



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGIAS

CARRERA DE BIOLOGÍA

TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR

Modalidad: Artículo Académico

Tema:

Evaluación de la frescura del pámpano (*Peprilus medius* Peters, 1869) mediante el análisis del color CIELAB en branquias como bioindicador de descomposición

Autores:

Reyes Mero Frank Steven
Zambrano Prado Mayerly Micaela

Tutor:

Blgo. Eduardo Xavier Pico Lozano, PhD.

Periodo 2025 (2)

Declaración de autoría

Nosotros, Reyes Mero Frank Steven y Zambrano Prado Mayerly Micaela declaramos que hemos contribuido a la realización del trabajo de titulación bajo la modalidad de Artículo Académico previo a la obtención del título de Biólogo/a, con el tema:

Evaluación de la frescura del pámpano (*Peprilus medius* Peters, 1869) mediante el análisis del color CIELAB en branquias como bioindicador de descomposición

Hemos revisado la versión final del manuscrito y aprobamos su presentación para su publicación. También garantizamos que este trabajo es original, no ha sido publicado previamente y no está bajo consideración para su publicación en otro lugar.

Además, declaramos que no tenemos conflictos de interés en relación con este trabajo.

Firmas:



Reyes Mero Frank Steven
CI: 1316439262



Zambrano Prado Mayerly Micaela
CI: 1315784171

Manta, Manabí, Ecuador
Sábado, 06 de junio de 2025

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la carrera de Biología de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante **Zambrano Prado Mayerly Micaela**, legalmente matriculado/a en la carrera de biología, período académico 2025-2, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto o núcleo problémico es **“Evaluación de la frescura del pámpano (*Peprilus medius* Peters, 1869) mediante el análisis del color CIELAB en branquias como bioindicador de descomposición”**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Lugar, 30 de enero de 2026.

Lo certifico,



Dr. Eduardo Xavier Pico Lozano, PhD.

Docente Tutor

Área: Grupo de Investigación BioCal (Biotecnología y Calidad)

Nota 1: Este documento debe ser realizado únicamente por el/la docente tutor/a y será receptado sin enmendaduras y con firma física original

Nota 2: Este es un formato que se llenará por cada estudiante (de forma individual) y será otorgado cuando el informe de similitud sea favorable y además las fases de la Unidad de Integración Curricular estén aprobadas.

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la carrera de Biología de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante **Reyes Mero Frank Steven**, legalmente matriculado/a en la carrera de biología, período académico 2025-2, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto o núcleo problémico es **“Evaluación de la frescura del pámpano (*Peprilus medius* Peters, 1869) mediante el análisis del color CIELAB en branquias como bioindicador de descomposición”**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Lugar, 30 de enero de 2026.

Lo certifico,



Dr. Eduardo Xavier Pico Lozano, PhD.

Docente Tutor

Área: Grupo de Investigación BioCal (Biotecnología y Calidad)

Nota 1: Este documento debe ser realizado únicamente por el/la docente tutor/a y será receptado sin enmendaduras y con firma física original

Nota 2: Este es un formato que se llenará por cada estudiante (de forma individual) y será otorgado cuando el informe de similitud sea favorable y además las fases de la Unidad de Integración Curricular estén aprobadas.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por ser mi guía y fortaleza, por brindarme sabiduría, constancia y la oportunidad de culminar esta importante etapa de mi formación profesional.

A mis padres, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo permanente, por creer siempre en mí y ser el pilar fundamental de cada uno de mis logros. A mis hermanos, por sus consejos, compañía y por estar presentes en los momentos difíciles, brindándome ánimo y motivación. A mi abuela, por su cariño y constante preocupación, que han sido un impulso constante para seguir adelante.

A mis facuamigos Nayita, Alexito y Cali, por su amistad sincera y leal, por cada palabra de aliento, cada momento compartido, por acompañarme en los días de estrés, cansancio y dudas, y por recordarme siempre que no estaba solo. Su apoyo emocional, su ayuda desinteresada y su presencia constante hicieron este camino más ligero y significativo, convirtiéndose en una familia dentro de la universidad.

Finalmente, expreso mi más sincero agradecimiento al Biol. Eduardo Xavier Pico Lozano, PhD., tutor de este trabajo de titulación, por su guía científica, paciencia, disposición y valiosos aportes académicos, fundamentales para el desarrollo y culminación de esta investigación.

- ***Frank Steven Reyes Mero***

A Dios, por brindarme la oportunidad de poder llegar hasta aquí, por su fortaleza, sabiduría y compañía durante todo este proceso de crecimiento profesional y personal durante todos estos años, ayudándome a superar y aprender de cualquier dificultad que se presentaba en su momento.

Al Blgo. Eduardo Xavier Pico Lozano, PhD., nuestro tutor de tesis, expreso un profundo agradecimiento por su acompañamiento, orientación y apoyo constante durante todo el proceso de investigación y desarrollo del proyecto. Sus conocimientos, observaciones oportunas y disposición permanente fueron clave para la ejecución de este trabajo y superar cada etapa del proceso académico. Su profesionalismo, compromiso, paciencia y calidad humana hicieron posible la culminación exitosa de esta tesis.

A mi compañero de tesis, Frank Steven Reyes Mero, gracias por ser un pilar fundamental en la realización y culminación de este proyecto. Sin su apoyo, compromiso y dedicación, este trabajo no habría sido posible. Agradezco

profundamente su empatía y comprensión frente a mis horarios laborales, así como su disposición y solidaridad constante para avanzar aun cuando se sabía de mi ausencia en el proyecto. Por eso y por estar a mi lado todos estos años de estudio, gracias.

A mis padres, Johana Mabel Prado Chávez y Byron Fabricio Zambrano Vera, mi mayor ejemplo de que si quieres algo debes de trabajar por ello. Por su esfuerzo, amor incondicional, apoyo constante y sobre todo aquel sacrificio a lo largo de mi formación académica, gracias. Son aquella fortaleza que me reconforta en mis momentos difíciles, por creer en mi incluso cuando yo dudaba y por motivarme a continuar siempre. Este logro no solo es mío, también es de ustedes, por todo lo mencionado anteriormente y más. Gracias por ayudarme a alcanzar esta meta.

A mi hermana, Angie Valentina Zambrano Prado por su apoyo incondicional, su paciencia durante todos estos años de estudio y por estar siempre presente en cada momento significativo para mí. Gracias por tu cariño, tus palabras de aliento en los momentos que me acercaba a ti buscando consuelo y por ser un apoyo fundamental en este camino. Este logro también lleva un pedacito de ti.

A mi familia, por su apoyo constante, cariño y comprensión a lo largo de este proceso. Gracias por acompañarme en cada etapa, por sus palabras de aliento y por su ayuda en los momentos de esfuerzo. Su presencia y amor hicieron posible llegar hasta aquí. A todas esas personas que en su momento llamé amigos y a quienes aún continúan a mi lado. Gracias por las enseñanzas, el apoyo y los momentos compartidos que, de una u otra forma, marcaron este largo proceso con experiencias únicas que me ayudaron a ser quien soy ahora. Cada vivencia dejó un aprendizaje del cual se aprendió. Con mucho cariño y amor los llevaré en mi corazón.

- Mayerly Micaela Zambrano Prado

Dedicatoria

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía, mi fortaleza y mi refugio en los momentos de dificultad, por bendecir cada paso de mi camino y darme la sabiduría y perseverancia necesarias para alcanzar esta meta.

A mis padres, José Gregorio Reyes Mero y Lusvenia Elizabeth Mero Orellana, por su amor incondicional, esfuerzo constante y sacrificios realizados para brindarme educación y apoyo en cada etapa de mi vida. Este logro es también suyo.

A mis hermanos, Stefani Elizabeth Reyes Mero y José Manuel Reyes Mero, por su compañía, consejos y motivación permanente, por ser un respaldo y una fuente de fortaleza en los momentos difíciles. A mi abuela, Blanca Edilma Mero Sornoza, por su cariño, preocupación y oraciones, que siempre me acompañaron a lo largo de este camino.

Y, finalmente, a todas aquellas personas que en algún momento formaron parte de mi vida y fueron apoyo durante mi crecimiento personal y académico, porque cada experiencia compartida contribuyó a forjar quien soy hoy.

