



UNIVERSIDAD  
**SAN SEBASTIAN**  
VOCACIÓN POR LA EXCELENCIA

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA  
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA  
CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA  
SEDE DE LA PATAGONIA**

**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE FACTORES QUE SE  
RELACIONAN CON MELANOSIS MUSCULAR EN PECES Y  
POTENCIALES TRATAMIENTOS PARA LA SALMONICULTURA  
EN CHILE**

MEMORIA DE TÍTULO COMO UNO DE LOS REQUISITOS PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE MÉDICO VETERINARIO

Profesor Guía: Dr. Ricardo Oyarzún

Copatrocinador: Dr. Marcos Godoy

Estudiante: **Stephane Paola Pérez  
Panichine**

**Puerto Montt, Chile**

**2025**

## **I. DERECHOS DE AUTOR**

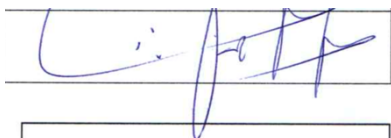
® Stephane Paola Pérez Panichine. Se autoriza la reproducción parcial o total de esta obra con fines académicos, por cualquier forma, medio o procedimiento, siempre y cuando se incluya la cita bibliográfica del documento.

Puerto Montt, Chile

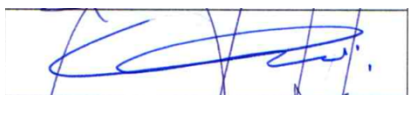
2025

## II. HOJA DE CALIFICACIÓN

En Puerto Montt el 9 de julio del 2025 los abajo firmantes dejan constancia que el(la) estudiante Stephane Paola Pérez Panichine de la Carrera de medicina veterinaria ha aprobado el proyecto de memoria de título para optar al título o grado académico de Médico veterinario con una nota de 5.7

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'F. Vera', enclosed within a rectangular box.

Dr. Frank Vera Otárola

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'J. Pontigo', enclosed within a rectangular box.

Dr. Juan Pablo Pontigo

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'R. Oyarzún', enclosed within a rectangular box.

Dr. Ricardo Oyarzún

### **III. AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a mi familia y mi pareja que me acompañaron en el desarrollo de esta tesis, por darme ánimos para seguir adelante a pesar de los obstáculos y no darme por vencida, para lograr ser la médica veterinaria que he deseado desde pequeña. A Yanette Vásquez, mi mejor amiga. Gracias por darme ese apoyo constante durante nuestro periodo universitario y sobre todo en el desarrollo de esta tesis, tu amistad es lo más valioso que me ha dejado esta carrera. Quiero agradecer a mi profesor guía, Ricardo Oyarzún, por su permanente apoyo y orientación durante toda la investigación, que fue clave para poder alcanzar este objetivo. Extiendo también mi agradecimiento al laboratorio VeHiCe por acogerme durante mi práctica profesional y por todo el aprendizaje y experiencias que enriquecieron significativamente mi formación como médica veterinaria.

## TABLA DE CONTENIDO

|      |                                                                             |      |
|------|-----------------------------------------------------------------------------|------|
| I.   | DERECHOS DE AUTOR.....                                                      | i    |
| II.  | HOJA DE CALIFICACIÓN .....                                                  | ii   |
| III. | AGRADECIMIENTOS .....                                                       | iii  |
| IV.  | RESUMEN.....                                                                | vii  |
| V.   | ABSTRACT .....                                                              | viii |
| 1.   | INTRODUCCIÓN.....                                                           | 1    |
| 1.1  | La acuicultura en el mundo.....                                             | 1    |
| 1.2  | Acuicultura en Chile.....                                                   | 2    |
| 1.3  | Hallazgos de melanosis en peces de producción .....                         | 3    |
| 1.4  | Variables que se relacionan con la presencia de hallazgos melanóticos ..... | 9    |
| 1.5  | Potenciales tratamientos y prevención .....                                 | 12   |
| 2.   | OBJETIVOS .....                                                             | 14   |
| 3.   | MATERIALES Y MÉTODOS .....                                                  | 15   |
| 3.1  | Tipo de investigación.....                                                  | 15   |
| 3.2  | Materiales.....                                                             | 15   |
| 3.3  | Métodos .....                                                               | 15   |
| 3.4  | Criterios de inclusión .....                                                | 17   |
| 3.5  | Criterios de exclusión .....                                                | 17   |
| 3.6  | Método de valoración y análisis crítico.....                                | 18   |
| 3.7  | Procesamiento de la información .....                                       | 18   |
| 3.8  | Flujograma de materiales y métodos.....                                     | 20   |
| 4.   | RESULTADOS.....                                                             | 21   |
| 5.   | DISCUSIÓN .....                                                             | 31   |
| 6.   | CONCLUSIÓN .....                                                            | 38   |
| 7.   | BIBLIOGRAFÍA .....                                                          | 39   |
| 8.   | ANEXOS.....                                                                 | 49   |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Cambios focales en salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> ) .....                                                                                                                                                                                                   | 5  |
| <b>Figura 2.</b> Imágenes que muestran patrones característicos de los hallazgos de melanosis .....                                                                                                                                                                                     | 6  |
| <b>Figura 3.</b> Vista A. Vista general. Hallazgo de melanosis en vertebras caudales .....                                                                                                                                                                                              | 7  |
| <b>Figura 4.</b> Vista B. Hallazgo de melanosis en vertebras caudales .....                                                                                                                                                                                                             | 7  |
| <b>Figura 5.</b> Condiciones de aceptación : hallazgos de melanosis en plantas de producción .....                                                                                                                                                                                      | 8  |
| <b>Figura 6.</b> Histología Cambio focal melanizado – Tinción Hematoxilina-Eosina .....                                                                                                                                                                                                 | 10 |
| <b>Figura 7.</b> Esquema metodológico utilizado para la búsqueda y selección de artículos científicos. ....                                                                                                                                                                             | 19 |
| <b>Figura 8.</b> Gráfico de barras con causas de hallazgos de melanosis encontradas en salmónidos y especies silvestres como el bacalao atlántico ( <i>Gadus morhua</i> L.) y el pez cabeza plana del sur ( <i>Platycephalus bassensis</i> ) asociados con hallazgos de melanosis. .... | 24 |
| <b>Figura 9.</b> Tratamientos antimelanóticos en crustáceos y salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> ) .....                                                                                                                                                                         | 29 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Palabras clave en idioma español e inglés que se utilizaron para la revisión bibliográfica.....                    | 16 |
| <b>Tabla 2.</b> Recopilación de artículos científicos sobre los factores asociados al hallazgo de melanosis muscular en peces..... | 21 |
| <b>Tabla 3.</b> Tratamientos antimelanóticos en crustáceos y salmones.....                                                         | 25 |

#### IV. RESUMEN

Los cambios focales melanizados o melanosis son un hallazgo patológico que ha causado gran incógnita durante los últimos años debido a su etiología desconocida que se ha relacionado con múltiples factores. Actualmente, no hay claridad sobre el factor más asociado a los cuadros de melanosis muscular, por lo cual no es posible un control de manera efectiva, lo que ha llevado a un aumento de la prevalencia en las pisciculturas chilenas. El objetivo de este estudio se basó en una revisión sistemática, con el fin de recopilar los factores más prevalentes que se relacionan con la prevalencia de este hallazgo en los salmónidos, además de proponer un potencial tratamiento a largo plazo en los peces, con la finalidad de generar una estrategia que permita disminuir la prevalencia de melanosis muscular. Los resultados evidenciaron una gran prevalencia de hallazgos de melanosis asociados a la patología de PRV-1 (*Piscine orthoreovirus*) en casos aislados, así como en combinación con SAV (*infección por alfavirus de los salmónidos*), respuesta inmune frente a factores externos ambientales y nutricionales. También se encontraron otras especies afectadas como bacalao atlántico (*Gadus morhua* L.) y el pez cabeza plana del sur (*Platycephalus bassensis*). A modo de tratamientos antimelanóticos, se encontró una variedad de experimentos utilizados en crustáceos de origen vegetal, además de dietas formuladas para salmónidos que contribuirían a la reducción de esta condición. Este estudio sugiere que la prevalencia de los factores a los que está expuesto el pez durante su crecimiento influye con gran relevancia en la melanosis y que el hallazgo de melanosis muscular no solo se presenta en salmónidos, sino también en otras especies de vida silvestre.

Palabras clave: Melanosis, acumulaciones de melanina, cambios focales melanizados, peces, salmones, respuesta inmune.

## **V. ABSTRACT**

Focal melanized changes or melanosis is a pathological finding that has caused great mystery in recent years due to its unknown etiology that has been related to multiple factors. Currently, there is no clarity about the factor most associated with the symptoms of muscular melanosis therefore, effective control is not possible, which has led to an increase in prevalence in Chilean fish farms. The objective of this study was based on a systematic review, in order to compile the most prevalent factors related to the prevalence of this finding in salmonids, in addition to proposing a potential long-term treatment in fish, in order to generate a strategy to reduce the prevalence of muscular melanosis. The results showed a high prevalence of melanosis findings associated with PRV-1 (Piscine orthoreovirus) pathology in isolated cases and in combination with SAV (salmonid alphavirus infection), immune response to external environmental and nutritional factors. Other affected species were also found, such as Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) and the southern flathead (*Platycephalus bassensis*). As antimelanotic treatments, a variety of experiments were found using plant-based crustaceans in addition to diets formulated for salmonids that would contribute to reducing this condition. This study suggests that the prevalence of factors to which the fish is exposed during growth has a significant influence on melanosis and that the finding of muscular melanosis occurs not only in salmonids but also in other wildlife species.

Keywords: Melanosis, melanin accumulations, focal melanized changes, fish, salmon, immune response.

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 La acuicultura en el mundo**

La producción o cultivo de especies acuáticas y/o vegetales; llamada acuicultura Trasciende desde el año 473 a.C., creando así los primeros avistamientos de esta técnica de crecimiento de especies acuáticas en cautiverio (González, 2011). Sin duda, la acuicultura ha sido una pequeña técnica milenaria que ha ido trascendiendo en el tiempo hasta hoy en día, ya que se ha transformado en una de las mayores potencias a nivel mundial, con una producción total en acuicultura de 223,2 millones de toneladas en el mundo, solo en el 2022, batiendo un récord histórico desde el surgimiento de esta industria (Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura [FAO], 2024). Por consiguiente, la acuicultura, debido a sus altos volúmenes de producción anuales, es una fuente importante de sustento económico; al año se estima que 22,1 millones de personas se dedican a este íntegro trabajo de la acuicultura (FAO, 2024). Además, la acuicultura es una fuente de nutrientes de alto valor nutricional para afrontar la hambruna a nivel mundial, sirviendo como un alimento de proteína, ya que proporciona alrededor del 15% de las proteínas de origen animal alrededor del mundo, por lo que sigue siendo la proteína de elección en muchos países con ingresos bajos, favoreciendo así a 3.200 millones de personas en el planeta (FAO, 2024). Según cifras del 2021, el consumo de animales acuáticos a nivel mundial es de 162 millones de toneladas, superando así el consumo de carnes de animales terrestres combinadas (FAO, 2024). A fin de cuentas, tanto los pescados como los moluscos son alimentos de elección en muchos países de ingresos bajos como en vías de desarrollo; por tal motivo, se señala la importancia nutritiva como económica de la acuicultura como una doctrina que trasciende en el tiempo. Tal trascendencia ha llevado a latinoamérica a ser uno de los continentes predominantes dentro de la acuicultura mundial, siendo Chile el país de mayor relevancia acuícola, debido a sus altos volúmenes de producción de peces y moluscos (FAO, 2024).

## 1.2 Acuicultura en Chile

Dentro de los principales países productores de acuicultura en Latinoamérica se encuentra Chile, con una producción al año de 1,509 millones de toneladas de salmónes y mejillones (FAO, 2024). En Chile, alrededor del 73% de la acuicultura se deriva de los salmónidos. Dentro de las especies salmónidos de mayor producción acuícola se encuentra el salmón del Atlántico (*Salmo salar*) con 769.239 toneladas al año, salmón plateado o coho (*Oncorhynchus kisutch*) con una producción al año de 276.332 toneladas y la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) que está en el tercer puesto de la especie más cultivada con 44.288 toneladas por año (Servicio nacional de pesca y agricultura[SERNAPESCA], 2023). La acuicultura en nuestro país tiene una relevancia económica significativa, desempeñando un papel crucial en el sustento socioeconómico, ya que, gracias a la gran superficie marítima que posee Chile, nos confiere una gran riqueza de especies marítimas. En consecuencia, Chile se beneficia enormemente de la acuicultura, con impactos significativos en el sector económico y social (España Exportación e Inversiones [ICEX], 2020). Debido al buen desempeño en términos productivos de la salmonicultura chilena y a la condición intensiva de su producción, estos peces han ido desarrollando una alta tasa de enfermedades. Según informes técnicos de SERNAPESCA (2024), en el salmón del Atlántico se describe una alta incidencia de causas infecciosas como flavobacteriosis con un 4,1 %, micosis con un 1,2 % y, en menor prevalencia, pero no menos importante, forunculosis atípica con 0,8 %. Por otro lado, el mayor descarte de esta especie en los cultivos fue por causas no infecciosas como deformidad, daño mecánico, rezagados y desadaptados. Estos criterios de eliminación productiva aplican a las tres especies. Por consiguiente, también se describen tanto causas no infecciosas como infecciosas en las demás especies de cultivo, como la trucha arcoíris, con una alta prevalencia de 69,1 % de flavobacteriosis y 28,2 % de necrosis pancreática infecciosa. No obstante, el Salmón coho también presenta una gran prevalencia de causa infecciosa de flavobacteriosis con un 32,3% de incidencia. De acuerdo con los informes técnicos, esta especie ocupa el segundo lugar en la categoría de descarte; no obstante, durante los últimos reportes se mostró una alta prevalencia de necrosis pancreática infecciosa con un 53% de la

mortalidad total de la especie, siendo así la causa que predomina actualmente en el salmón coho (SERNAPESCA 2024). Gracias al desarrollo de la industria salmonera durante el último tiempo, se han permitido grandes avances en todas sus áreas, la innovación e investigación que se han implementado han formado una serie de tratamientos y protocolos estandarizados para asegurar la detección temprana de estas enfermedades (Figueroa et al., 2019).

