. RESULTADOS ..... 38**

**5. DISCUSIÓN ..... 44**

**6. CONCLUSIONES ..... 47**

**7.RECOMENDACIONES ..... 48**

**8. REFERENCIAS CITADAS ..... 49**

**ANEXOS ..... 56**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios para inducción a la anestesia (Vázquez et al. 2013) ..... 15

Tabla 2. Biometría de 20 individuos escogidos aleatoriamente de los seleccionados para el estudio ..... 28

Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos del agua del día anterior del estudio donde se encontraban los alevines ..... 34

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos del agua del día del estudio. ..... 35

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos del agua del día después del estudio. .. 36

Tabla 6. Criterios de evaluación del estudio ..... 39

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Tiempo de Inducción en alevines (seg) Concentración eugenol (mg/L) ..... 41

Gráfico 2. Tiempo de plano anestésico (seg) vs Concentración del eugenol (mg/L) ..... 41

Gráfica 3. Tiempo de recuperación en alevines (seg) vs Concentración del eugenol (mg/L) ..... 42

Gráfica 4. Tiempo total de anestesia (Inducción y recuperación) a cinco concentraciones de eugenol en peces de carpa común (Cyprinus carpio)... 43

## ÍNDICE DE ANEXOS

Figura 1. Estación Dulceacuícola Ricardo A. Ríos., distrito de Gualaca, provincia de Chiriquí 2025.....21

Figura 2. Diagrama de distribución y ubicación de las 12 peceras en la mesa en una vista lateral izquierda..... 29

Figura 3. Diagrama de distribución de individuos por pecera.....30

Figura 4. Instalación de las mangueras para la aireación de las peceras.....56

Figura 5. Instalación de las 12 peceras para el estudio..... 56

Figura 6. Biometrías de los individuos antes de realizar el estudio..... 57

Figura 7. Colocación de rótulos por pecera para llevar un orden. .....58

Figura 8.Medición de parámetros fisicoquímicos del día anterior del estudio 58

Figura 9. Preparación del anestésico con eugenol (aceite de clavo).....58

Figura 10. Alevines en periodo de inducción (Fase 3) con el anestésico eugenol (aceite de clavo).....59

Figura 11. Alevines en plano anestésico (Fase 5) con eugenol (aceite de clavo).....59

Figura 12. Devolución de individuos en la pecera para medir el tiempo de recuperación..... 61

Figura 13. Alevines en periodo de recuperación..... 61

Figura 14.Medición de parámetros fisicoquímicos el día después del estudio.....62

Figura 15. Eugenol (aceite de clavo) utilizado durante el estudio.....62

## 1. INTRODUCCIÓN

El uso de anestésicos en la acuicultura es esencial para facilitar el manejo de los peces y reducir los factores que generan estrés, el cual afecta potencialmente la supervivencia, crecimiento y la reproducción (De Souza *et al.*, 2012, como citado en Urzúa et al., 2022). Estos fármacos se utilizan en prácticas de investigación, actividades productivas, transporte, análisis patológicos, vacunación, manejo reproductivo y eutanasia, entre otros (De Souza,2012; Noga, 2010; Ross,2008; Uehara, 2018, como citado en Urzúa et al., 2022).

Los anestésicos en acuicultura se administran generalmente por baños de inmersión y en menor medida, por vía inyectable en peces de alto valor comercial. Dentro de los más utilizados se encuentran el aceite de clavo (eugenol), etomidato, quinaldina y tricaína metanosulfonato (MS-222) (Coyle,2004; Neiffer y Stamper, 2009; Priborsky, 2018; Ross,2008, como citado en Urzúa et al., 2022).

El eugenol [2-methoxy-4-2-(2- propenyl)-phenol], también llamado aceite de clavo se obtiene de hojas, flores y tallos de árboles de clavo *(Syzygium aromaticum*) (Soto & Burhanuddin, 1995, citado en Millán et al., 2012), y es ampliamente utilizado en acuicultura como anestésico en peces y en moluscos.

Las características ideales de los agentes anestésicos se basan en que la droga debe ser de fácil administración, lograr una inducción rápida (preferiblemente en menos de tres minutos y sin producir efectos adversos en los peces) (Roubach, 2001; Ross,2008, citado en Urzúa et al., 2022). Además, debe poder mantener a los animales en el estado de sedación elegido,

proporcionando una inmovilización adecuada y una analgesia eficaz. Asimismo, la recuperación debe ser rápida y completa en un tiempo inferior a 10 minutos, sin signos de ataxia prolongada u otras características indeseables como estrés fisiológico significativo, alteraciones en la osmorregulación o daño tisular (Coyle, 2004; Priborsky, 2018, como citado en Urzúa et al., 2022).

La carpa común (*Cyprinus carpio*) pertenece a la familia Cyprinidae. Es originaria de Asia, existen dos variedades que son las más cultivadas; la variedad Espejo y la variedad ornamental Koi. (ARAP, 2019). Según la FAO esta especie tiene importancia destacada en la acuicultura de agua dulce, muchos aspectos de su fisiología, nutrición, genética y enfermedades han sido estudiados durante las décadas pasadas.

La carpa común ha sido objeto de numerosas investigaciones en los ecosistemas acuáticos, con tecnologías de reproducción y crianza que se ajustan a diversas condiciones climáticas y a diferentes escalas.

El presente estudio fue realizado para determinar la concentración de eugenol (aceite de clavo) en pez de agua dulce carpa común *(Cyprinus carpio)*, que aseguren una anestesia profunda y sin dolor, cumpliendo con los estándares de bienestar animal.

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA A INVESTIGAR

Actualmente, en la República de Panamá según la FAO la acuicultura se promueve en dos direcciones: la acuicultura comercial, que realiza el sector privado cuyo principal rubro de producción consiste en la cría de camarones peneidos y la acuicultura de subsistencia o semi-comercial, donde se destaca el proyecto de piscicultura con su connotación eminentemente social, al ser dirigido fundamentalmente a las poblaciones de recursos limitados.

Los problemas encontrados en el desarrollo de la acuicultura podemos definirlos como de escasez en recursos económicos, de equipo y de personal técnico. Conforme han ido resolviéndose estos problemas hemos seguido avanzando en la expansión y consolidación de esta actividad en nuestro país (FAO, s.f.).

Se realizó la búsqueda de información referente al tema, buscando registros en Panamá que evalúen la efectividad del protocolo; sin embargo, no se encontraron registros publicados en el territorio nacional, lo cual evidencia la necesidad de realizar este tipo de estudio.

## 1.2 ANTECEDENTES

Ante la ausencia de estudios locales sobre la concentración óptima de eugenol en carpas comunes, se consultaron investigaciones internacionales.

En estudios relacionados, García-Gómez et al. (2002) evaluaron la eficacia del aceite de clavo como anestésico en diversas especies de peces marinos cultivados, incluyendo *Seriola dumerili, Dicentrarchus labrax, Sparus aurata*. Los resultados mostraron que una dosis de 40 ppm en agua de mar provocaba anestesia total en un periodo de 3-6 minutos y una recuperación en 2-5 minutos, sin efectos indeseables observados.

En el estudio realizado por Sharifpour et al. (2003) de los efectos anestésicos del aceite de clavo (*Eugenia caryophyllata*) en la carpa común (*Cyprinus carpio*) en diversas condiciones de pH y temperatura, se investigaron los efectos anestésicos del aceite de clavo en carpas comunes juveniles (8-12 g) en diversas condiciones de calidad del agua, que consisten en diferentes pH y temperatura. Se midieron el tiempo hasta la pérdida del equilibrio, la inducción de la anestesia, la recuperación del equilibrio y la recuperación de la respuesta (Sharifpour et al., 2003).

Los resultados mostraron que el aceite de clavo indujo la condición anestésica deseable en menos de tres minutos en todos los experimentos. Sin embargo, el tiempo de recuperación del equilibrio y de recuperación de la respuesta fue superior a cinco minutos en muchos casos. Cuando se utilizó aceite de clavo en una concentración de 100 ppm, los efectos anestésicos y tiempos de recuperación más adecuados se observaron a una temperatura del agua de 25

° C y pH 7 y 8, así como a 30° C con pH 9. No se produjo morbilidad ni mortalidad durante la inducción de la anestesia con aceite de clavo y la recuperación de los peces (Sharifpour et al., 2003).

El estudio de Hamáčková et al. (2006) investigó el uso del aceite de clavo como anestésico en peces, enfocándose en la relación entre el peso del pez y la toxicidad del aceite. Los resultados indicaron que los peces de mayor peso eran dos a 3 veces más sensibles al aceite de clavo, posiblemente debido a un metabolismo más lento y una mayor demanda de oxígeno.

Esta sensibilidad se expresó en CL50, un parámetro toxicológico que indica la concentración de una sustancia en el agua capaz de causar la muerte del 50% de una población en un periodo determinado. Además, se observó que los autores no reconocieron una dependencia entre el peso del pez y la dosis de aceite de clavo en un rango de 0,025 a 0,2 ml/L. Sin embargo, recomendaron utilizar aceite de clavo para peces de menos de 1 g.

En el estudio realizado por Hajek et al. (2006) los experimentos se realizaron utilizando 169 carpas comunes con un peso promedio de 32,6 ± 8,2 g (x ± s), se determinó que el aceite de clavo en concentraciones que oscilaban entre 30 y 200 mg/L indujo anestesia general. La concentración más baja que causó anestesia general con un tiempo de inducción promedio inferior a 3 min fue 40 mg/L. La recuperación fue independiente de la concentración y duró aproximadamente 4 min (experimento 1). Un aumento de la concentración acortó el tiempo (Gilderhus, 1990; Weyl et al., 1976; Hajek, et al., 2006).

El término "tiempo de exposición seguro" denota la parte de la exposición en la que los peces respiran regularmente, sin signos de deficiencia de oxígeno. Este protocolo experimental fue aprobado por el "Comité Ético Local para Experimentos con Animales de la Universidad Agrícola de Szczecin, Polonia" (Hajek, et al., 2006).

Otro estudio realizado por Pérez-Ribeiro et al. (2010) determinó que una concentración de 30 mg/L de aceite de clavo es suficiente para inducir anestesia profunda en el pez pacu *(Piaractus mesopotamicus)*, con tiempos de inducción y recuperación adecuados.

El objetivo del estudio realizado por Yousefi, et al (2018) que lleva como título "El timol como nuevo anestésico en la carpa común *(Cyprinus carpio)*: eficacia y efectos fisiológicos en comparación con el eugenol" investiga la eficacia anestésica del timol en la carpa común y compara sus efectos fisiológicos con los del eugenol, un anestésico ampliamente utilizado en peces.