Frank Steven Reyes Mero

Dedicado principalmente a mis abuelos, mi papi Melesio Malaquia Zambrano Mendieta y mi mami María Ramona Vera Vera, quienes no se encuentran físicamente, pero permanecen vivos en mi memoria. Su amor sigue siendo mi refugio, sus enseñanzas mi guía y su recuerdo mi mayor fortaleza para seguir adelante en este crecimiento diario. Este logro es un homenaje a su memoria, porque fueron y siempre serán mi amor más puro y una parte fundamental de quien soy.

A mi familia y Dios, por iluminar mi camino, sostenerme en los momentos de debilidad, por ser mi apoyo, mi fuerza y mi mayor inspiración; por cada sacrificio y por el amor incondicional que hizo posible este logro. Todo lo que soy y lo que hoy alcanzo lleva su huella.

A las generaciones actuales y a las que vienen, porque ustedes son el futuro:

“Incluso si el camino es lento, sigue siendo tu propio camino.”

— Kim Namjoon

Mayerly Micaela Zambrano Prado

EVALUACIÓN DE LA FRESCURA DEL PÁMPANO *Peprilus medius* (PETERS, 1869) MEDIANTE EL ANÁLISIS DEL COLOR CIELAB EN BRANQUIAS COMO BIOINDICADOR DE DESCOMPOSICIÓN

**Reyes-Mero Frank Steven¹; Zambrano-Prado Mayerly Micaela¹ ;
Eduardo Xavier Pico Lozano¹**

¹ Grupo de investigación BIOCAL, Carrera de Biología, Facultad de Ciencias de la vida y Tecnologías, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Correo institucional: e1316439262@live.uleam.edu.ec; e1315784171@live.uleam.edu.ec

RESUMEN

En la búsqueda de métodos objetivos, no destructivos y de bajo costo que permitan evaluar la frescura del pescado, el análisis del color se presenta como una alternativa viable y eficiente. El color de las branquias es un indicador sensible de la frescura del pescado, ya que se modifica progresivamente durante el deterioro. En este estudio se evaluó la frescura de 21 ejemplares de pámpano (*Peprilus medius*) almacenados en hielo durante siete días, mediante el análisis del color en el espacio CIELAB (L^* , a^* y b^*). Se realizó un muestreo diario de tres peces, registrándose tres mediciones por muestra en el arco branquial. Los resultados mostraron un incremento progresivo del parámetro L^* y una disminución gradual del parámetro a^* , lo que evidencia la pérdida del color rojo y el aumento de la palidez del tejido. El parámetro b^* presentó variaciones menos definidas. Estos resultados indican que los parámetros L^* y a^* constituyen bioindicadores cromáticos confiables del deterioro del pámpano, y que la colorimetría en branquias es una técnica objetiva, no destructiva y de bajo costo para la evaluación de la frescura del pescado.

Palabras clave: Pámpano, *Peprilus medius*, CIELAB, color, frescura, branquias, almacenamiento en hielo.

EVALUATION OF THE FRESHNESS OF PAMPANO - *PEPRILUS MEDIUS* (PETERS, 1869) BY CIELAB COLOR ANALYSIS IN GILLS AS A BIOINDICATOR OF DECOMPOSITION

ABSTRACT

In the search for objective, non-destructive, and low-cost methods to evaluate fish freshness, color analysis emerges as a practical and efficient alternative. Gill color is a sensitive indicator of fish freshness, as it progressively changes during deterioration. In this study, the freshness of 21 pompano specimens (*Peprilus medius*) stored on ice for seven days was evaluated through color analysis in the CIELAB space (L^* , a^* , and b^*). Daily sampling of three fish was conducted, with three measurements recorded per sample in the gill arch. The results showed a progressive increase in the L^* parameter and a gradual decrease in the a^* parameter, indicating loss of red coloration and increased tissue paleness. The b^* parameter exhibited less defined variations. These findings indicate that L^* and a^* are reliable chromatic bioindicators of pompano deterioration and that gill colorimetry is an objective, non-destructive, and low-cost technique for evaluating fish freshness.

Keywords: Pompano, *Peprilus medius*, CIELAB, color, freshness, gills, ice storage.

1. INTRODUCCIÓN

El *Peprilus medius*, conocido comúnmente como pámpano, es una especie pelágica costera distribuida en el Pacífico Oriental, con registros que abarcan desde el Golfo de California hasta el norte de Chile, incluyendo aguas ecuatoriales (Instituto Público de Pesca, 2018). En Ecuador, esta especie forma parte de las capturas artesanales, donde se obtiene principalmente mediante redes de enmalle y se comercializa en estado fresco, debido tanto a su valor nutricional como a su aceptación en el mercado local (Mendoza-Nieto, Briones-Mendoza, & Alió, 2024). Su disponibilidad en zonas costeras, junto con su importancia en la pesca de pequeña escala, la convierten en un recurso relevante para la seguridad alimentaria y la economía pesquera regional. No obstante, a pesar de su relevancia comercial y social, la información científica relacionada con sus condiciones post-captura y su comportamiento frente al deterioro sigue siendo limitada.

La actividad pesquera desempeña un papel fundamental en la alimentación a nivel mundial, al proporcionar una fuente importante de proteínas y nutrientes esenciales para millones de personas (Food and Agriculture Organization [FAO], 2020). Sin embargo, uno de los principales desafíos que enfrenta este sector es la evaluación adecuada de la frescura del pescado, ya que este parámetro influye directamente tanto en la calidad del producto como en su seguridad para el consumo humano (Ghaly et al., 2010).

Tradicionalmente, la frescura del pescado ha sido evaluada mediante métodos sensoriales y análisis químicos. Si bien estas técnicas han sido ampliamente utilizadas, presentan limitaciones en cuanto a precisión y objetividad, especialmente frente a las crecientes exigencias de los consumidores y a las normativas cada vez más estrictas de la industria alimentaria (Hassoun & Karoui, 2017).

En este contexto, el análisis del color ha surgido como una alternativa eficaz para el monitoreo del deterioro del pescado. Diversos estudios han señalado que los cambios cromáticos se encuentran estrechamente relacionados con la liberación de

compuestos nitrogenados volátiles, en particular el amoníaco, generados durante la descomposición de las proteínas. A partir de esta relación, se han desarrollado indicadores visuales sensibles al pH capaces de reflejar el aumento de dichos compuestos mediante cambios progresivos de color, los cuales se manifiestan en incrementos significativos del valor de diferencia total de color (ΔE) conforme avanza el almacenamiento. Asimismo, los parámetros L^* , a^* y b^* presentan variaciones consistentes con la pérdida de frescura, lo que confirma la utilidad del espacio de color CIELAB como una herramienta objetiva de evaluación (Kim, Park & Shin, 2023).

El uso de sistemas de visión artificial ha permitido analizar con mayor precisión los cambios de color en distintas regiones anatómicas del pescado. En estudios realizados en dorada (*Sparus aurata*), se ha evidenciado que los valores de L^* , b^* y ΔE en las branquias aumentan con el tiempo de almacenamiento, mientras que los parámetros a^* y c^* disminuyen, mostrando una alta correlación entre las variables cromáticas y el tiempo de conservación en hielo. Estos resultados indican que las branquias constituyen una de las regiones más sensibles para la evaluación de la frescura mediante técnicas colorimétricas (Dowlati et al., 2013).

Como complemento a lo anterior, se han desarrollado sensores halocrómicos basados en biopolímeros para el monitoreo del deterioro del pescado envasado. Estos sensores, elaborados a partir de películas de celulosa con tintes indicadores, presentan cambios de color claramente distinguibles en respuesta a la liberación de compuestos básicos volátiles. Dichos cambios muestran una relación directa con los valores de pH, el contenido de nitrógeno básico volátil total y el crecimiento microbiano, lo que respalda su capacidad para reflejar de manera confiable el estado de deterioro del producto pesquero (Devarayan et al., 2024).

El almacenamiento en hielo ha sido ampliamente utilizado para evaluar la evolución del color en filetes de pescado. Durante este proceso, se ha observado un incremento progresivo en los valores de luminosidad (L^*), asociado principalmente a la desnaturalización de las proteínas musculares. Además, parámetros como el índice

de rojez (a^*/b^*), el tono y el croma permiten describir con mayor detalle los cambios cromáticos en función del tipo de superficie del filete, confirmando que el sistema CIELAB constituye una herramienta válida para la caracterización objetiva del deterioro visual del pescado almacenado en hielo (Olgunoglu, 2013).

