



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
SEDE MANABÍ  
CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA

**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
EFECTOS DEL EUGENOL COMO ANESTÉSICO PARA  
EL TRANSPORTE DE CAMARONES

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**  
MANEJO SOSTENIBLE DE RECURSOS

**SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN**  
ACUICULTURA

**PREVIO AL TÍTULO DE**  
BIÓLOGO

**AUTOR**  
FABIAN ALEXANDER VERA PINARGOTE

**TUTOR**  
GABRIEL MODESTO DURÁN COBO, M. Sc.

MANTA – MANABÍ – ECUADOR  
MAYO 2025

### **Certificación**

En mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo los requisitos establecidos por la Dirección de Investigación; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

Gabriel Modesto Durán Cobo, M. Sc.

Director del trabajo de titulación

C.I: 0928838143

### **Aprobación del tribunal**

El jurado examinador, aprueba el presente manuscrito de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí.

---

Dr. Francisco Hernán Pozo Miranda

Primer lector

---

Evelyn Virginia Arias Cedeño, M. Sc.

Segundo lector

---

Gabriel Modesto Durán Cobo, M. Sc

Tercer lector

Manta, mayo de 2025

### **Declaración de originalidad**

Este manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad de autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos de autor de nadie.

Fabian Alexander Vera Pinargote

CI: 2300608870

Teléfono: 099-377-9703

fitovera85@gmail.com

### **Declaración de derechos de autor y co-autoría**

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

Fabian Alexander Vera Pinargote

CI: 2300608870

### **Dedicatoria**

A mi madre, Liliana Pinargote, por ser mi fuerza inquebrantable, mi guía constante y el pilar que ha sostenido cada uno de mis sueños. Gracias por su amor infinito, sus sacrificios silenciosos y por enseñarme, con su ejemplo, a nunca rendirme.

A mi abuela, Lastenia Mendoza, por su sabiduría, ternura y oraciones incansables. Su cariño ha sido un refugio en los momentos difíciles y su presencia, una bendición constante en mi vida.

Esta tesis es fruto de su amor y de todo lo que han sembrado en mí.

## **Agradecimiento**

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi familia, especialmente a mi madre Liliana Pinargote y mi abuela Lastenia Mendoza, quienes han sido pilares fundamentales en este proceso académico. Su apoyo incondicional ha proporcionado una base sólida que me permitió superar los retos inherentes a la realización de esta tesis. Su ejemplo de perseverancia y dedicación ha sido una fuente constante de inspiración, recordándome la importancia de esforzarme para alcanzar mis metas.

Asimismo, extiendo mi gratitud a mi tutor de tesis, cuya guía y dedicación han sido invaluable. Gracias por estar siempre dispuesto a ayudarme, explicarme con paciencia qué aspectos necesitaban mejora y motivarme a dar lo mejor de mí.

Finalmente, quiero agradecer profundamente a mis dos grandes compañeros, Marina y Pedro. Juntos hemos formado un vínculo especial que ha sido de enorme apoyo durante mi carrera. Su compañía y colaboración han hecho de este camino una experiencia enriquecedora y significativa.

## Resumen

La producción larvaria de camarón demanda reproductores que son trasladados desde las granjas a las salas de maduración, observándose mortalidad debido a condiciones de estrés generadas por manipulación de selección y condiciones de transporte al no emplearse anestésicos. Por ello, este estudio evaluó el efecto del eugenol como anestésico para el transporte del camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, determinando la concentración letal media (LC50) y dosis óptima de aplicación, basada en el tiempo de recuperación post-sedación. La LC50 se estableció exponiendo a los camarones a concentraciones de 20, 30, 40, 50, 75 y 100 ppm de eugenol durante 12 horas, registrando la mortalidad cada hora. Los datos fueron analizados mediante una curva dosis-respuesta, determinando la LC50 mediante inspección visual en 88 ppm, mientras que el cálculo basado en la ecuación de regresión logística arrojó un valor de 82 ppm, con una representatividad del 94,84%. Posteriormente, bajo condiciones controladas se evaluó el efecto de las concentraciones de 25, 50 y 75 ppm en la recuperación de los especímenes. A 25 ppm de concentración la recuperación fue inmediata, y no se observó mortalidad; a 50 ppm la recuperación tomó seis horas, sin observarse efectos letales; y a 75 ppm la recuperación de diez horas, con 10% de mortalidad. El nivel de actividad de los camarones considerando el efecto de la sedación, disminuyó a medida que aumentaba la concentración, siendo alta a 25 ppm, moderada a 50 ppm y baja a 75 ppm. Estos resultados confirman que el eugenol es un anestésico eficaz y seguro para el manejo y transporte de camarones. Su uso adecuado puede optimizar el bienestar de los organismos reduciendo la mortalidad por estrés asociado a la manipulación y el transporte.

Palabras claves: *Eugenol, Sedación de camarones, LC50, Tasa de recuperación.*

### Abstract

Larval production of shrimp requires the selection of broodstock from farms, which are then transported to maturation rooms. Mortality is observed due to the lack of anesthetics, causing stress from handling during selection and transportation conditions. This study evaluated the potential anesthetic effect of eugenol in the transport of white shrimp *Litopenaeus vannamei*, determining the median lethal concentration (LC50) and optimal application dose, based on post-sedation recovery time. The LC50 was determined by exposing groups of ten shrimp to concentrations of 20, 30, 40, 50, 75, and 100 ppm of eugenol for 12 hours, recording mortality every hour. With the resulting data, a dose-response curve was developed, with the regression equation  $y = 0.0003x^2 - 0.0237x + 0.432$  and a determination coefficient  $r^2 = 0.9484$ , establishing the LC50 at 88 ppm. Subsequently, the recovery of specimens subjected to concentrations of 25, 50, and 75 ppm was evaluated. At 25 ppm, recovery was immediate, with no lethal effects; at 50 ppm, it took six hours, with no mortality, while at 75 ppm, it took ten hours, with 10% mortality. It was found that shrimp activity decreased with increasing concentration, being high at 25 ppm, moderate at 50 ppm, and low at 75 ppm. These results confirm that eugenol can be a safe anesthetic for the handling and transport of shrimp, reducing mortality associated with stress and optimizing the well-being of the organisms.