El timol es una sustancia cristalina incolora con un olor característico que está presente en la naturaleza en los aceites esenciales del tomillo o del orégano. Los resultados indican que el timol es un anestésico efectivo para carpa común, proporcionando tiempos de inducción y recuperación comparables con los de eugenol. Además, el estudio observa que el timol tiene un impacto mínimo en los parámetros fisiológicos de los peces, sugiriendo que es una alternativa segura al eugenol para procedimientos que requieren anestesia en la acuicultura (Yousefi et al., 2018).

El estudio titulado (Eficacia y seguridad del aceite de clavo y la sal común en el transporte a largo plazo de *Cyprinus carpio)*, investigó la eficacia y seguridad del uso de aceite de clavo y sal común durante el transporte prolongado a largo plazo (24h) de carpas comunes. Los resultados indicaron que la adición de aceite de clavo al agua de transporte redujo significativamente los niveles de cortisol en las carpas, lo que sugiere una disminución del estrés. Además, la sal común ayudó a mantener el equilibrio osmótico de los peces, mejorando su supervivencia durante el transporte.

Estos hallazgos sugieren que la combinación de aceite de clavo y sal común es una estrategia efectiva para mejorar el bienestar y la supervivencia de las carpas durante el transporte prolongado. (Martins, et al.,2024)

## 1.3 JUSTIFICACIÓN

Esta investigación está dirigida a la interpretación y el análisis de los comportamientos anestésicos en una especie de peces carpa común *(Cyprinus carpio)* utilizando el eugenol (aceite de clavo) como agente anestésico. La razón para llevar a cabo esta investigación se debe a la escasa bibliografía publicada en nuestro país sobre el tema.

La manipulación en el cultivo de peces puede causar estrés en los animales (Sorroza, et al.,2020). El uso de un anestésico artesanal elaborado con clavo de olor podría reducir el estrés en los peces. En los resultados se observó que una concentración de 10 ml/L induce una sedación profunda en peces. En conclusión, esta sustancia podría utilizarse para mejorar el bienestar animal.

Los peces son el grupo de animales vertebrados más numeroso y variado del planeta, con cerca de 35.000 especies encontrándose en todo tipo de ecosistemas acuáticos y adaptándose evolutivamente a los ambientes en los que habitan.

Existen pruebas científicas que demuestran su capacidad para sentir miedo, dolor, angustia y estrés (Schreck et al. 2016, Sneddon y Brown, 2020), confirmando que son seres sintientes y merecedores de las mejores condiciones de bienestar.

Por lo tanto, lograr el bienestar animal durante el desarrollo de la acuicultura, significa proporcionarles condiciones de cría adecuadas, empleando prácticas apropiadas que mejoren las condiciones de vida de los peces, facilitando una muerte sin sufrimiento y reduciendo cualquier riesgo que, siendo claramente

perjudicial para su bienestar, pudiera ser evitado (Fife-Cook and Franks 2019, Kristensen et al. 2020).

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo general

- Evaluar la efectividad del eugenol (aceite de clavo) como agente anestésico en una especie de peces carpa común *(Cyprinus carpio)*.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la dosis adecuada de anestésico para lograr una anestesia segura y recuperación sin efectos adversos en los animales.
- Evaluar el impacto de la anestesia en la recuperación post-anestésica y el comportamiento a corto plazo de la especie.

## 1.5 HIPÓTESIS

**H1:** Existe variabilidad en la concentración de eugenol (aceite de clavo) utilizada en carpa común *(Cyprinus carpio)*.

**H0:** No hay variabilidad en la concentración de eugenol (aceite de clavo) utilizada en carpa común *(Cyprinus carpio)*.

## 1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

- Alcances:

Los resultados de este estudio de análisis podrían utilizarse como referencia para la estandarización de protocolo de anestesia con eugenol (aceite de clavo) utilizada en carpa común *(Cyprinus carpio)*.

Lo que se logró con este estudio fue la generación de información sobre la estandarización de la dosis de anestesia con eugenol (aceite de clavo) utilizada en alevines de carpa común *(Cyprinus carpio)* en la Estación Dulceacuícola Ricardo A. Ríos, de la Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá.

Las limitaciones que se han presentado para la realización de esta investigación son:

- Limitantes teóricas:

Existen pocas referencias bibliográficas en el país acerca del tema específico que se ha realizado. De igual modo, la bibliografía encontrada no es reciente, pues tiene más de cinco años.

# 2. REVISIÓN DE LITERATURA

## 2.1 Eugenol

El aceite de clavo es un producto vegetal, actualmente empleado en medicina y odontología (Pérez-Ribeiro, et al. 2010). Es un compuesto fenólico, resultante de la destilación de las hojas, flores y tallos de la planta de clavo.

Su principio activo es el eugenol, presente en concentraciones que oscilan entre 70 y 95% de la composición total del aceite esencial de clavo (Mazzafera, 2003).

Los estudios sobre el uso de eugenol como anestésico en la acuicultura, empezaron por la necesidad de encontrar nuevas sustancias eficaces, seguras y de bajo costo (Roubach et al., 2005). Algunas investigaciones indican la efectividad del aceite de clavo como anestésico para otras especies de peces como matrincha *(Brycon cephalus)* (Inoue et al., 2003), tambaqui *(Colossoma macropomum)* (Roubach et al., 2005), pintado *(Pseudoplatystoma corruscans)* (Vidal et al., 2006), bagre *(Rhamdia quelen)* (Cunha et al., 2006) y robalo *(Centropomus undecimalis)* (Souza-Junior y Alves-Junior, 2006), así como la capacidad de la sustancia para reducir la presión durante el transporte y manipulación (Inoue et al., 2005; Cunha et al., 2006). Sin embargo, Davidson et al. (2005) ha encontrado que la exposición de la tilapia *(Oreochromis niloticus)* a dosis insuficiente de eugenol, aumenta los niveles plasmáticos de cortisol, en comparación con animales no tratados con el anestésico. Biológicamente, el mecanismo de la anestesia se basa en la reducción de los procesos metabólicos en los peces, sin causar daños en el crecimiento y reproducción. Desde el punto de vista económico, el uso de una dosis correcta

de anestesia es esencial para evitar lesiones o la muerte de los animales por la exposición excesiva al producto (Roubach, 2001)

**Farmacocinética y farmacodinamia del eugenol**

El eugenol, es un compuesto fenólico natural extraído de plantas como el clavo de olor (*Syzygium aromaticum),* ha sido utilizado como anestésico en peces debido a su eficacia, bajo costo y relativa seguridad. El eugenol se caracteriza por su rápida absorción a través de las branquias, debido a su alta lipofilia, permitiendo que alcance rápidamente el sistema circulatorio y los tejidos diana. Una vez en el organismo, se distribuye preferentemente hacia órganos con mayor contenido lipídico, como el cerebro y el hígado, lo que explica su rápido efecto sedante.

Farmacocinéticamente, el eugenol es rápidamente absorbido a través de las branquias, distribuyéndose en el sistema circulatorio para alcanzar tejidos clave donde ejerce sus efectos anestésicos. El metabolismo hepático convierte el eugenol en compuestos hidrosolubles que son eliminados principalmente por las branquias y la orina. El tiempo de eliminación varía según factores como la temperatura del agua y las características fisiológicas de la especie.

La rápida acción y eliminación del eugenol reduce significativamente el tiempo de estrés post-anestesia, consolidando su uso como un agente anestésico eficaz y económico en peces (González Escobar, 2002; Redalyc, 2012; Gómez et al., 2001). Los peces anestesiados con eugenol atraviesan fases bien definidas, que incluyen sedación inicial, pérdida de movilidad y recuperación completa tras ser retirados de la solución anestésica. Estos efectos hacen que

sea útil en procedimientos como muestreos y manejo veterinario, pero requiere un control riguroso para evitar efectos adversos, como hiperactividad inicial o hipoxia, especialmente si la aireación es insuficiente (González Escobar, 2002; Gómez et al., 2001; Inoue et al., 2003).

Tiene una acción farmacodinámica que actúa sobre los canales iónicos y los receptores TRPM8, modulando la actividad neuronal y muscular. Esto produce sedación, pérdida de equilibrio y anestesia profunda, dependiendo de la concentración administrada, el eugenol actúa como un depresor del sistema nervioso central al modular los canales iónicos, como los canales de calcio y sodio, y al potenciar la actividad del receptor GABA-A, que es un receptor inhibitorio clave en el sistema nervioso.

Este mecanismo reduce la transmisión sináptica excitatoria, induciendo sedación, hipnosis y, eventualmente, anestesia completa dependiendo de la concentración administrada. Su efecto es dosis-dependiente. En acuicultura, el eugenol es ampliamente empleado en prácticas como el manejo, transporte, y procedimientos invasivos de los peces. No obstante, su uso requiere considerar factores como la especie, el peso, la temperatura del agua y los tiempos de retirada, ya que residuos de eugenol en los tejidos pueden generar preocupaciones regulatorias y de seguridad alimentaria (González Escobar, 2002; Gómez et al., 2001). Su acumulación depende del metabolismo del pez y las condiciones ambientales, pudiendo prolongar su permanencia en el organismo y representar un riesgo para el consumidor. Además, distintos países establecen límites máximos de residuos, por lo que es fundamental

determinar tiempos de retirada adecuados para evitar concentraciones superiores a las permitidas, garantizando así la inocuidad del producto y el cumplimiento de normativas sanitarias.

## 2.2 Etapas de la anestesia en peces

Los anestésicos se dividen en químicos y no químicos. En los químicos encontramos el tricaína metanosulfonato (MS222), aceite de clavo, benzocaína y 2-fenoxietanol, entre los más usados y conocidos por su efectividad y acción de recuperación (corta) donde el bienestar del pez no se ve afectado (Tabla 1). Todos se agregan al agua en forma de solución acuosa. Entre los métodos no químicos se encuentran la hipotermia y la electroanestesia.

La hipotermia, que consiste en usar hielo, se emplea mucho en crustáceos y peces. Al reducir la temperatura del agua, se tranquiliza al animal. La electroanestesia, también conocida como electro-pesca, implica la aplicación de corrientes eléctricas bajas, lo que hace que el pez quede dormido por un breve período.

