



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Aguas de lastre de buques y sus efectos biológicos en la calidad  
del agua de mar: revisión sistemática, 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA AMBIENTAL

**AUTORA:**

Dominguez Ballona, Leticia (ORCID:0000-0001-7634-377X)

**ASESOR:**

Dr. Cabrera Carranza, Carlos Francisco (ORCID: 0000-0002-5821-5886)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Calidad y gestión de los recursos naturales

LIMA - PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

Dedico el presente trabajo de investigación a mis padres: Augusto Dominguez Santamaría y Asunciona Ballona Chozo por siempre estar pendiente de mi desarrollo personal y profesional, por demostrarme su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos. A mis queridos hermanos que son mi ejemplo a seguir y a mis amigos que siempre me dan ánimos de seguir adelante en mi vida profesional.

## **Agradecimientos**

Agradecer primeramente a Dios que me brinda salud para seguir adelante, y a las personas involucradas que tuvieron la paciencia de ser parte de este proceso. A la Universidad Cesar Vallejo por formar parte de mi desarrollo profesional.

A mi asesor el Dr. Carlos Francisco, Cabrera Carranza, por impartir sus enseñanzas en este proceso de investigación.

Al Ing. Alfonso Ramírez Caján por brindarme su conocimiento.

Al Dr. Luis Alberto, Ordóñez Sánchez, por compartir sus enseñanzas.

Al Dr. Miguel Ángel Alburquerque, Dr. Nicanor Shimohira, Dr. Rubén Arteaga por brindarme sus consejos de seguir adelante.

A mi hermano Deciderio Dominguez Ballona por siempre brindarme su apoyo incondicional.

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| I. INTRODUCCIÓN .....                                           | 1  |
| II. MARCO TEÓRICO .....                                         | 4  |
| III. METODOLOGÍA .....                                          | 15 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación .....                       | 15 |
| 3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización ..... | 16 |
| 3.3. Escenario de estudio .....                                 | 16 |
| 3.4. Participantes .....                                        | 16 |
| 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....      | 17 |
| 3.6. Procedimientos .....                                       | 19 |
| 3.7. Rigor científico .....                                     | 22 |
| 3.8. Método de análisis de información.....                     | 22 |
| 3.9. Aspectos éticos.....                                       | 22 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                                | 23 |
| V. CONCLUSIONES .....                                           | 38 |
| VI. RECOMENDACIONES .....                                       | 39 |
| REFERENCIAS.....                                                | 40 |
| ANEXOS .....                                                    | 48 |

## Índice de tablas

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1.Listado de efectos biológicos generados por las aguas de lastre .....     | 9  |
| Tabla 2.Factores de riesgo ambiental y sanitario por las aguas de lastre .....    | 10 |
| Tabla 3.Parámetros microbiológicos establecidos para el agua de lastre .....      | 12 |
| Tabla 4.Parámetros ambientales de la calidad del agua de mar.....                 | 14 |
| Tabla 5.Cantidad de investigaciones.....                                          | 16 |
| Tabla 6.Evaluación de instrumentos de recolección de datos.....                   | 18 |
| Tabla 7.Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática..... | 23 |
| Tabla 8.Especies encontradas en el agua de lastre.....                            | 29 |
| Tabla 9.Parámetros fisicoquímicos de las aguas de lastre .....                    | 31 |
| Tabla 10.Parámetros fisicoquímicos de las aguas de mar .....                      | 32 |

## Índice de gráficos y figuras

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1.Movimiento del tráfico de buques a nivel mundial.....                                                                 | 11 |
| Figure 2.Puertos peruanos con mayor movimiento de aguas de lastre.....                                                         | 11 |
| Gráfico 3.Cantidad de investigaciones. ....                                                                                    | 17 |
| Gráfico 4.Promedio de valoración de instrumentos.....                                                                          | 19 |
| Figura 5.Proceso de obtención de investigaciones incluidas para la revisión<br>sistemática, según la aproximación PRISMA ..... | 21 |
| Gráfico 6.Ámbito geográfico de las investigaciones. ....                                                                       | 28 |
| Gráfico 7.Especies presentes en el agua de lastre. ....                                                                        | 30 |

## Resumen

El transporte marítimo no solo proporciona beneficios económicos y sociales, sino también trae consigo considerables impactos ambientales generados por las aguas de lastre. El objetivo del presente estudio de investigación fue hacer una revisión sistemática de los trabajos de investigación sobre las aguas de lastre de buques y sus efectos biológicos en la calidad del agua de mar. La investigación fue de enfoque cualitativo y de diseño no experimental, se examinó la metodología de diferentes artículos científicos, trabajos de investigación de diseño experimental y no experimental y estudios de bioensayos de las aguas de lastre procedentes de buques y de sus efectos significativos en la calidad ambiental del agua de mar y la biota acuática, inicialmente se preseleccionaron 200 trabajos de los cuales 17 cumplían los parámetros establecidos. Se obtuvo como resultado que 15 investigaciones mencionaron sobre las especies presentes en el agua de lastre de buques. Se llegó a la conclusión de que la introducción de especies a través del agua de lastre, puede representar una seria amenaza para el medio ambiente y la salud humana. Se recomienda, elaborar un listado oficial de las especies exóticas invasoras identificadas, a fin de caracterizarlas y estudiarlas para profundizar los conocimientos sobre sus efectos y riesgos a la salud pública y los componentes del ambiente.

**Palabras claves:** Aguas de lastre, buques, especies, agua de mar, revisión sistemática.

## **Abstract**

Maritime transport not only provides economic and social benefits, but also brings with it considerable environmental impacts generated by ballast waters. The objective of this research study was to make a systematic review of the research work about ship ballast waters and their biological effects on seawater quality. The research was qualitative and non-experimental in design, the methodology of different scientific articles, experimental and non-experimental design research papers was examined and studies of bioassays of ballast waters from ships and their significant effects on the environmental quality of seawater and aquatic biota, initially 200 jobs were preselected, of which 17 met the established parameters. It was obtained as a result that 15 researches mentioned the species present in the ballast water of ship. It was concluded that the introduction of species through ballast water, can pose a serious threat to the environment and human health. It is recommended to draw up an official list of identified invasive alien species, to characterize and study them to deepen knowledge about their effects and risks to public health and the components of the environment .