### **1.3 Hallazgos de melanosis en peces de producción**

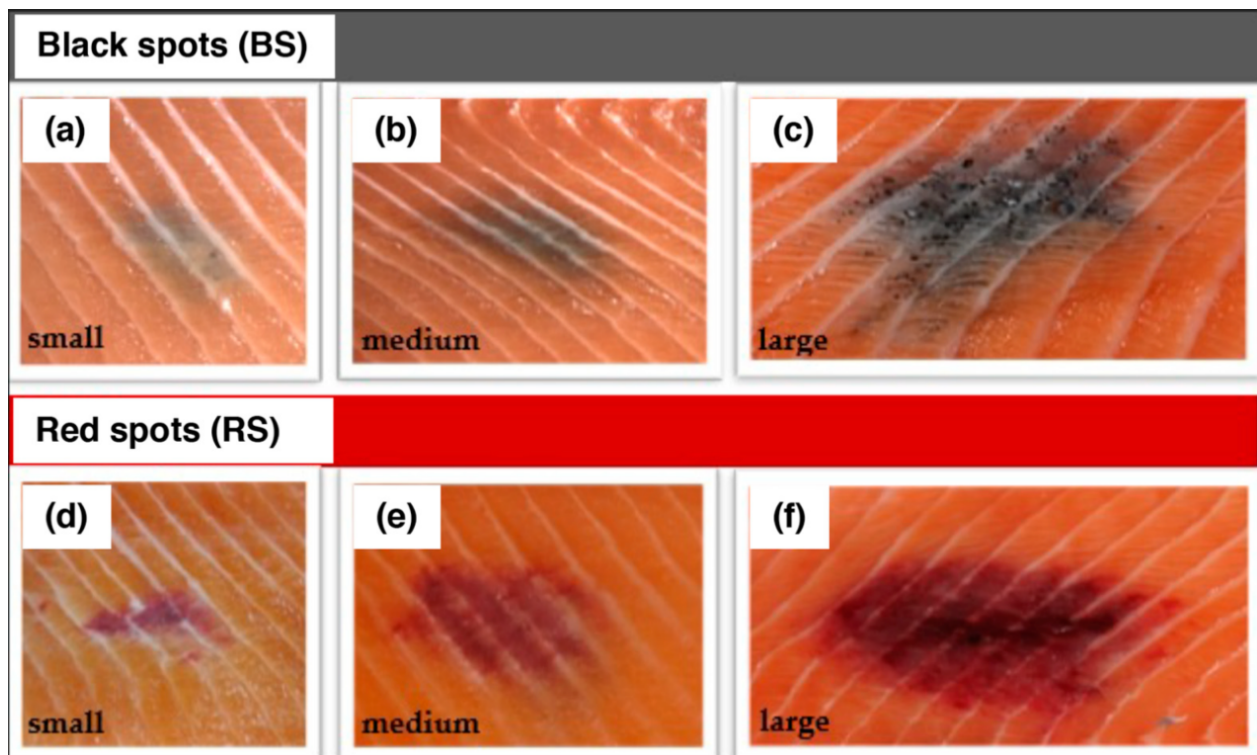
Entre los hallazgos que se han encontrado frecuentemente en los salmónidos que se cultivan en Chile, se encuentra la melanosis, “cambios focales melanizados” o “focos melanóticos”. Es uno de los trastornos pigmentarios con gran prevalencia dentro de las especies criadas en cautiverio, siendo una de las principales causas de eliminación dentro de las plantas de proceso (Skretting, 2023).

Las acumulaciones de este pigmento llamado melanina son generadas a partir de células epidérmicas especializadas llamadas melanocitos y su liberación está controlada por la hormona melatonina. Existen varias derivaciones de la melanina como eumelanina, feomelanina y neuromelanina, pero en los teleósteos solo se ha identificado la eumelanina (Hossain, 2022). Según Godoy (2021), se considera que la melanina es un “pigmento negro-parduzco endógeno no derivado de la hemoglobina que se forma cuando la enzima tirosinasa cataliza la oxidación del aminoácido tirosina a dihidroxifenilalanina”.

Dentro del organismo de los teleósteos, la melanina cumple diversas funciones, actuando como un pigmento en la piel con capacidad para dispersar la luz y actuar como fotorreceptor (Hossain, 2022). También se describe como un antioxidante, capaz de neutralizar radicales libres, cationes y compuestos tóxicos liberados después de la fagocitosis y degradación celular (Sandoval, 2018).

Artículos científicos indican que la capacidad antioxidante de la melanina cumple la función de un “protector” del tejido lesionado, contra las especies reactivas de oxígeno (daño oxidativo) que generan los macrófagos, por lo cual se menciona una posible relación con la emergencia de cambios focales melanizados en los salmónidos (Bjørngen & Koppang, 2024a).

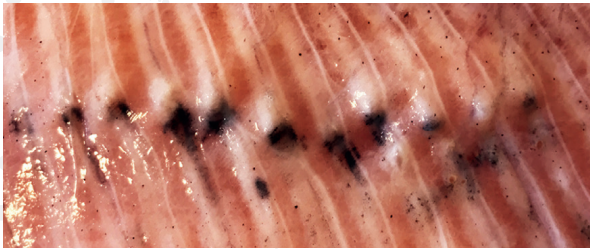
La melanosis se define como una acumulación en exceso de melanina en zonas anormales del pez (Sandoval, 2018). Según estudios, se cree que se origina por medio de cambios focales rojos (*Feumelanina*) en el músculo blanco abdominal, que progresaría a una inflamación crónica, convirtiéndose con el tiempo en un cambio focal melanizado, con una gran infiltración de melano-macrófagos, como se ilustra en la figura 1 (Wakamatsu et al., 2023). Lo anteriormente señalado se complementa con los estudios del veterinario Håvard Bjørngen (2020), en los cuales también se indica que los cambios focales rojos tendrían una gran abundancia de células inmunes en presencia de inflamaciones agudas, que con el paso del tiempo progresarían a inflamaciones granulomatosas y con ello a los cambios focales melanizados (Bjørngen et al., 2020).



**Figura 1.** Cambios focales en salmón del Atlántico (*Salmo salar*) a. cambio focal melanizado pequeño, b. Cambio focal mediano, c. cambio focal melanizado grande o extenso d. Cambio focal rojizo pequeño e. Cambio focal rojizo mediano f. Cambio focal rojizo grande o extenso. Extraído de Wakamatsu et al., (2023).

Se describe que la mayoría de estos cambios focales melanizados se encuentran principalmente dentro del peritoneo, de los órganos internos y del filete muscular (Wakamatsu et al., 2023). En los salmones la melanosis muscular tiene un patrón con forma ovalada y/o irregular, aunque también se han descrito variadas presentaciones en torno a diferentes factores. En su gran mayoría se encuentra de manera unilateral o también abarcando gran parte del cuerpo del pez, localizándose en la región anterior/cráneo ventral o dorsal del filete representado en la figura 2. También se ha identificado melanosis en vertebras simbolizada en las figuras 3 y 4 (Skretting, 2023). En varios artículos se ha señalado la prevalencia de melanosis en músculo blanco por sobre el músculo rojo, puesto que este músculo blanco se ha descrito como un participante de los movimientos anaeróbicos del pez y al ser de una pobre vascularización necesita de más esfuerzo energético para cumplir con su función por lo tanto lo hace más predisponente a lesiones y en consecuencia a atraer los melano macrófagos al sitio afectado (Brimsholm et al., 2023b). Otros artículos indican que la presencia de la melanosis muscular se debe a la formación de tejido cicatricial y el resultado de inflamaciones en la zona, también se indica que estaría relacionado con el tamaño del pez y su edad ya que los condiciona a una respuesta inmunológica menor al estrés e infecciones por lo que los hace más predisponentes (Wang, 2016).

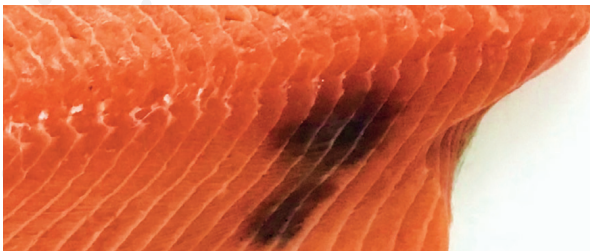
## PATRONES MACROSCÓPICOS DE MELANOSIS



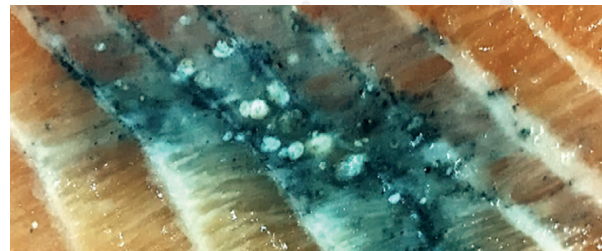
**Imagen 3.** Melanosis lineal asociada a fractura de espinas.



**Imagen 4.** Melanosis difusa asociada a infección viral.



**Imagen 5.** Melanosis focal de etiología inespecífica.



**Imagen 6.** Melanosis focal asociada a vacunas.

**Figura 2.** Imágenes que muestran patrones característicos de los hallazgos de melanosis. Imagen a la izquierda: melanosis con patrón difuso asociado a infección viral; imagen a la derecha: melanosis con patrón focal de etiología inespecífica. Imagen en la parte inferior: melanosis con patrón lineal asociada a fractura de espinas. Extraído de Vehice, 2022. <https://encr.pw/ZnHLV>

**Figura 3.** Vista A. Vista general. Hallazgo de melanosis en vertebrae caudales



**Figura 4.** Vista B. Hallazgo de melanosis en vertebrae caudales. Imagen detallada con flechas de focos de melanosis. Melanosis en las vértebras caudales. Marcos Godoy ,2018,<https://marcosgodoy.com/melanosis-vertebral-en-salmon-del-atlantico-salmo-salar-i-patologia-macroscopica>. Extraído con permiso de Marcos Godoy.

La melanosis constituye gran parte de las eliminaciones al año de las especies de cultivo; a raíz de ello, se han implementado criterios de aceptación o rechazo. Dentro de las causas que permiten descartar el salmón con melanosis o aceptarlo en las plantas de procesamiento se mencionan: aceptación si el cambio de coloración en el músculo es leve o moderado, el tamaño de la mancha no sobrepasa un área de 5 cm<sup>2</sup> y no hay hallazgos de infiltración grasa. Por otro lado, el rechazo del filete tendrá como criterio la presencia de contusiones, hematomas u otras lesiones provocadas por tratamientos o vacunas, como se muestra en la figura 2. Según los informes revisados, la prevalencia de esta patología en salmónidos en Chile es alrededor del 14%; también se describe un 20% en Noruega y un 5% en Escocia (VeHiCe, 2022). Cabe mencionar que dentro de nuestro país las especies con mayor prevalencia de melanosis desde el 2019 hasta el 2023 fueron el salmón del Atlántico con un 14,8%, 5,1% en salmón del Pacífico y 0,85% en trucha arcoíris (Skretting, 2023).



**Figura 5.** Condiciones de aceptación : hallazgos de melanosis en plantas de producción. A la derecha condiciones de rechazo, Servicio Nacional de Pesca y Agricultura [SERNAPESCA],2019.f58\_guia\_de\_inspeccion\_de\_salmonidos\_06.05.19.pdf

Durante el último tiempo, la relevancia de este hallazgo en el filete de los salmónidos ha ido trascendiendo, presentándose en varias especies de peces que son de alta demanda de producción y de consumo; como el salmón del Atlántico (*Salmo salar*) y el salmón plateado o coho (*Oncorhynchus kisutch*). Según reportes, hay una alta prevalencia de salmónes salmón salar y salmónes coho que pesan más de 2 kg. También se menciona que en esta especie como tal se desarrolla la melanosis preferentemente del lado izquierdo, en la zona ventral con patrón difuso, mancha o generalizada en un 70% de los casos (Skretting, 2023). Se determinó que los factores externos tienen gran relevancia en la presentación de la melanosis; se sugiere que la trucha, por desarrollarse en temperaturas más altas, condicionará la función de las células inmunes para responder a agentes como PRV-1, además de que hay una menor carga viral en individuos que cursan con este PRV-1. Por consiguiente, también se indica que es menos prevalente en truchas ya que estas especies son mucho más activas y demandantes de oxígeno y energía que un salmón del Atlántico (Bjørgen et al., 2024c)

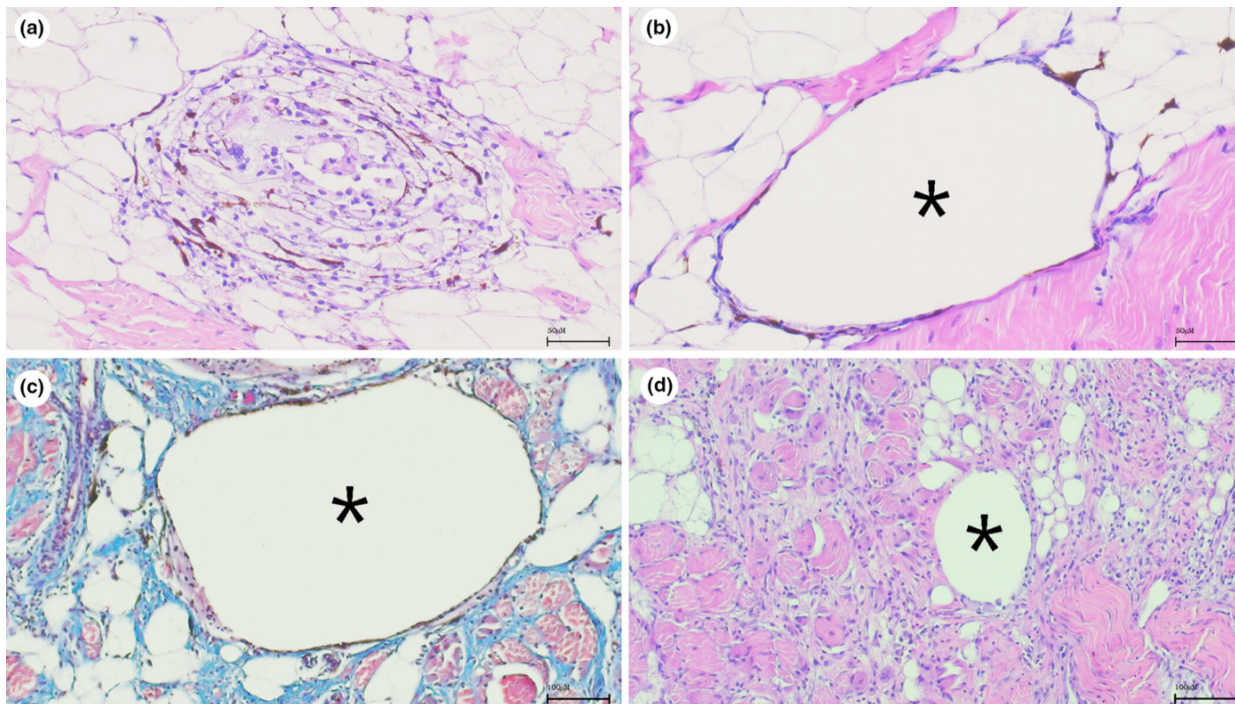
#### **1.4 Variables que se relacionan con la presencia de hallazgos melanóticos**

En efecto, la acumulación de grasa en exceso promueve un mayor estrés oxidativo, por lo tanto, una mayor liberación de radicales libres. Varios autores sugieren que la adiposidad alta hace que el pez sea altamente predisponente a sufrir necrosis grasa y desarrollo de los centros de melanina en la especie. También mencionan efectos secundarios de vacunas, inflamaciones crónicas, estrés, malformación ósea y dietas bajas en antioxidantes como ácidos grasos esenciales (VeHiCe, 2022). Los efectos secundarios de las vacunas se relacionan con deformaciones óseas en la columna de los peces; debido al proceso inflamatorio con el que estarían relacionados, desarrollarían cambios melanóticos (Jiménez-Guerrero et al., 2022).