La observación y el procedimiento con un anestésico deben realizarse rápidamente. El pez debe estar húmedo o sumergido en una pequeña cantidad de agua para mantener sus agallas húmedas. Si el pez se mantiene en una pecera, es crucial que la oxigenación y la temperatura del agua se mantengan constantes. La recuperación se logra colocando al pez de regreso en una pecera con agua de su estanque y aireación. El pez se recuperará en cuestión de minutos.

| Fase | Estado de anestesia | Descripción |
|---|---|---|
| 0 | Normal | Reactivo a estímulos externos, ritmo opercular normal. |
| 1 | Sedación ligera | Ligera pérdida de la respuesta a estímulos, ligera disminución del ritmo opercular, equilibrio normal. |
| 2 | Sedación profunda | Pérdida total de respuesta a estímulos externos, ligera disminución del ritmo opercular, equilibrio normal. |
| 3 | Pérdida parcial del equilibrio | Pérdida de equilibrio, nado errático, incremento del ritmo opercular, respuesta solo a fuertes estímulos táctiles o vibracionales. |
| 4 | Pérdida total del equilibrio | Ritmo opercular lento, pérdida de total de equilibrio. |
| 5 | Pérdida de reflejos | Pérdida total de la respuesta a estímulos, ritmo opercular lento, pérdida de todos los reflejos. |
| 6 | Colapso medular | Suspensión de movimientos operculares. |

***Tabla 1**. Criterios para inducción a la anestesia (Vázquez et al. 2013)*

## 2.3 Principales especies de peces en Panamá

En Panamá, se han registrado aproximadamente 190 especies de peces de agua dulce, de las cuales 56 son endémicas en la Región Occidental. El estudio titulado "Estudio ecológico y biológico de las especies de peces en la Región Occidental de Panamá" identificó 46 especies. De estas, 30 se clasificaron como de interés especial: 24 de importancia alimentaria, tres consideradas raras, dos aún no determinadas y una registrada por primera vez en esta área.

**Datos de producción de la carpa común *(Cyprinus carpio)* en la Estación Dulceacuícola Ricardo A. Ríos.**

Durante el periodo 2020- 2024, la Estación Dulceacuícola Ricardo A. Ríos experimentó una evolución en la producción de carpa común (*Cyprinus carpio)* y en la presentación de productores beneficiarios. Los datos reflejan un progreso significativo en el sector acuícola evidenciado tanto en el aumento de la producción como en el compromiso de los productores.

En el año 2020, se inició con 18 productores beneficiarios que alcanzaron una producción total de 4,052 peces. Sin embargo, en el año 2021, el número de beneficiarios disminuyó a 14 productores, pero la producción total aumentó considerablemente a 5,496 (ARAP, 2025).

En 2022, se presentó un nuevo desafío: la cantidad de productores se redujo aún más, pero la producción total se mantuvo en niveles significativos, registrando un total de 3,365 peces. Para el año 2023, también con nueve productores beneficiados, se registró un incremento en la producción total,

alcanzando 4,287 peces. Finalmente, en 2024 se alcanzó una gran cantidad de productores beneficiarios que aumentó significativamente a 28 productores, logrando una producción récord de 9,710 de peces (ARAP, 2025). Este aumento refleja la participación comunitaria, el arduo trabajo en equipo y la mejora continua de las capacidades productivas de la estación.

## 2.4 Protocolo de anestesia ideal para esta especie de peces de *Cyprinus carpio*

El uso de anestésicos en peces ha existido durante muchos años, evolucionando significativamente con el tiempo. Los primeros experimentos se realizaron en los años 50, utilizando compuestos como el aceite de clavo, el mentol y soluciones salinas. En los años 60, se mejoró la comprensión de la farmacología en peces y se desarrollaron técnicas de aplicación más precisas.

Durante las décadas de 1970 y 1980, se crearon anestésicos específicos para peces, incluyendo agentes como la tricaína metanosulfonato (MS-222) que es de los más utilizados en la actualidad en prácticas veterinarias. No fue hasta los años 90 cuando se realizaron nuevos estudios que perfeccionaron las técnicas de administración y centraron la investigación en minimizar los efectos adversos de la anestesia, adaptando los protocolos a diferentes especies de peces. A medida que la investigación en acuicultura avanzaba, la necesidad de anestesia en peces se hizo más evidente, lo que llevó al desarrollo de nuevos fármacos y métodos.

La elección del anestésico es crucial para los procedimientos quirúrgicos y la manipulación segura de los peces en la acuicultura e investigación. Esta

selección se realiza cuidadosamente, teniendo en cuenta la especie de pez, el procedimiento específico y otros factores relevantes.

Su utilización en los peces ha sido con el fin de reducir el estrés cuando se ven sometidos a diferentes procedimientos. Un estrés significativo puede producir mortalidad masiva en los peces.

Los mayores causantes de estrés en la acuicultura son: condiciones inadecuadas en el manejo del ciclo de cultivo, calidad del agua, alimentación inadecuada y manipulación de los animales. En acuicultura se deben elegir anestésicos con alta disponibilidad, eficiencia y bajo costo, además que no sean tóxicos para los peces ni para el personal que los aplicará.

El uso de la anestesia se realiza en cualquier procedimiento que pueda ocasionar estrés: transporte, muestreo biométrico, evaluación reproductiva, experimentos, obtención de muestras de sangre, muestreos sanitarios toma de muestras biológicas, entre otros.

# 3. MATERIALES Y MÉTODOS

## 3.1. Materiales:

- Guantes de látex
- Fármaco (Eugenol)
- 12 peceras de 110 L
- Aireadores
- Plomo
- Redes de malla
- Tuberías de ½ pulgada
- Mangueras
- Goma de Silicona
- Jeringas de 5 ml
- Jeringas de 3 ml
- Vaso químico
- Marcador
- Alevines de Carpa común
- Cámara fotográfica y vídeo
- Cronómetro
- Ictiómetro
- Pesa digital
- Alcohol al 95%
- Medidor multiparámetro portátil
- Libro y atlas de consulta
- Laptop

3.2. Métodos:

Todas las especies de peces utilizados pertenecen a la Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá, Estación Dulceacuícola Ricardo A. Rios de Gualaca, Provincia de Chiriquí.

3.2.1 Marco metodológico:

Área de estudio

El estudio se realizó en la Estación Dulceacuícola Ricardo A. Ríos, distrito de Gualaca, provincia de Chiriquí.

Localización geográfica:

***Figura 1.*** *Estación Dulceacuícola Ricardo A. Rios. distrito de Gualaca, provincia de Chiriquí 2025.*



Fuente: Dirección General de investigación y Desarrollo, Departamento de Desarrollo.

Coordenadas geográficas: Norte 8.509708, Oeste: -82.301679.

Descripción de la estación:

a. Fundación: La Estación Experimental Dulceacuícola fue fundada en 1985. Se encuentra instalada dentro de los predios de la Estación de investigación pecuaria del IDIAP, ingeniero Carlos Ortega, en la vía que conduce a la provincia de Bocas del Toro.
b. Objetivo: Desarrollar y ejecutar las investigaciones y validaciones relacionadas con los recursos acuáticos.
c. Función: está encaminada a la producción masiva de alevines de peces de forma natural y artificial de especies como tilapia, carpa, colossomas y otras variedades. Se cuenta con una capacidad instalada para producir unos tres millones de alevines por año.
d. Sistema de distribución de agua: los estanques son abastecidos por gravedad, el agua es proveniente de un canal de la localidad pasa a un reservorio con una capacidad de aproximadamente una hectárea mediante el cual se abastece el agua para los estanques y las piletas de la estación.
e. Infraestructura: Sala de reuniones, dormitorios, oficinas, depósitos, laboratorios de calidad de agua, vivero, área de estanques y piletas de concreto de diversos tamaños para el manejo y producción de peces.
f. Especies de cultivo: *Oreochromis niloticus, Oreochromis aureus, Oreochromis Sp., Cyprinus carpio, Cyprinus rubrofuscus* (carpa koi) *Cyprinus specularis (carpa espejo), Colossoma macropomum.*

g. Cantidad de hectáreas: 10 hectáreas de terreno, actualmente se utilizan cuatro.

h. Actividades que se desarrollan:

   i. Producir semillas o alevines de peces, para suplir la creciente demanda por parte de los productores de la provincia de Chiriquí y Bocas del Toro, además de otras provincias de importancia y el cordón fronterizo con Costa Rica.

   ii. Se llevan a cabo programas de capacitación e investigaciones encaminadas a mejorar la productividad acuícola en el país.

**Diseño epidemiológico**

Este estudio es experimental analítico sobre la concentración adecuada de un anestésico en peces de carpa común *(Cyprinus carpio).*

**Diseño de muestra**

**Población de estudio**

La población de este estudio está conformada por 60 peces de la especie carpa común (*Cyprinus carpio*). Estos animales se mantienen bajo condiciones controladas, con monitoreo de parámetros físicos y químicos del agua, asegurando su estabilidad y salud óptima antes del inicio del estudio. El tamaño total de la población es finito y fue la disponibilidad de la estación en cuanto al peso y longitud total solicitada. esta población nos permite aplicar métodos estadísticos específicos para determinar el número de individuos que conformarán la muestra del estudio.

**Cálculo del tamaño de Muestra**

Para calcular el tamaño de muestra, se utilizó la fórmula para poblaciones finitas, asegurando resultados estadísticamente significativos y minimizando errores muestrales:

Donde:

$$n = \frac{N.\ Z^2.\ p\ (1 - p)}{e^2.\ (N-1) + Z^2.\ p.\ (1-p)}$$

- ***N***= 70: tamaño total de la población.
- ***Z***= 1.96: valor de la distribución normal estándar para un nivel de confianza del 95%.
- ***p***= 0.5: proporción esperada de la característica (máxima variabilidad).
- ***e*** = 0.05: error muestral permitido (5%).

Sustituyendo los valores:

$$N.\ Z^2.\ p\ (1 - p) = 70.\ (1.96)^2.\ 0.5.\ (1-0.5) = 70.\ 3.8416.\ 0.25 = \mathbf{67.228}$$

$$e^2.\ (N-1) + Z^2.\ p.\ (1-p) = (0.05)^2.\ (70-1) + (1.96)^2.\ 0.5.\ (1-0.5) = 0{,}002.\ 69 + 3.41.\ 0{,}25 = 0{,}1725 + 0{,}9604 = \mathbf{1.1329}$$

$$n = \frac{67.228}{1.1329} = 59.34 \approx 60 \text{ individuos}$$

El resultado obtenido es un tamaño de muestra de aproximadamente 60 individuos. Este tamaño de muestra garantiza la representatividad estadística de los datos, manteniendo un equilibrio entre la precisión de los resultados y los recursos disponibles.

**Análisis de los datos**

Los datos obtenidos en el estudio corresponden a variables relacionadas con las características de los peces (biometrías), parámetros fisicoquímicos, tiempo de inducción, plano anestésico y recuperación. Estos datos fueron ingresados en una hoja de Microsoft Excel 2021 donde se calcularon los valores de media y desviación estándar para cada variable.

**Método de muestreo**

Se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando los individuos accesibles dentro de la población disponible en la Estación Dulceacuícola Ricardo A. Ríos. Los 60 alevines de carpa común (*Cyprinus carpio*) incluidos en la población del estudio fueron seleccionados, ya que cumplen las siguientes condiciones: estado de salud óptimo, tamaño y peso uniforme.