En concordancia con lo reportado en la literatura, los sensores colorimétricos basados en perlas de alginato han sido propuestos como alternativas eficientes para el monitoreo del deterioro del pescado. Estos dispositivos presentan cambios de color en respuesta a los compuestos volátiles generados durante la descomposición del tejido muscular, mostrando una correlación directa con los valores de pH, TVB-N y los recuentos microbianos. De este modo, los sensores colorimétricos se consolidan como herramientas prácticas, económicas y confiables para la evaluación objetiva de la frescura del pescado (Majdinasab et al., 2018).

Desde otra aproximación metodológica, el almacenamiento refrigerado ha sido evaluado mediante técnicas de visión por computadora y modelos basados en redes neuronales artificiales. En estudios realizados en lubina europea almacenada a 4 °C, se ha reportado una disminución progresiva del valor de luminosidad (L^*), asociada a la pérdida de frescura, con coeficientes de correlación elevados entre los parámetros cromáticos y la vida útil estimada del producto (Lakehal & Lakehal, 2025). De forma complementaria, se ha desarrollado un modelo de red neuronal artificial basado en los parámetros L^* , a^* y b^* , capaz de predecir con alta precisión el tiempo de almacenamiento de diversos productos marinos, lo que respalda el uso del color como un indicador objetivo de frescura (Genç, 2022).

Si bien numerosos estudios han evaluado el color de la piel o del músculo de los peces, el uso específico de las branquias como bioindicador de frescura mediante la cromaticidad CIELAB ha sido menos explorado. En este estudio, se plantea que el seguimiento diario de los valores de L^* , a^* y b^* en las branquias de *Peprilus medius* durante su almacenamiento en hielo permitirá disponer de una herramienta cuantitativa para estimar su vida útil y su grado de descomposición.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Tipo de estudio

El presente estudio tuvo un diseño experimental descriptivo–analítico, orientado a evaluar la frescura del pámpano (*Peprilus medius*) durante almacenamiento refrigerado, mediante el análisis instrumental del color CIELAB (L^* , a^* , b^*) en branquias, empleando el cambio total de color (ΔE^*) como bioindicador de descomposición.

2.2 Obtención de las muestras

Se adquirieron ejemplares frescos de pámpano (*Peprilus medius*) (Figura1), en una estación de venta del mercado de Playita Mia, seleccionando peces que presentaran características organolépticas adecuadas de frescura, tales como ojos brillantes, branquias rojizas y consistencia firme. Las muestras fueron transportadas inmediatamente en un recipiente isotérmico con hielo hasta el lugar de procesamiento.

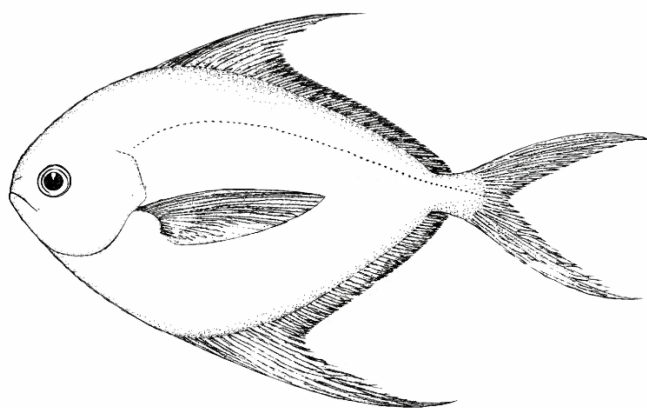


Figura 1. Vista lateral del Pámpano (*Peprilus medius*) utilizado en el estudio.

2.3 Preparación de las muestras

Los peces fueron eviscerados manualmente y lavados con agua potable para eliminar restos de sangre y vísceras. Se sometieron a un golpe de frío mediante inmersión en una mezcla de hielo y agua en proporción 1:1 durante 30 minutos, con el fin de homogeneizar la temperatura inicial de las muestras, alcanzando valores cercanos a 0 °C. El momento siguiente al golpe de frío fue considerado como día 0 del estudio.

2.4 Almacenamiento en refrigeración

Luego del golpe de frío, los ejemplares fueron almacenados en un recipiente isotérmico con sistema de drenaje, manteniendo la llave abierta para permitir la salida continua del agua de deshielo y evitar el contacto prolongado de las muestras con líquido.

El almacenamiento se realizó mediante capas alternadas de hielo y pescado, colocando una plancha de hielo en la base del recipiente isotérmico, seguida de siete peces, otra plancha de hielo, siete peces adicionales y finalmente una última plancha de hielo con los peces restantes en la parte superior.

El hielo fue reemplazado cuando fue necesario, con el objetivo de mantener una temperatura cercana a 0 °C durante todo el período experimental.

2.5 Diseño de muestreo

El estudio se desarrolló durante siete días consecutivos. Cada día se seleccionaron aleatoriamente tres pescados para el análisis, los cuales fueron descartados luego de la medición colorimétrica, evitando la reutilización de muestras.

De esta manera, el número total de ejemplares analizados fue de 21 peces, distribuidos en siete días de muestreo.

2.6 Medición del color

La evaluación del color se realizó en la branquia, específicamente en el arco branquial (Figura 2), por ser una zona altamente sensible a los cambios asociados con la pérdida de frescura en el pescado. Esta área fue seleccionada debido a que su coloración se altera progresivamente durante el almacenamiento en refrigeración, lo que la convierte en un indicador visual confiable del estado de frescura (Sengor et al., 2019).

En cada ejemplar se efectuaron tres mediciones consecutivas en el mismo punto del arco branquial. De estas lecturas, se seleccionó el valor que presentó mayor aproximación al color real observado visualmente en la branquia, con el objetivo de

minimizar posibles errores derivados de la iluminación, el ángulo de medición o variaciones instrumentales.

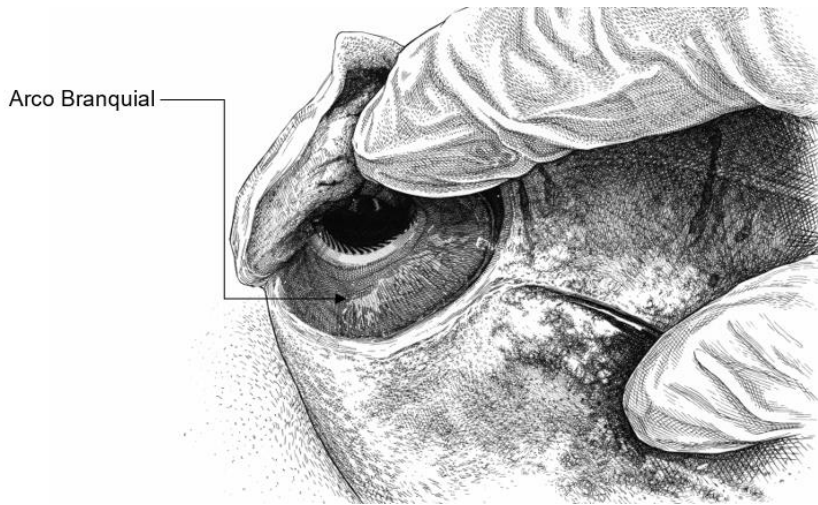


Figura 2. Zona anatómica evaluada para la medición colorimétrica (arco branquial).

2.7 Instrumento de medición

Las mediciones de color se realizaron mediante un colorímetro digital (Figura 3A) utilizando la aplicación móvil Color Meter (Figura 3B), la cual permitió registrar los parámetros L^* (luminosidad), a^* (componente verde-rojo) y b^* (componente azul-amarillo) correspondientes al sistema de color CIELAB.

El dispositivo móvil fue colocado a una distancia constante de la superficie de la agalla durante cada medición, procurando mantener condiciones de iluminación similares para todas las muestras.