**Keywords:** Ballast waters, ships, species, seawater, systematic review.



## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la Organización Marítima Internacional reporta que el problema de las especies invasoras en el agua de lastre de los buques se debe en gran medida a la expansión del comercio y el transporte en las últimas décadas y, como sigue aumentando el número de cargas transportadas por mar, es posible que el problema no haya alcanzado su etapa más grave, los datos cuantitativos muestran que el impacto en muchas partes del mundo es catastrófico, con el aumento de nuevas áreas de invasión, el número de invasiones biológicas continúa aumentando de manera alarmante (OMI,2020).

El comercio internacional depende en gran medida del funcionamiento de la flota mercante mundial, sin embargo, el transporte marítimo no solo proporciona considerables beneficios económicos y sociales; fundamentalmente, también trae una serie de efectos secundarios adversos que dañan fundamentalmente el medio marino y deben eliminarse o reducirse al mínimo para garantizar el desarrollo sostenible de las actividades portuarias (Nodarse, 2006, Apín y Torres, 2016). Una de las últimas preocupaciones sobre el posible impacto negativo del transporte marítimo en el medio marino es la transmisión accidental o no intencional de especies invasoras de las naves internacionales, esto se considera una forma de contaminación transfronterizo que puede afectar seriamente la biodiversidad de los ecosistemas costeros y la salud humana (Arias, 2014b, Apín y Torres, 2016).

El agua de lastre en las naves generalmente contiene sedimentos y organismos, pueden transportar de 7,000 a 10,000 especies por día, incluidos virus, bacterias, huevos y larvas, con los años, debido a las actividades humanas, las especies se han trasladado de un lugar a otro, sin embargo, en las últimas décadas, debido a la globalización y los avances de la tecnología del transporte, dicha migración ha aumentado, esta especie movilizada aumenta ciertos riesgos de los ecosistemas naturales porque algunos de ellos son invasivos y tienen las características de efectos catastróficos que afectan a plantas y animales (Ramírez, 2015). Como nos menciona,

Árias (2014), el agua de lastre para el transporte internacional es uno de los primordiales medios de introducción de bacterias, fitoplancton y zooplancton.

El agua de lastre es excesiva en ciertos tipos de barcos, como los buques tanqueros, los transportadores de gas, los graneleros utilizados para el transporte de minerales o granos y los buques de contenedores. por tanto, portan una gran variedad de organismos, a veces diminutos o microscópicos, como tienen información, pueden ser patógenos (Gonzales y Salamanca,2013).

Una revisión sistemática (RS) es una forma de investigación que puede recopilar y proporcionar resúmenes sobre temas específicos (con el fin de responder preguntas de investigación); debe realizarse de acuerdo con un diseño predeterminado (Aguilera,2014).

De acuerdo a la realidad problemática, se planteó como problema **general** ¿Cuáles son los efectos biológicos en las aguas de lastre sobre la calidad del agua de mar, 2020?, teniendo como **problemas específicos** los siguientes: ¿Cuáles son las especies en las aguas de lastre? ¿Qué parámetros fisicoquímicos presentan las aguas de lastre?, ¿De qué manera los buques afectan los parámetros fisicoquímicos de las aguas de mar?

La investigación presentó la siguiente: **Justificación ambiental** la investigación buscará dar conocer el efecto de las aguas de lastre sobre la calidad del agua de mar. **Justificación social** la investigación buscará a través de la revisión sistemática dar a conocer si en el agua de lastre existes especies que puedan alterar la calidad del agua de mar, para evitar cualquier patología a nivel de salud pública. **Justificación teórica** la investigación da a conocer con el objetivo de aportar investigaciones sobre los efectos de las aguas de lastre y de la calidad del agua de mar, cuyos resultados se tomarán en cuenta para las siguientes investigaciones. **Justificación práctica:** la investigación pretende dar a conocer los resultados sobre los efectos de las aguas de lastre de buques, por lo tanto, se quiere dar a conocer la importancia de la calidad de agua de mar para ver que existen organismos que alteran el medio marino.

Respondiendo a las preguntas de investigación se formuló como **objetivo general**: evaluar mediante revisión sistemática el efecto biológico de las aguas de lastre de buques que generan sobre la calidad del agua de mar, **objetivos específicos**: identificar las investigaciones que mencionan sobre las especies presentes en las aguas de lastre, identificar los parámetros fisicoquímicos del agua de lastre de buques a nivel nacional, identificar los parámetros fisicoquímicos del agua de mar a nivel nacional.

En medio de este dilema se planteará la **hipótesis general**: existe efecto biológico de las aguas de lastre sobre la calidad del agua de mar, **hipótesis específicas**: las investigaciones que mencionan sobre las especies en el agua de lastre son, Los parámetros fisicoquímicos del agua de lastre de buques a nivel nacional son, Los parámetros fisicoquímicos del agua de mar a nivel nacional son.

## II. MARCO TEÓRICO

Apín y Torres, (2016), nos dan a comprender la llegada de las especies ocupantes originarias de las aguas de lastre por el arribo náutico, los primordiales impactos asociados al agua de lastre son: daño de la biodiversidad, cambio de la dinámica de los ecosistemas, aminoración de lugares de recreación, deterioro a la salud humana, minoración de las pesquerías, afectando la infraestructura del medio marino. De otro modo, Baro y Stotz, (2018), sugirieron un instrumento basado en la frecuencia y masa del agua de lastre desde su puerto de origen, la semejanza entre el puerto receptor, el de origen y la existencia especies invasoras, desarrollando el cálculo de un coeficiente de riesgo global. Por otro lado, Hess et al., (2019), menciona que ha acelerado el desarrollo de regulaciones y métodos internacionales para el manejo del agua de lastre para limitar la introducción de especies no nativas, en los últimos años, el transporte de agua de lastre y microorganismos ha recibido atención científica, sin embargo, pocos estudios se han centrado en la importancia de los organismos de menos de 10 µm de diámetro, centrándose esta investigación en las bacterias heterotróficas.