Keywords: *Eugenol, shrimp sedation, LC50, recovery rate, post-sedation activity.*

**TABLA DE CONTENIDO**

<b>1. Introducción .....</b>	<b>12</b>
<b>2. Metodología .....</b>	<b>17</b>
2.1 Organismos de estudio.....	17
2.2 Condiciones experimentales .....	17
2.3 Determinación de la Concentración mínima letal media LC <sub>50</sub> .....	17
2.4 Determinación de la concentración mínima como anestésico .....	18
2.5 Análisis de la información.....	19
<b>3. Resultados.....</b>	<b>20</b>
3.1 Determinación de la Concentración mínima letal media LC <sub>50</sub> .....	20
3.2 Determinación de la concentración mínima como anestésico .....	23
<b>4. Discusión .....</b>	<b>25</b>
<b>5. Conclusiones .....</b>	<b>27</b>
<b>6. Bibliografía .....</b>	<b>28</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Tolerancia de los Camarones a 12 horas de exposición a las concentraciones probadas de eugenol.</i> .....	20
<b>Tabla 2</b> <i>Porcentajes de mortalidad a lo largo de 12 horas de exposición</i> .....	21
<b>Tabla 3</b> <i>Relación entre la concentración de eugenol y los efectos en camarones: recuperación y mortalidad.</i> .....	23

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Curva de supervivencia de camarones expuestos a las concentraciones de Eugenol probadas</i> .....	21
<b>Figura 2</b> <i>Curva de Dosis – Respuesta presentada por los camarones sometidos a la concentración de 100 ppm de eugenol tras 12 horas de exposición.</i> .....	22
<b>Figura 3</b> <i>Dispersión de la mortandad de camarones expuestos a 100 ppm de eugenol.</i> .....	22
<b>Figura 4</b> <i>Recuperación y estado post-sedación de camarones expuestos al eugenol.</i> .....	24

## 1. Introducción

La acuicultura se ha convertido en una de las principales fuentes de producción de alimentos a nivel mundial, destacándose por su capacidad para satisfacer la creciente demanda de productos acuáticos. Sin embargo, el manejo de organismos acuáticos, especialmente durante procesos como el transporte de reproductores y larvas, plantea desafíos significativos debido al estrés que estos procedimientos generan. Este estrés puede afectar la salud, supervivencia y productividad de los camarones, impactando negativamente en la eficiencia de las operaciones acuícolas Suárez et al. (2014).

En este contexto, el uso de anestésicos efectivos y seguros representa una alternativa viable para minimizar el impacto del manejo en los organismos. Marcillo y Ordoñez (2017) El eugenol, un compuesto bioactivo extraído del clavo de olor (*Syzygium aromaticum*), ha demostrado ser un agente anestésico eficaz en peces, gracias a su capacidad para inducir una sedación rápida y permitir una recuperación eficiente. Sin embargo, su aplicación específica en camarones, como *Litopenaeus vannamei*, aún no ha sido suficientemente explorada ni validada desde el punto de vista científico. Esta carencia de información dificulta el desarrollo de protocolos óptimos para el manejo de los camarones durante el transporte, lo cual repercute negativamente en su bienestar y productividad

La presente investigación busca abordar esta problemática mediante la evaluación del impacto del eugenol como agente anestésico en camarones. La hipótesis plantea que el eugenol será efectivo en la inducción y recuperación de la anestesia, mostrando una reducción significativa en los tiempos de inducción y una recuperación rápida, además de ser viable y seguro para su aplicación en operaciones de acuicultura.

El objetivo general de este trabajo es evaluar el impacto del eugenol como agente anestésico en camarones de cultivo, contribuyendo al desarrollo de técnicas de manejo más eficientes y sostenibles. Específicamente, se pretende determinar la concentración mínima

efectiva del eugenol como anestésico, establecer su concentración letal media (LC50) y analizar la tasa de recuperación post-exposición en función de las concentraciones y tiempos de exposición. De este modo, los resultados de esta investigación podrán sentar las bases para la implementación de estrategias de manejo menos invasivas y más seguras en la industria acuícola.

El eugenol, un compuesto natural presente en el clavo de olor ha sido ampliamente reconocido por sus propiedades anestésicas y analgésicas en diversas especies animales, incluidos los peces. A diferencia de los anestésicos sintéticos, el eugenol ofrece una alternativa más segura y ecológica, reduciendo el riesgo de acumulación de residuos químicos en los organismos y en el ambiente. Pérez et al. (2010) mencionan que este compuesto ha demostrado ser efectivo no solo en la inducción de una anestesia rápida y segura, sino también en una recuperación post-anestésica eficiente, lo cual minimiza el estrés y el impacto negativo en la salud de los organismos acuáticos.

El estudio realizado por Zambrano y Santana (2023) reafirma que el eugenol ha demostrado ser un anestésico eficaz y seguro para estudios de laboratorio con *Dorosoma latifrons* (sábalo de hilo). Aréchiga et al (2023). Determinaron que una dosis eficaz de 170 mg/L de eugenol resulta adecuada para la anestesia de larga duración en esta especie. No obstante, para procedimientos de corta duración, la inmersión en una concentración reducida de 42.5 mg/L permite alcanzar una sedación ligera con rápida recuperación. Los autores indican que se observó que el incremento en la dosis de eugenol disminuye el tiempo necesario para inducir la anestesia, pero prolonga el tiempo de recuperación tanto en entornos de agua dulce como salada. Estos hallazgos son fundamentales para la aplicación segura y efectiva del eugenol en estudios experimentales con *D. latifrons*, proporcionando pautas importantes para su uso en investigaciones futuras.