**Procedimiento**

**Instalación del sistema**

Para este estudio, se utilizaron 12 peceras que fueron instaladas en un área ventilada y protegida de la luz solar directa para evitar variaciones térmicas que puedan influir en los parámetros fisico- químicos del agua. Las peceras, con

una capacidad de 110 litros cada una, fueron instaladas sobre mesas para asegurar la estabilidad y facilitar el estudio. Cada pecera fue equipada con un drenaje que permite la extracción del agua de manera rápida y eficiente durante los recambios programados. Previo a su instalación, las peceras fueron sometidas a un proceso de limpieza con una solución de hipoclorito de sodio, solución con un grado clorométrico de 0,01 (ej. 30 mg/ L de cloro activo).

La distribución del agua para llenar las peceras se realiza mediante un sistema de tuberías de ½ pulgada de diámetro, conectadas a una fuente de agua de pozo. Se utiliza una válvula de control (llave) con adaptadores para controlar el flujo y garantizar la distribución uniforme. El volumen de agua necesario para cada pecera será calculado previamente en función de su capacidad (110 litros).

El sistema de aireación utiliza un blower de cinco caballos de fuerza, que garantiza un aumento de la cantidad de oxígeno en el agua de todas las peceras. El aire se distribuye a través de una red de mangueras suspendidas, a las cuales se les coloca un plomo en el extremo distal para que se mantengan fijas en el fondo de la pecera.

Las peceras fueron enumeradas de la siguiente manera: pecera N°1 - 40 mg/mL, pecera N°2 - 60 mg/mL, pecera N°3 - 80 mg/mL, pecera N°4 - 100 mg/mL, pecera N°5 - 120 mg/mL, pecera N°6 - control, pecera N°7 - recuperación, pecera N°8 - recuperación, pecera N°9 - recuperación, pecera N° 10 - recuperación, pecera N° 11 - recuperación, pecera N°12 - recuperación.

**Calibración del sistema**

Se realizó la calibración del sistema para establecer condiciones estables antes de iniciar el estudio. En esta fase, se verificaron parámetros esenciales como temperatura (23-26°C), oxígeno disuelto (0,3-0,5 mg/L) y pH (6.5-9.0), utilizando un medidor multiparámetro previamente calibrado. La temperatura fue registrada dos veces al día, al inicio de la jornada y en la tarde, para detectar posibles variaciones que puedan afectar a los peces.

Estas medidas, junto con el monitoreo constante, permiten evaluar la estabilidad del ambiente, minimizando el impacto de factores externos en los resultados del estudio.

**Colecta y evaluación sanitaria de los individuos**

Previo a la colecta de los peces, se realiza una inspección inicial, luego se empieza con la observación general de la pileta, evaluación de la calidad del agua (monitoreo de parámetros fisicoquímicos), inspección visual de los peces (comportamiento, apariencia física, coloración), en la anamnesis se concluye que en la pileta no se han presentado mortalidades y la alimentación ha sido normal.

Se seleccionaron 60 alevines de *Cyprinus carpio*, se tomaron datos biométricos de peso y longitud total (Lt) utilizando una balanza digital y un ictiómetro, respectivamente. Este estudio anticipa un margen de mortalidad y asegura un número de peces suficiente de individuos para el desarrollo del mismo. De presentarse mortalidades durante este proceso de descarte de animales con el que cuenta la estación experimental, se tomarán las medidas correctivas

pertinentes. De igual manera, se mantendrá un tamaño muestral suficiente para la obtención de datos estadísticamente significativos y confiables.

| Biometrías | | |
|---|---|---|
| # DE PEZ | PESO (g) | LONGITUD TOTAL (cm) |
| 1 | 16.2 | 10.9 |
| 2 | 11.3 | 9.5 |
| 3 | 11.2 | 9.3 |
| 4 | 11 | 9.1 |
| 5 | 11 | 9 |
| 6 | 9.8 | 8.8 |
| 7 | 19.5 | 11 |
| 8 | 14.5 | 10 |
| 9 | 16 | 10.5 |
| 10 | 16.6 | 10.5 |
| 11 | 6.9 | 7.8 |
| 12 | 17.1 | 10.5 |
| 13 | 19.8 | 11 |
| 14 | 10.8 | 9 |
| 15 | 12.7 | 10 |
| 16 | 16.4 | 10.5 |
| 17 | 10 | 9 |
| 18 | 7.8 | 8 |
| 19 | 7.1 | 8.5 |
| 20 | 12.9 | 9 |

| | | |
|---|---|---|
| | **12.93 ± 3.90 g** | **9.60 ± 0.99 cm** |

***Tabla 2.*** *Biometría de 20 individuos escogidos aleatoriamente de los seleccionados para el estudio.*

**Traslado y distribución de los individuos**

Los peces son extraídos utilizando una red de malla fina, para evitar lesiones. Se trasladaron a las peceras un día antes del inicio del protocolo de anestesia. Este proceso incluye la adaptación gradual a los parámetros fisicoquímicos del agua del sistema, como temperatura, pH y oxígeno disuelto. Durante este periodo, se realizaron observaciones para detectar signos de estrés o mortalidad.

Distribución de los individuos: se utilizaron 60 alevines de *Cyprinus carpio* y se distribuyen en seis peceras (de la pecera N°1 a la pecera N°6) colocando 10 individuos en cada una, procurando que la densidad de siembra sea baja, para garantizar el bienestar de los animales durante el desarrollo del estudio.

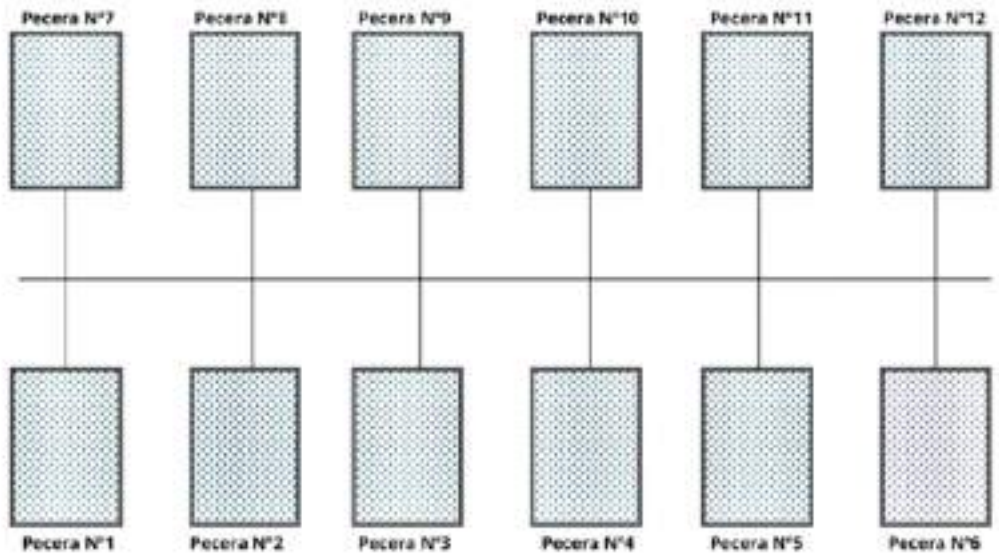


***Figura 2**. Diagrama de distribución y ubicación de las 12 peceras en la mesa en una vista lateral izquierda.*

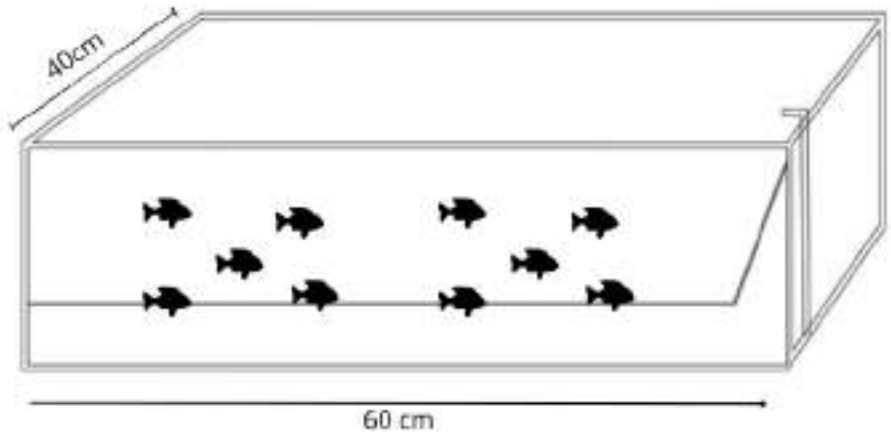



***Figura 3.** Diagrama de distribución de individuos por pecera.*

**Preparación del anestésico**

Debido a la estructura hidrófoba del aceite de clavo, que presenta baja solubilidad en agua, se hace necesario utilizar un disolvente que actúe como intermediario entre sustancias polares (agua) y apolares (aceites) para facilitar la distribución uniforme de los componentes.

Se realiza la preparación de la solución madre con una concentración inicial de 1000 mg/mL, se preparó una solución utilizando alcohol al 95% en una proporción de 9:1 (nueve partes de alcohol por una parte de eugenol), siguiendo el protocolo de Anderson et al. (1997). A partir de esta solución madre, se realizaron diluciones para obtener las siguientes concentraciones: 0,8 mL (40 mg/L), 1,2 mL (60 mg/L), 1,6 mL (80 mg/L), 2 mL (100 mg/L) y 2,4 mL (120 mg/L) de aceite de clavo por cada 20 L de agua. La dilución del alcohol se realizó considerando que el volumen total era de 5 mL. Estas

concentraciones fueron seleccionadas tras revisar estudios previos relevantes (Anderson et al., 1997; Keene et al., 1998; Griffiths, 2000).

La dosis se calculó en función del volumen deseado, utilizando la fórmula:

$$Dosis = \frac{Volumen(L) \times Concentración\ deseada\ (mg/L)}{Concentración\ del\ producto\ (mg/mL)}$$

La aplicación del anestésico se realizó mezclando el eugenol diluido con alcohol en el agua de las peceras que contienen 20 L de agua cada una, para asegurar una distribución homogénea, el anestésico se mezcló manualmente durante cinco minutos, utilizando una varilla de plástico estéril, evitando las acumulaciones del eugenol.

El eugenol, al ser soluble en alcohol, se disuelve al entrar en contacto con el agua, garantizando que las concentraciones se distribuyeran de manera uniforme en toda la pecera. Este método mejora la absorción del anestésico. Se monitorean los parámetros físicos- químicos del agua como la temperatura y la oxigenación del agua antes y después de la aplicación del anestésico para evitar variaciones que pudieran afectar la eficacia del anestésico.