Entorno a la asociación de los efectos secundarios de vacunas con la melanosis, todavía sigue siendo de cuestionamiento, ya que muchos autores confieren diferentes tipos de vista sobre aquello, esto lo explica Muhammad (2015) en donde dice, que los salmónidos a partir de una vacuna inoculada, almacenarían los lípidos derivados de los

adyuvantes en la musculatura roja y blanca, pero para comprobar esta asociación se necesitarían más estudios, puesto que es solo una asociación de experimentos llevados a cabo en otros tipo de animales.

En la literatura histológica con tinción de hematoxilina-eosina se describen cambios focalizados de melanosis con un gran número de eritrocitos dentro de los mioseptos, dispersos en los espacios pseudoquísticos. Se evidencian en la periferia pseudoquistes con gran cantidad de eritrocitos lisados y signos de degeneración; evidencia de un pseudoquiste prominente con abundante cantidad de células adiposas pequeñas anucleadas alrededor, con ruptura de membrana y necróticas; la figura 5 muestra una imagen histológica de un cambio focal melanizado (Bjørger et al., 2024b).



**Figura 6.** Histología Cambio focal melanizado – Tinción Hematoxilina-Eosina

**Imagen A.** Hallazgo de un gran grupo de macrófagos espumosos ubicados dentro de los mioseptos musculares con presencia de grandes células vacuoladas. **Imagen B.** Gran pseudoquiste prominente (Asterisco) dentro de los mioseptos musculares. **Imagen C.** Gran pseudoquiste (Asterisco) encapsulado en el tejido adiposo infiltrante de un miotoma. Tinción de Martius, Scarlet y Blue. **Imagen D.** Hallazgos histológicos en etapa tardía con adipocitos necróticos, con presencia de pseudoquiste (Asterisco) en tejido

adiposo, con miocitos en estado regenerativo con núcleos posicionados en el centro. (Bjergen, et al., 2024). <https://doi.org/10.1111/jfd.13988>

Dentro de las causas externas asociadas a melanositis se evidencian casos en salmónidos, que se desarrollan en agua de mar y que estarían asociados al *Orthoreovirus Piscine* (PRV-1) unos meses antes del sacrificio, debido a una agregación de gran cantidad de macrófagos como células inmunes que generarían un entorno proinflamatorio favorable para acumulación de melanina (Malik et al., (2016) donde señala que la formación de los granulomas en los cambios focales melanizados a causa de (PRV-1) está asociado a una respuesta defensiva de parte del sistema inmune a la infección crónica y la necrosis que causa este agente.

Se describe este agente como un detonante en el cambio de coloración de las manchas focales rojas a melanizados, cuando los peces pasan de agua dulce a agua salada; los autores también sugieren que el entorno ambiental y el manejo de los peces podrían aumentar aún más la prevalencia del progreso de los cambios focales melanizados (Bjergen et al., 2015). Lo anteriormente señalado se complementa en un estudio de salmones salvajes, híbridos y de cultivo en donde se llegó a la conclusión, de que la aparición de focos melanóticos no está asociada a los factores genéticos como tal, sino de factores ambientales en donde se desarrollan los peces durante toda su etapa de crecimiento, como por ejemplo la temperatura del agua de mar que sería un factor que influiría en la capacidad de regeneración y curación de tejidos inflamados siendo mucho más favorable en temperaturas bajas (Brimsholm et al., 2023a).

Los cambios en los factores externos donde se desarrollan los peces de cultivo, como los manejos ambientales o físicos, pueden llevar a un cambio significativo en el contenido de los melanóforos ya que a cambios ligeros de manejo ambiental el número de los melanóforos es significativamente estable, pero en presencia de situaciones estresantes agudas como crónicas, causarían la dispersión de los melanosomas provocando así, cambios en la coloración de las escamas (Tserevelakis et al., 2022).

Tal como se menciona anteriormente, una de las causas íntimamente relacionadas con la melanosis serían las fracturas de espinas en la zona cráneo-ventral del pez. Esta área se denominaría una zona vulnerable a desarrollar focos melanóticos, ya que las lesiones focales reiteradas a nivel costal pueden evolucionar con el tiempo, de cambios focales rojos a cambios focales melanóticos y, con el tiempo, a una osteomielitis. Esto ocurriría con gran prevalencia en los smolts que son trasladados al mar, debido al estrés mecánico al que están expuestos (Jiménez-Guerrero et al., 2022). Sin duda alguna, los hallazgos de melanosis tienen muchos factores adyacentes, algunos más fisiológicos que otros, pero varios de ellos todavía son de origen desconocido y no se llega a un criterio concreto de cuál es la más asociada a ella. A raíz de esto, en la actualidad es un gran desafío de la industria salmonera tanto para manejar como para mitigar la melanosis en los centros de cultivo de agua dulce como de agua salada.

### **1.5 Potenciales tratamientos y prevención**

En la actualidad se siguen estudiando los posibles tratamientos para controlar esta patología, ya que, al ser de causa multifactorial y desconocida, no es posible comprobar con certeza el origen de la melanosis. No obstante, algunos autores sugieren alternativas preventivas contra la melanosis tales como vacunación óptima, adecuados niveles de EPA y DHA en la dieta (ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga omega-3), salud óptima durante el crecimiento de los peces y, sobre todo, garantizar una protección eficaz contra patógenos (VeHiCe, 2022). En algunos artículos científicos que describen la presencia de melanosis en crustáceos, en donde se menciona un posible tratamiento para disminuir la incidencia de acumulación de melanina. Se describe la utilización de extractos de plantas o polifenoles naturales que inhibirían la actividad de la polifenoloxidasas, también conocida como tirosinasa. (Saeleaw & Benjakul, 2019).

Complementando el párrafo anterior, últimamente han surgido otros posibles tratamientos que podrían evitar esta incidencia, como la adición de antioxidantes como las vitaminas E y C y selenio en la dieta, ya que ayudarían a disminuir el diámetro de

los cambios focales melanizados, como la recurrencia de focos melanizados en un 14 % (Wang, 2016). Según Bjørgen (2022) las altas cantidades de ácidos grasos en la dieta sería la causa de falencias en el transporte de estos en la vía sanguínea, causando la oclusión de los vasos en la zona craneo ventral, en especial en esta zona por su alta capacidad de acumular células adiposas, con una posible congestión y con ello las hemorragias internas.

También se describen factores externos como evitar el estrés físico referido a manipulaciones durante la producción, cambios abruptos de temperatura, ya que ello conduce a una mayor prevalencia de casos de melanosis (Wang, 2016). Con base en lo anteriormente mencionado, se puede concluir que es necesaria una revisión bibliográfica de los factores asociados a la melanosis muscular, puesto que todavía sigue siendo un hallazgo de incógnita desconocida y que cada vez está siendo más prevalente en los centros de cultivo de Chile. Es esencial investigar las causas más predominantes y establecer un tratamiento efectivo. Si bien han surgido progresivamente tratamientos para otras especies acuáticas, el enfoque futuro se centrará en los peces de piscicultura, por lo cual el objetivo es crear un protocolo adecuado para el control de esta patología en los centros de cultivo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

- Determinar las causas más frecuentes que se relacionen con melanosis muscular en los peces, además de sugerir tratamientos que potencialmente permitan reducir la incidencia de melanosis en los salmones de producción, a través de una búsqueda bibliográfica sistemática de la información.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Describir las causas más frecuentes que se asocian con la aparición de cambios focales melanizados en salmónidos.
- Registrar potenciales tratamientos ya descritos en otros estudios que permitan ser sugeridos con la finalidad de poder reducir la incidencia de hallazgos de melanosis en salmones de relevancia acuícola en Chile.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Tipo de investigación**

El desarrollo de esta investigación se realizará mediante un método de revisión bibliográfica de tipo longitudinal. La razón de por qué se eligió este método de estudio es debido a que se recopilarán datos a lo largo del tiempo hasta la actualidad, enfocado en un grupo de especies marinas para correlacionar la causa y efecto del tema de interés investigada en este proyecto (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018)

#### **3.2 Materiales**

Para el desarrollo de esta revisión sistemática, se realizaron recopilaciones de información en bases de datos como Web of Science, Scopus, PubMed y buscadores como Google Académico. También se recopilaron datos de libros electrónicos, documentos en formato pdf, páginas institucionales e informes técnicos, ya que al ser un hallazgo de origen desconocido que está actualmente en investigación, se necesita poder incluir información gris extraída de estas páginas como coadyuvante al estudio investigado.

#### **3.3 Métodos**

El método de recopilación de datos que se utilizará para esta revisión consistió en la búsqueda de información, especialmente de artículos científicos referidos al tema en revisión, por medio de bases de datos de las páginas anteriormente señaladas. Con el objetivo de realizar una lectura y recopilar los datos más relevantes, para una futura comparación y conclusión a partir de la información estudiada. Las palabras clave que se utilizaron para la búsqueda en bases de datos, contienen operadores booleanos como AND que nos ayudaron para relacionar los dos temas

**Tabla 1.** Palabras clave en idioma español e inglés que se utilizaron para la revisión bibliográfica

| Idioma ingles           | Idioma Español              |
|-------------------------|-----------------------------|
| Melanosis               | Melanosis                   |
| Muscle                  | Músculo                     |
| Melanized focal changes | Cambios focales melanizados |
| Melanin accumulation    | Acumulación melanina        |
| Salmon                  | Salmón                      |
| Fish                    | Pez                         |
| Fishes                  | Peces                       |
| Teleost                 | Teleósteos                  |
| Fillets                 | Filetes                     |
| Aquatic Animals         | Animales acuáticos          |
| Treatments              | Tratamientos                |

#### **Formula de búsqueda (Query)**

**Objetivo 1:** (((ALL=(Melanosis)) OR ALL= (melanized focal changes)) OR ALL= (melanin accumulation)) AND ALL = (salmon OR fish OR fishes OR teleost)) AND ALL= (muscle OR fillets)

**Objetivo 2:** (((ALL=(Melanosis)) OR ALL= (melanized focal changes)) OR ALL= (melanin accumulation)) AND ALL= (salmon OR fish OR fishes OR teleost OR "aquatic animals")) AND ALL=(Treatments)

### **3.4 Criterios de inclusión**

Para esta revisión bibliográfica se incorporarán artículos científicos, revisiones sistemáticas y ensayos clínicos que tengan relación con la melanosis en los peces de producción. Todos ellos debían tratar sobre fisiopatología asociada a la melanosis, bioquímica, histología, inmunología, como posibles tratamientos para esta patología como tal, artículos que incluyan las palabras clave en su título, que el resumen contenga el objetivo de la investigación como el diseño de metodología que se llevará a cabo y si incluye tablas como fotografías. Además de los artículos científicos, también se recopilarán datos de la ley de transparencia chilena como un ayudante externo para esta investigación .

### **3.5 Criterios de exclusión**

La exclusión de los artículos científicos será con base en lo descrito en Frampton et al. (2017) según el método prisma para reducir los riesgos de introducir errores o sesgos en la síntesis de pruebas y mantener la integridad de una revisión bibliográfica. Por lo cual los artículos que se excluyeron fueron aquellos en los cuales no se entienda el objetivo de la investigación, no entreguen información que pueda aportar con la revisión sistemática, englobaban especies fuera del grupo de salmónidos y crustáceos, el resumen no es claro y conciso, revisión bibliográfica deficiente, no utiliza las palabras clave en el título, no hay imágenes de referencia del experimento realizado, no incluye citas bibliográficas fiables, se enfoca en melanosis de humanos.

El método para excluir los artículos científicos de esta investigación será mediante un gestor bibliográfico, Zotero, en el cual, después de haber ingresado las palabras clave o Query en las bases de datos de las páginas anteriormente señaladas, procederemos a descargar todos los artículos relacionados con el tema en estudio para posteriormente exportarlos en formato RIS. En la aplicación del gestor bibliográfico de Zotero se procederá a eliminar los duplicados de los artículos y luego se importarán todas las publicaciones en formato CSV a un Excel en donde se realizará la valoración crítica de cada artículo científico con base en pautas preestablecidas para lectura de título,

resumen, introducción y revisión bibliográfica.