El eugenol representa una herramienta crucial para la anestesia del pez ornamental de agua dulce *Pterophyllum scalare* (pez ángel) proporcionando una adecuada inducción y recuperación sin comprometer la seguridad de los especímenes. Se ha determinado que la concentración anestésica más efectiva es de 40 mg/L de eugenol, alcanzando el estadio de anestesia 3 en 4 minutos. En estos peces los periodos de recuperación total fueron de aproximadamente 7 minutos lo que subraya la eficacia del eugenol para procedimientos de corta duración en estudios experimentales con *Pterophyllum scalare*, asegurando su aplicación segura y eficiente en condiciones controladas Millán-Ocampo et al. (2012).

Sorroza et al. (2020) realizaron un estudio para determinar el potencial de uso de un anestésico artesanal elaborado a partir de clavo de olor con la finalidad de reducir el estrés en el pez amazónico Terror verde (*Andinocara rivulatus*). Los resultados mostraron que 10ml/L inducen a una sedación profunda en los peces probando así que esta sustancia se puede usar para el bienestar animal.

Un estudio similar desarrollado por Llanos y Scotto (2010) evaluó la eficacia del eugenol como anestésico en el pez cola de espada (*Xiphophorus helleri*), en tareas que incluyeron inseminación artificial e inducción del desove. El compuesto fue aplicado a 10 machos y 10 hembras del pez cola de espada, probando tres dosis de eugenol: 100, 125 y 150 mg/L. Los resultados mostraron que el eugenol fue efectivo para ambos sexos con todas las dosis, con tiempos promedio de inducción y recuperación que variaron según la dosis y el sexo. La dosis más eficiente para la inducción fue 125 mg/L para machos y 100 mg/L para hembras. Las ecuaciones lineales obtenidas para estas dosis mostraron una relación entre el tiempo de inducción y las características físicas de los peces, lo que permite optimizar el tiempo y la dosificación. No se observaron efectos letales en ningún espécimen durante el proceso y su alta eficacia a bajas dosis, junto con la ausencia de toxicidad, destaca la utilidad del eugenol en estos procedimientos.

Otro estudio que aporta con una valiosa perspectiva al uso del eugenol como anestésico en peces fue desarrollado por Chacón et al. (2019), quienes determinaron la eficacia de diferentes dosis de aceite de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) para la sedación quirúrgica de juveniles de pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) en el Laboratorio de Acuicultura y Biotecnología Marina del Parque Marino del Pacífico, Golfo de Nicoya. Se utilizaron 76 peces de  $21.61 \pm 2.0$  g, expuestos a concentraciones de 25, 100, 175 y 250 mg/L en tanques de 30L. Se monitorizó la inducción y recuperación de la anestesia, estableciendo que el eugenol es eficaz a temperaturas de 24.0-24.8°C. La concentración de 25 mg/L indujo una sedación parcial adecuada para tareas rutinarias, mientras que 100 mg/L resultó ser la dosis más eficiente para una anestesia total segura con un tiempo de exposición no mayor a 8 minutos.

Suárez et al. (2014) determinaron la dosis óptima de eugenol para anestesiarse juveniles híbridos de *Pseudoplatystoma metaensex* y *Leiarius marmoratus* (PxL) y evaluar su sobrevivencia tras 24 horas de exposición. Cuarenta juveniles ( $9.3 \pm 2.75$  g y  $9.08 \pm 0.8$  cm) de un mismo desove fueron tratados con eugenol (85% pureza en base oleosa) en concentraciones de 30, 50, 60 y 70 mg/L, y un grupo control con etanol (0.8 ml/L). Cada tratamiento se realizó en acuarios de 10L con temperatura  $28.3 \pm 0.12$ °C, oxígeno disuelto  $2.3 \pm 8.0$  mg/L y pH:  $5.4 \pm 0.32$ . No se observó mortalidad (100% de sobrevivencia). Las concentraciones de 50, 60 y 70 mg/L tuvieron tiempos de inducción significativamente más cortos que 30 mg/L, que superó los 400 segundos. Aunque no se detectaron daños en la recuperación, se concluyó que 50 mg/L es la dosis más adecuada para la manipulación de híbridos PxL.

Un estudio con objetivos y contextos similares a la presente investigación es el de Zambrano-Bermúdez et al. (2023) que evaluó el tiempo de inducción y recuperación de *Dormitator latifrons* en agua dulce y salobre, utilizando cuatro dosis de eugenol (42.5, 85, 170 y 255 mg/L). Se transfirieron 240 peces a acuarios de 15L con agua dulce (0 UPS) o salobre (20 UPS), y se utilizaron 30 peces por tratamiento. El tiempo de inducción no mostró

diferencias entre salinidades, pero el tiempo de recuperación fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) en agua salobre (706 s) que en agua dulce (507 s). En ambas salinidades, una dosis mayor de eugenol redujo el tiempo de inducción y aumentó el tiempo de recuperación. La dosis eficaz de eugenol para *D. latifrons* fue 170 mg/L en ambas salinidades, aunque para sedación breve, 42.5 mg/L fue suficiente.

La concentración letal 50 (CL50) del eugenol en la cachama blanca (*Piaractus brachyomus*), fue determinada por Marín et al. (2011). Se usaron 90 alevines de  $3.5 \pm 0.5$  g en acuarios de 30 litros y se expusieron a siete concentraciones de eugenol (8, 12, 15, 18, 25, 35, 45 mg/L), además de un grupo control y uno con el diluyente anestésico. Después de 96 horas, se evaluó el comportamiento, patrón de nado y la distribución de los peces. La CL50 estimada, usando el software Trimmed Spearman-Kärber, fue de 18.2 mg/L ( $p < 0,05$ ), similar a lo reportado para otras especies de agua dulce.