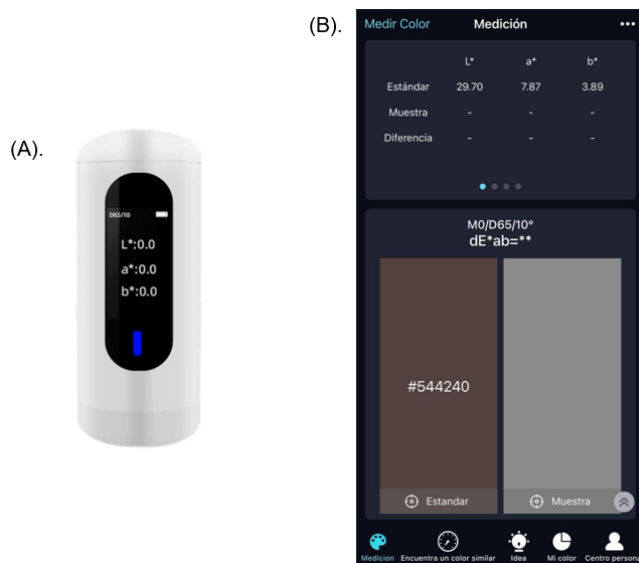


Figura 3. (A) Equipo de medición colorimétrica de las branquias; (B) aplicación móvil ColorMeter.

2.8 Análisis instrumental del color

El color de las branquias fue evaluado mediante el sistema de color CIELAB (1976), el cual permite describir el color a partir de tres coordenadas: L^* , que representa la luminosidad, a^* , asociada al eje verde-rojo, y b^* , correspondiente al eje azul-amarillo. Este sistema ha sido ampliamente empleado en estudios de calidad y frescura de productos pesqueros debido a su relación con la percepción visual humana.

Cálculo del cambio total de color (ΔE^*)

El cambio total de color (ΔE^*) se calculó con respecto al color inicial de referencia, definido como el promedio de los valores L^* , a^* y b^* obtenidos el día 1, de acuerdo con la metodología establecida por la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE). La expresión utilizada fue:

$$\Delta E^* = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2}$$

donde L_0^* , a_0^* y b_0^* corresponden a los valores promedio del color inicial de las branquias.

El ΔE^* permitió cuantificar de forma integral las variaciones cromáticas asociadas al deterioro progresivo del pescado durante el almacenamiento.

2.9 Tratamiento de datos

Los valores de L^* , a^* y b^* obtenidos para cada ejemplar fueron organizados en una base de datos en Microsoft Excel, por día de almacenamiento. Posteriormente, estos datos fueron empleados para evaluar la variación del color de las branquias durante el período de conservación en refrigeración.

Se realizó un análisis estadístico descriptivo de los parámetros colorimétricos. Adicionalmente, se desarrollaron modelos de regresión para evaluar la relación entre:

- Día de almacenamiento (variable dependiente)
- ΔE^* y/o parámetros CIELAB (variables independientes)

El análisis estadístico y la modelación se llevaron a cabo utilizando software especializado (Excel y Minitab 22). La significancia de los modelos se evaluó mediante el coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado) y el p-valor.

3. RESULTADOS

Se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de la frescura del pámpano (*Peprilus medius*) mediante el análisis del color CIELAB en branquias, durante el almacenamiento en refrigeración y se describen los cambios observados en los parámetros colorimétricos L^* , a^* y b^* , así como en el cambio total de color (ΔE^*), calculado con respecto al estado inicial del producto.

Los resultados se expresan como valores promedio diarios, obtenidos a partir del análisis de tres ejemplares por día, con el fin de reducir la variabilidad biológica individual y facilitar la identificación de tendencias asociadas al proceso de deterioro. Asimismo, se presentan tablas y representaciones gráficas que permiten visualizar la evolución de los parámetros colorimétricos y su relación con el tiempo de almacenamiento. La (Tabla 1) presenta los valores promedio diarios de los parámetros colorimétricos L^* , a^* , b^* y del cambio total de color (ΔE^*), obtenidos a

partir de tres ejemplares de *Peprilus medius* por día durante siete días de almacenamiento refrigerado.

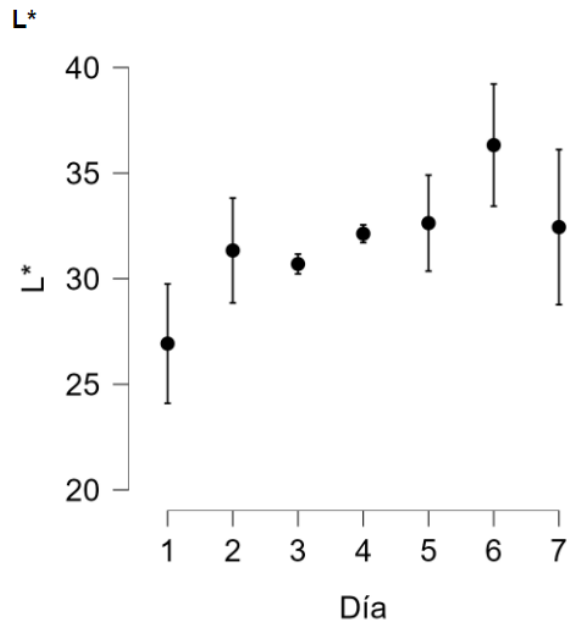
Tabla 1. Parámetros colorimétricos promedio en branquias durante el almacenamiento.

Lecturas CielAB y ΔE^*								
L*			a*		b*		Delta E*	
Día	Media	Desv.Est.	Media	Desv.Est.	Media	Desv.Est.	Media	Desv.Est.
1	26,927	2,498	9,000	2,011	4,343	2,289	3,045	1,273
2	31,337	2,195	9,620	1,009	3,733	2,283	5,047	1,850
3	30,697	0,415	5,840	1,775	1,627	0,587	5,767	1,050
4	32,130	0,372	5,000	0,357	3,760	2,384	6,885	0,555
5	32,633	2,011	4,297	1,908	4,147	0,696	7,453	2,716
6	36,327	2,559	3,247	1,087	7,717	2,829	11,721	3,179
7	32,443	3,247	4,320	1,937	5,430	2,989	7,826	3,495

Evolución de los parámetros CIELAB

El parámetro L*, asociado a la luminosidad, presentó una tendencia general al aumento a lo largo del período de almacenamiento (Figura 4), lo que indica una progresiva pérdida de la coloración oscura característica de las branquias frescas. Este comportamiento sugiere un proceso de decoloración del tejido vinculado al deterioro estructural y bioquímico.

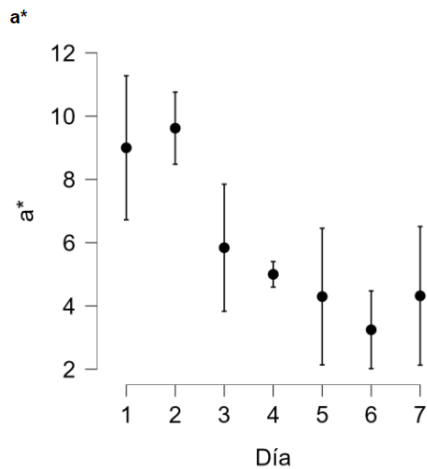
Figura 4. Variación del parámetro de luminosidad (L) en las branquias de *Peprilus medius*.



Fuente: JASP

El valor a^* , relacionado con la intensidad del color rojo, mostró una disminución gradual con el paso de los días (Figura 5), reflejando la pérdida progresiva del tono rojizo típico de las branquias frescas, considerado uno de los principales indicadores visuales de frescura en peces.

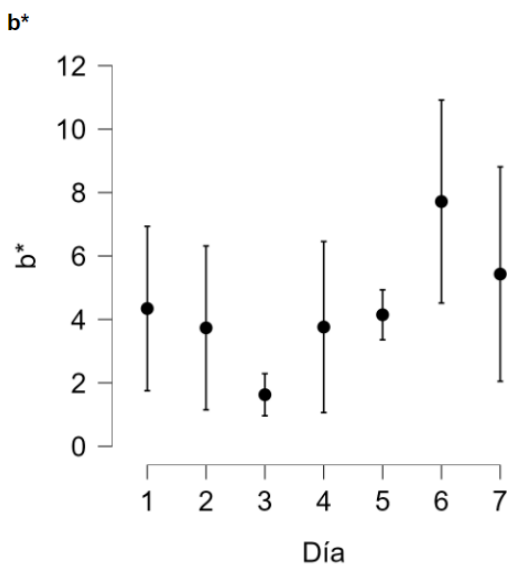
Figura 5. Comportamiento del parámetro a (intensidad del color rojo) en las branquias de *Peprilus medius*



Fuente: JASP

El parámetro b^* , asociado a la tonalidad amarilla, presentó un comportamiento variable, con ligeras fluctuaciones durante el almacenamiento (Figura 6). Este patrón podría estar relacionado con procesos oxidativos y con la acumulación de compuestos de degradación en el tejido branquial.