Dentro de esta metodología de selección de artículos se incorporará información “gris” o también llamada “no convencional” obtenidas de páginas web, tesis, informes técnicos institucionales, como publicaciones, con el fin de ser un apoyo para la investigación. El recopilado de esta información será de gran aporte en esta investigación, ya que se confirma que muchas veces algunos resultados negativos no son publicados, por lo que, al no incluir información gris en una revisión sistemática o meta-análisis, podrían llevar a un resultado incompleto de la investigación (Mendoza-Núñez, 2022). Esta información gris se va a seleccionar y analizar por medio de instrumentos de medición de sesgos para confirmar la validez de la publicación (Frampton et al., 2017)

### **3.6 Método de valoración y análisis crítico**

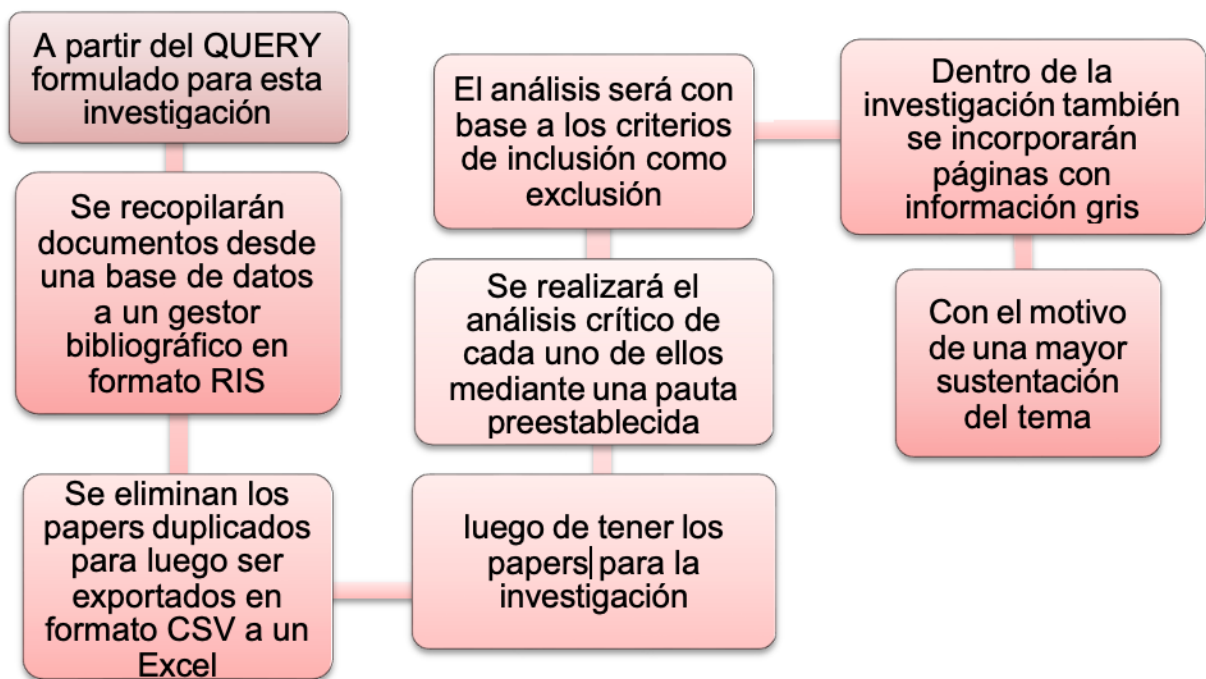
Para poder escoger un artículo científico, nos enfocaremos en varios criterios para poder comprobar tanto la validez científica del artículo como su utilidad y su importancia. De esta manera podremos realizar una lectura crítica de la información basándose en una pauta ya estipulada (Astete, 2002).

Para la selección de cada artículo científico usaremos una pauta de valorización publicada en Astete (2022) con referencia al título, introducción, resumen, revisión bibliográfica; para poder comprobar mediante este sistema tanto el conocimiento del autor sobre la patología en estudio como el de la estudiante de cuarto año de medicina veterinaria (Anexo 1).

### **3.7 Procesamiento de la información**

Los artículos científicos que se incorporarán en este estudio serán seleccionados con base en los objetivos de la revisión bibliográfica. Para nuestro primer objetivo incorporaremos información del título, de los autores, de las bases biológicas de la melanina en los peces, de la fisiopatología de la melanosis, del tipo de peces afectados,

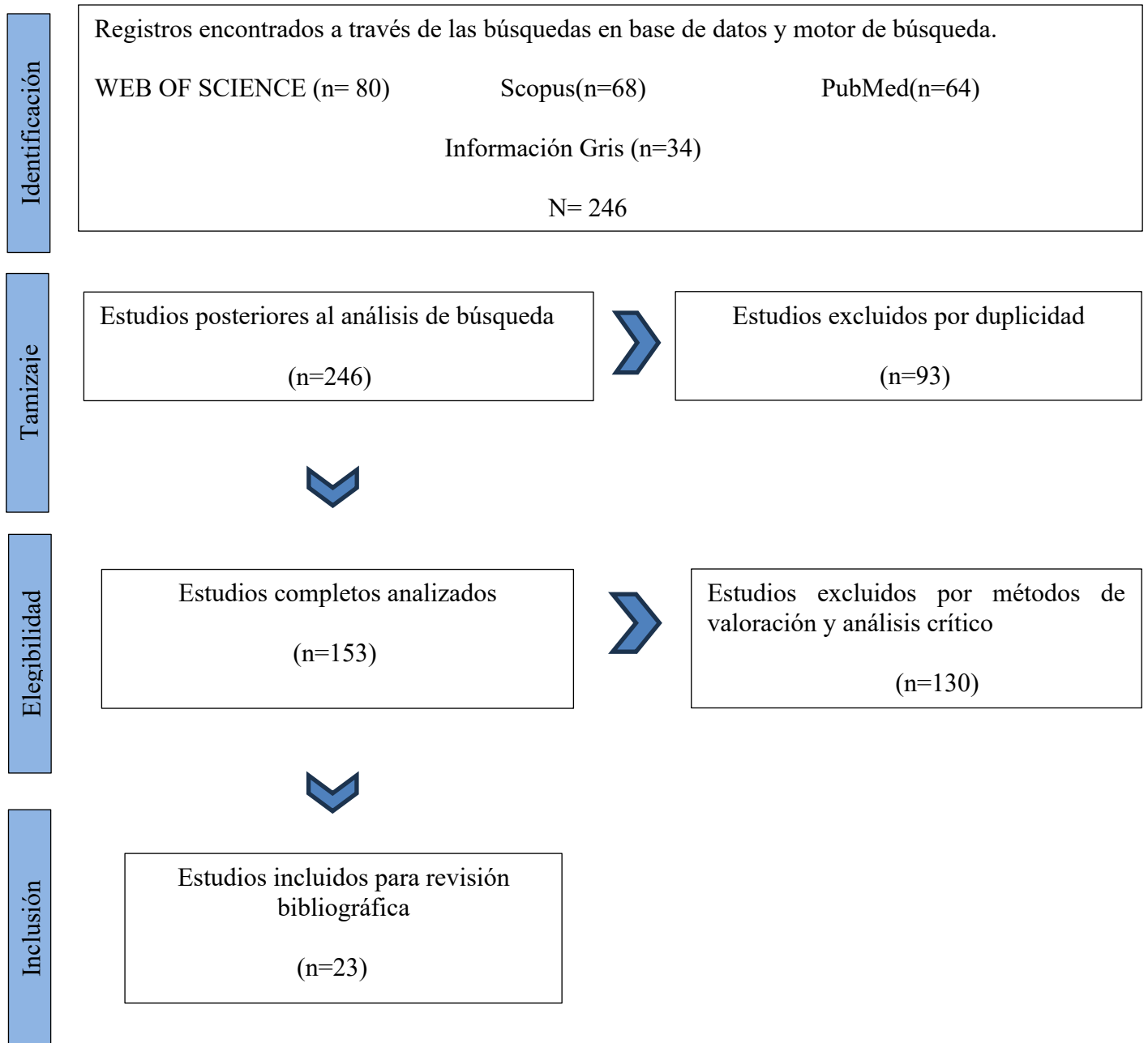
de los hallazgos en plantas de procesamiento de salmónidos, de la histología, de los factores internos y externos asociados a la melanosis y a las enfermedades infecciosas de los salmónidos de producción que se relacionen con la proliferación de melanosis. Para nuestro objetivo dos se va a extraer tratamiento a base de plantas, cambios en la dieta, incorporaciones de vitaminas y de ácidos grasos, realizados en otro tipo de especies marinas, con el fin de poder buscar una variedad de recursos que se utilizarán en el futuro como un posible tratamiento en la industria salmonera. La agrupación de estos datos será mediante tablas y gráficos creados por medio de Excel o Word como método para la presentación de resultados para un análisis descriptivo.



**Figura 7.** Esquema metodológico utilizado para la búsqueda y selección de artículos científicos.

## 4. Resultados

### 4.1 Flujograma de materiales y métodos



Luego de un proceso riguroso de revisión y análisis se seleccionaron los artículos científicos que cumplían con los criterios establecidos anteriormente en esta investigación con las causas más relacionadas a la melanosis en salmónidos, recopilamos una serie de artículos provenientes de diferentes partes del mundo como los que se muestran en la tabla 2.

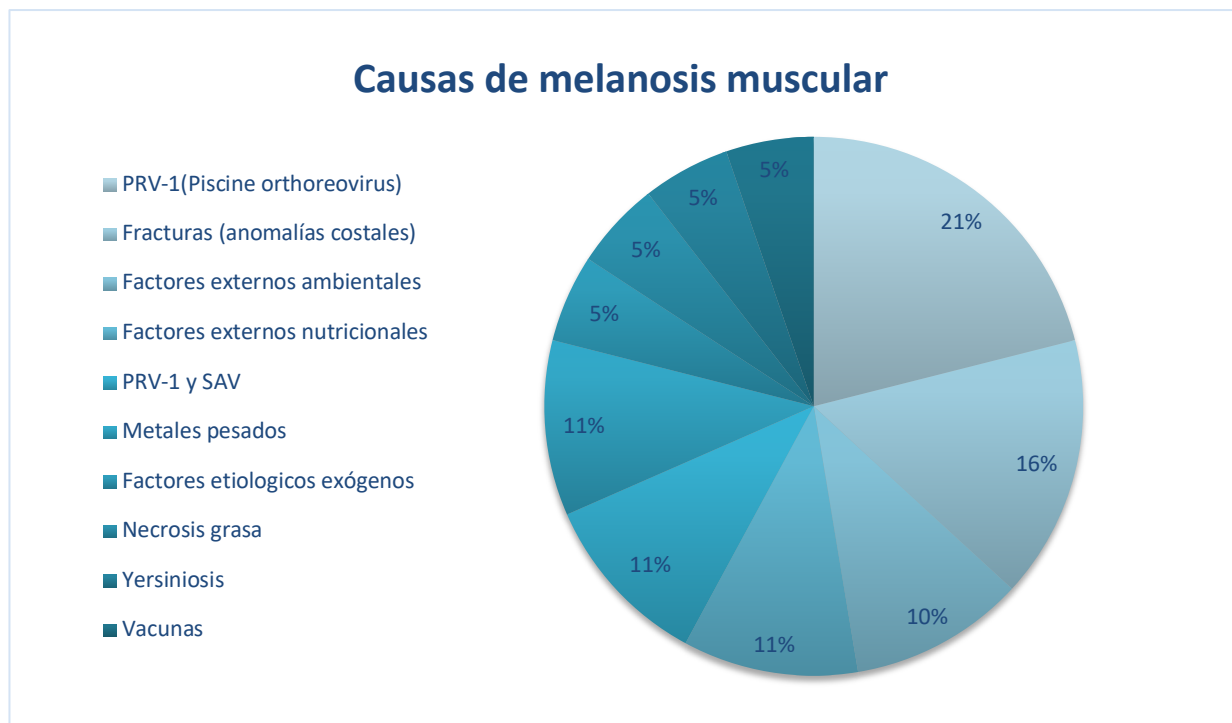
**Tabla 2.** Recopilación de artículos científicos sobre los factores asociados al hallazgo de melanosis muscular en peces

| Autores/Año            | DOI                          | País    | Animal acuático                                | Causa Melanosis                                                                                                |
|------------------------|------------------------------|---------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bjorgen et al., 2024   | 10.1111/jfd.13988            | Noruega | Salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> )    | Hipoxia                                                                                                        |
| Bjorgen et al., 2019   | 10.1111/jfd.12995            | Noruega | Salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> )    | Enfermedad Infecciosa PRV-1 ( <i>Piscine orthoreovirus</i> )                                                   |
| Bjorgen et al., 2024   | 10.3354/dao03797             | Noruega | Trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) | Enfermedad infecciosa PRV-1 ( <i>Piscine orthoreovirus</i> ) e Infección por alfavirus de los salmónidos (SAV) |
| Bjorgen et al., 2024   | 10.1007/s00441-023-03850-x   | Noruega | Salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> )    | Respuesta inmune                                                                                               |
| Brimsholm et al., 2023 | 10.1111/jfd.13856            | Noruega | Salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> )    | Factores externos ambientales                                                                                  |
| Bjorgen et al., 2015   | 10.1186/s13567-015-0244-6    | Noruega | Salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> )    | Enfermedad Infecciosa PRV-1 ( <i>Piscine orthoreovirus</i> )                                                   |
| Bjorgen et al., 2020   | 10.1016/j.vetimm.2020.110035 | Noruega | Salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> )    | Respuesta inmune                                                                                               |

|                        |                                   |           |                                                         |                                                              |
|------------------------|-----------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Malik et al., 2021     | 10.3389/fimmu.2021.664624         | Noruega   | Salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> )             | Enfermedad Infecciosa PRV-1 ( <i>Piscine Orthoreovirus</i> ) |
| Brimsholm et al., 2023 | 10.1111/ahe.12900                 | Noruega   | Salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> )             | Fracturas (Anomalías columna vertebral)                      |
| Krasnov et al., 2016   | 10.1016/j.fsi.2016.05.012         | Noruega   | Salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> )             | Factores etiológicos exógenos                                |
| Myklatun et al., 2025  | 10.1016/j.aquaculture.2025.742371 | Noruega   | Salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> )             | Factores externos ambientales                                |
| Hamre et al., 2022     | 10.1016/j.aquaculture.2022.737950 | Noruega   | Salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> )             | Factores externos nutricionales                              |
| Bjorgen et al., 2024   | 10.3354/dao03797                  | Noruega   | Salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> )             | Respuesta inmune                                             |
| Sissener et al., 2016  | 10.1016/j.aquaculture.2016.06.034 | Noruega   | Salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> )             | Factores externos nutricionales                              |
| Malik et al., 2021     | 10.3389/fimmu.2021.729017         | Noruega   | Salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> )             | Enfermedad Infecciosa PRV-1 ( <i>Piscine Orthoreovirus</i> ) |
| Larsen et al., 2012    | 10.1016/j.fsi.2012.05.012         | Noruega   | Salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> )             | Fracturas (anomalías costales)                               |
| Bjorgen et al., 2019   | 10.1016/j.fsi.2019.04.104         | Noruega   | Salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> )             | Necrosis grasa                                               |
| Ooi et al., 2022       | 10.1016/j.envpol.2021.118360      | Australia | Cabeza plana del sur ( <i>Platycephalus bassensis</i> ) | Metales pesados                                              |
| Cooper et al., 2011    | m                                 | Noruega   | Bacalao Atlántico ( <i>Gadus morhua</i> L.)             | Metales pesados                                              |
| Mesías et al., 2019    | 10.15381/rivep.v30i1.15695        | Perú      | Trucha Arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )          | Enfermedad bacteriana Yersiniosis                            |

|                         |                                                                                                                   |         |                                             |                                                                                                                |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Koppang et al., 2005    | 10.1111/j.1365-2761.2004.00583.x                                                                                  | Noruega | Salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> ) | Vacunas                                                                                                        |
| Jiménez R. et al., 2022 | <a href="https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738697">https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738697</a> | Noruega | Salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> ) | Fracturas (Anomalías de costillas)                                                                             |
| Brimsholm et al., 2022  | <a href="https://doi.org/10.1111/jfd.13729">https://doi.org/10.1111/jfd.13729</a>                                 | Noruega | Salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> ) | Enfermedad infecciosa PRV-1 ( <i>Piscine orthoreovirus</i> ) y SAV (Infección por alfavirus de los salmónidos) |