Así mismo, Mitchell et al., (2014), analizaron siete tanques de aguas de lastre y obtuvieron como resultado especies identificadas del puerto más cercano y el resto presentes en toda la bahía, siendo los tres grupos de adultos más ricos en especies fue *Copepoda*. Asimismo, Hernández et al., (2018), en su investigación identificó las especies zooplanctónicas potencialmente invasoras en el puerto de Maracaibo a través de las aguas de lastre, reconociendo 72 taxones, siendo el más característico del zooplancton *Acartia tonsa*.

Parada et al., (2014), determinó algunos indicadores de coliformes totales, coliformes fecales (*E. coli*), enterococos y *Vibrio spp* patógeno, del mismo modo, para ciertos parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura, conductividad, salinidad, nutrientes y oxígeno disuelto), basadas en el monitoreo del agua transportada en los tanques de lastre de once (11) barcos transportados internacionalmente, registrando

la presencia de *Vibrio spp* en los tanques muestreados. Así mismo, Villacres y Villamar, (2017), realizó un análisis para determinar la calidad del agua de mar se determinó conductividad, coliformes totales, no está dentro del rango permitido de ejecución efectiva en el punto de muestreo establecido en los estándares ambientales.

Del mismo modo, Ahmad, (2019), la descarga de agua de lastre de los buques tendrá un impacto negativo en el medio marino, al cargar agua de lastre, muchos organismos microscópicos y sedimentos ingresan a los tanques de lastre del barco, el impacto del agua de lastre no solo es obvio en términos de medio ambiente y economía, sino que la propagación de ciertas especies exóticas puede en algunos casos tener un impacto negativo en la salud pública, la gestión del agua de lastre es esencial para garantizar un entorno marino seguro y limpio.

Gerhard y Gunsch, (2019), aunque el agua de lastre se ha asociado durante mucho tiempo con el transporte mundial de especies invasoras, realizaron un análisis de caracterización de 41 muestras de agua de lastres, 20 puertos y 6 muestras de agua de mar abiertas de cuatro puertos mundiales para evaluar su cumplimiento de estándares organizacionales, los taxones bacterianos dominantes del agua de lastre a nivel de clase fueron *Alphaproteobacteria*.

Casas et al., (2018), su propósito de este estudio fue examinar la efectividad de la filtración a presión a baja temperatura y el tratamiento con radiación UV-C para eliminar o inactivar las poblaciones de fitoplancton y zooplancton durante el tratamiento simulado con agua de lastre, siendo *Rotifera* el taxón de zooplancton más dominante. Asimismo, Wu et al., (2017), nos menciona que China es una de las principales naciones comerciales, pero se sabe poco sobre las especies exóticas en el agua de lastre de los barcos que llegan a sus puertos, reviso los estudios biológicos del agua de lastre de los principales puertos de China, indicando que se han observado 40 especies de fitoplancton no nativas en el agua de lastre, que pertenecen a 25 géneros y 5 especies, siendo la *Bacillariophyta* la de mayor presencia en las aguas de lastre.

Gonzales y Salamanca, (2013), mencionan que existe un grave problema de contaminación marina, este es uno de los problemas más graves, tal vez el impacto

de mayor alcance es la contaminación biológica, que es causada por el transporte de materia orgánica de un lugar a otro, en muchos casos causada por la separación del agua de lastre del barco, estudios en varios países han demostrado que incluso después de meses de viaje, muchos tipos de bacterias, plantas y animales aún pueden sobrevivir en el agua de lastre y los sedimentos.

Gollasch, Minchin y David, (2015), menciona que en las agua de lastre de los buques se ha introducido especies exóticas durante más de 100 años, pero no fue hasta la década de 1970 que se recolectaron las primeras muestras biológicas de agua de lastre, desde entonces, se han identificado más de 1.000 especies de los tanques de lastre, incluidos patógenos humanos, se estima que entre 3.000 y 7.000 especies diferentes se mueven por el mundo en barcos todos los días, y la conclusión es que el transporte es la principal forma de introducir especies, y cada barco puede introducir una especie, sin embargo, no todas las especies encuentran condiciones adecuadas en el nuevo entorno, algunos investigadores mencionan que se han introducido más de 2.000 especies acuáticas no autóctonas en todo el mundo, de las cuales al menos 850 pueden haber sido introducidas a través de barcos.

Brinkmeyer, (2016), menciona la diversidad bacteriana en el agua de lastre de cinco buques de carga general que llegaban al Puerto de Houston, el análisis filogenético reveló que la composición de bacterias en el agua de lastre no se asemejaba a la de los hábitats marinos típicos, el grupo predominante de bacterias en los buques que llevan a cabo en las aguas de lastre fue el *Clado roseobacter* dentro de las Alfabroteobacterias.

Así mismo, Zapata, (2020), realizó el análisis del agua de lastre de los barcos que arriban a la bahía de Urabá y se determinó la existencia de plancton en ella y la factibilidad de adaptarse a este medio, utilizando redes de plancton (mallas de 25 y 40  $\mu\text{m}$ ), tomaron muestras de un total de 13 barcos que arribaron a la bahía entre noviembre de 2018 y mayo de 2019, en el muestreo se identificaron 53 especies de plancton, de las cuales se identificaron 17 especies de las dos muestras de agua obtenidas de la zona a donde arribó el barco, siendo especies como *Chaetoceros* sp.,

*Oscillatoria* sp. y *Coscinodiscus* sp., presentaron un número de individuos relativamente alto. De igual modo, Buitrago, (2019), recolectó más de 700 muestras en 18 lugares a lo largo de la costa del Pacífico, identificando más de 100 especies sin registros en esta zona, los investigadores incluso descubrieron una nueva especie: *Bastiolina sarae*.