Figura 6. Evolución del parámetro b (tonalidad amarilla) en las branquias de *Peprilus medius*



Fuente: JASP

Análisis de tendencia para Delta E

El error porcentual absoluto medio (MAPE) expresa la magnitud del error del modelo en términos relativos, permitiendo comparar la exactitud independientemente de la escala de la variable analizada. En general, valores de MAPE inferiores al 10 % se consideran excelentes, entre 10 % y 20 % buenos, y entre 20 % y 30 % aceptables. Valores superiores al 30 % indican un error moderado, común en modelos aplicados a sistemas biológicos con alta variabilidad. En este estudio, el valor de MAPE se ubicó en un rango que sugiere una capacidad predictiva preliminar, adecuada para describir tendencias generales de deterioro, aunque con limitaciones para estimaciones precisas del tiempo exacto de almacenamiento (Hyndman, R. J., & Koehler, A. B. ,2006).

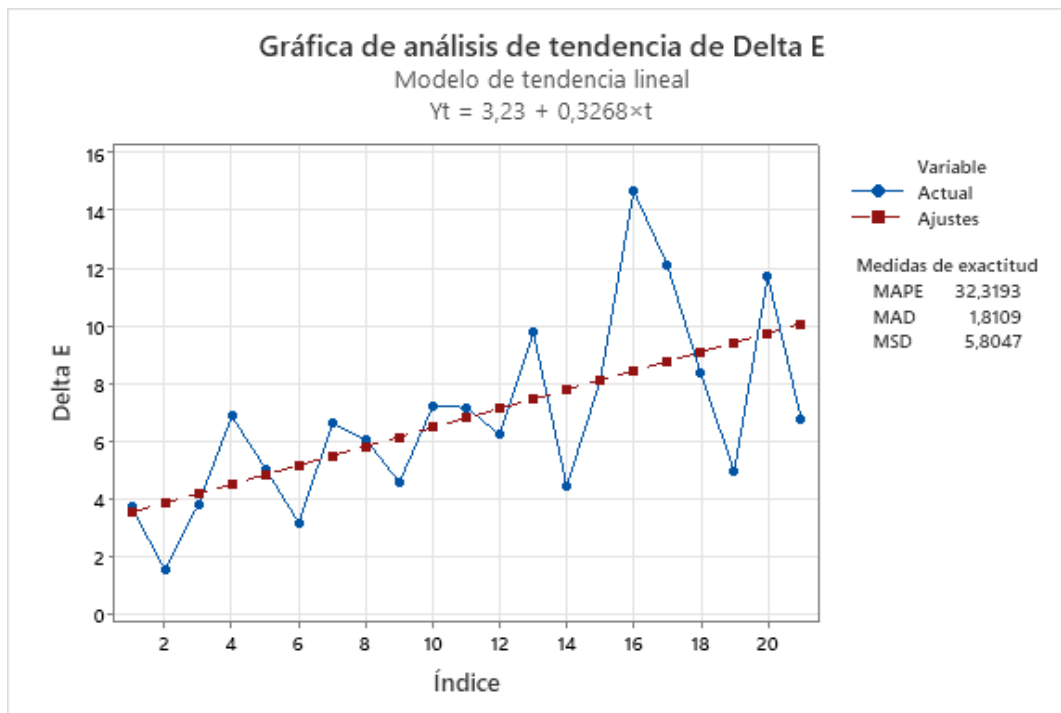
La desviación absoluta media (MAD) representa el error promedio expresado en las mismas unidades de la variable respuesta, lo que facilita su interpretación práctica. Valores bajos de MAD indican que las predicciones se mantienen cercanas a los valores reales, mientras que valores elevados reflejan una mayor dispersión. En el contexto de estudios de frescura de pescado, un MAD cercano a una o dos unidades de tiempo es considerado razonable, dado que los cambios post mortem no ocurren de forma abrupta ni perfectamente uniforme. El valor obtenido en este estudio indica que el modelo presenta una precisión suficiente para ubicar el estado de frescura dentro de un intervalo temporal aproximado, más que para identificar un día exacto de almacenamiento (Hyndman, R. J., & Koehler, A. B. ,2006).

El error cuadrático medio (MSD) penaliza de manera más severa los errores grandes, por lo que es especialmente sensible a desviaciones importantes entre valores observados y predichos. Rangos bajos de MSD reflejan una dispersión homogénea de los errores, mientras que valores más elevados sugieren la presencia de errores puntuales de mayor magnitud. En este estudio, el valor de MSD indica que existen discrepancias más marcadas en determinadas etapas del almacenamiento, particularmente en fases avanzadas del deterioro, donde los cambios de color en las

branquias pueden presentar comportamientos no lineales y respuestas variables entre individuos (Hyndman, R. J., & Koehler, A. B., 2006).

En conjunto, los rangos observados para MAPE, MAD y MSD (Figura 7) evidencian que el modelo es más robusto para la identificación de patrones generales de pérdida de frescura que para predicciones exactas a nivel individual, lo cual es consistente con la naturaleza biológica del proceso de descomposición y con el uso exclusivo de parámetros colorimétricos como variables predictoras. Esto no invalida el modelo; define su alcance.

Figura 7. Análisis de tendencia DeltaE*

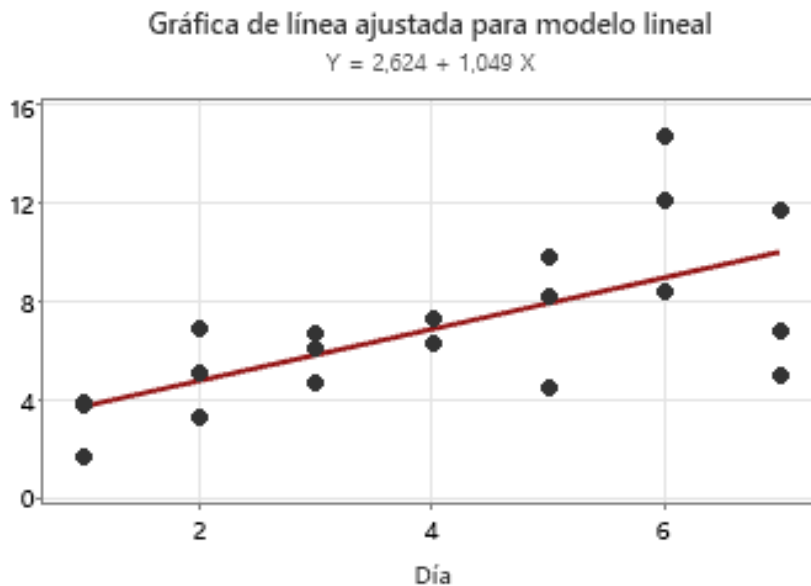


Fuente: Minitab22

También se aplicó un análisis de regresión para modelar la relación entre los cambios de color en branquias, expresados como parámetros CIELAB y ΔE^* , y el tiempo de almacenamiento del pámpano. Este análisis permitió evaluar el potencial del color como variable predictora de la pérdida de frescura durante la refrigeración.

El análisis de regresión mostró una relación estadísticamente significativa entre el cambio total de color (ΔE) y el día de almacenamiento ($p < 0,001$). El modelo explicó el 45,30 % de la variación observada en ΔE , evidenciando una capacidad explicativa moderada. La correlación positiva obtenida ($r = 0,67$) indica que el ΔE tiende a incrementarse conforme avanza el tiempo de almacenamiento. La ecuación ajustada sugiere un aumento aproximado de una unidad de ΔE por cada día de conservación bajo refrigeración (Figura 8).

Figura 8. Modelo Lineal



Fuente: Minitab22

Predicción del modelo.