Otro aporte al estudio del aceite de clavo de olor como un anestésico eficaz en acuicultura es el de García et al. (2001) que evaluó su eficacia anestésica en diversas especies como seriola (*Seriola dumerili*), lubina (*Dicentrarchus labrax*), dorada (*Sparus aurata*), dentón (*Dentex dentex*) y sargo picudo (*Diplodus puntazzo*). El aceite de clavo fue efectivo en todas las especies a una dosis de 40 ppm en agua de mar, induciendo anestesia total entre 3 y 6 minutos y recuperación de 2 a 5 minutos sin efectos negativos observados.

El uso de anestésicos es crucial para mejorar las prácticas de manejo y reducir el estrés en la producción de peces ornamentales y de consumo. Aunque anestésicos como 2-fenoxietanol, benzocaína, quinaldina y MS222 se utilizan comúnmente, su costo y seguridad pueden limitar su aplicación. Por ello, es necesario encontrar nuevos compuestos seguros para el manejo de peces. Comparado con otros anestésicos, el aceite de clavo ofrece alta eficacia a bajas dosis, menor costo, ausencia de toxicidad, posibles efectos colaterales positivos y no requiere período de carencia para la comercialización de los peces tratados.

## 2. Metodología

### 2.1 Organismos de estudio

Para el presente estudio se utilizaron especímenes de camarón blanco *Penaeus vannamei* procedentes de una granja de cultivo ubicada en Pedernales, Manabí. Un total de 90 organismos con un peso individual de 20 gramos fueron seleccionados. Se realizaron pruebas organolépticas de textura, flacidez y color de los especímenes para determinar su buen estado de salud.

### 2.2 Condiciones experimentales

El estudio se llevó a cabo bajo techo, en condiciones controladas de iluminación y temperatura, utilizando acuarios de vidrio de 20 litros de capacidad, con 10 especímenes por acuario, lo que equivale a 200 gramos de biomasa viva de camarones por litro de agua a salinidad de 18gr/L.

Además, se proporcionó aireación a cada acuario a través de difusores de 4 litros de aire por minuto, asegurando que, a lo largo del experimento, la concentración de oxígeno disuelto fuera superior a 4,0 mg/L. Para evitar sesgos en los resultados, se monitorearon las variables ambientales: oxígeno disuelto, con un Oxigenómetro YSI Pro-20 plus de 0,00 a 16,00  $\pm$  0,01 mg/L; pH, con un potenciómetro YSI pH10 de pH de 0,00 a 14,00 unidades y temperatura con un termómetro de mercurio de -10 a 200°C y la salinidad con un refractómetro compensado ATAGO de 0 – 100  $\pm$  1 g/L.

### 2.3 Determinación de la Concentración mínima letal media LC<sub>50</sub>

Se llevó a cabo un ensayo exponiendo 10 especímenes de cada acuario (20 litros) a seis concentraciones de solución de Eugenol. Las concentraciones evaluadas fueron 20, 30, 40, 50, 75 y 100 ppm, elaboradas a partir de una solución madre de 2,0 ml de eugenol disueltos en 20 litros de agua (equivalente a 100 ppm de concentración) que se diluyó para las pruebas a concentraciones menores a 100 ppm, utilizando la ecuación:

$$V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1}, \text{ donde:}$$

$V_1$ , es el volumen de solución madre a emplear;

$V_2$ , es el volumen de solución diluida a preparar;

$C_1$ , es la concentración (100 ppm) de solución madre a emplear, y;

$C_2$ , es la concentración de solución diluida a preparar

Una vez aplicada la solución de eugenol correspondiente a cada acuario, se monitoreó la mortalidad de los organismos en intervalos regulares de tiempo de 1 hora durante el periodo de exposición que duró 12 horas.

#### **2.4 Determinación de la concentración mínima como anestésico**

Se evaluó la concentración mínima efectiva de eugenol como anestésico en camarones. Se expusieron diez camarones por acuario a concentraciones de 25, 50 y 75 ppm durante doce horas. Se suministró aireación continua y controló la temperatura del agua e incidencia de la luz solar.

La respuesta observada fue el comportamiento de los camarones sometidos a las aplicaciones de la solución de eugenol, registrando el tiempo de sedación, considerando la reducción significativa de la movilidad y la pérdida de respuesta a estímulos. Finalizado el tiempo de la prueba los especímenes fueron retirados del medio con eugenol, se midió el tiempo que tardaban en recuperar la movilidad y respuesta a estímulos, medido con el cronómetro digital de un teléfono smartphone.

Este ensayo tuvo una segunda repetición con especímenes de otra población de camarones, de igual peso promedio y condición sanitaria, asegurando la reproducibilidad de los resultados.

## 2.5 Análisis de la información

Con los datos obtenidos en la prueba de LC50 se generó una curva de supervivencia a la exposición a las concentraciones probadas, y una dosis-respuesta, que permitieron determinar de manera gráfica la dosis letal media LC50, y el tiempo en el que esta era alcanzada.

Adicionalmente, se elaboró un gráfico de concentración de eugenol versus tiempo de recuperación de los camarones sometidos al ensayo de determinación de concentración mínima con efecto anestésico.

Para evaluar la tasa de recuperación post-exposición, se registró el tiempo que cada organismo tardó en recuperar completamente la movilidad y el equilibrio tras ser trasladado a agua libre de eugenol. Este registro se realizó inmediatamente después de cada intervalo de exposición a distintas concentraciones (25, 50, 75 y 100 ppm) durante tiempos específicos (1, 2, 4, 6 y 8 horas). Los datos obtenidos permitieron establecer una relación entre la concentración del anestésico, el tiempo de exposición y la velocidad de recuperación, lo cual fue fundamental para analizar la eficacia y seguridad del eugenol, en línea con los objetivos del estudio. Esta información se procesó estadísticamente para identificar diferencias significativas en los tiempos de recuperación entre tratamientos.