**Desarrollo del estudio**

El estudio fue realizado en la estación Dulceacuícola Ricardo A. Ríos, en Gualaca, se muestrearon 60 alevines (n=60). Se utiliza una tabla de datos para recolectar información correspondiente a la especie, edad, peso, tipo de alimentación, cambios fisicoquímicos del agua, tiempo de inducción, duración

del plano anestésico, tiempo de recuperación y la concentración de eugenol (aceite de clavo) utilizada por pecera.

Los alevines fueron divididos aleatoriamente en seis grupos de 10 individuos cada uno, clínicamente sanos, de un promedio de 12.93 ± 3.90 g y 9.60 ± 0.99 cm de longitud estándar. Los animales provenían de una pileta de tres metros de largo x 0,9 de ancho con una altura de 1,10m, fueron alimentados con concentrado comercial al biomar de 36% de proteína.

Se establecieron cinco concentraciones de eugenol (I: 40, II: 60, III:80, IV: 100 y V: 120 mg/L) el anestésico fue disuelto en las peceras. Esta es la forma más sencilla de aplicar anestesia en peces. El animal empezará a absorber el anestésico a través de las branquias, lo que provoca que el sistema nervioso se deprima hasta llegar a un estado en el que no es sensible, el eugenol (aceite de clavo) proporciona sedación, permite su manejo y se evita el estrés.

En cada concentración se evaluaron 10 animales. Se utilizó una clasificación modificada basada en las etapas descritas por Vázquez et al. (2013). La inducción de la anestesia se supervisó, registrando el tiempo hasta la pérdida del equilibrio (Fase 3) y la pérdida total de reflejos (Fase 5), según la tabla de fases anestésicas en peces descrita en la sección 2.2 del documento.

Durante el desarrollo del estudio, se utilizó un medidor multiparámetro (sonda multiparamétrica) para garantizar el monitoreo y control de las condiciones fisicoquímicas del agua, (tabla 3), esenciales para brindarle bienestar de los alevines y la precisión de los resultados. Entre los parámetros evaluados se incluyeron:

- Oxígeno disuelto (ppm y %): Este parámetro fue fundamental para evaluar la cantidad de oxígeno disponible en el agua, asegurando niveles adecuados para la respiración de los peces. El oxígeno disuelto se midió en partes por millón (ppm) y en porcentaje (%), permitiendo un análisis detallado de las variaciones en función de las condiciones del agua y la concentración de eugenol utilizada.
- Temperatura (°C): La temperatura del agua se mantuvo dentro de un rango óptimo para la especie (*Cyprinus carpio*), ya que influye directamente en la fisiología de los peces, la solubilidad del oxígeno y la eficacia del eugenol.
- pH: El equilibrio ácido-base del agua se verificó regularmente, asegurando valores dentro de un rango apropiado para los alevines. Un pH estable es crucial, ya que niveles extremos pueden causar estrés o alterar la absorción del anestésico.
- TDS (Sólidos disueltos totales): Se evaluó la concentración de sólidos disueltos en el agua, un indicador de la calidad general del medio acuático. Este parámetro permitió identificar posibles acumulaciones de sustancias que pudieran influir en el metabolismo de los peces o en la acción del anestésico.
- Salinidad: *Cyprinus carpio* es una especie de agua dulce, la salinidad fue monitoreada para garantizar que se mantuviera en niveles adecuados y estables, evitando cualquier posible alteración en el comportamiento de los alevines durante el estudio.

Estos parámetros fueron controlados antes, durante y después de la exposición al eugenol, garantizando condiciones estables que permitieran una

evaluación precisa de los efectos del anestésico. El monitoreo constante de estos factores contribuyó significativamente a la fiabilidad de los resultados y al bienestar de los peces, asegurando un ambiente controlado y seguro durante todo el experimento.

**Tabla 3.** Parámetros fisicoquímicos del agua del día anterior del estudio donde se encontraban los alevines

| # de Pecera | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | 6.84± 0.2 | 6.5 ± 0.06 | 6.57 ± 0.07 | 6.51 ± 0.08 | 6.50 ± 0.04 | 6.48 ± 0.03 | 6.34 ± 0.10 | 6.37 ± 0.08 | 6.41 ± 0.05 | 6.44 ± 0.04 | 6.44 ± 0.05 |
| OD (%) | 37.4 ± 10.8 | 42.3 ± 7.2 | 43.30 ± 8.63 | 44.95 ± 7.57 | 47.90 ± 6.51 | 49.85 ± 6.72 | 64.95 ± 5.16 | 64.25 ± 4.88 | 63.00 ± 4.81 | 58.19 ± 3.23 | 56.55 ± 8.70 |
| OD (ppm) | 2.91 ± 0.8 | 3.2 ± 0.5 | 3.37 ± 0.65 | 3.50 ± 0.57 | 3.73 ± 0.48 | 3.87 ± 0.48 | 5.05 ± 0.36 | 5.00 ± 0.34 | 4.91 ± 0.34 | 4.66 ± 0.50 | 4.37 ± 0.61 |
| TDS (ppm) | 23 ± 1.4 | 23.5 ± 0.7 | 23.50 ± 0.71 | 23.50 ± 0.71 | 23 ± 1.41 | 23 ± 1.41 | 22 ± 0 | 22 ± 0 | 22 ± 0 | 23 ± 0 | 22.50 ± 0.71 |
| PSU | 0.02 ± 0 | 0.02 ± 0 | 0.02 ± 0 | 0.02 ± 0 | 0.02 ± 0 | 0.02 ± 0 | 0.02 ± 0 | 0.02 ± 0 | 0.02 ± 0 | 0.02 ± 0 | 0.02 ± 0 |
| T (°C) | 27.83 ± 0.4 | 27.71 ± 0.3 | 23.50 ± 0.71 | 27.76 ± 0.41 | 27.75 ± 0.42 | 27.88 ± 0.54 | 27.89 ± 0.40 | 27.80 ± 0.36 | 27.73 ± 0.33 | 27.84 ± 0.40 | 27.93 ± 0.46 |

**Tabla 4.** Parámetros fisicoquímicos del agua del día del estudio.
*I: inducción, PA: Plano anestésico R: recuperación*

| # DE PECERA | Pecera N°1 40 mg /mL | | | Pecera N°2 60 mg /mL | | | Pecera N°3 80 mg /mL | | | Pecera N°4 100 mg /mL | | | Pecera N°5 120 mg /mL | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fase de la anestesia** | **I** | **PA** | **R** | **I** | **PA** | **R** | **I** | **PA** | **R** | **I** | **PA** | **R** | **I** | **PA** | **R** |
| **pH** | 6.64 | 6.65 | 6.35 | 6.29 | 6.08 | 6.16 | 6.67 | 6.58 | 6.41 | 6.47 | 6:31 | 6.25 | 6.29 | 6.19 | 6.18 |
| **OD (%)** | 39.3 | 43.7 | 65.6 | 77.2 | 81.1 | 80.4 | 5.25 | 72.5 | 76.3 | 69.6 | 75.2 | 91. | 74.6 | 88.8 | 87.4 |
| **OD (ppm)** | 3.14 | 3.42 | 5.25 | 6.14 | 6.4 | 6.42 | 4.76 | 5.73 | 6.04 | 5.4 | 5.91 | 7.21 | 5.87 | 6.93 | 6.86 |
| **TDS (ppm)** | 31 | 32 | 31 | 27 | 23 | 27 | 28 | 23 | 28 | 27 | 27 | 27 | 23 | 23 | 23 |
| **PSU** | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| **T (°C)** | 26.67 | 27.83 | 26.25 | 26.62 | 26.36 | 26.4 | 26.9 | 26.9 | 26.8 | 27.1 | 27.21 | 27.23 | 27.18 | 27.62 | 27.27 |

**Tabla 5.** parámetros fisicoquímicos del agua del día después del estudio.

| # de Pecera | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **pH** | 6.83 ± 0.25 | 6.69 ± 0.24 | 6.62 ± 0.23 | 6.62 ± 0.18 | 6.61 ± 0.17 | 6.63 ± 0.16 |
| **OD (%)** | 48.55 ± 6.86 | 51.40 ± 7.78 | 54.35 ± 7.42 | 57.80 ± 4.10 | 57.90 ± 7.64 | 58.95 ± 7.42 |
| **OD (ppm)** | 3.83 ± 0.57 | 4.07 ± 0.66 | 4.30 ± 0.62 | 4.33 ± 0.71 | 4.59 ± 0.66 | 4.66 ± 0.66 |
| **TDS (ppm)** | 31.50 ± 0.71 | 29.50 ± 0.71 | 30.50 ± 0.71 | 30.50 ± 0.71 | 29.50 ± 0.71 | 29.00 ± 0 |
| **PSU** | 0.03 ± 0 | 0.03 ± 0 | 0.03 ± 0 | 0.03 ± 0 | 0.03 ± 0 | 0.03 ± 0 |
| **T (°C)** | 27.03 ± 0.5 | 26.88 ± 0.49 | 26.82 ± 0.53 | 26.90 ± 0.57 | 26.83 ± 0.64 | 26.96 ± 0.85 |

El eugenol permite alcanzar planos anestésicos adecuados que garanticen la inmovilización completa de los peces durante los procedimientos. Es crucial que, además de proporcionar una anestesia efectiva, se asegure el bienestar de los animales en todo momento, minimizando el estrés y cualquier posible sufrimiento. Se observará a los alevines para evaluar la eficacia de la anestesia. Se tomará nota de cualquier comportamiento anómalo o reacción adversa, como respiración irregular, hiperactividad o letargo prolongado.

## 4. RESULTADOS

El estudio se realizó con 60 alevines de carpa común (*Cyprinus carpio*), los cuales presentaron un peso promedio de 12.93 ± 3.90 g, una longitud total promedio de 9.60 ± 0.99 cm y una edad de 2 meses. Los peces fueron sometidos a cinco concentraciones diferentes de eugenol (40, 60, 80, 100 y 120 mg/L) para evaluar su eficacia como anestésico bajo parámetros controlados. Los criterios de evaluación durante el tratamiento fueron los siguientes:

- Tiempo de inducción: Se midió desde el momento en que los peces fueron expuestos al anestésico hasta que perdieron el equilibrio. Fase tres).
- Duración del plano anestésico: Corresponde al tiempo que los peces permanecieron en la fase cinco.
- Tiempo de recuperación: Se midió desde que los peces fueron transferidos a la pecera de recuperación, hasta que recuperaron completamente sus reflejos y su actividad motora normal.

Se observó que el tiempo de inducción anestésica disminuyó proporcionalmente al incremento en la concentración del eugenol. En la concentración más baja (40 mg/L), los peces tardaron más en alcanzar el plano anestésico, mientras que en la concentración más alta (120 mg/L), el tiempo de inducción fue significativamente más rápido. Esto evidencia la relación directa entre la dosis del anestésico y la rapidez de su efecto.