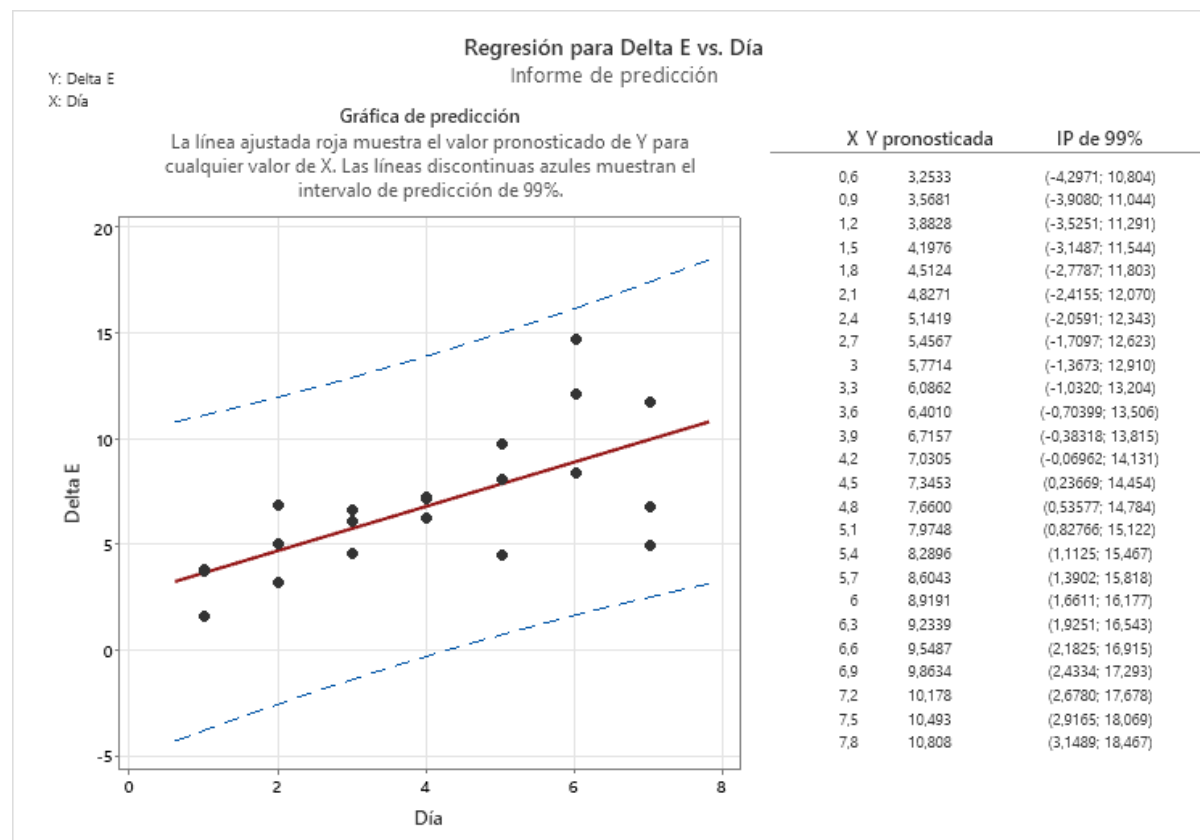
La gráfica de predicción (Figura 9) muestra la relación entre el día de almacenamiento y el cambio total de color (ΔE) estimado por el modelo de regresión lineal. La línea roja continua representa el valor pronosticado de ΔE para cada día, mientras que las líneas azules discontinuas corresponden al intervalo de predicción (IP) del 99 %, el cual indica el rango dentro del cual se espera que se ubique un valor individual futuro de ΔE con un 99 % de confianza.

Los valores pronosticados evidencian una tendencia ascendente, lo que confirma que el cambio cromático en las branquias aumenta conforme avanza el almacenamiento. Por ejemplo, para valores cercanos al día 1, el modelo estima valores de ΔE alrededor de 3–4, mientras que para días avanzados (6–7) los valores pronosticados se sitúan aproximadamente entre 9 y 11, lo que coincide con cambios cromáticos intensos y claramente perceptibles.

El intervalo de predicción del 99 % se amplía progresivamente a medida que aumenta el día de almacenamiento. Este comportamiento indica que la incertidumbre del modelo es mayor en etapas avanzadas del deterioro, donde los cambios de color en las branquias no siguen una trayectoria estrictamente lineal y existe mayor variabilidad biológica entre individuos. Esta ampliación del intervalo es esperable en estudios de frescura y refleja la naturaleza compleja del proceso de descomposición post mortem.

La tabla de predicción asociada muestra valores específicos de ΔE estimado para distintos días, junto con sus respectivos límites inferior y superior del intervalo de predicción. Por ejemplo, para un día intermedio (≈ 4), el ΔE pronosticado se encuentra alrededor de 6–7, con un intervalo relativamente estrecho; en contraste, para días cercanos a 7–8, el intervalo se vuelve más amplio, lo que sugiere que el modelo es más preciso para etapas tempranas e intermedias del almacenamiento que para fases avanzadas.

En conjunto, la predicción obtenida indica que el modelo es adecuado para estimar la tendencia general del deterioro cromático y para ubicar el estado de frescura dentro de un rango temporal aproximado, pero no para predecir valores individuales exactos de ΔE con alta precisión en los últimos días de almacenamiento. Esta característica es consistente con los valores de exactitud previamente obtenidos y con el comportamiento no lineal del color en etapas avanzadas de descomposición.

Figura 9. Grafica de predicción


Fuente: Minitab22

Según la tabla de datos pronosticada (Figura 9) y con base en el modelo de regresión lineal entre el cambio total de color (ΔE) y el día de almacenamiento, se estableció una escala operativa de ΔE para clasificar el estado de aptitud del pámpano (*Peprilus medius*). Considerando como límite de aceptación el día 4 de almacenamiento, el valor correspondiente de ΔE fue estimado en 6,82, el cual se definió como umbral crítico de aptitud. En consecuencia, valores de $\Delta E \leq 6,82$ se consideraron compatibles con producto apto para consumo, mientras que valores superiores indicaron un estado posterior al límite establecido. Esta escala permitió representar gráficamente el punto de transición entre el estado apto y no apto, evidenciando la utilidad del ΔE como indicador cuantitativo de frescura.

Escala práctica de ΔE basada en el día máximo de consumo.

- **0 – 3,00:** Fresco / cambio leve
- **3,01 – 6,82:** Apto (cambio moderado, aún dentro del límite)
- **> 6,82:** No apto (supera el límite equivalente a día 4)

Tabla 2. Escala integrada de parámetros CIELAB y ΔE para la evaluación de la frescura del pámpano (*Peprilus medius*)

Estado del producto	L* (luminosidad)	a* (rojo)	b* (amarillo)	ΔE	Interpretación
Fresco	≤ 32	≥ 5	≤ 4	$\leq 3,0$	Branquias rojo intenso, húmedas, sin cambios cromáticos perceptibles
Apto para consumo	≤ 32	3– 5	4 – 6	3,01 – 6,82	Cambio cromático moderado, dentro del límite aceptable
Límite de aceptación (Día 4)	≈ 32	≈ 5	≈ 4	6,82	Umbral crítico de aptitud definido por el modelo
No apto para consumo	> 35	< 3	> 6	$> 6,82$	Deterioro cromático avanzado, asociado a descomposición

La (Tabla 2) se construyó integrando los parámetros colorimétricos L*, a* y b* con el cambio total de color (ΔE), a partir de los valores promedio diarios obtenidos durante el almacenamiento refrigerado. Los rangos de L*, a* y b* se definieron según las tendencias observadas experimentalmente, considerando el aumento de la luminosidad, la disminución del componente rojo y el incremento del componente amarillo conforme avanzó el deterioro.

El límite de aptitud para consumo se estableció en el día 4 de almacenamiento y se tradujo a un umbral colorimétrico mediante el modelo de regresión entre ΔE y el tiempo, obteniéndose un valor crítico de $\Delta E = 6,82$. Este umbral permitió clasificar los estados de frescura y asociarlos con rangos específicos de L^* , a^* y b^* , dando lugar a una escala integrada para la evaluación práctica de la frescura del pámpano (*Peprilus medius*).

4. DISCUSIÓN

El espacio de color CIELAB permite cuantificar de manera objetiva las variaciones cromáticas asociadas a los cambios fisiológicos que ocurren durante el deterioro del pescado, siendo ampliamente utilizado en estudios de evaluación de frescura. En el presente estudio según CIELAB, el parámetro L^* de las branquias de *Peprilus medius* mostró una tendencia general al aumento durante el almacenamiento en hielo, pasando de $26,92 \pm 2,50$ en el día 1 hasta $36,32 \pm 2,55$ en el día 6, con una ligera disminución en el día 7 ($32,44 \pm 3,24$). Este incremento progresivo de la luminosidad indica una pérdida de la coloración oscura característica de branquias frescas y una apariencia visual más pálida, asociada al deterioro del tejido. Esta tendencia concuerda con lo reportado por Dowlati et al. (2013), quienes observaron aumentos lineales de L^* durante el almacenamiento refrigerado en *Sparus aurata*, así como con Sengor et al. (2019), quienes registraron un incremento de L^* desde $32,16 \pm 3,52$ hasta $40,74 \pm 7,60$ en peces almacenados en hielo. De manera similar, Olgunoglu (2013) reportó un aumento progresivo de L^* en filetes de pescado durante 24 días de almacenamiento. El comportamiento observado en *Peprilus medius* confirma que L^* es un indicador confiable de pérdida de frescura, relacionado con la desnaturalización proteica, la pérdida de integridad tisular y la disminución de sangre oxigenada en las branquias.