### 3. Resultados

#### 3.1 Determinación de la Concentración mínima letal media LC<sub>50</sub>

La tabla 1 presenta el registro de camarones que sobrevivieron a las concentraciones de eugenol probadas para determinar la LC<sub>50</sub>. Se destaca en esta tabla que la supervivencia disminuyó drásticamente en la concentración de 100 ppm a medida que avanzaba el tiempo, mientras en las concentraciones de 20 a 50 ppm la supervivencia no sufrió disminuciones.

**Tabla 1.**

*Tolerancia de los Camarones a 12 horas de exposición a las concentraciones probadas de eugenol.*

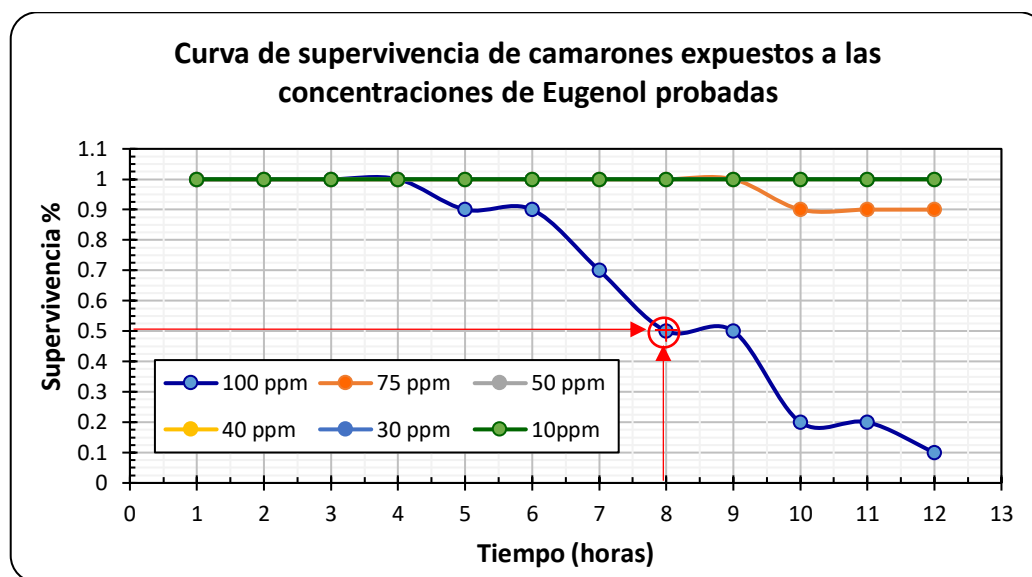
Tiempo de tolerancia (Horas)	Número de supervivientes según la concentración					
	20ppm	30ppm	40ppm	50ppm	75ppm	100ppm
1	10	10	10	10	10	10
2	10	10	10	10	10	10
3	10	10	10	10	10	10
4	10	10	10	10	10	10
5	10	10	10	10	10	9
6	10	10	10	10	10	9
7	10	10	10	10	10	7
8	10	10	10	10	10	5
9	10	10	10	10	10	5
10	10	10	10	10	9	2
11	10	10	10	10	9	2
12	10	10	10	10	9	1

**Nota:** los camarones muertos eran retirados tan pronto eran detectados.

A partir de esta tabla se generó una curva de supervivencia (figura 1) en la que se señala el punto de intersección entre el porcentaje de mortalidad del 50%, el tiempo de exposición a la concentración de 100 ppm de eugenol, dado que la supervivencia de los camarones expuestos a las concentraciones de 20, 30, 40 y 50 ppm no fue afectada, mientras en la de 75 ppm la afectación apenas alcanzó el 10% a la décima hora.

**Figura 1.**

*Curva de supervivencia de camarones expuestos a las concentraciones de Eugenol probadas*



La mortalidad calculada a partir de la tabla anterior es presentada en la tabla 2. Esta tabla se configuró con la finalidad de elaborar la curva de dosis – respuesta (figura 2) presentada por los camarones a la exposición a las concentraciones de eugenol.

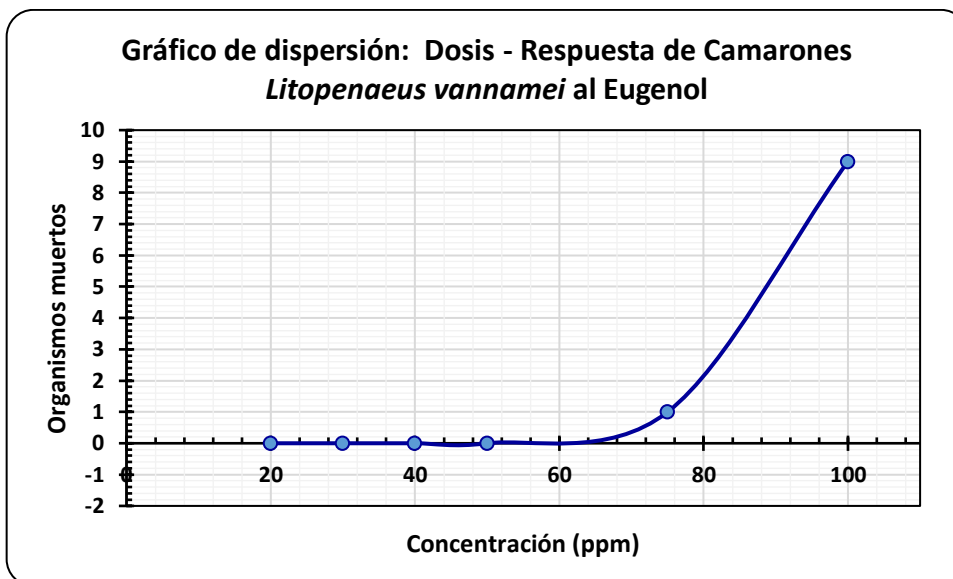
**Tabla 2.**

*Porcentajes de mortalidad a lo largo de 12 horas de exposición*

Tiempo (horas)	20 ppm	30 ppm	40 ppm	50 ppm	75 ppm	100 ppm
0.5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0
1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0
2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0
3	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0
4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0
5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,10
6	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,10
7	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,30
8	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,50
9	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,50
10	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	10,0%	0,80
11	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	10,0%	0,80
12	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	10,0%	0,90