El tiempo de duración en el plano anestésico también mostró diferencias significativas según la concentración utilizada. En concentraciones bajas (40-60 mg/L), los peces permanecieron en un estado anestésico más breve, mientras que en concentraciones altas (100 – 120 mg/L), el efecto fue más prolongado, lo que es útil para procedimientos que requieren mayor inmovilización.

Finalmente, el tiempo de recuperación fue más rápido en las concentraciones intermedias (60 -80 mg/L), lo que indica que estas dosis ofrecen un equilibrio entre eficacia y seguridad.

Es importante resaltar que todos los peces se recuperaron completamente sin presentar signos de estrés o mortalidad durante el estudio. El tiempo máximo de exposición registrado fue de 15 minutos, primordialmente, en la concentración de 40 mg/mL. Esto se atribuye a las diferencias fisiológicas entre los individuos, lo que afecta la farmacocinética del compuesto y su respuesta en cada organismo.

Todos los peces se recuperaron de la anestesia. La diferencia significativa en los tiempos de recuperación fue independiente de la solución anestésica. En

las 24 horas posteriores al estudio no se registró muerte de los peces utilizados.

En las siguientes gráficas se observan las variables utilizadas para este estudio como: tiempo de inducción, plano anestésico y tiempo de recuperación del protocolo de anestesia con las diferentes concentraciones utilizadas.




***Gráfica 1.*** *Tiempo de Inducción en alevines (s) Concentración eugenol (mg/L)*

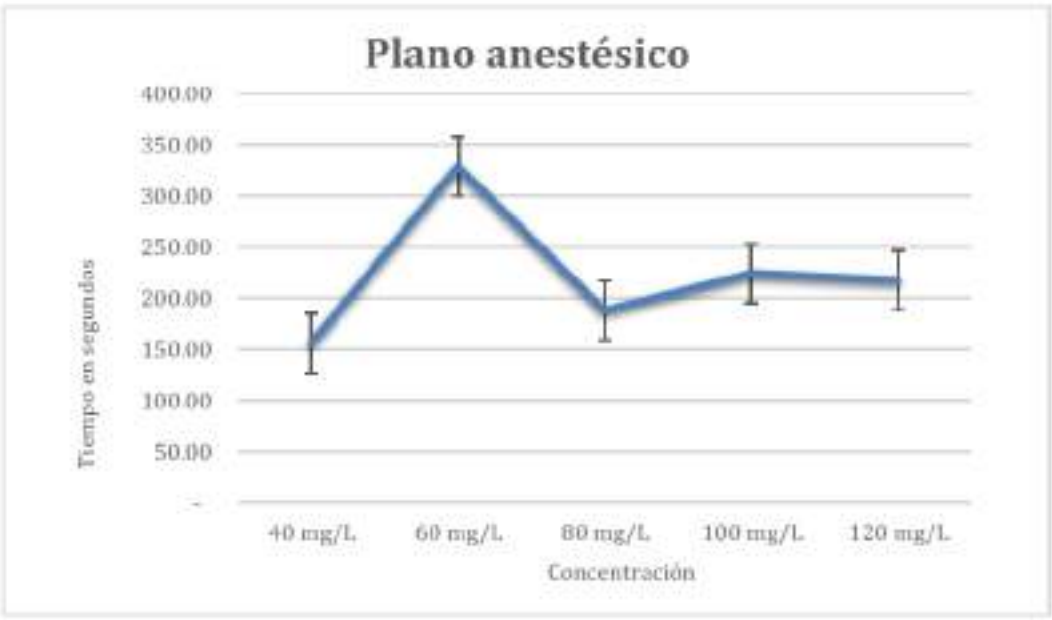
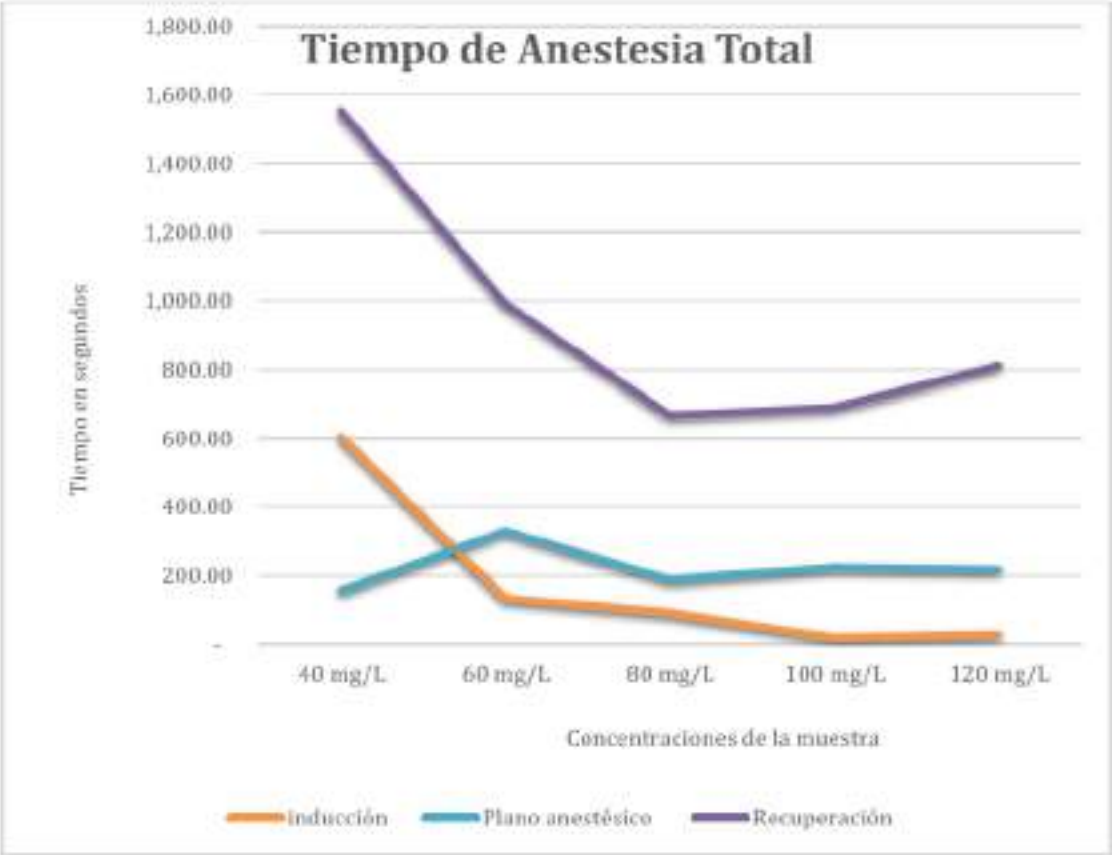


***Gráfico 2.*** *Tiempo de plano anestésico (s) vs Concentración del eugenol (mg/L)*




***Gráfica 3.*** *Tiempo de recuperación en alevines (s) vs Concentración del eugenol (mg/L)*

Los resultados sugieren que el eugenol es un anestésico eficaz para la carpa común, especialmente en concentraciones de 60 - 80 mg/L, donde se logra un equilibrio óptimo entre el tiempo de inducción, duración anestésica y recuperación. Esto lo posiciona como una herramienta ideal para procedimientos en la acuicultura que requieren manejo controlado de peces.




***Gráfica 4.*** *Tiempo total de anestesia (Inducción y recuperación) a cinco concentraciones de eugenol en peces de carpa común (Cyprinus carpio).*

## 5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio confirman la eficacia del eugenol como anestésico adecuado para alevines de carpa común (*Cyprinus carpio*), evidenciando un efecto dosis-dependiente tanto en el tiempo de inducción como en la duración del plano anestésico y la recuperación.

Según González Escobar (2002), el eugenol tiene una rápida absorción a través de las branquias, lo que facilita su acción inmediata en el sistema nervioso central. Esta observación se correlaciona directamente con los hallazgos de este trabajo, donde se observó que las concentraciones más altas (100 -120 mg/L) redujeron significativamente el tiempo de inducción anestésica.

Comparando con otros estudios similares, Millán-Ocampo et al. (2012) reportaron que en peces ángel (*Pterophyllum scalare*), el eugenol también mostró un comportamiento dosis-dependiente, con concentraciones bajas resultando en tiempos de inducción más largos y una recuperación más rápida.

En este estudio, se observó un comportamiento similar, especialmente en concentraciones de 40 y 60 mg/L, donde los peces se recuperaron rápidamente sin signos de estrés. Este resultado es clave en la acuicultura, ya que una recuperación rápida permite minimizar el impacto en la salud de los peces y garantizar su bienestar durante procedimientos rutinarios.

Por otro lado, al comparar las concentraciones más altas, como las utilizadas en este trabajo (100- 120 mg/L), con las reportadas por Tang et al. (2022) en camarones (*Litopenaeus vannamei*), se observó que las concentraciones

elevadas de eugenol prolongan el tiempo anestésico, lo que es beneficioso en procedimientos más invasivos o de larga duración. Sin embargo, estos mismos autores advierten sobre la necesidad de monitorear los niveles de oxígeno, ya que la depresión del sistema nervioso puede afectar la ventilación branquial.

Este hallazgo resalta la importancia de mantener una aireación adecuada, como se hizo en este estudio, donde se usaron sistemas de aireación controlados para evitar hipoxia en los alevines.

Además, es importante destacar que, según Inoue et al. (2003), la temperatura del agua puede influir significativamente en la acción del eugenol, con temperaturas más altas acelerando su absorción y efecto. Esto fue corroborado en este estudio, ya que las condiciones ambientales controladas permitieron observar una respuesta uniforme en los peces, eliminando variaciones que pudieran atribuirse a factores externos.

En cuanto al bienestar animal, no se registraron mortalidades ni alteraciones significativas en el comportamiento post-recuperación, lo cual coincide con las observaciones de Espinosa Cervantes y Rosado (2021) en peces cebra (*Danio rerio*).

Estos autores también destacan que el eugenol es menos estresante para los peces en comparación con otros anestésicos como la benzocaína esto refuerza su utilidad y confiabilidad en el manejo de peces durante diversas actividades acuícolas, asegurando tanto su bienestar como la eficiencia en los procedimientos.

Por último, los resultados obtenidos en este trabajo posicionan al eugenol como una alternativa económica y eficaz en acuicultura. Según Llanos y Scotto (2010), su bajo costo y disponibilidad lo hacen especialmente adecuado para productores que manejan grandes volúmenes de peces. Sin embargo, estos mismos autores enfatizan la necesidad de respetar los tiempos de retirada para evitar residuos en los tejidos, un aspecto que debe ser explorado más a fondo en futuras investigaciones.