En la tabla 2 muestra una selección de artículos obtenidos a través de una búsqueda sistemática, los cuales abordan las distintas causas asociadas a la melanosis en especies de importancia acuícola como silvestres, tales como el salmón del Atlántico (*Salmo salar*), trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) como el pez cabeza plana del sur (*Platycephalus bassensis*) y Bacalao Atlántico (*Gadus morhua* L.) donde se identificaron otros factores potenciales que contribuyen al desarrollo de focos melanóticos , incluyendo la exposición a metales pesados, el uso de antiparasitarios, así como patologías bacterianas e infecciosas como la Yersiniosis y la infección por alfavirus en salmónidos. Asimismo, se observó una prevalencia significativa de un 22,8% de estudios realizados en Europa, en especial noruega por sobre otros países a nivel mundial.



**Figura 8.** Gráfico de barras con causas de hallazgos de melanosis encontradas en salmónidos y especies silvestres como el bacalao atlántico (*Gadus morhua* L.) y el pez cabeza plana del sur (*Platycephalus bassensis*) asociados con hallazgos de melanosis.

Respondiendo a nuestro segundo objetivo realizamos una investigación exhaustiva de tratamientos antimelanóticos y encontramos diferentes artículos relacionados con el tratamiento de la melanosis en crustáceos como los que se muestran en la tabla 3 en el camarón rosado de aguas profundas (*Parapenaeus longirostris*), el camarón blanco indio (*Fenneropenaeus indicus*), el camarón del pacifico (*Litopenaeus vannamei*), el camarón blanco o patiblanco (*Penaeus vannamei*), el camarón tigre (*Penaeus monodon*), los camarones kuruma (*Marsupenaeus jaonicus*), el cangrejo reina roja (*Chionoecetes japonicus*), Camarones rosa de aguas profundas (*Parapenaeus longirostris*), en la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y salmones del Atlántico (*Salmo salar*), como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3.** Tratamientos antimelanóticos en crustáceos y salmones

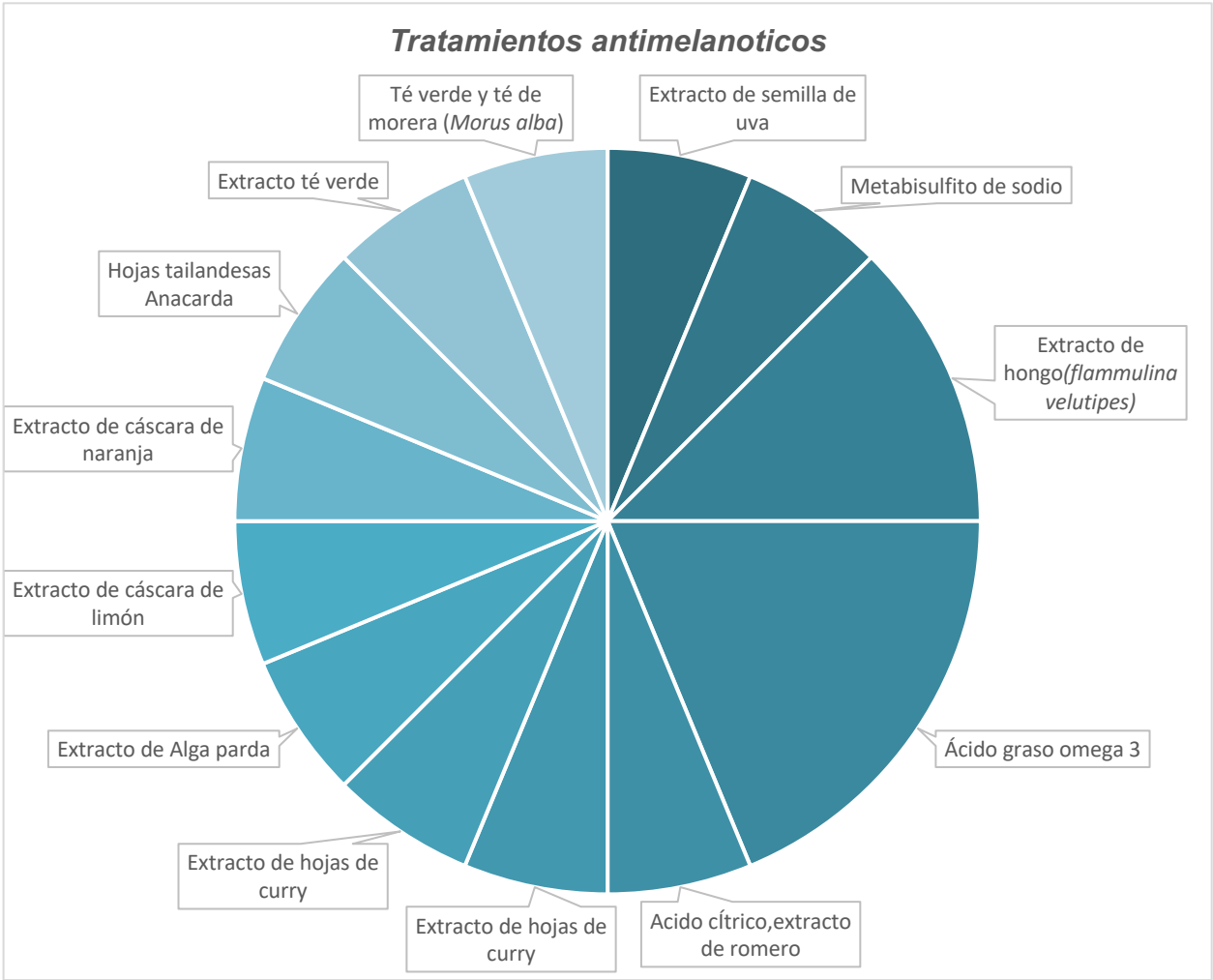
| Autores/año                                                                                                                                              | País        | Animal acuático                                                                                           | Molécula(s) Utilizada(s)                                               | Concentración                                                                     | Principales Resultados                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nalan Gokoglu & Pinar yerlikaya 2008/<br><a href="https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01553.x">https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01553.x</a> | Turquía     | Camarones blancos ( <i>Parapenaeus longirostris</i> )                                                     | Extracto de semilla de uva ( <i>Vitis Vinífera sp., calkarasi</i> )    | 0,2- 15 g                                                                         | Inhibición de la formación de melanosis con la concentración de 15 g/L de extracto de semilla de uva                                                                        |
| Surasani & Patange et al., 2012/<br><a href="https://doi.org/10.1080/10498850.2011.601537">10.1080/10498850.2011.601537</a>                              | Reino Unido | Camarones tigre ( <i>Penaeus monodon</i> )                                                                | Metabisulfito de sodio                                                 | [0 - 30 g kg <sup>-1</sup> ]                                                      | La dosis mínima para inhibir la melanosis fue de 30 g/kg                                                                                                                    |
| Encarnacion et al., 2012<br><a href="https://doi.org/10.5772/30817">10.5772/30817</a>                                                                    | Japón       | Camarones kuruma ( <i>Marsupenaeus jaonicus</i> ) y cangrejo reina roja ( <i>Chionoecetes japonicus</i> ) | Extracto de hongo ( <i>Flammulina velutipes</i> )                      | 0.5%–1%                                                                           | Inhibió completamente la formación de melanosis posterior a la cosecha                                                                                                      |
| Sissener et al., 2016<br><a href="https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.06.034">10.1016/j.aquaculture.2016.06.034</a>                               | Noruega     | Salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> )                                                               | EPA (ácido eicosapentaenoico), DHA(ácido docosahexaenoico)             | Dieta baja en N-3 : 6%EPA+DHA (inicio),4,5% (cosecha) Dieta Estándar : 8% EPA+DHA | Los salmones alimentados con dietas bajas en EPA+DHA presentaron una mayor frecuencia de melanina en los filetes en comparación con aquellos alimentados con dieta estándar |
| Viji P. et al., 2018<br><a href="https://doi.org/10.21077/ijf.2018.65.3.78879-20">10.21077/ijf.2018.65.3.78879-20</a>                                    | India       | Camarones blancos del pacifico ( <i>Penaeus vannamei</i> )                                                | Extracto de cascara de Granada, EDTA, citrato de sodio, ácido cítrico, | Metabisulfito de sodio : 1.25 - 0,5% Extracto de cascara de                       | El extracto de cáscara de granada, citrato de sodio y EDTA fue eficaz para reducción la aparición de melanosis solo                                                         |

|                                                                                    |       |                                                             |                                                                                                                   |                                                               |                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                    |       |                                                             | metabisulfito de sodio                                                                                            | Granada 0.5% EDTA 200 ppm                                     | llegando a presentarse de manera muy leve luego de 54 horas                                                                                                          |
| Zhang et al., 2021<br><br>DOI : 10.1111/jfpp.15614                                 | China | Camarón blanco del pacifico ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) | Ácido cítrico, extracto de romero                                                                                 | 1% cítrico, 4% extracto de romero                             | El ácido cítrico en combinación con extracto de romero fue eficiente para inhibir los focos melanóticos                                                              |
| Soni et al., 2021<br><br>DOI: 10.1080/10498850.2021.1988792                        | India | Camarón blanco del pacifico ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) | Extracto de hojas de Curry, ( <i>Murraya koenigii</i> ), extracto de hojas de moringa ( <i>Moringa oleífera</i> ) | Extracto hojas de curry y extracto de hojas de moringa 10 g/L | El extracto de hojas de curry en combinación con hojas de moringa [10g/l] pudieron reducir la aparición de focos melanóticos                                         |
| Shahrzad dashtegol et al., 2021<br><br>DOI: 10.21608/EJVS.2021.47359.1197          | Irán  | Camarón blanco del pacifico ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) | Extracto de Alga parda ( <i>Colpomeni sinousa</i> ), Metabisulfito de sodio                                       | Extracto de alga parda 1-10% Metabisulfito de sodio 3%        | El extracto de alga parda mejoro la vida útil y la calidad organoléptica, reduciendo manchas melanoticas en diversas partes del cuerpo                               |
| Pandiyan et al. , 2022<br><br>DOI : 10.1080/10498850.2022.2073190                  | India | Camarones blancos indios ( <i>Fenneropenaeus indicus</i> )  | Extractos de cascara de limón, extracto de cascara de pomelo                                                      | 10 g/L                                                        | La inmersión extracto de cáscara de limón, granada fueron eficaces para disminuir el desarrollo de melanomas durante el almacenamiento en frio alrededor de 15 días. |
| Vakili & Ardakani et al., 2018<br><br>Artículo de revista journal of nutrition and | Irán  | Camarón blanco del pacifico ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) | Extracto de naranja                                                                                               | Extracto de naranja [50 g]                                    | El extracto de cáscara de naranja redujeron en un 100% el desarrollo de melanosis durante todo el almacenamiento (20 días )                                          |

|                                                                                                                                                                  |           |                                                             |                                                                                                                                                                                                                        |                  |                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| food security<br><br><a href="https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20183060842">https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20183060842</a> |           |                                                             |                                                                                                                                                                                                                        |                  |                                                                                                                                         |
| Sae-leaw & benjakul (2019)<br><br><a href="https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.08.014">https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.08.014</a>                    | Tailandia | Camarón blanco del pacífico ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) | Hojas autóctonas tailandesas anacarda ( <i>anacardium occidentale</i> ), mun-poo ( <i>Glochidion perakense hook</i> ), liang ( <i>Gnetum gnemon linn.var.tenerum markgr</i> ) y guaje ( <i>leucaena leucocephala</i> ) | [0,1-1%] p/v     | La hoja de anacardo con una dosis de 0,5% prolongo la vida útil de los camarones                                                        |
| Yuan, Zhang, Tang y Sun (2016)<br><br><a href="https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1040459">https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1040459</a>                  | China     | Camarón blanco del pacífico ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) | Extracto de verde, quitosan, metabisulfito de sodio                                                                                                                                                                    | [1-1,25%]        | El extracto de té verde, quitosan y una mezcla de ambos inhibieron eficazmente el desarrollo de melanosis en el almacenamiento en hielo |
| Nirmal & benjakul (2011)<br><br><a href="https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.007">https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.007</a>                                | Tailandia | Camarón blanco del pacífico ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) | Té verde y té de morera ( <i>Morus alba</i> )                                                                                                                                                                          | [5-10 g]         | El extracto de té verde etanólico redujo la melanosis y extendió la vida útil hasta 12 días, siendo 5 g más efectivo que 10 g           |
| Basiri et al., 2015                                                                                                                                              | Irán      | Camarón blanco del pacífico                                 | Extracto cascara de granada                                                                                                                                                                                            | ECG : 1-2g/100ml | El extracto de cáscara de granada extendió la vida útil                                                                                 |