García et al., (2016), realizaron un informe sobre la calidad ambiental de las aguas del puerto del Callao donde analizaron diversos parámetros ambientales, oxígeno disuelto, pH, temperatura, salinidad, coliformes totales, coliformes termotolerantes, etc., las condiciones ambientales de la calidad del agua de la bahía del Callao, muestran la existencia de parámetros que exceden los ECA para agua.

García et al., (2017), realizaron un trabajo con el objetivo de determinar el impacto de la contaminación en diferentes bahías en los años 2013 a 2017, determinaron parámetros físicos, químicos, biológicos y microbiológicos utilizando normas y métodos nacionales e internacionales, los resultados mostraron que, según el Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Agua (ECA), el valor durante el período de estudio es menor que el valor mínimo.

Darling y Frederick, (2017), menciona que el monitoreo del agua de lastre incluye una serie de tareas relacionadas, incluida la evaluación directa del cumplimiento de las regulaciones y estándares, el monitoreo de la invasión de especies invasoras conocidas de alto perfil e investigación de rutina destinada a comprender el riesgo de invasión por organismos en agua de lastre. Así mismo, Petri et al., (2019), hace referencia a la enumeración de organismos viables siendo necesarios para estudios sobre la protección de ecosistemas acuáticos y salud pública, desinfección de aguas y aguas residuales, evaluación de riesgos microbiológicos y control de especies invasoras a través del agua de lastre de buques, para su respectiva gestión.

Darling et al., (2020), menciona que la caracterización de la diversidad biológica propagada en el agua de lastre es la fuerza impulsora de la invasión biológica global, y es esencial comprender los riesgos que plantea este portador clave y establecer una línea de base para evaluar los cambios relacionados con la gestión. Por otro lado,

Goldsmith et al., (2019), se sabe poco sobre las especies y tipos de especies presentes en las aguas de lastre de los barcos que se dirigen al Ártico de Canadá, sus interacciones con los animales nativos, su capacidad para asentarse en el Ártico y su impacto potencial, se necesita investigación para llenar estas lagunas de conocimiento y mejorar la comprensión de la introducción de especies en las aguas de lastre. Rajakaruna et al., (2017), por lo tanto, se recomienda utilizar un modelo jerárquico para incorporar información sobre la distribución de los conteos de colonias en las pruebas de cumplimiento cuando hay colonias en el agua de lastre. De igual manera, Rosenhaim et al., (2019), la reciente reducción del hielo marino del Ártico ha provocado un aumento del número de barcos que navegan por las rutas marítimas, sin embargo, el agua de lastre es esencial para la seguridad de los buques durante la navegación y la transferencia de carga, y también se considera uno de los principales medios de transporte e introducción de especies no autóctonas.

Ramírez, (2020), mediante un ensayo cuantitativo de fitoplancton marino obtenido del análisis de las aguas de lastre muestreado de cuatro naves pesqueras de bandera China que llegaron al puerto del Callao, se registró la presencia de 13 especies del reino Plantae, de las cuales 9 pertenecieron al grupo de las Diatomeas, 1 a los Silicoflagelados y 3 a los Dinoflagelados. Asimismo, a nivel fisicoquímico dichas aguas mostraron, en la comparación con el agua de mar en el Puerto de Callao, su calidad ambiental es significativamente diferente debido a que su valor de pH es muy alto, 10.48, mientras que el rango establecido de Categoría 4 de la Norma de Calidad Ambiental es de 6.8 a 8.5. No se detectó la presencia de *Escherichia coli* en las muestras microbiológicas ni *Enterococos intestinales*; sin embargo, en el agua de mar del exterior de los buques se detectó la presencia de *E. coli* en elevada concentración de 100 UFC/100 ml; así como presencia de *Enterococos* en 100 ml de muestra, lo cual evidencia que existe una contaminación de origen fecal externa. La medición más alta del parámetro de *Bacterias heterótrofas* presentó un recuento insignificante respecto a la del agua de mar en razón de 223 a 9,600 UFC/100 ml, esto debido a las diversas condiciones ambientales bióticas y abióticas que presentan las aguas de la bahía del puerto del Callao, que permite su crecimiento y desarrollo.



Orozco, et al (2020), realizaron evaluaciones de las aguas de lastre de los buques que llegan al puerto del Callao entre los años 2010-2012, registrando especies de fitoplancton en el agua de lastre del Puerto del Callao, *Heterosigma akashivo* y, *Skeletonema costatum* sp fueron las más representativas. Debido a que producen toxinas y pueden afectar la salud humana, presentar riesgos para el desarrollo, la maricultura y la recreación.

### **Identificación de especies presentes en las aguas de lastre**

El agua de lastre siendo el agua de mar que se toma a bordo del buque para compensar su peso, estabilidad y escora, a su vez es uno de los muchos problemas que enfrentan los países marítimos en desarrollo para mantener su ecología marina, por lo cual la gestión eficaz del agua de lastre es muy importante para mantener la biodiversidad y la economía marina (Lakshmi, Priya y Achari, 2020).