## 6. CONCLUSIONES

Terminado este proyecto, he llegado a las siguientes conclusiones:

- El eugenol demostró ser un anestésico eficaz para alevines de carpa común, demostrando una dosis-dependiente donde las concentraciones más altas (100 -120 mg/L) redujeron significativamente el tiempo de inducción.
- Las concentraciones más bajas (60 - 80 mg/L) lograron un equilibrio entre una inducción rápida, una duración adecuada de la anestesia y tiempos de recuperación eficiente.
- Los tiempos de recuperación fueron satisfactorios en todas las concentraciones probadas, sin signos visibles de estrés, ni mortalidad confirmando la seguridad del eugenol cuando se usa de la manera adecuada y se mantiene una observación constante.
- Este estudio afirma la importancia de mantener las condiciones ambientales controladas para optimizar la efectividad del anestésico y minimizar los riesgos.
- Los resultados de este estudio coinciden con investigaciones globales sobre la utilidad del eugenol, respaldando su utilidad como una alternativa rentable con respecto a los anestésicos en la acuicultura.
- El uso de eugenol en bajas dosis en la anestesia de carpas común (*Cyprinus carpio)* minimiza el riesgo de daño fisiológico en los peces, asegurando que la recuperación sea rápida y sin efectos adversos a la salud.

- El uso en bajas dosis garantiza un equilibrio entre eficacia, seguridad y sostenibilidad, favoreciendo tanto a los animales como al entorno y a las operaciones que dependen de su manejo.

## 7. RECOMENDACIONES

Presentadas las conclusiones, considero oportunas estas recomendaciones:

- Realizar estudios adicionales sobre los efectos a largo plazo del eugenol en términos de salud, comportamiento y reproducción. Dichos estudios se pueden considerar en diversas especies de peces, tamaños y desarrollo de los peces, ya que la respuesta al eugenol puede variar significativamente según las características fisiológicas de cada una, buscando siempre minimizar los riesgos e incrementando su eficiencia en su aplicación.
- Investigar los posibles impactos que tiene el eugenol, negativamente en la calidad del agua y en los microorganismos presentes en el ambiente.
- Exhortar la realización de trabajos de investigación sobre la anestesia en peces, ya que se desconoce el uso de esta.
- Analizar dosis óptimas del eugenol, tiempos de recuperación y posibles efectos secundarios en distintas especies. Esto será de utilidad para contribuir al bienestar animal en la acuicultura y a una mejora de los protocolos en centros de investigación, producción y conservación de especies acuáticas.

## 8. REFERENCIAS CITADAS


1. Asociación Empresarial de Acuicultura de España. (2022). Guía sobre el bienestar de los peces en la acuicultura *española*. Apromar.es. Recuperado el 11 de junio de 2024 https://apromar.es/wp-content/uploads/2022/10/APROMAR-Guia-Bienestar_ESP.pdf
2. Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá. (s/f-a). Gob.pa. Recuperado el 16 de mayo de 2024, de https://arap.gob.pa/divisa-tilapia-nilotica/
3. Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá. (s/f-b). Gob.pa. Recuperado el 18 de mayo de 2024, de https://arap.gob.pa/unidad-ambiental/fauna-marina-2/
4. Chacón-Guzmán, R. (2010). *Concentración y tiempo máximo de exposición de juveniles de pargo manchado (Lutjanus guttatus) al eugenol (Syzygium aromaticum). Revista de Ciencias Marinas y Costeras*, 2, 27-36. Recuperado de https://www.redalyc.org/journal/6337/633766165001/
5. Espinosa Cervantes, R., & Rosado, A. (2021). *Los aceites esenciales herbales como anestésicos en peces cebra (Danio rerio)*. Recuperado de https://www.academia.edu/121252763/Los_aceites_esenciales_herbales_como_anest%C3%A9sicos_en_peces_cebra_Danio_rerio_
6. FAO- Cyprinus carpio. (s/f). Fao.org. Recuperado el 16 de mayo de 2024, de https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/I1129m/file/es/.!52682!es_commoncarp.htm

7. Gallo, G. (s/f). Anestesia: garantía en procedimientos con peces. Inecol.mx. Recuperado el 18 de mayo de 2024, de https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/planta-del-mes/17-ciencia-hoy/2175-anestesia-garantia-en-procedimientos-con-peces
8. González Escobar, R. (2002). Eugenol: propiedades farmacológicas y toxicológicas. Ventajas y desventajas de su uso. *Revista cubana de estomatología*, *39*(2), 139–156. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75072002000200005
9. Gómez, L. C., Chippari-Gómez, A. R., López, N. P., Roubach, R., & Araujo-Lima, C. A. R. M. (2001). Efficacy of Benzocaine as an Anesthetic in Juvenile Tambaqui *Colossoma macropomum*. *Journal of the World Aquaculture Society*, *32*(4), 426–431. https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2001.tb00470.x
10. HajekG, J., Kłyszejko, B. y Dziaman, R. (2006). Los efectos anestésicos del aceite de clavo en la carpa común, Cyprinus carpio L. *Acta Ichthyologica Et Piscatoria*, *36*, 93-97. Recuperado el 11 de junio de 2024, de https://www.semanticscholar.org/paper/The-anaesthetic-effects-of-clove-oil-on-common-L.-HajekG-K%C5%82yszejko/7d38bff8502c73600a53c605ed1495f12492e6e9
11. Hamáčková, J., Kouril, J., Kozák, P., & Stupka, Z. (2006). Clove oil is an anaesthetic for different freshwater fish species. Recuperado de https://www.agrojournal.org/12/02-04-06.pdf

12. Informes nacionales sobre el desarrollo de la acuicultura en América latina. (s/f). Fao.org. Recuperado el 16 de mayo de 2024, de https://www.fao.org/4/ad020s/AD020s14.htm

13. Inoue, L. A. K. A., et al. (2003). *Clove oil anaesthetic for juveniles of matrinxã*. Ciência Rural, 33(5), 943–947. (S/f-g). Recuperado el 7 de diciembre de 2024, de https://www.researchgate.net/publication/26364747_Clove_oil_as_anaesthetic_for_juveniles_of_matrinxa_Brycon_cephalus_Gunther_1869

14. Llanos, C., & Scotto, C. (2010). *Eugenol como anestésico para labores de manipulación de Xiphophorus helleri (Heckel, 1848) (Cyprinodontiformes: Poeciliidae)*. Recuperado de https://www.academia.edu/106767069/Eugenol_como_anest%C3%A9sico_para_labores_de_manipulaci%C3%B3n_de_xiphophorus_helleri_heckel_1848_cyprinodontiformes_poecilidae_

15. Marín-Méndez, G. A., Torres-Cortés, A., Rondón-Barragán, I. S. (2012). *Toxicidad aguda del eugenol en alevinos de cachama blanca (Piaractus brachypomus)*. *Orinoquia*, 16(2), 207-215. Recuperado de https://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/download/252/740

16. Martins, K. V. B., Silva, S. B., da Silva Cardoso, A. J., Salaro, A. L., de Moraes França Ferreira, P., Freitas, M. B., & Zuanon, J. A. S. (2024). Effectiveness and safety of clove oil and common salt in the long-term transport of Cyprinus carpio. *Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)*, *583*(740532), 740532. Recuperado el 11 de junio de 2024 https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.740532

17. Millán-Ocampo, L., Torres-Cortés, A., Marín-Méndez, G. A., Ramírez-Duart, W., Vásquez-Piñeros, M. A., & Schroniltgen Rondón-Barragán, I. (2012). concentración anestésica del eugenol en peces escalares (pterophyllum scalare). Revista de investigaciones veterinarias del Perú, 23(2), 171–181. Recuperado el 11 de junio de 2024 http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172012000200007

18. Mazzafera, P. (2003). Efeito alelopático do extrato alcohólico do cravo-da-india e eugenol. *Revista Brasileira de Botánica. Brazilian Journal of Botany, 26*(2), 231–238. https://doi.org/10.1590/s0100-84042003000200011

19. *Mejora de la calidad del agua en los estanques*. (s/f). Fao.org. Recuperado el 27 de diciembre de 2024, de https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s02.htm

20. Osuna, J. R. (s/f). *Cuadernos Metodológicos*. Recuperado el 19 de diciembre de 2024, de https://libreria.cis.es/static/pdf/001.pdf

21. Pérez-Ribeiro, P. A., Santos Costa, L., Augusto Eloy, Â., Vieira e Rosa, P., & Solís Murgas, L. D. (2010). *Aceite de Clavo como anestésico para el pez pacu (Piaractus mesopotamicus)*. Digitum.um.es. Recuperado el 18 de mayo de 2024, de https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/20624/1/Aceite%20de%20clavo%20como%20anestesico%20para%20el%20pez%20pacu%20piaractus%20mesopotamicus..pdf

22. Roubach, R., Gómez, L. C., Leao Fonseca, F. A., & Val, A. L. (2005). Eugenol as an efficacious anaesthetic for tambaqui, Colossoma macropomum (Cuvier). *Aquaculture Research*, *36*(11), 1056–1061. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01319.x

23. Roubach, R., Gomes, L. de C., & Val, A. L. (2001). Safest level of tricaine methanesulfonate (ms-222) to induce anesthesia in juveniles of Matrinxã, Brycon cephalus. *Acta Amazónica*, *31*(1), 159–163. https://doi.org/10.1590/1809-43922001311163

24. Sorroza, L. S., Universidad de Machala. Ecuador, Ajila, C. M., Santacruz-Reyes, R. A., Universidad de Machala. Ecuador, Universidad de Machala. Ecuador. (2020). Uso de un anestésico artesanal para la manipulación de peces (Andinoacara rivulatus). Espacios, 41(49), 267–273. Recuperado el 11 de junio de 2024 https://doi.org/10.48082/espacios-a20v41n49p22

25. Sharifpour, A. Soltani, M. Abdolhai, H. Ghauomi, R. (2003). Estudio de los efectos anestésicos del aceite de clavo (Eugenia caryophyllata) en carpa común (Cyprinus carpio) en diversas condiciones de pH y temperatura. Aquadocs.org. Recuperado el 11 de junio de 2024, de https://aquadocs.org/handle/1834/12771

26. (S/f-a). Unirioja.es. Recuperado el 17 de mayo de 2024, de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?código=5429515

27. (S/f-b). Unirioja.es. Recuperado el 17 de mayo de 2024, de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?código=7083491

28. (S/f-c). Researchgate.net. Recuperado el 17 de mayo de 2024, de https://www.researchgate.net/profile/Verónika-Piackova-

2/publication/237549248_Effects_of_clove_oil_anaesthesia_on_common_carp_Cyprinus_carpio_L/links/00463528f08839dbf6000000/Effects-of-clove-oil-anaesthesia-on-common-carp-Cyprinus-carpio-L.pdf

29. Tang, Y., Zhang, H., Yang, G., Fang, C., Kong, C., Tian, L., & Huang, X. (2022). Pharmacokinetics studies of eugenol in Pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei) after immersion bath. *BMC Veterinary Research*, *18*(1). https://doi.org/10.1186/s12917-022-03145-3
30. *Timol.* (s/f). Quimica.es. Recuperado el 3 de febrero de 2025, de https://www.quimica.es/enciclopedia/Timol.html
31. Urzúa Pizarro, N., Mancini, M., Messina, M. J., Errecalde, C., Salinas, V., Lüders, C., & Prieto, G. (2022). Evaluación de cuatro anestésicos en peces cebo de agua dulce (Cheirodon interruptus) (Ostariophysi: Characidae). Revista de investigaciones veterinarias del Perú, 33(4), e21486. https://doi.org/10.15381/rivep.v33i4.21486
32. Vista de producción acuícola de tilapia nilótica (oreochromis niloticus) en estanque rústico de áreas rurales, Metetí, Darién. (s/f). Up.ac.pa. Recuperado el 16 de mayo de 2024, de https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/4444/3640
33. Xu, Y., Jiao, Y., Yang, J., Tan, A., Ou, D., Song, X., & Lv, S. (2023). The pharmacokinetic and residue depletion study of eugenol in carp (Cyprinus carpio). *Frontiers in veterinary science*, *9*. https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1097812
34. Yousefi, M., Hoseini, S. M., Vatnikov, Y. A., Nikishov, A. A., & Kulikov, E. V. (2018). Thymol as a new anesthetic in common carp *(Cyprinus carpio)*: Efficacy and physiological effects in comparison with eugenol.