|                                                                                                                                                           |         |                                                                       |                                                                                            |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <a href="https://doi-org.bdigitalu ss.remotexs .co/10.1016/ j.lwt.2014.1 0.043">https://doi-org.bdigitalu ss.remotexs .co/10.1016/ j.lwt.2014.1 0.043</a> |         | ( <i>Litopenaeus vannamei</i> )                                       | ( <i>Púnica granatum</i> )<br>Metabisulfito de sodio                                       | Metabisulfito de sodio :<br>[1,25 g/100ml]                                                                                     | por 6 días en almacenamiento en refrigeración fue eficaz en un 50% del total del camarón                                                                                                                             |
| Yuan et al., 2016<br><br><a href="https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.07.011">https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.07.011</a>                      | China   | Camarón blanco del pacífico ( <i>Litopenaeus vannamei</i> )           | Extracto cascara de granada ( <i>Púnica granatum</i> )<br>Metabisulfito de sodio, Quitosan | Extracto de cascara de granada[1,5 %], quitosan[1 %], metabisulfito de sodio[1,25%]                                            | Tanto la cascara de granada como el quitosano, individualmente o combinados, redujeron la melanosis y extendieron la vida útil hasta 10 días en almacenamiento en hielo                                              |
| Goncalves et al., 2015<br><br><a href="https://doi.org/10.1155/2015/460617">https://doi.org/10.1155/2015/460617</a>                                       | Brasil  | Camarón blanco del pacífico ( <i>Litopenaeus vannamei</i> )           | Fruta Acerola ( <i>Malpighia glabra</i> L.)<br>metabisulfito de sodio                      | Pulpa de acerola pasteurizada 100 g en 4000 ml de agua destilada<br>Metabisulfito de sodio 12,5 g en 1000 ml de agua destilada | La inmersión en extracto de acerola redujo la melanosis mejor que el metabisulfito de sodio hasta 12 días en el almacenamiento en frío                                                                               |
| Gokoglu & yerlikaya (2008)<br><br><a href="https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01553.x">https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01553.x</a>         | Turquía | Camarones rosa de aguas profundas ( <i>Parapenaeus longirostris</i> ) | Extracto de semilla de uva ( <i>Vitis vinífera</i> )                                       | [0-12 g de L-1]                                                                                                                | Se demostró que el grupo con la mayor concentración de extracto de semilla de uva tuvieron un efecto de inhibición alto sobre la melanosis extendiendo su vida útil alrededor de 3 días en el almacenamiento en frío |
| Nergård, M (2024)<br><a href="https://lc.cx/GZG5nC">https://lc.cx/GZG5nC</a>                                                                              | Chile   | <i>Salmon salar</i>                                                   | QRILL AGUA                                                                                 | Omega 3 EPA Y DHA                                                                                                              | Se demostró que incluyendo un 7.5 % de esta formulación en la dieta de los                                                                                                                                           |

|  |  |  |  |  |                                                                                      |
|--|--|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |  | salmones pudo eliminar entre 1.2 y 3.2 kilogramos de melanosis por cada lote tratado |
|--|--|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------|



**Figura 9.** Tratamientos antimelanóticos en crustáceos y salmón del Atlántico (*Salmo salar*)

Los tratamientos que se utilizaron en este estudio, como se describe en la tabla 3 , en su gran mayoría se enfocaron en investigaciones basadas en crustáceos, con una tendencia hacia los camarones. Esto se debe a que esta especie tiene una vida útil limitada, por la tendencia al desarrollo de melanosis y deterioro microbiano, disminuyendo las características organolépticas (Gokoglu & Yerlikaya, 2008). Por lo cual se han realizado técnicas para la inhibición de estos factores y la prolongación de su vida útil en

refrigeración y/o en congelación post cosecha. Dentro de los principales tratamientos que se realizaron, se detallan extractos de frutas como granada, limón, naranjas y uvas. También se mencionan extractos de origen natural como moringa, curry, romero, algas y fúngicos como (*Flammulina velutipes*). Estos extractos naturales tuvieron una mayor eficacia inhibiendo y/o reduciendo los focos melanóticos en todos los experimentos, por sobre los agentes quelantes que se utilizan a menudo para la conservación de productos alimenticios, como metabisulfito de sodio, EDTA y/o ácido cítrico. Lo anterior se señala en el experimento de Pandiyan et al. (2022) en donde la combinación de nanopartículas de cobre con extractos de cáscara de limón y pomelo previnieron el desarrollo de manchas melanóticas y además inhibieron el crecimiento microbiano en los camarones blancos indios (*Fenneropenaeus indicus*) hasta por 15 días después de iniciado su tratamiento. No obstante también se menciona que la combinación de extractos de cascara de fruta como granada y agentes quelantes, puede resultar eficaz para prolongar la vida útil del crustáceo en estudio e inhibir y/o reducir los cambios focales melanizados, como se describe en el experimento de Viji, P et al., (2018) en donde la combinación de estas moléculas pudo reducir la melanosis a un nivel mucho menor al encontrado en el grupo control y además de inhibió la proliferación de bacterias anaerobias en el crustáceo. Por otro lado el experimento con extractos algas pardas (*Colpomeni sinousa*) no se quedan atrás como potenciales antídotos contra la melanosis, ya que se señala una extensión de la vida útil hasta los 20 días después del almacenamiento y tratamiento, disminuyendo la presencia de melanosis en caparazón, tórax y extremidades y además mejorando las cualidades sensoriales y cualitativas en los crustáceos del pacífico occidental (*Litopenaeus vannamei*) (Dashtgol et al., 2021). En cuanto al tratamiento enfocado en la dietas de los salmones del Atlántico (*Salmo salar*) se describió una tendencia de aumento de melanosis y mortalidad en los salmones de piscicultura de mar alimentados con una dieta baja en ácidos grasos como EPA (*Acido eicosapentaenoico*) y DHA (*Acido docosahexaenoico*) combinado con aceites de colza y de palma realizado por Sissener et al., (2016). Dentro de los artículos revisados también se mencionan plantas tailandesas ,té verde, fruta brasileña como la acerola, que son moléculas en potencia como inhibidores de focos melanóticos en reemplazo de agentes quelantes. Si bien se señala que estas plantas tienen eficacia sobre la melanosis, los autores

describen que la combinación de estos agentes con los quelantes utilizados en la industria potencia aún más su capacidad de inhibir los focos melanóticos como se describe en el experimento de Yuan et al., (2016) en donde se combinó el extracto de té verde con el polímero quitosan, el cual se usa actualmente como un conservante de alimentos principalmente marinos logrando porcentajes altos de inhibición de melanosis en los crustáceos blancos del pacífico. En Chile con el predominio de este hallazgo que cada vez afecta a más salmónidos la empresa Aquabench ha creado una fórmula capaz de eliminar el desarrollo de melanosis en los salmones de producción que si bien tuvo una positiva respuesta en los peces tratados no se ha podido comprobar su eficacia al 100% por lo cual se espera poder tener más novedades sobre aquel proyecto (Aquabench, 2024).

## **5. Discusión**

Según los resultados obtenidos luego de la revisión sistemática, podemos concluir que nos hemos acercado a los posibles orígenes de por qué se desarrollarían los focos de melanosis en los salmónidos, claro que este es solo un aproximamiento a partir de otra especie relacionada, como los crustáceos. Una parte significativa de los resultados obtenidos en esta investigación se centró en la evaluación de distintos tratamientos aplicados en camarones, ya que consideran su creciente importancia en la producción acuícola a nivel mundial, además de compartir características similares fisiológicas e inmunológicas. En los últimos años se ha observado un incremento de artículos científicos orientados al desarrollo de métodos de conservación post cosecha de esta especie, con el fin de preservar las características organolépticas, prolongar su vida útil y prevenir el hallazgo de melanosis. Lo anteriormente mencionado se relaciona con lo planteado al inicio de esta investigación, donde se destacan las importantes pérdidas económicas que enfrenta la industria acuícola, a consecuencia del hallazgo de melanosis en salmónidos. Esta alteración, caracterizada por la aparición de pigmentaciones anormales en el tejido muscular, afecta negativamente la percepción visual del producto, lo que afecta directamente en su aceptación por parte del consumidor. Volviendo al foco

de la melanosis en los camarones el desarrollo de la melanosis es causado por la reducción de la polifenol oxidasa o tirosinasa (PPO), que oxida el fenol a ácido 3-propionico(DOPA) convirtiéndolo a DOPA-quinonas en presencia de oxígeno, como consecuencia se produce una polimerización y una autooxidación no enzimática de quinonas y con ello la producción de melanosis (Sae-leaw & benjakul, 2019).

Según los artículos revisados, la PPO desempeña una importante función en los crustáceos, ya que está relacionada con el proceso de curación de heridas de la cutícula y con procesos fisiológicos en el camarón. La cual está estrechamente asociada con la aparición de factores que estimulan la defensa celular, siendo parte de actividades de fagocitosis y encapsulación, denominándose como una respuesta inmune de parte del crustáceo similar a la observada en los salmónidos. En su totalidad, los crustáceos presentan una mayor susceptibilidad a la contaminación ambiental y a la proliferación microbiana en comparación con los salmónidos, que suelen verse menos afectados por estos factores. En los crustáceos, a diferencia de los salmónidos, ante la presencia de patógenos invasores se activa la enzima PPO, la cual normalmente se encuentra en estado inactivo como proPPO, como cimógenos, activando la cascada de serina proteasa a través del amino terminal y una serie de hidroxilaciones de proteínas. Una vez activada, la PPO adquirirá tanto la monofenol oxidasa como la actividad de la o-difenol oxidasa, permitiendo la conversión de monofenoles hidroxilados en catecoles y estos se transformarán en quinonas, conduciendo a la producción de melanosis. Esta reacción forma parte de la respuesta inmune innata en los crustáceos, permitiendo la encapsulación y neutralización de agentes patógenos. Cabe mencionar que dentro de la hemolinfa de los crustáceos existe una proteína llamada hemocianina, encargada del transporte de oxígeno. Por el contrario, los salmónidos utilizan hemoglobina para esta función, ya que carecen de una hemolinfa funcional. Se describe como un importante factor para permitir la integridad estructural y funcional de los crustáceos en un amplio rango de temperatura que va desde los -20 grados hasta por sobre los 50 grados Celsius. Esto explica la tendencia al aumento de la melanosis post cosecha en esta especie. Anteriormente se señaló que la causa de melanosis en los salmónidos se debe a factores ambientales; no obstante, en los camarones también se describen, ya que las variaciones de la temperatura, pH y/o humedad conllevarían un mayor estrés oxidativo y, por lo tanto,

el desarrollo a largo plazo de los focos melanóticos. Dado que en la gran mayoría de los casos la melanosis en camarones se presenta en la etapa post mortem, se han implementado diversas sustancias a modo de inhibir el desarrollo de la PPO como el quitosano, metabisulfito de sodio, EDTA (*ácido etilendiaminotetraacético*) y ácido cítrico (Tian et al., 2025). Debido a las posibles reacciones adversas en la salud humana por la adición de estos preservantes, se han desarrollado diversos estudios enfocados en tratamientos alternativos basados en extractos de plantas, frutas y hongos como los descritos en la tabla 3. Estos compuestos, ricos en agentes fenólicos de origen vegetal, han demostrado poseer un notable potencial antioxidante y antimicrobiano, atribuido a la presencia de flavonoides. Estos actuarían como antioxidantes, antiinflamatorios, antitumorales, antivirales y neutralizarían los radicales libres, contribuyendo así a la inhibición de procesos oxidativos asociados al desarrollo de la melanosis (Pandiyan et al., 2022). Con lo anteriormente señalado podemos decir que los extractos vegetales son una buena medida como prevención de la melanosis en crustáceos, esto se puede comprobar en la tabla 3 en donde se señalan diferentes tratamientos realizados en camarones, con diversos compuestos fenólicos que en su gran mayoría fueron efectivos para reducir e inhibir a diferentes escalas la melanosis durante el congelamiento y/o refrigeración de las diferentes especies de camarones estudiadas. En concreto, los camarones son un buen aliado para poder desarrollar tratamientos futuros en la industria salmonera, aunque solo como un método conservador de su vida útil post cosecha, no se puede afirmar una inhibición por completo de la melanosis en salmónidos debido a la falta de experimentación de estos compuestos usados en crustáceos. Se sugiere que la implementación de ácidos grasos como EPA y DHA en la dieta podría favorecer en la reducción y eliminación de los focos melanóticos en su totalidad, pero se desconoce su modo de acción está en esta condición, por lo cual es necesario más estudios que comprueben la eficacia de estos elementos en el futuro próximo, como un tratamiento chileno en potencia contra el desarrollo de focos melanóticos en los salmones de importancia acuícola. Según lo presentado en la tabla 2, el análisis de 23 artículos científicos revela que el 16% de los casos de melanosis se asocian a la infección por piscine orthoreovirus (PRV-1) y a la activación de la respuesta inmune frente a factores externos. Por otro lado, un 12% corresponde a fracturas derivadas de anomalías

costales. Estas tres causas se posicionan como las más prevalentes en comparación con los demás factores descritos en dicha tabla.