### Figura 2.

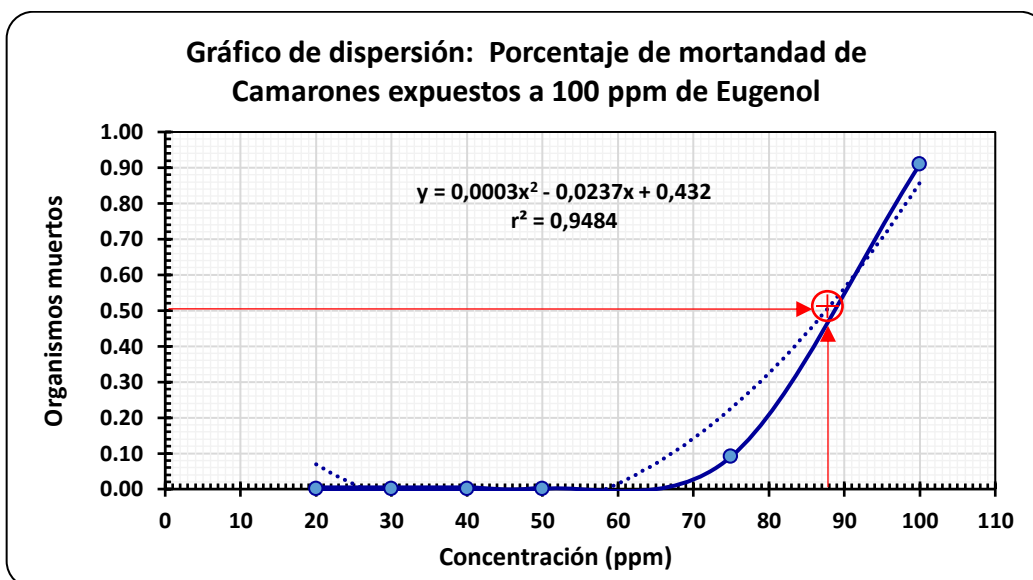
*Curva Dosis – Respuesta presentada por los camarones sometidos a la concentración de 100 ppm de eugenol tras 12 horas de exposición.*



Complementaria a la figura 2, y la tabla 2, se calculó la mortalidad a lo largo de las 12 horas de exposición a la concentración de 100 ppm de eugenol para elaborar un gráfico de dispersión del porcentaje de mortalidad versus la concentración mencionada (figura 3).

### Figura 3.

*Dispersión de la mortalidad de camarones expuestos a 100 ppm de eugenol.*



En la figura 3 se observa la curva de mortalidad, acompañada de la línea de regresión estimada, la ecuación predictora resultante y el coeficiente de determinación  $r^2$ , que indicó una representatividad de los datos de al menos el 94,84% en la ecuación. La LC50 es alcanzada cuando los animales son sometidos a 88 ppm de concentración de eugenol. Comparando este valor con el valor calculado a partir de la ecuación (82 ppm) se observa una diferencia de 6 ppm que estarían explicadas en el valor del coeficiente de determinación.

### 3.1 Determinación de la concentración mínima como anestésico

En este estudio se evaluó el efecto de diferentes concentraciones de eugenol en el tiempo de recuperación y el estado post-sedación del camarón después de 8 horas de exposición. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 3. Cabe destacar que no se registró mortalidad post-sedación en ninguna de las concentraciones evaluadas, lo que sugiere que los niveles de eugenol probados son seguros para empleo en el transporte de camarones.

#### Tabla 3.

*Relación entre la concentración de eugenol y sus efectos en camarones: recuperación y mortalidad*

Concentración de eugenol (ppm)	Tiempo de exposición	Tiempo de recuperación	Mortalidad post-sedación	Estado post-sedación
25	8 horas	0 horas	0%	4
50	8 horas	6 horas	0%	3
75	8 horas	10 horas	0%	2