Aquaculture (Amsterdam, Netherlands), 495, 376–383.Recuperado el 11 de junio de 2024 https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.06.022

35. Zahran, E., Risha, E., & Rizk, A. (2021). Comparison propofol and eugenol anesthetics efficacy and effects on general health in Nile Tilapia. Aquaculture (Amsterdam, Netherlands), 534(736251), 736251. Recuperado el 11 de junio de 2024 https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736251

## ANEXOS



***Figura 4.*** *Instalación de las mangueras para la aireación de las peceras.*



***Figura 5.*** *Instalación de las 12 peceras para el estudio.*



***Figura 6.*** *Biometrías de los individuos antes de realizar el estudio.*

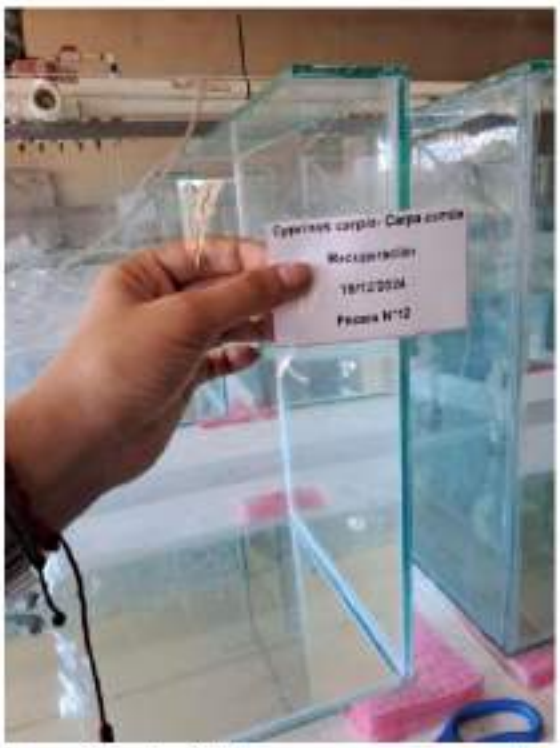


***Figura 7.*** *Colocación de rótulos por pecera para llevar un orden.*



***Figura 8.*** *Medición de parámetros fisicoquímicos del dia anterior al estudio.*



***Figura 9.*** *Preparación del anestésico con eugenol (aceite de clavo)*



***Figura 10.*** *Alevines en periodo de inducción (Fase 3) con el anestésico eugenol (aceite de clavo)*



***Figura 11.*** *Alevines en plano anestésico (Fase 5) con eugenol (aceite de clavo)*



***Figura 12.*** *Devolución de individuos en la pecera para medir el tiempo de recuperación.*



***Figura 13.*** *Alevines en periodo de recuperación.*



***Figura 14.*** *Medición de parámetros fisicoquímicos el día después del estudio.*




***Figura 15.*** *Eugenol (aceite de clavo) utilizado durante el estudio.*

Chiriquí, 23 de marzo de 2025

Señores:
**COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADO**
**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA**
**ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**

E.S.D

Respetados Señores:

Certifico que he leído el trabajo de grado titulado: ***ESTANDARIZACIÓN DE PROTOCOLO DE ANESTESIA CON EUGENOL (ACEITE DE CLAVO) EN ALEVINES DE CARPA COMÚN (CYPRINUS CARPIO) EN LA AUTORIDAD DE LOS RECURSOS ACUÁTICOS DE PANAMÁ,*** elaborado por la estudiante **Meredith Jassibel Villarreal** Cuevas con cédula: **4-814-299** y he realizado las correcciones pertinentes en lo relacionado a la redacción, lingüística, gramática, sintaxis, estructura de la lengua y ortografía, correspondientes al idioma español y según las **Normas APA, 2025**.

Atentamente,



**Profesora: Migdalia E. Delgado**
**Cédula: 9-122-2712**
**Magíster en Lingüística y español**
**Especialista en Lingüística y español**
**Licenciada en Humanidades con Especialización en español.**
**Registro N°264979**
**Profesora de Segunda Enseñanza con Especialización en español.**
**Registro N°272381**
**Magíster en Investigación y Docencia de la Educación Superior**
**Registro N°497359**
**Especialista en Tecnología Educativa.**
**Especialista en Administración Educativa**

**PD. Registro de revisión N° 528**

# UNIVERSIDAD DE PANAMA

LA FACULTAD DE

## Educación

EN VIRTUD DE LA POTESTAD QUE LE CONFIEREN LA LEY Y EL ESTATUTO UNIVERSITARIO,
HACE CONSTAR QUE

## Migdalia E. Delgado D.

Migdalia E. Delgado

HA TERMINADO LOS ESTUDIOS Y CUMPLIDO CON LOS REQUISITOS
QUE LE HACEN ACREEDOR AL TITULO DE

## Profesora de Segunda Enseñanza con Especialización en Español

Y EN CONSECUENCIA, SE LE CONCEDE TAL GRADO CON TODOS LOS DERECHOS, HONORES Y PRIVILEGIOS RESPECTIVOS, EN TESTIMONIO DE LO CUAL SE LE EXPIDE ESTE DIPLOMA EN LA CIUDAD DE PANAMA A LOS diez DIAS DEL MES DE agosto DE MIL NOVECIENTOS ochenta y ocho.

Secretario General

Diploma 22847

Identificación Personal
9-122-2712

Decano

Rector



# UNIVERSIDAD DE PANAMA

LA FACULTAD DE

## Humanidades

EN VIRTUD DE LA POTESTAD QUE LE CONFIEREN LA LEY Y EL ESTATUTO UNIVERSITARIO,
HACE CONSTAR QUE

## Migdalia E. Delgado D.

Migdalia E. Delgado
501

HA TERMINADO LOS ESTUDIOS Y CUMPLIDO CON LOS REQUISITOS
QUE LE HACEN ACREEDOR AL TITULO DE

## Licenciada en Humanidades con Especialización en Español

Y EN CONSECUENCIA, SE LE CONCEDE TAL GRADO CON TODOS LOS DERECHOS, HONORES Y PRIVILEGIOS RESPECTIVOS, EN TESTIMONIO DE LO CUAL SE LE EXPIDE ESTE DIPLOMA EN LA CIUDAD DE PANAMA A LOS diez DIAS DEL MES DE septiembre DE MIL NOVECIENTOS ochenta y siete.

Secretario General

Diploma N: 20570

Identificación Personal
9-122-2712

Rector

Universidad Tecnológica Oteima

Formadores de Líderes

# Universidad Tecnológica Oteima

*Creada por Decreto Ejecutivo Nº 43 del 8 de marzo de 2005*

## La Facultad de

## Humanidades

EN VIRTUD DE LA POTESTAD OTORGADA POR LAS LEYES DE LA REPÚBLICA DE PANAMÁ Y EL ESTATUTO UNIVERSITARIO, HACE CONSTAR QUE

# Migdalia Elena Delgado Delgado

IDENTIFICACIÓN PERSONAL: **9-122-2712**

HA TERMINADO SUS ESTUDIOS Y CUMPLIDO CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN EL PROGRAMA ACADÉMICO DE POSGRADO:

MAESTRÍA EN LINGÜÍSTICA Y ESPAÑOL

RESOLUCIÓN CTF-31-2016 DEL 28 DE JUNIO DE 2016

EN CONSECUENCIA, SE LE CONCEDE CON TODOS LOS DERECHOS, HONORES Y PRIVILEGIOS RESPECTIVOS, EL TÍTULO Y GRADO ACADÉMICO DE:

# Magíster en Lingüística y Español

EN TESTIMONIO DE LO CUAL SE EXPIDE ESTE **Diploma** EN LA CIUDAD DE **David** A LOS **quince** DÍAS DEL MES DE **febrero** DEL AÑO **dos mil veintidós**.

Secretaria General

Decano

Rectora

Diploma inscrito en UTO Nº SD-3484-2022

Migdalia Delgado 527

Universidad Tecnológica Oteima
Formadores de Líderes

# Universidad Tecnológica Oteima

*Creada por Decreto Ejecutivo Nº 43 del 8 de marzo de 2005*

La Facultad de

## Humanidades

EN VIRTUD DE LA POTESTAD OTORGADA POR LAS LEYES DE LA REPÚBLICA DE PANAMÁ Y EL ESTATUTO UNIVERSITARIO, HACE CONSTAR QUE

# Migdalia Elena Delgado Delgado

IDENTIFICACIÓN PERSONAL: **9-122-2712**

HA TERMINADO SUS ESTUDIOS Y CUMPLIDO CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN EL PROGRAMA ACADÉMICO DE POSGRADO:

ESPECIALIZACIÓN EN LINGÜÍSTICA Y ESPAÑOL

RESOLUCIÓN CTF-30-2016 DEL 28 DE JUNIO DE 2016

EN CONSECUENCIA, SE LE CONCEDE CON TODOS LOS DERECHOS, HONORES Y PRIVILEGIOS RESPECTIVOS, EL TÍTULO Y GRADO ACADÉMICO DE:

# Especialista en Lingüística y Español

EN TESTIMONIO DE LO CUAL SE EXPIDE ESTE Diploma EN LA CIUDAD DE David A LOS veinticinco DÍAS DEL MES DE julio DEL AÑO dos mil diecinueve.

Secretaria General

Diploma inscrito en UTO Nº SD-2707-2019

Decana

Rectora

Migdalia Delgado 527