Según lo mencionado anteriormente, se ha documentado un prevalente aumento de hallazgos de melanosis relacionada con fractura de espinas por malformaciones óseas en salmones del Atlántico, las cuales se relacionan con manejos bruscos en las pisciculturas. Estas prácticas pueden provocar traumas locales que evolucionan con el tiempo, debido a la conformación anatómica de las costillas. Aunque estas estructuras son más gruesas y presentan mayor resistencia a los impactos, pueden doblarse o sufrir microfracturas sin que exista una fractura evidente. Este tipo de daño puede generar edemas musculares locales como resultado del bloqueo del flujo sanguíneo hacia la zona afectada. A su vez, este proceso se acompaña de inflamación aguda, hemorragias locales en el músculo adyacente como en el tejido conectivo, así como el reclutamiento de células hematopoyéticas e inflamatorias. Estas respuestas fisiológicas corresponden a los cambios focales rojos anteriormente descritos en nuestra investigación, que, con el tiempo y al volverse crónicos, evolucionan a cambios focales melanizados. Asimismo, se ha descrito la presencia de malformaciones costales asociadas a una deficiente reabsorción y formación ósea, procesos fundamentales para el crecimiento adecuado de los salmónidos, ya que determinan el desarrollo estructural y el aumento del grosor de las costillas (Brimsholm et al., 2023). Esto nos haría pensar en que también influyen bastante la dieta que se les da a los salmónidos durante su crecimiento y su delicado cuidado en su etapa oval. En investigaciones realizadas en Perú se ha reportado la aparición de melanosis en alevines de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) afectados por Yersiniosis. El hallazgo más destacado fue la presencia de numerosos melanomacrofagos en hígado, lo cual sugiere una respuesta inmunitaria activa frente a la infección bacteriana. Esta observación respalda la hipótesis de que la melanosis en ciertos casos puede presentar una manifestación del sistema inmune innato ante infecciones crónicas o persistentes. En este contexto, los melanomacrofagos actúan como células efectoras, que mediante la producción de melanina contribuyen a la contención del patógeno, acumulándose en los órganos diana, al mismo tiempo que participan en la eliminación de restos celulares y productos derivados de la inflamación (Mesías et al., 2019). Los resultados también nos indican que existe hallazgos de

melanosis en otras especies como el hallazgo de melanosis en el pez Cabeza plana del sur (*Platycephalus bassensis*) debido a la contaminación de metales pesados como plomo y zinc, arsénico encontrados en los estuarios en donde crecen concentrándose en la región anterior del filete y alrededor de la zona vertebral dorsal Ooi et al., (2022) Otro caso parecido en donde se encontró la influencia de metales pesados, fue en la especie del Bacalao Atlántico (*Gadus morhua* L.) debido a la ingestión de metales pesados mediante la dieta Cooper et al., (2011) ,estos dos casos nos indican que no solo los factores medio ambientales pueden favorecer el desarrollo de melanosis, sino que también los elementos que forman parte del ambiente donde crecen. Estas especies acuáticas al no ser parte de la industria salmonera chilena, nos hace reflexionar de que no solo afecta a los salmones si no que a un gran variedad de especies de vida silvestre a nivel mundial.

Los resultados obtenidos permitieron confirmar que la infección por PRV-1 constituye una de las causas más prevalentes en el desarrollo de melanosis en peces de cultivo como se describe en la figura 8. En trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), se identificó la presencia simultánea de PRV-1 y del virus SAV (infección por alfavirus en salmónido). Sin embargo, según el autor Bjørgen et al.(2024), ninguna de estas infecciones se relaciona directamente con la presencia de melanosis en esta especie, comparado con lo observado en el salmón del Atlántico (*Salmo salar*), donde sí se ha estipulado una relación más concreta. Ambas especies presentan una localización anatómica similar en el desarrollo de los focos melanóticos, así como una respuesta inflamatoria comparable. Sin embargo, se identificó una diferencia fundamental en la cantidad de melanomacrofagos presentes en los focos melanizados , lo cual sugiere que la trucha arcoíris posee una respuesta fisiológica más eficiente y rápida frente a las patólogas infecciosas. Esta capacidad permitiría evitar procesos inflamatorios crónicos y en consecuencia, reducir la prevalencia de melanosis en comparación con el salmón del Atlántico. Si bien no se descarta la posibilidad de que la coinfección por PRV-1 y SAV pueda contribuir al desarrollo de hallazgos patológicos de melanosis en el salmón del Atlántico, se requieren investigaciones adicionales para confirmar esta hipótesis. Por otro lado, las diferencias en las condiciones de cultivo y en la respuesta a factores ambientales

entre ambas especies también podrían influir en su susceptibilidad. En particular, se ha observado que la trucha arcoíris presenta una mayor resistencia a la infección por PRV-1, lo que se traduce en una menor tasa de individuos infectados en comparación con el salmón del Atlántico. Estos antecedentes respaldan la hipótesis planteada al inicio de esta investigación de que la trucha arcoíris posee una respuesta inmune más robusta, posiblemente favorecida por su adaptación a temperaturas de cultivo elevadas. Lo anteriormente descrito plantea que, a temperaturas más bajas, como en las que habita el salmón del Atlántico, la respuesta inmune podría verse comprometida, aumentando así la susceptibilidad al desarrollo de melanosis.

Por consiguiente, el análisis realizado por Brimsholm et al., (2022) manifiesta que la melanosis se expresa como una respuesta frente al daño oxidativo, provocado por múltiples patologías, actuando como un mecanismo de defensa. Comprobando la hipótesis inicial de que las patologías infecciosas son la base para el desarrollo de melanosis en las variadas especies, pero con diferencia en su prevalencia.

Dentro de los resultados, se identificó que la tercera causa con mayor prevalencia en relación con el desarrollo de focos melanóticos es la respuesta inmune. En el inicio de esta investigación se planteó que actúa como un mecanismo protector frente a agresiones externas que provocan melanosis. Se ha validado que, en muchos salmónidos de cultivo, aquella manifestación puede derivar en procesos inflamatorios prolongados que favorecen la formación de focos con melanosis. Con respecto a lo descrito, se han encontrado la hipoxia y la necrosis grasa, que están indirectamente relacionadas con la dieta del salmón, en especial con el contenido lipídico que tienen actualmente las dietas empleadas a los salmones durante su crecimiento en agua dulce como en agua salada. Según Bjorgen et al. (2024), la región craneoventral del filete presenta una mayor predisposición a hemorragias y necrosis grasa debido a la acumulación de tejido adiposo en esa zona, lo que podría contribuir al desarrollo de melanosis. La hemorragia ocasionada por factores externos genera hipoxia que provoca daño isquémico y necrosis de los miocitos y adipocitos del tejido adiposo. Se postula que, durante este proceso, el contenido liberado por los adipocitos origina la formación de pseudoquistes, los cuales atraen al sitio de la lesión macrófagos espumosos, leucocitos y células productoras de melanina llamadas tirosinasa/Tyrb1. Paulatinamente, estos

pseudoquistes se encapsulan y presentan fibrosis, volviéndose irreversibles e impidiendo la reparación tisular. Como resultado, se produce una acumulación gradual de macrófagos en la zona afectada, fenómenos que se observan en la figura 6 presentada en esta investigación. Se menciona que la transformación de manchas focales rojas en focos melanóticos ocurre por la evolución de células amelanóticas que expresan tirosinasa, las cuales obtienen un fenotipo pigmentado mediante la regeneración y acumulación de melanina. Estas células se liberan en mayor cantidad en presencia de adipocitos y pseudoquistes, funcionando como un mecanismo de defensa contra radicales libres generados por la peroxidación lipídica durante la necrosis grasa. Lo anteriormente planteado confirma la hipótesis inicial sobre la influencia de factores externos ambientales, nutricionales en el desarrollo de melanosis en los salmónidos, como se evidencia en la figura 7.

En relación con los factores abordados al inicio de esta investigación, se identificó un número limitado de estudios que vinculan el desarrollo de focos melanóticos con la inoculación de vacunas en salmones de cultivo. No obstante, se señala que las vacunas basadas en aceites, cuando se administran de forma incorrecta, pueden diseminarse desde el sitio de inyección hacia diversos tejidos, siendo reconocidas como cuerpos extraños por el sistema inmune, lo que provoca una rápida acumulación de melanoma-macrófagos. Sin embargo, la prevalencia de melanosis atribuibles a este factor es baja, aunque no se descarta la necesidad de profundizar en su estudio en futuras investigaciones.

## **6. Conclusión**

Los resultados de esta revisión sistemática exhaustiva permiten concluir que tanto las patologías infecciosas como los factores externos ambientales y nutricionales a los que están expuestos los salmónidos durante su etapa de crecimiento representan causas significativas en la aparición de focos melanóticos. Los hallazgos evaluados respaldan el requisito de que estos factores sean monitoreados y controlados en todos sus aspectos para disminuir la prevalencia de esta condición en salmones de cultivo. De igual manera se evidencia que la melanositis no se limita únicamente a los salmones, sino que también se ha detectado en peces de vida silvestre, lo que plantea una posible expansión de esta afección con el paso del tiempo. Por ello, resulta imperativo evaluar la eficacia de los tratamientos propuestos en esta investigación como potenciales estrategias de control con el objetivo de prevenir nuevos casos, proteger otras especies y mitigar las pérdidas económicas asociadas.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Basiri, S., Shekarforoush, S. S., Aminlari, M., & Akbari, S. (2015). The effect of pomegranate peel extract (PPE) on the polyphenol oxidase (PPO) and quality of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during refrigerated storage. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie [Food Science and Technology]*, 60(2), 1025–1033. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.043>
- Bjørgen, H. (2022). Melanized focal changes in Atlantic salmon: interactions between infection and immunity. <https://doi.org/10.1111/jfd.12995>
- Bjørgen, H., & Koppang, E. O. (2024a). The melano-macrophage: The black leukocyte of fish immunity. *Fish & Shellfish Immunology*, 148, 109523. <https://doi.org/10.1016/J.FSI.2024.109523>
- Bjørgen, H., Brimsholm, M., Asserson, C. F., Skaar, K., Knutsen, G. M., Oaland, Ø., Haldorsen, R., Fjelldal, P. G., Hansen, T., Rimstad, E., Kleist, B. A., Lund-Iversen, M., Kowalewski, M. P., & Koppang, E. O. (2024b). Deciphering the pathogenesis of melanized focal changes in the white skeletal muscle of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Fish Diseases*. <https://doi.org/10.1111/jfd.13988>
- Bjørgen, H., Brimsholm, M., Lund, M., Dahle, M. K., Rimstad, E., & Koppang, E. O. (2024). Red and melanized focal changes in the white skeletal muscle of farmed rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 158, 201–213. <https://doi.org/10.3354/dao03797>

- Bjørger, H., Kumar, S., Gunnes, G., Press, C. M. L., Rimstad, E., & Koppang, E. O. (2020). Immunopathological characterization of red focal changes in Atlantic salmon (*Salmo salar*) white muscle. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 222, 110035. <https://doi.org/10.1016/J.VETIMM.2020.110035>
- Bjørger, H., Wessel, Ø., Fjelldal, P. G. et al. Piscine orthoreovirus (PRV) in red and melanized foci in white muscle of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Veterinario Res* 46 , 89 (2015). <https://doi.org/10.1186/s13567-015-0244-6>
- Bobenrieth-Astete, M (2002). Normas para revisión de artículos originales en Ciencias de la Salud. *Revista Internacional de Psicología Clínica y de la Salud* ,2(3),509-523.Disponible.en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33720309>
- Brimsholm, M., Fjelldal, P. G., Hansen, T., Fraser, T. K. W., Solberg, M., Glover, K., Koppang, E. O., & Bjørger, H. (2023). Red and melanized focal changes in white skeletal muscle in Atlantic salmon (*Salmo salar*): Comparative analysis of farmed wild and hybrid fish reared under identical conditions. *Journal of Fish Diseases*, 46(12), 1377–1389. <https://doi.org/10.1111/JFD.13856>
- Brimsholm, M., Rønning, L., Rimstad, E., Koppang, E. O., & Bjørger, H. (2023). Diffuse melanization of the red skeletal musculature in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Journal of Fish Diseases*, 46(4), 453–458. <https://doi.org/10.1111/JFD.13729>
- Brimsholm, M., Fjelldal, P. G., Hansen, T., Trangerud, C., Knutsen, G. M., Asserson, C. F., Koppang, E. O., & Bjørger, H. (2023). Anatomical and pathological characteristics of ribs in the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and its relevance to soft tissue changes. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 52(3), 421–436. <https://doi.org/10.1111/ahe.12900>

Chávez-Sánchez, M., Palacios, C. M., & Moreno, I. O. (1994). Pathological effects of feeding young *Oreochromis niloticus* diets supplemented with different levels of aflatoxin B1. *Aquaculture*, 127(1), 49-60. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90191-0](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90191-0)

Cooper, M. A., Mørkøre, T., Albrektsen, S., Berge, G. M., & Ruyter, B. (2011). Dietary trace metal supplements promote blood vessel melanosis in fillets of juvenile farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Journal of the World Aquaculture Society*, 42(2), 222–229. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00458.x>

Dashtgol, S., Moghanchoghi, A. M., Razavilar, V., & Mortazavi, M. S. (2021). Study The effect of Brown Alga (*Colpomeni sinousa*) on Melanosis, Quality and Lipid Oxidation of Western Pacific Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) During The storage on Ice. *Egyptian Journal Of Veterinary Science*, 52(2), 185-194. <https://doi.org/10.21608/ejvs.2021.47359.1197>

Dashtgol, S., Moghanchoghi, A. M., Razavilar, V., & Mortazavi, M. S. (2021). Study The effect of Brown Alga (*Colpomeni sinousa*) on Melanosis, Quality and Lipid Oxidation of Western Pacific Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) During The storage on Ice. *Egyptian Journal Of Veterinary Science*, 52(2), 185-194. <https://doi.org/10.21608/ejvs.2021.47359.1197>

Encarnacion, A. B., Fagutao, F., Hirayama, J., Terayama, M., Hirono, I., & Ohshima, T. (2011). Novel approach for controlling lipid oxidation and melanosis in aquacultured fish and crustaceans : Application of edible mushroom (*Flammulina velutipes*) extract in Vivo . *Journal of Food Science*, 76(1), (pp.158–184). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01890.x>

- Ferran Ferrer, N., Pérez-Montoro, M. (2011). *Búsqueda y recuperación de la información*. España: Editorial UOC, S.L. <https://n9.cl/pp4sp>
- Figuerola, J., Cárcamo, J., Yáñez, A., Olabarría, V., Ruiz, P., Manríquez, R., Muñoz, C., Romero, A., & Avendaño-Herrera, R. (2019). *Addressing viral and bacterial threats to salmon farming in Chile: historical contexts and perspectives for management and control*. *Reviews In Aquaculture*, 11(2), 299-324. <https://doi.org/10.1111/raq.12333>
- Frampton, G.K., Livoreil, B. & Petrokofsky, G. Selección de elegibilidad en la síntesis de pruebas de temas de gestión ambiental. *Environ Evid* 6, 27 (2017). <https://doi.org/10.1186/s13750-017-0102-2>
- Godoy, (2023 a). 9 de abril de 2023. Melanosis muscular difusa en Salmón del Atlántico (*Salmo salar*): patología macroscópica. <https://shorturl.at/vAIL5>
- Gokoglu, N., & Yerlikaya, P. (2008). Inhibition effects of grape seed extracts on melanosis formation in shrimp (*Parapenaeus longirostris*). *International Journal Of Food Science & Technology*, 43(6), 1004-1008. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01553.x>
- Gonçalves, A. A., Oliveira, A. R. M. de, & Abrantes, M. R. (2015). Acerola fruit as a possible antimelanotic agent in white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Food Processing*, 2015, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2015/460617>
- Gordon, A. (Ed.). (2015). *Food Safety and Quality Systems in Developing Countries: Volume One: Export Challenges and Implementation Strategies*. CABI. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20183060842>