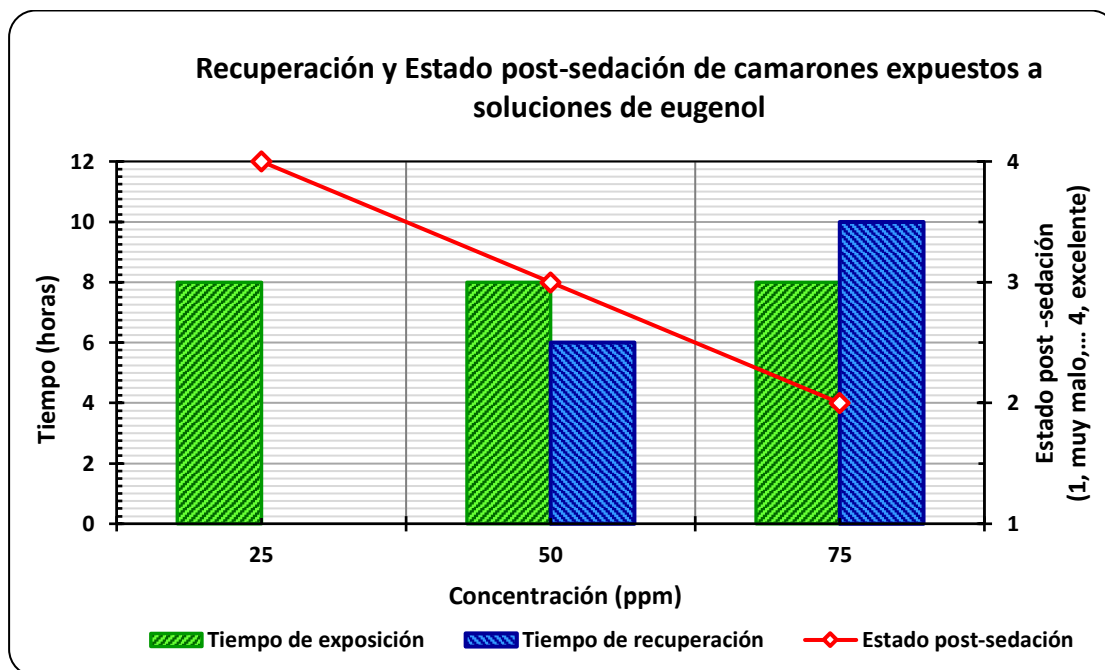
**Nota:** para el estado post-sedación del camarón: 1 siendo, malo; 4, excelente

Los datos muestran que la recuperación del camarón después de la sedación con eugenol está influenciada por la concentración utilizada. A 25 ppm de concentración, los organismos se recuperaron de inmediato, mientras a 50 y 75 ppm, el tiempo de recuperación se incrementó a 6 y 10 horas, respectivamente. Complementariamente, las puntuaciones dadas al estado post-sedación presentadas por los camarones fueron 4 (excelente) para los camarones expuestos a

25 ppm, 3 (bueno) a 50 ppm, y 2 (malo) a 75 ppm, lo que indica un deterioro en la calidad de la recuperación a mayores concentraciones (figura 4).

**Figura 4.**

*Recuperación y estado post-sedación de camarones expuestos al eugenol.*



#### 4. Discusión

El presente estudio demuestra que el eugenol es un anestésico efectivo para *Litopenaeus vannamei*. Los resultados obtenidos indican que concentraciones entre 25 y 75 ppm inducen sedación sin efectos letales, mientras que concentraciones iguales o superiores a 100 ppm resultan tóxicas para los organismos. Estos hallazgos coinciden con investigaciones previas realizadas por diferentes autores (Guzmán, 2010; Torres et al, 2012; Naranjo et al, 2012; Aréchiga-Palomera, 2015; Carvajal et al, 2019) sobre su uso en peces, quienes demuestran que ciertos compuestos pueden reducir el estrés sin comprometer la supervivencia. Por ejemplo, la investigación de Torres et al. (2012) sobre la concentración anestésica del eugenol en peces escalares *Pterophyllum scalare* determinó que una concentración de 40 mg/L es efectiva para inducir anestesia sin efectos letales, mientras que concentraciones más altas prolongan el tiempo de recuperación.

Naranjo et al. (2012) evaluaron la concentración letal 50 a 96 horas de eugenol en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), proporcionando datos sobre la toxicidad del eugenol en esta especie. Además, se ha encontrado que la toxicidad del eugenol puede estar relacionada con el daño que ocasiona al sistema respiratorio en peces, con concentraciones letales entre 14 y 60 mg/L en diferentes especies (Carvajal et al., 2019).

La prueba de LC50 permitió determinar que a 100 ppm se supera el umbral de tolerancia de los camarones, mostrando una mortalidad del 10% a la quinta hora de exposición y alcanzando el 50% a las 8 horas lo que descarta el empleo a esta concentración. En comparación con estudios previos, como el de Guzmán (2010), que analiza anestésicos sintéticos en acuicultura, esta investigación enfatiza la importancia de establecer límites de seguridad para compuestos naturales. En este sentido, Aréchiga-Palomera (2015) también evaluó anestésicos naturales y destacó que dosis más altas pueden reducir el tiempo de inducción, pero con el riesgo de afectar la viabilidad de los organismos.

Además de evaluar la mortalidad, este estudio analizó el efecto del eugenol en la recuperación y actividad de los camarones después de la exposición a distintas concentraciones 25, 50 y 75ppm. Se observó que a 25 y 50 ppm, los organismos se recuperaron rápidamente sin signos de estrés o afectaciones en su comportamiento, lo que indica la seguridad de estas concentraciones. A 75 ppm, el tiempo de recuperación se prolongó hasta diez horas, aunque sin mortalidad, lo que sugiere su utilidad en procedimientos que requieran inmovilización prolongada.

En comparación con el estudio de Huang et al. (2022), que analiza la farmacocinética y los períodos de retiro de anestésicos en crustáceos, este trabajo aporta información detallada sobre la recuperación post-anestesia, un aspecto clave para su aplicación en protocolos de manejo. Asimismo, los hallazgos coinciden con los de Aréchiga-Palomera (2015), quien observó en *Macrobrachium tenellum* que el tiempo de inducción y recuperación depende de la concentración utilizada. En este sentido, la presente investigación establece parámetros precisos para el uso del eugenol en *L. vannamei*, asegurando un equilibrio entre sedación efectiva y rápida recuperación.

Estos resultados son fundamentales para optimizar los protocolos de transporte, garantizando el bienestar de los camarones y minimizando riesgos asociados a la anestesia.