**Tabla 1. Listado de efectos biológicos generados por las aguas de lastre**

| <b>N°</b> | <b>Impacto ambiental</b>                                                                                 |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | Exterminio de especies autóctonas que no presentan sistemas de defensa ante tales depredadores.          |
| 2         | Competencia con otras especies que ocupan el mismo nicho ecológico y que tienden a ser desplazadas.      |
| 3         | Alteración del hábitat y consecuente modificación de la estructura de las comunidades donde se asientan. |
| 4         | Contaminación genética y disminución de la diversidad biológica marina.                                  |
| 5         | Alteración en las actividades de acuicultura y criadero de especies hidrobiológicas.                     |
| 6         | Transmisión de enfermedades por consumo de especies acuáticas contaminadas.                              |
| 7         | Presencia de mareas rojas                                                                                |

**Fuente:** Ramírez, 2020.

**Tabla 2. Factores de riesgo ambiental y sanitario por las aguas de lastre**

| <b>N°</b> | <b>RIESGO AMBIENTAL</b>                                                                                                       | <b>RIESGO SANITARIO</b>                                                                               |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | Alteración del equilibrio del ecosistema acuático y su nicho Ecológico                                                        | Alteración de la cadena trófica (biomagnificación)                                                    |
| 2         | Contaminación genética y coextinción de especies endémicas                                                                    | Envenenamiento e intoxicación por ingesta de productos hidrobiológicos afectados (biotoxinas)         |
| 3         | Destrucción de hábitats endémicos (bentos)                                                                                    | Alteración biológica, química y física de las especies acuáticas (tasa de crecimiento y reproducción) |
| 4         | Migración y desplazamiento de especies acuáticas endémicas                                                                    | Deterioro y cambios de la calidad ambiental del agua (condiciones organolépticas)                     |
| 5         | Disminución de la población de especies acuáticas nativas (depredación)                                                       | Hibridación de especies acuáticas (formación de colonias)                                             |
| 6         | Cambio en los ciclos de nutrientes de las especies acuáticas                                                                  | Daño a la salud pública por transferencia de agentes patógenos                                        |
| 7         | Distribución biogeográfica de especies no autóctonas y establecimiento de poblaciones autosuficientes en puertos de recepción | Brotes de enfermedades epidémicas (toxinas amnésicas, gástricas y paralizantes)                       |
| 8         | Mayor presencia de mareas rojas                                                                                               | Proliferación de algas acuáticas perjudiciales                                                        |

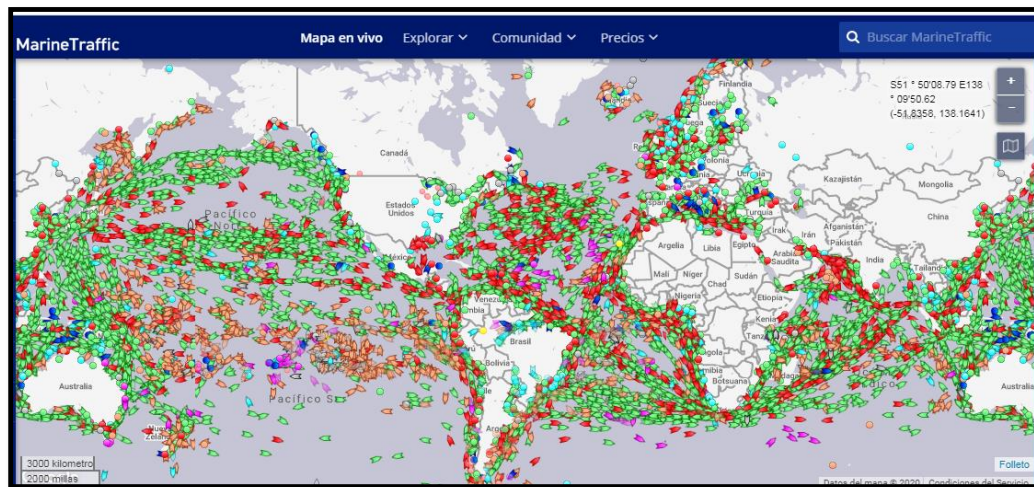
**Fuente:** Ramírez,2020.

### **Identificación de los parámetros fisicoquímicos del agua de lastre**

De acuerdo a un trabajo de monitoreo realizado el año 2015 entre el Instituto del Mar del Perú y la Dirección General de Capitanías y Guardacostas sobre terminales portuarios de riesgo de introducción de especies exóticas invasoras en sus áreas de influencia, se tiene que el puerto de Pisco registró el movimiento de 14,150.24 m<sup>3</sup> de agua de lastre, seguido del puerto de Paita con 375,096.16 m<sup>3</sup>, puerto de Mollendo

con 46,744.63 m<sup>3</sup>, puerto de Supe con 333,857.15 m<sup>3</sup>, puerto del Callao con 211,045.35 m<sup>3</sup>, puerto de Ilo con 314,588.43 m<sup>3</sup>, puerto de Salaverry con 38,776.06 m<sup>3</sup>, puerto de Talara con 222,496.09 m<sup>3</sup> y puerto de San Juan de Marcona con 4'589,065.46 m<sup>3</sup>, siendo este último el de mayor significancia debido a que este puerto recepciona permanentemente buques de bandera extranjera para embarque de hierro. (Ramírez Caján, A., 2015)

**Figure 1. Movimiento del tráfico de buques a nivel mundial**



**Fuente:** Marine Traffic, 2020.

**Figure 2. Puertos peruanos con mayor movimiento de aguas de lastre**



**Fuente:** Dirección General de Capitanías y Guardacostas, 2015.

De acuerdo a lo parámetros ambientales establecidos para el agua de lastre mediante el Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques, 2004; se han considerado los siguientes a fin de efectuar un análisis adecuado en el monitoreo de estas aguas:

**Tabla 3. Parámetros microbiológicos establecidos para el agua de lastre**

| Parámetros                      | Valor (UFC/100ml) | Parámetros                  | Valor (µm/M3) |
|---------------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------|
| <i>Escherichia Coli</i>         | < 250             | Organismos viables ≥50      | < 10          |
| <i>Enterococos Intestinales</i> | < 100             | Organismos viables ≤10 < 50 | < 10          |
| <i>Vibrio cholerae</i>          | < 1               |                             |               |
| Organismos viables              | < 10              |                             |               |

**Fuente:** Convenio BWM, 2004.

**Buque:** “es toda nave, del tipo que sea, que opere en el medio acuático, incluidos los sumergibles, los artefactos flotantes, las plataformas flotantes, las UFA y las unidades FPAD” (Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques, 2004).