Hernández Sampieri, Roberto., & Mendoza Torres, C. Paulina. (2018).  
*Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.*  
McGraw-Hill Education.  
DOI: <https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6>

Hossain, K. (2022) *American journal of Aquaculture and animal Sciencie (AJAAS)*  
(volumen 1 issue 1). Melanin: definition, cause and its role in Atlantic  
Salmon – A Review. DOI: <https://doi.org/10.54536/ajaas.v1i1.851>

ICEX España exportación e inversiones. (2020). *El mercado de la acuicultura en Chile.* <https://lc.cx/l4TtT->

Jiménez-Guerrero, R., Baeverfjord, G., Evensen, Ø., Hamre, K., Larsson, T.,  
Dessen, J. E., Gannestad, K. H., & Mørkøre, T. (2022). Rib abnormalities and  
their association with focal dark spots in Atlantic salmon fillets. *Aquaculture*,  
561, 738697. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2022.738697>

Malik, M. S., Bjørgen, H., Nyman, I. B., Wessel, Ø., Koppang, E. O., Dahle, M. K.,  
& rimstad E. (2021). PRV-1 infected macrophages in melanized focal changes in  
white muscle of Atlantic salmon (*Salmo salar*) correlates with a pro-inflammatory  
environment. *Frontiers.in.Immunology*, 12.\_  
<https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.664624>

Marcos Godoy (2021). Patología en acuicultura, 2021. Melanosis difusa en salmón  
del Atlántico (*Salmo salar*), afecta la musculatura profunda: patología  
macroscópica. <https://bit.ly/46paY9g>

Melanosis vertebral en salmón del atlántico(salmo salar) I : *Patología en acuicultura*, 2018. *Melanosis vertebral en salmón del Atlántico (Salmo salar) I: patología macroscópica*. <https://bit.ly/2ksVUB5>.

Mendoza-Núñez, V. M. (2022). ¿Cómo se define la literatura gris en el ámbito científico? Su importancia en las revisiones sistemáticas. *Casos y Revisiones.de.Salud*,4(2),5–10.  
<https://doi.org/10.22201/fesz.26831422e.2022.4.2.1>

Mesías V., F., Vargas L., M., Cueva Q., A., Manchego S., A., & Sandoval C., N. (2019). Patogenicidad de una cepa de *Yersinia ruckeri* de un brote de yersiniosis en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de Huaraz, Perú. *Revista de investigaciones veterinarias del Peru*, 30(1), 387–403.  
<https://doi.org/10.15381/rivep.v30i1.15695>

Muhammad, R. (2015). *Dietary Impact of Feed on Performance, Health and Tissue Melanization of Atlantic Salmon* (Máster thesis, Norwegian University of Life Sciences) Repositorio Institucional .  
<http://hdl.handle.net/11250/2391641>

Nergård, M. (2024). *QRILL Aqua puede reducir la melanosis en el salmón*. *Qrillaqua*. <https://www.qrillaqua.com/es/blog/qrill-aqua-puede-reducir-la-melanosis-en-el-salmon>

Nirmal, N. P., & Benjakul, S. (2010). Use of tea extracts for inhibition of polyphenoloxidase and retardation of quality loss of Pacific white shrimp during iced storage. *LWT*, 44(4), 924-932.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.007>

Ooi, C. K., Lewis, T., Nowak, B., Lyle, J., & Haddy, J. (2022). The use of image analysis techniques for the study of muscle melanisation in sand flathead (*Platycephalus bassensis*). *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, 292(Pt A), 118360. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118360>

Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024*. <https://doi.org/10.4060/cd0683es>

Pandiyan, P., Soni, A., & Elumalai, P. (2022). Inhibition of melanosis and quality changes on Indian white prawn treated with lemon and pomelo peel extracts conjugated with copper sulfide nanoparticles during chilled storage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 31(6), 497–507. <https://doi.org/10.1080/10498850.2022.2073190>

Pandiyan, P., Soni, A., & Elumalai, P. (2022). Inhibition of Melanosis and Quality Changes on Indian White Prawn Treated with Lemon and Pomelo Peel Extracts Conjugated with Copper Sulfide Nanoparticles during Chilled Storage. *Journal Of Aquatic Food ProductTechnology*, 31(6),497-507. <https://doi.org/10.1080/10498850.2022.2073190>

Rueda González, F. M. (2011). *Breve historia de una gran desconocida: la acuicultura*. Eubacteria, N.º 26 (2011). <https://lc.cx/vuZuhJ>

Sae-leaw, T., & Benjakul, S. (2019). Prevention of melanosis in crustaceans by plant polyphenols: A review. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 85, pp. 1–9). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.12.003>

- Sae-Leaw, T., & Benjakul, S. (2018). Prevention of quality loss and melanosis of Pacific white shrimp by cashew leaf extracts. *Food Control*, 95, 257-266. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.08.014>
- Sandoval, C. (2018, October 2). Muscular Melanosis - Gross Pathology. *Fish Pathology*. <https://fishhistopathology.com/?p=804>
- Servicio Nacional De Pesca y Acuicultura [SERNAPESCA] (2024). Informe con antecedentes sanitarios de agua dulce y mar: Situación Sanitaria. <https://goo.su/ARO2R>
- Servicio nacional de pesca y agricultura [SERNAPESCA] , 2019. *Guía de referencia para evaluación de lesiones en salmónidos: Evaluación de lesiones en salmónidos:Músculo*. <https://encr.pw/Vr3Gd>
- Servicio nacional de pesca y agricultura [SERNAPESCA], 2023). *Anuario estadístico de pesca y acuicultura 2023: desembarque total*. <https://lc.cx/E1q6tn>
- Sissener, N., Waagbø, R., Rosenlund, G., Tvenning, L., Susort, S., Lea, T., Oaland, Ø., Chen, L., & Breck, O. (2016). Reduced n-3 long chain fatty acid levels in feed for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) do not reduce growth, robustness or product quality through an entire full scale commercial production cycle in seawater. *Aquaculture*, 464,236 245. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.06.034>
- Skretting a nutreco Company. (2023). *Segundo reporte técnico de melanosis: programa Fish Quality Skretting*. <https://n9.cl/rww1wq>
- Soni, A., Pandiyan, P., & Elumalai, P. (2021). Effective Treatment of Curry (*Murraya koenigii*) and Moringa (*Moringa oleifera*) Leaves Extracts on Melanosis of

- Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during Chilled Storage. *Journal Of.Aquatic.FoodProductTechnology*, 30(10),1304  
1314. <https://doi.org/10.1080/10498850.2021.1988792>
- Tian, F., Lan, Y., Cao, A., Guan, W., & Cai, L. (2025). Recent advances in crustacean melanosis: Mechanism of melanosis, evaluation methods, and inhibition techniques. *Food.Chemistry*, 144729. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.144729>
- Tserevelakis, G. J., Pavlidis, M., Samaras, A., Barmparis, G. D., Mavrakis, K. G., Draganidis, I., Oikonomou, A., Fanouraki, E., Tsironis, G. P., & Zacharakis, G. (2022). *Hybrid confocal fluorescence and photoacoustic microscopy for the label- free investigation of melanin accumulation in fish scales*. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11262-0>
- Ugrovatov, S. (2016). Discolorations of the dorsal white musculature of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Norway, characterized by histological and transcriptional methods. 84. <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2434880>
- VeHiCe (2022). *Melanosis en salmón Atlántico –etiología, hallazgos. macroscópicos e histopatología. Fotografía*. <https://n9.cl/931fv>
- Viji, P., Rao, B.M., Jesmi, D., & Prasad, M.M. (2018). Control of melanosis and spoilage during chilled storage of pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) using.sulphite.alternatives.(Archivo.PDF).[https://www.researchgate.net/publication/328628774\\_Control\\_of\\_melanosis\\_and\\_spoilage\\_during\\_chilled\\_storage\\_of\\_pacific\\_white\\_shrimp\\_Penaeus\\_vannamei\\_using\\_sulphite\\_alternatives](https://www.researchgate.net/publication/328628774_Control_of_melanosis_and_spoilage_during_chilled_storage_of_pacific_white_shrimp_Penaeus_vannamei_using_sulphite_alternatives).

Wakamatsu, K., Dijkstra, J. M., Mørkøre, T., & Ito, S. (2023). Eumelanin detection in melanized focal changes but not in red focal changes on Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(23), 16797. <https://doi.org/10.3390/ijms242316797>

Wizhi Wang (2016) *The effect of dietary antioxidants on hyperpigmented fillet spots of Atlantic Salmon (Salmo Salar L.)* <https://n9.cl/vlvby>

Yuan, G., Zhang, X., Tang, W., & Sun, H. (2016). Effect of chitosan coating combined with green tea extract on the melanosis and quality of Pacific white shrimp during storage in ice. *CyTA - Journal of Food*, 14(1), 35–40. <https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1040459>

Yuan, G., Lv, H., Tang, W., Zhang, X., & Sun, H. (2016). Effect of chitosan coating combined with pomegranate peel extract on the quality of Pacific white shrimp during iced storage. *Food control*, 59, 818–823. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.07.011>

Zhang, X., Lan, W., & Xie, J. (2021). Combined citric acid and rosemary extract to maintain the quality of chilled Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) *.Journal.Of.Food.Processing.And.Preservation*, 45(7). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15614>

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Pauta de valoración crítica de los artículos Científicos

BOBENRIETH ASTETE. Revisión de artículos originales

513

#### *Pautas para evaluar el título*

|                                                                                                            | SÍ | DUDOSO | NO |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------|----|
| 1.- Es claramente indicativo del contenido del estudio (problema de investigación y variables principales) |    |        |    |
| 2.- Es claro, fácil de entender                                                                            |    |        |    |
| 3.- Es conciso (15 palabras)                                                                               |    |        |    |
| 4.- Identifica las palabras clave (descriptores) del estudio                                               |    |        |    |
| 5.- Utiliza palabras completas (no utiliza abreviaturas ni siglas)                                         |    |        |    |
| 6.- Usa tono afirmativo                                                                                    |    |        |    |
| 7.- Es gramaticalmente correcto (no es partido)                                                            |    |        |    |
| 8.- Usa lenguaje sencillo (no usa jerga o jerigonza)                                                       |    |        |    |
| 9.- Usa términos claros y directos (no usa términos efectistas)                                            |    |        |    |
| 10.- Usa palabras esenciales (no usa sobreexplicación)                                                     |    |        |    |

#### *Pautas para evaluar el resumen*

|                                                                       | SÍ | DUDOSO | NO |
|-----------------------------------------------------------------------|----|--------|----|
| 1.- Permite identificar el contenido básico de forma rápida y exacta  |    |        |    |
| 2.- Es claro, fácil de entender                                       |    |        |    |
| 3.- Describe claramente el objetivo / hipótesis en el primer párrafo  |    |        |    |
| 4.- Describe claramente el diseño / metodología en el segundo párrafo |    |        |    |

RIPCS/IJCHP, Vol. 2, N° 3

|                                                                                                |  |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|
| 5.- Describe claramente los resultados principales en el tercer párrafo                        |  |  |  |
| 6.- Describe claramente las conclusiones en el cuarto párrafo                                  |  |  |  |
| 7.- Es conciso (250 palabras)                                                                  |  |  |  |
| 8.- Presenta resultados con valores numéricos (número, tasas, porcentajes, proporciones, etc.) |  |  |  |
| 9.- Usa palabras completas (no usa abreviaturas ni siglas)                                     |  |  |  |
| 10.- Usa solamente el texto (no incluye tablas, gráficos ni figuras)                           |  |  |  |
| 11.- El texto no cita referencias bibliográficas                                               |  |  |  |
| 12.- Usa denominaciones genéricas de productos farmacéuticos (no usa marcas registradas)       |  |  |  |
| 13.- Es autosuficiente, autoexplicativo                                                        |  |  |  |

### *Pautas para evaluar la introducción*

#### *General*

|                                                                                                              | SÍ | DUDOSO | NO |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------|----|
| 1.- Presenta claramente el qué y el por qué de la investigación                                              |    |        |    |
| 2.- Capta la atención del lector desde el párrafo introductorio; “invita” al lector a seguir leyendo         |    |        |    |
| 3.- El estilo es directo unívoco                                                                             |    |        |    |
| 4.- El tema general (campo de estudio) se presenta prontamente para pasar luego al problema de investigación |    |        |    |

*Revisión bibliográfica*

|                                                                                                                                                                    | SÍ | DUDOSO | NO |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------|----|
| 10.- La revisión identifica lo que se sabe actualmente –en función de lo publicado- sobre el problema de investigación                                             |    |        |    |
| 11.- La revisión es relevante para el problema del estudio                                                                                                         |    |        |    |
| 12.- La revisión refleja información sobre antecedentes del problema, necesaria para apoyar la justificación del estudio                                           |    |        |    |
| 13.- Las referencias citadas en el texto están bien documentadas y son actuales                                                                                    |    |        |    |
| 14.- La relación del problema de investigación con investigaciones previas es directa y clara                                                                      |    |        |    |
| 15.- La revisión presenta una gama de experiencias, teorías y opiniones con puntos de vista diversos y complementarios sobre el problema                           |    |        |    |
| 16.- La revisión identifica, desde la literatura, importantes vacíos de información sobre el problema                                                              |    |        |    |
| 17.- La organización de la revisión es lógica, según categorías y fecha de publicación                                                                             |    |        |    |
| 18.-La revisión es mucho más que una mera lista ordenada de citas: cada referencia tiene una justificación, su lugar es determinante y -en ningún caso- arbitrario |    |        |    |