## 5. Conclusiones

- El eugenol es un anestésico eficaz para *Litopenaeus vannamei*, con un efecto dependiente de la concentración utilizada. A 25 y 50 ppm, los camarones se recuperan rápidamente sin mortalidad, lo que indica su seguridad en el transporte. Además, comparte propiedades anestésicas con otros compuestos naturales, pero presenta un rango de seguridad bien definido para *L. vannamei*, lo que lo convierte en una alternativa viable en acuicultura.
- A 75 ppm, el eugenol induce una sedación profunda con un tiempo de recuperación prolongado de hasta diez horas, pero sin mortalidad. Esto sugiere su uso en procedimientos que requieran inmovilización prolongada.
- A 100 ppm, el eugenol presenta toxicidad evidente con una mortalidad del 60%, superando el umbral de tolerancia de los camarones y descartando su uso en el transporte.
- Los resultados del presente trabajo sugieren la necesidad de estudios complementarios que consideren variables relacionadas con las condiciones del transporte de camarones desde las granjas hasta las salas de maduración, con el fin de respaldar la inclusión del eugenol en los protocolos de transporte para fines de reproducción

## 6. Bibliografía

- Aréchiga Palomera, M. A. (2015). Evaluación de extractos naturales con propiedades anestésicas en langostinos juveniles de *Macrobrachium tenellum*: efectos en el comportamiento, crecimiento y supervivencia [Tesis para optar al título de Licenciado en Biología]. Universidad de Guadalajara. <https://www.researchgate.net/publication/307603475>.
- Beltrán, M. C. (2017). Innovación en el sector acuícola. *RA Ximhai*, 13(3), 351-364.
- Chacón-Guzmán, J., Carvajal-Oses, M., Pauleto, S., y Herrera-Ulloa, O. (2019). Concentración y tiempo máximo de exposición de juveniles de pargo manchado *Lutjanus guttatus* al eugenol *Syzygium aromaticum*. *Revista ciencias marinas y costeras* Vol. 11 (1): 9-25. <https://doi.org/10.15359/revmar.11-1.1>
- García-Gómez, A., De la Gándara, ., y Raja, T. (2001). Utilización del aceite de clavo, *Syzygium aromaticum* L. (Merr. & Perry), como anestésico eficaz y económico para labores rutinarias de manipulación de peces marinos cultivados. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 18 (1-4). 2002: 21-23
- Marcillo-Morla, F., y Ordoñez Quezada, R. (2018). Diseño de un protocolo de control de parámetros físicos y químicos del agua usada para el transporte de postlarvas de camarón blanco *penaeus vannamei*. Trabajo final para la obtención del título: Ingeniero en Acuicultura. Espol. FIMCBOR, Guayaquil. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/44697>
- Marín-Mendez, G., Torres-Cortés, A., Naranjo-Suarez., L., Chacón Novoa, R., y Rondón-Barragán, I. (2011). Concentración letal 50 a 96 horas de eugenol en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). *Orinoquia*, vol.16, núm. 2, 2012, pp. 62-66
- Guzmán, F. M. (2010). Uso de diferentes fármacos para anestesiarse camarones. *REDVET*, 1-9.
- Huang, J., Li, X., Wang, Z., y Chen, Y. (2022). Los baños de inmersión con eugenol pueden mitigar las respuestas de estrés por el transporte en los camarones de cultivo. *Global Seafood Alliance*. [https://www.globalseafood.org/advocate/los-banos-de-inmersion-con-eugenol-pueden-mitigar-las-respuestas-de-estres-por-el-transporte-en-los-camarones-de-cultivo/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.globalseafood.org/advocate/los-banos-de-inmersion-con-eugenol-pueden-mitigar-las-respuestas-de-estres-por-el-transporte-en-los-camarones-de-cultivo/?utm_source=chatgpt.com)
- Millán-Ocampo, L., Torres-Cortés, A., Marín-Méndez, G., Ramírez-Duart, W., Vásquez-Piñeros, M., y Rondón-Barragán, I. (2012). Concentración anestésica del eugenol en peces escalares (*Pterophyllum scalare*) *Revista de investigaciones veterinarias del Perú* Vol. 23 (2): 171-181

Pérez, P. C., Costa, L., Eloy, Á. Viera, P. y Solís, L. (2010). Aceite de clavo como anestésico para el pez Pacú *Piaractus mesopotamicus*. *An. Vet. (Murcia)*, 26: 69-76.

QuestionPro.

<https://www.questionpro.com/blog/es/anova/#:~:text=La%20prueba%20ANOVA%20o%20análisis,o%20aceptar%20la%20hipótesis%20alternativa>

Llanos, C. y Scotto, C. (2010). Eugenol como anestésico para labores de manipulación de *Xiphophorus helleri* (Heckel, 1848) (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Revistas UNFV*, 179-188. *The Biologist (Lima)*, 8:179-188. <https://doi.org/10.24039/rtb201082511>

Sorroza L., Ajila, C., Santacruz-Reyes, R. (2020). El impacto del eugenol en la anestesia de organismos acuáticos. *Revista Espacios*. 41(49): 267-273. DOI: 10.48082/espacios-a20v41n49p22

Suárez-Martínez, Roger O., Bernal-Buitrago, Geral F., Velasco-Garzón, Juan S., Pinzón-Daza, Miguel A., Eslava-Mocha, Pedro R., & Baldisserotto, Bernardo. (2014). Eugenol como anestésico para el manejo de juveniles del híbrido *Pseudoplatystoma metaense* por *Leiarius marmoratus*. *ORINOQUIA*, 18(Suppl. 1), 256-259. Retrieved February 18, 2025, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-37092014000300013&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092014000300013&lng=en&tlng=es).

Zambrano-Bermúdez, Daniela, Santana-Piñeros, Ana María, Muñoz-Chumo, Leonela Griselda, Velez-Chica, Juan Carlos, & Cruz-Quintana, Yanis. (2023). Eficacia del eugenol como anestésico en el chame *Dormitator latifrons* mantenidos a dos salinidades. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 34(4), e24587. Epub 25 de agosto de 2023. <https://doi.org/10.15381/rivep.v34i4.24587>