El parámetro a^* , asociado a la intensidad del color rojo, presentó una disminución progresiva desde un valor inicial de $9,00 \pm 2,01$ hasta $3,24 \pm 1,09$ en el día 6, con una leve recuperación en el día 7 ($4,32 \pm 1,94$). Esta tendencia refleja la pérdida gradual del color rojo brillante típico de branquias frescas. Resultados similares fueron

reportados por Dowlati et al. (2013), quienes observaron una disminución significativa de a^* durante el almacenamiento, y por Sengor et al. (2019), quienes documentaron una reducción de $24,32 \pm 6,35$ a $14,22 \pm 3,83$ en *Sparus aurata*. Asimismo, Olgunoglu (2013) reportó una disminución sostenida de a^* en filetes de pescado durante el almacenamiento en hielo. La reducción de a^* se asocia principalmente a la oxidación de la hemoglobina y la formación de methemoglobina tras la muerte del pez (Huss, 1995; Wysecki & Stiles, 1982). En etapas avanzadas, la producción de compuestos nitrogenados volátiles y el aumento del pH pueden inducir tonalidades rojizas o violáceas anómalas, generando una aparente recuperación del color que no representa frescura, sino descomposición avanzada (Gram & Dalgaard, 2002; Ólafsdóttir et al., 2004), lo que explica el ligero incremento observado en el día 7.

El parámetro b^* mostró un comportamiento no lineal en *Peprilus medius*, con un valor inicial de $4,34 \pm 2,29$ que disminuyó hasta $1,62 \pm 0,59$ en el día 3, seguido de un incremento progresivo que alcanzó $7,17 \pm 2,83$ en el día 6 y $5,43 \pm 2,99$ en el día 7. Este patrón coincide con lo reportado en el estudio de Sengor et al. (2019), el parámetro b^* presentó un comportamiento altamente variable durante el almacenamiento en hielo, iniciando con un valor de $8,27 \pm 4,37$, seguido de una disminución en los primeros días, un posterior incremento hasta $11,73 \pm 5,69$ alrededor del día 10, y finalmente una reducción marcada que alcanzó valores cercanos a cero hacia el final del periodo experimental, y por Olgunoglu (2013), quien registró incrementos progresivos de este parámetro en filetes de pescado. Devarayan et al. (2024) también asociaron las variaciones de b^* con procesos oxidativos y acumulación de metabolitos del deterioro. Esta fluctuación evidencia que el parámetro b^* no sigue una tendencia lineal durante el deterioro del pescado, sino que responde a múltiples procesos fisicoquímicos simultáneos, como la oxidación lipídica, la degradación proteica y los cambios en el pH del tejido. La alta desviación estándar reportada por los autores confirma además la sensibilidad de este parámetro a variaciones estructurales del músculo y a diferencias individuales entre los especímenes, lo que respalda su interpretación como un indicador complementario, pero no exclusivo, del estado de frescura.

El valor total de diferencia de color (ΔE) aumentó progresivamente desde $3,04 \pm 1,27$ en el día 1 hasta un máximo de $11,72 \pm 3,18$ en el día 6, con una ligera disminución en el día 7 ($7,82 \pm 3,49$). Estos valores indican cambios cromáticos perceptibles para el ojo humano, lo que confirma que el deterioro de las branquias fue visualmente evidente a partir de los días intermedios del almacenamiento. Según criterios colorimétricos, valores de ΔE superiores a 3 ya representan diferencias perceptibles, por lo que los resultados obtenidos evidencian una pérdida significativa de frescura.

Finalmente, la interpretación de las métricas MAPE, MAD y MSD se realizó conforme a los criterios propuestos por Hyndman y Koehler (2006) y Makridakis et al. (1998). El MAD obtenido (1,81) se considera razonable, al situarse cercano a una o dos unidades de tiempo, lo que concuerda con el carácter progresivo y no abrupto de los cambios post mortem durante el almacenamiento. En cuanto al MAPE (32,32%), este valor indica un error moderado, ya que valores superiores al 30 % son comunes en modelos aplicados a sistemas biológicos con alta variabilidad intrínseca. Por su parte, el MSD (5,80) se ubicó dentro de un rango moderado, considerando que valores inferiores a 3,0 representan errores bajos y una dispersión homogénea, lo que sugiere la presencia de discrepancias puntuales asociadas principalmente a etapas avanzadas del deterioro. En conjunto, estas métricas reflejan la complejidad biológica del proceso de deterioro sin comprometer la validez del modelo de análisis aplicado.

5. CONCLUSIÓN

El presente estudio demostró que el análisis del color CIELAB en branquias de *Peprilus medius* constituye una herramienta eficaz para la evaluación de la frescura durante el almacenamiento en hielo, confirmando su utilidad como bioindicador del proceso de descomposición. Las variaciones observadas en los parámetros L^* , a^* y b^* reflejaron de manera consistente los cambios fisiológicos y bioquímicos asociados al deterioro del pescado. El incremento progresivo de L^* evidenció la pérdida de coloración característica de las branquias frescas, mientras que la disminución de a^* indicó la degradación de los pigmentos sanguíneos responsables del color rojo

intenso. Por su parte, el comportamiento variable de b^* sugiere una respuesta influenciada por múltiples procesos oxidativos. Asimismo, el aumento del valor ΔE confirmó que los cambios cromáticos fueron perceptibles visualmente. En conjunto, los resultados respaldan el uso del análisis colorimétrico CIELAB como un método objetivo, sensible y no destructivo para el monitoreo de la frescura del pámpano durante su conservación en hielo.

6. AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo de titulación representa para nosotros la culminación de una etapa de esfuerzo, aprendizaje y crecimiento académico. Agradecemos a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y a la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías por brindarnos el entorno académico que permitió desarrollar esta investigación.

Reconocemos con gratitud el acompañamiento del docente tutor, Xavier Pico Lozano, cuya experiencia, criterio y compromiso fueron determinantes para orientar adecuadamente nuestro trabajo.

Expresamos nuestro agradecimiento a nuestras familias, quienes con su apoyo constante, comprensión y motivación fueron un pilar fundamental durante todo este proceso. A nuestros compañeros y amigos, gracias por el respaldo, la colaboración y los momentos compartidos que fortalecieron este camino universitario.