**MarineTraffic:** es una aplicación donde podemos encontrar información en tiempo real sobre los movimientos y ubicación de los barcos.

**Aguas de lastre:** Rázuri, (2018), el agua es importante para la estabilidad de los buques, pero también perjudicial para la calidad del agua ya que trae consigo especies invasoras. Así mismo, Baro y Stotz, (2018), define al agua de lastre “como el agua, con las materias en suspensión que contenga, cargada a bordo de un buque para

controlar el asiento, la escora, el calado, la estabilidad y los esfuerzos de este”. Igualmente, Gonzales y Salamanca, (2013), dice que el “agua de lastre es, agua con las materias en suspensión que contenga, cargada abordo de un buque para controlar el asiento, la escora, el calado, la estabilidad y los esfuerzos del buque”. Así mismo, Stuer et al., (2018), casi todos los barcos, incluidos los graneleros, petroleros, portacontenedores y cruceros, utilizan agua de lastre como medida de seguridad para garantizar la integridad estructural y la estabilidad del barco en función del peso de la carga.

**Microorganismos invasores:** Ramírez (2015), “se refiere a la introducción de un organismo exógeno en un ecosistema”. De igual modo, Józwiak y Barańska, (2014), mencionan que cuando se enfrentan a condiciones ambientales similares, la especie se convertirá en un riesgo para las especies locales, ya que los competidores de alimentos tratan a las especies locales como alimentos y experimentan una expansión invasiva, propagando enfermedades previamente desconocidas al medio ambiente local. Así mismo, Apín y Torres, (2016), dice que la introducción de especies invasoras provocada por la transferencia de agua de lastre relacionada con el transporte marítimo comercial tiene un impacto negativo en los cambios dinámicos de las poblaciones de vida marina local y la vida marina en la estructura de las comunidades en las que se implantan y el impacto en el orden social y económico. Además, Moreno, (2015), menciona que los organismos transportados en el agua de lastre pueden encontrar una forma de extenderse a nuevos hábitats y convertirse en especies invasoras.

Verna y Harris, (2016), el transporte de especies invasoras en el agua de lastre de los barcos amenaza el ecosistema marino mundial. Además, Pecarevic et al., (2018), las comunidades de plancton en el agua de lastre pueden sobrevivir, por lo que se pueden introducir en nuevos entornos.

**Calidad del agua:** El concepto de calidad en función del agua, “hace referencia a las características que presenta la masa de agua, que han de ser descritas de forma objetiva por medio de parámetros cuantitativos o cualitativos” (Monsalve,2018).

### Identificación de los parámetros ambientales del agua de mar

Según la categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en agua marino costeras establecidas mediante el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, se han considerado los siguientes parámetros ambientales para efectos de monitoreo de la calidad del agua de mar:

**Tabla 4. Parámetros ambientales de la calidad del agua de mar**

| PARÁMETROS AMBIENTALES            | UNIDAD DE MEDIDA | VALOR     |
|-----------------------------------|------------------|-----------|
| <b>Parámetros fisicoquímicos</b>  |                  |           |
| Oxígeno disuelto                  | mg/l             | ≥ 2,5     |
| Potencial de hidrógeno            | Unidad del pH    | 6.8 – 8.5 |
| Temperatura                       | °C               | Δ 3       |
| Conductividad Eléctrica           | μS/cm            | ---       |
| Salinidad                         | UPS              | ---       |
| <b>Parámetros microbiológicos</b> |                  |           |
| Coliformes termotolerantes        | NMP/100 ml       | 1 000     |

**Fuente.** Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

La investigación es de enfoque cualitativo porque se delimita una idea que se acota, para elaborar los objetivos y las preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una vertiente teórica, de las preguntas se establecen hipótesis y se determinan variables; se tiene un plan para probarlas (diseño). Según Hernández, Fernández y Baptista, (2014), es la recopilación de datos sin medición numérica, descubrir o perfeccionar problemas de investigación en el proceso de interpretación, ya que se basa en una perspectiva explicativa que se enfoca en comprender el significado del comportamiento de los organismos, especialmente los humanos y sus instituciones (trata de explicar lo que están capturando activamente).

La investigación es de tipo aplicada, porque a través de investigaciones científicas o trabajos previos de diversos autores, se buscarán respuestas a preguntas comunes, pero con diferentes métodos, realidades o escalas, intentamos expresar e interpretar los resultados para proponer e implementar soluciones.

El diseño de la investigación es no experimental, sobre revisión sistemática de aguas de lastre y los efectos biológicos de la calidad de agua de mar. Según Hernández, Fernández y Baptista, (2014), es una investigación realizada sin manipulación deliberada de variables, en la que los fenómenos solo pueden analizarse.

El nivel de la investigación es descriptivo, la investigación descriptiva intenta determinar de las personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno a analizar, es decir, solo pretenden medir o recopilar información de forma independiente o colectiva sobre los conceptos o variables a los que se refieren, es decir el punto no es explicar la relación entre ellos, según Hernández, Fernández y Baptista (2014). La investigación pretende proveer información en conjunto de los trabajos que se revisaran.

### 3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización

La palabra categoría según Hernández, Fernández y Baptista (2014), es la conceptualización analítica por parte de investigadores para organizar resultados o descubrimientos relacionados con fenómenos o experiencias, la presente en la investigación está en el anexo N° 2, sobre las categorías y subcategorías, teniendo como variable independiente: agua de lastre de buques que y la variable dependiente: calidad del agua de mar.

### 3.3. Escenario de estudio

Se examinó la metodología de diferentes artículos científicos, trabajos de investigación de diseño experimental y no experimental y estudios de bioensayos de las aguas de lastre procedentes de buques y de sus efectos significativos en la calidad ambiental del agua de mar y la biota acuática.

### 3.4. Participantes

En el proceso de desarrollo de la búsqueda de información de la investigación, se han obtenido diversos artículos científicos, siendo las siguientes búsquedas de datos: ScienceDirect, Scielo, Dialnet, Redalyc, Dspace, Scopus, etc, obteniendo como resultado:

**Tabla 5.Cantidad de investigaciones.**

| <b>Búsqueda de datos</b>                            | <b>Cantidad de investigaciones</b> | <b>Porcentaje</b> |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------|
| Revista de investigación UNMSM                      | 2                                  | 11.8%             |
| ScienceDirect                                       | 8                                  | 47.1%             |
| IMARPE                                              | 1                                  | 5.9%              |
| OEFA                                                | 1                                  | 5.9%              |
| Centro de investigaciones oceanográficas del Caribe | 1                                  | 5.9%              |
| Utadeo                                              | 1                                  | 5.9%              |
| Revista de investigación de Antioquia               | 1                                  | 5.9%              |



|              |           |             |
|--------------|-----------|-------------|
| Researchgate | 1         | 5.9%        |
| Scielo       | 1         | 5.9%        |
| <b>TOTAL</b> | <b>17</b> | <b>100%</b> |

Fuente: Propia

**Gráfico 3. Cantidad de investigaciones.**



Fuente: Propia

### 3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En el presente trabajo de investigación se empleó la técnica de revisión documental, la cual se utilizó para revisar documentos, estudios e investigaciones acerca de las aguas de lastre de buques y sus efectos biológicos en la calidad del agua de mar permitiendo una mejor formulación del problema y recojo de datos.

Con el fin de procesar adecuada y correctamente la información de los trabajos de investigación y artículos científicos previamente seleccionados, se ha elaborado instrumentos de recolección de datos. El formulario de recolección de datos se detalla en el Anexo N°3 siendo 4 fichas de recojo de datos:

- ✓ Ficha 1: Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática

- ✓ Ficha 2: Especies encontradas en el agua de lastre
- ✓ Ficha 3: Parámetros fisicoquímicos de las aguas de lastre
- ✓ Ficha 4: Parámetros fisicoquímicos de las aguas de mar

Las que se codificaran para resumir o resaltar lo más importantes para el desarrollo del trabajo de investigación, siendo de interés de cada artículo en el desarrollo del trabajo de investigación.

### **Validez y confiabilidad del instrumento**

En la siguiente tabla se puede observar que los instrumentos son validados por tres profesionales que tienen referencia al tema de investigación para su respectiva evaluación, en el anexo N° 3 se puede observar los instrumentos validados por los expertos dentro del trabajo de investigación.

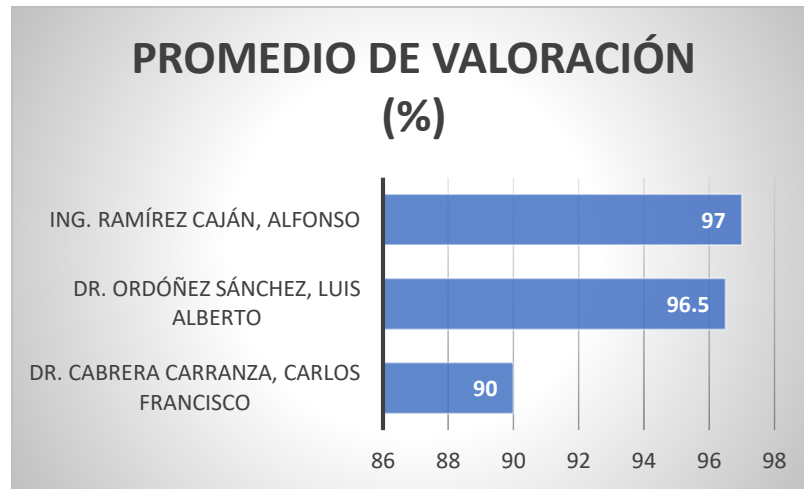
Asimismo, con la finalidad de garantizar la validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos, a través de entrevistas se ha podido contar con las experiencias y conocimientos de tres profesionales dedicados a la investigación del agua de lastre en el Perú, tal como se detalla a continuación:

**Tabla 6. Evaluación de instrumentos de recolección de datos**

| <b>EXPERTO</b>                         | <b>INSTITUCIÓN</b>                                                         | <b>PROMEDIO DE VALORACIÓN (%)</b> |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Dr. Cabrera Carranza, Carlos Francisco | Universidad Nacional Mayor de San Marcos                                   | 90.0                              |
| Dr. Ordóñez Sánchez, Luis Alberto      | Universidad César Vallejo                                                  | 96.5                              |
| Ing. Ramírez Caján, Alfonso            | Dirección General de Capitanías y Guardacostas - Marina de Guerra del Perú | 97.0                              |
| <b>PROMEDIO</b>                        |                                                                            | <b>94.5</b>                       |

**Fuente:** Propia.

**Gráfico 4. Promedio de valoración de instrumentos.**



**Fuente:** Propia.

### **3.6. Procedimientos**

Para la obtención de artículos científicos se utilizaron palabras claves (inglés y español) la búsqueda de información para publicaciones no mayores de 7 años, cuyo contenido está relacionado con el tema de investigación.

Se realizó el procedimiento teniendo en cuenta los siguientes criterios:

#### **Criterios de inclusión y exclusión:**

En esta etapa se tuvo en cuenta estudios con información de aguas de lastre de buques y sus efectos biológicos en la calidad del agua de mar, también se incluyó artículos y revisiones de distintos países y en varios idiomas, con respecto a la fecha de publicación, se realizó la búsqueda de los últimos 7 años (2013-2020).