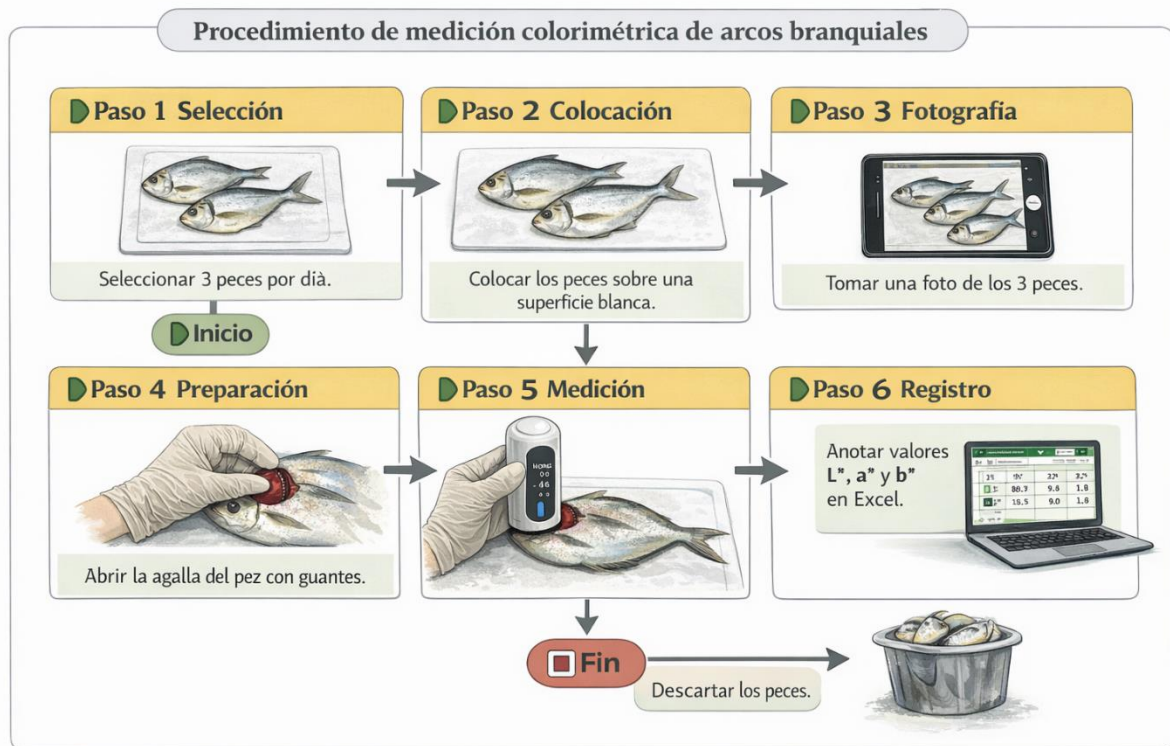
Este trabajo refleja no solo el cumplimiento de un objetivo académico, sino también el valor del esfuerzo conjunto, la perseverancia y el aprendizaje construido en equipo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Devarayan, K., Mohan, G., Palanisamy, Y. et al. Cellulose-based halochromic sensor for real-time surveillance of spoilage of packed fish. *Discov Food* 4, 129 (2024). <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00203-7>
- Dowlati, M., Mohtasebi, S. S., Omid, M., Razavi, S. H., Jamzad, M., & de La Guardia, M. (2013). Freshness assessment of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) by machine vision based on gill and eye color changes. *Journal of Food Engineering*, 119(2), 277–287. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2013.05.023>
- Food and Agriculture Organization. (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. FAO.
- Genç, İ. Y. (2022). Prediction of storage time in different seafood based on color values with artificial neural network modeling. *Journal of Food Science and Technology*, 59(6), 2501–2509. doi:<https://doi.org/10.1007/s13197-021-05269-0>
- Ghaly, A. E., Dave, D., Budge, S., & Brooks, M. S. (2010). Fish spoilage mechanisms and preservation techniques. *American Journal of Applied Sciences*, 7(7), 859-877.
- Hassoun, A., & Karoui, R. (2017). Quality evaluation of fish and other seafood by traditional and nondestructive instrumental methods: Advantages and limitations. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(9), 1976-1998.
- Huss, H. H. (1995). *Quality and quality changes in fresh fish*. FAO Fisheries Technical Paper No. 348. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Hyndman, R. J., & Koehler, A. B. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. *International Journal of Forecasting*, 22(4), 679–688. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2006.03.001>
- Instituto Público de Pesca. (2018). *Ficha pesquera 013: Pámpano o gallinaza (Peprilus medius)*. <https://www.institutopesca.gob.ec/wp-content/uploads/2018/01/Ficha-Pesquera-Pampano-DLM-013.pdf>
- Kim, D.-Y., Park, S.-W., & Shin, H.-S. (2023). Fish Freshness Indicator for Sensing Fish Quality during Storage. *Foods*, 12(9), 1801. <https://doi.org/10.3390/foods12091801>
- Lakehal, S., & Lakehal, B. (2025). Efectos del almacenamiento refrigerado en la frescura del pescado utilizando visión por computadora y modelado bajo red neuronal

- artificial. *Revista Científica De La Facultad De Ciencias Veterinarias*, 35(3), 7. <https://doi.org/10.52973/rcfcv-e35702>
- Majdinasab, M., Hosseini, S.M.H., Sepidname, M. et al. Development of a novel colorimetric sensor based on alginate beads for monitoring rainbow trout spoilage. *J Food Sci Technol* 55, 1695–1704 (2018). <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3082-5>
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & Hyndman, R. J. (1998). *Forecasting: Methods and applications* (3rd ed.). New York, NY: Wiley.
- Mendoza-Nieto, K., Briones-Mendoza, J., & Alió, J. J. (2024). Selectivity of gillnets for the capture of *Selene peruviana* and *Peprilus medius* in the Ecuadorian Pacific. *Revista Ciencias Marinas Y Costeras*, 16(2), 9-27. doi:<https://doi.org/10.15359/revmar.16-2.1>
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2012). *Introduction to linear regression analysis* (5th ed.). Hoboken, NJ: Wiley.
- Ólafsdóttir, G., Martinsdóttir, E., Oehlenschläger, J., Dalgaard, P., Jensen, B., Undeland, I., Mackie, I. M., Henahan, G., Nielsen, J., & Nilsen, H. (1997). Methods to evaluate fish freshness in research and industry. *Trends in Food Science & Technology*, 8(8), 258–265. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(97\)01049-2](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(97)01049-2)
- Olgunoglu, Ilkan. (2013). Determination of color characterization in some economical freshwater fish species fillets during iced storage for 24 days. *Indian Journal of Animal Research*. 47. 187-195.
- Sengor, G., Balaban, M. O., Topaloğlu, B., Ayvaz, Z., Ceylan, Z., & Dogruyol, H. (2019). *Color assessment by different techniques of gilthead seabream (Sparus aurata) during cold storage*. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 39, 696–703. <https://doi.org/10.1590/fst.02018>
- Wyszecki, G., & Stiles, W. S. (1982). *Color science: Concepts and methods, quantitative data and formulae* (2nd ed.). Wiley.

8. ANEXOS



Anexo A. Diagrama del procedimiento de medición colorimétrica del arco branquial

Pez_ID	Día	L*	a*	b*
1	1	24.07	10.36	6.31
2	1	28.01	9.95	4.89
3	1	28.70	6.69	1.83
4	2	33.40	9.94	6.37
5	2	31.58	8.49	2.42
6	2	29.03	10.43	2.41
7	3	31.07	4.49	1.81
8	3	30.25	5.18	0.97
9	3	30.77	7.85	2.10
10	4	32.26	4.69	6.50
11	4	32.42	4.92	2.16
12	4	31.71	5.39	2.62
13	5	34.18	2.50	4.86
14	5	30.36	6.30	3.47
15	5	33.36	4.09	4.11
16	6	38.96	3.17	10.31
17	6	36.17	2.20	8.14
18	6	33.85	4.37	4.70
19	7	30.22	6.37	6.91
20	7	36.17	2.52	7.39
21	7	30.94	4.07	1.99

Anexo B. Valores individuales de los parámetros L*, a* y b* en branquias de *Peprilus medius* durante el almacenamiento en hielo

INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

INVESTIGACIÓN DE LOS RECURSOS BIOACUÁTICOS Y SU AMBIENTE
Unidad de los Recursos Bentónicos Demersales y Agua Dulce/Embalses

PROGRAMA MERLUZA

FICHA PESQUERA 013

ESPECIES CAPTURADAS COMO PESCA ACOMPAÑANTE POR LA FLOTA
MERLUCERA ARTESANAL E INDUSTRIAL

PÁMPANO O GALLINAZA

Peprilus medius (Peters 1869)



Taxonomía: Orden Scombriformes; Familia Stromateidae.

Características: Cuerpo muy comprimido, ovalado alargado; cuerpo relativamente alto; el hocico es más corto que el ojo; el cual está rodeado por tejido adiposo; boca pequeña, termina delante o abajo del borde anterior del ojo; dientes de las mandíbulas pequeñas, comprimidas, con 3 puntas, en una sola hilera; paladar sin dientes; no tienen aletas pélvicas, pero con una espina pequeña saliendo de la pelvis; aletas pectorales largas y puntiagudas, 22-23 radios; una caudal profundamente bifurcada; escamas chicas, lisas, desprendibles; aletas dorsal y anal cubierto por escamas; línea lateral alta, a lo largo del perfil superior (Robertson y Allen, 2015).

Talla máxima registrada: 25 cm de longitud total (Haedrich y Schneider, 1995).

Dirección: Letamendi #102 y la Ría Código Postal: 090314 / Guayaquil - Ecuador
P.O. BOX: 09-01-15131 Teléfono: (593-4) 2401773 - 2401776 - 2401779
www.institutopesca.gob.ec



1

Anexo C. Ficha técnica de la especie