Con respecto a los criterios de exclusión no se tomaron las de años menores al 2013, tampoco los que solo mencionan el resumen sobre las investigaciones y no el artículo completo, las que no responden a la pregunta del problema general.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo sobre el procedimiento para lo obtención de los resultados sobre aguas de lastre y sus efectos biológicos en la calidad del agua de mar, desde el año 2013 hasta el 2020.

Se utilizó la metodología PRISMA, para el proceso de obtención de las investigaciones incluidas en la siguiente revisión sistemática de las aguas de lastre de buques y sus efectos biológicos en la calidad de agua de mar, los cuales se realizó en 5 pasos:

En el primer paso, se formularon los objetivos deseados para el desarrollo de la investigación, teniendo en cuenta el tema, el problema a resolver, luego se realizó la búsqueda de información detallada y objetiva de todos los estudios posibles acerca de las aguas de lastre de buques y sus efectos biológicos en la calidad de agua de mar, utilizando palabras claves provenientes de las variables de la investigación en las diferentes bases de datos.

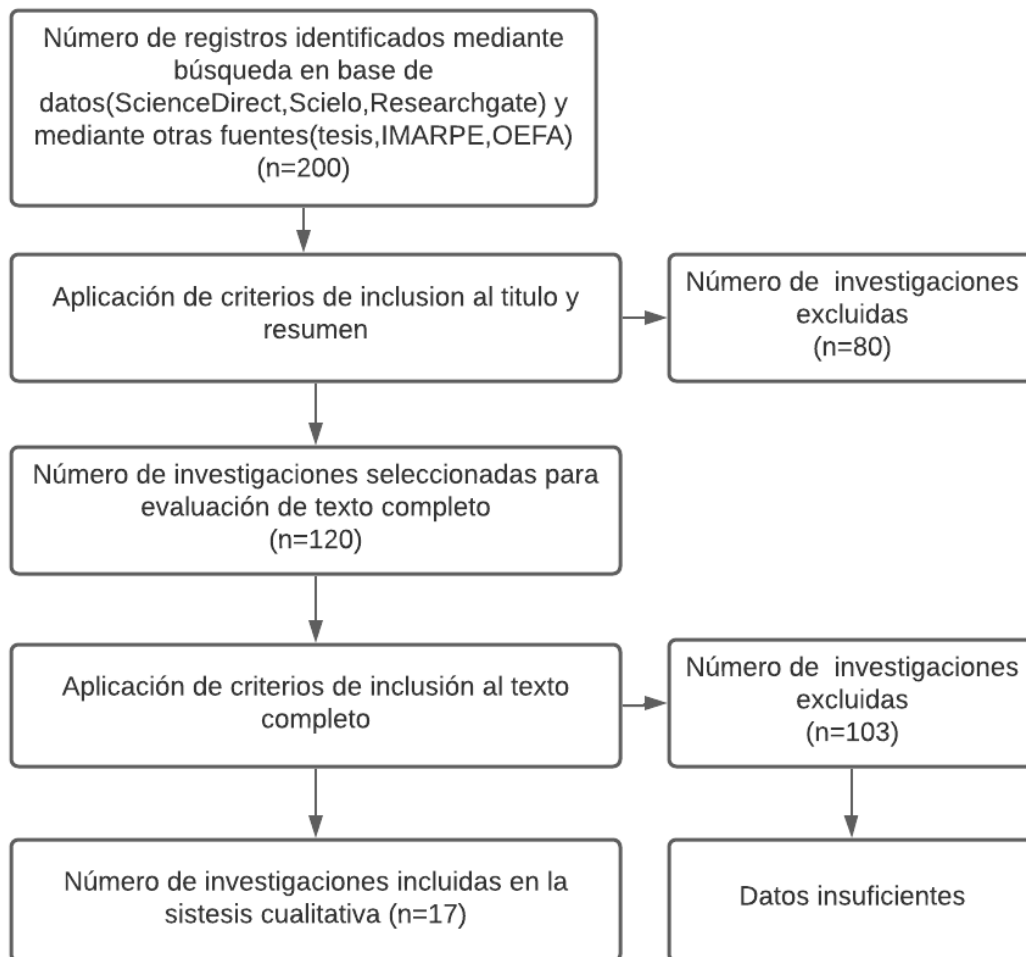
Como segundo paso, se determinó de manera objetiva los criterios de inclusión y exclusión que ayudaran a determinar que estudios se analizaran.

Como tercer paso, se realizó la selección de investigaciones, de los cuales 17 cumplen con los criterios de inclusión y exclusión. Tomando las investigaciones seleccionadas, se realizó la extracción de datos de forma estandarizada, buscando los resultados de los objetivos planteados, recogiendo las siguientes características de los instrumentos presentes en dicha investigación.

Como cuarto paso, se realizó la extracción de datos en los instrumentos que fueron validados por los investigadores.

Como quinto paso, se realizó la discusión de los resultados, se dieron las conclusiones y las recomendaciones para futuros estudios.

**Figura 5. Proceso de obtención de investigaciones incluidas para la revisión sistemática, según la aproximación PRISMA**



Fuente: Propia

Primeramente, se identificarán registros mediante la búsqueda de datos y otras fuentes, se eliminaron los duplicados, los de texto incompleto, se seleccionaron los de texto completo para evaluar los criterios de inclusión, quedándonos con 17 investigaciones incluidas para la respectiva revisión.

### **3.7. Rigor científico**

Hernández, Fernández y Baptista, (2014), mencionan que, a lo largo de la investigación cualitativa, se pretende realizar un trabajo de calidad que cumpla con los estrictos requisitos del método de investigación.

**Dependencia:** Para Hernández, Sampieri y Mendoza (2008), significa que los datos deben ser revisados por diferentes investigadores y se debe alcanzar una interpretación consistente (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

### **3.8. Método de análisis de información**

El método de análisis de información se realizó en base a los artículos científicos. Como cualquier tipo de análisis, el análisis cualitativo está altamente correlacionado, no es progresivamente paso a paso, pero incluye estudiar cada dato en sí y su relación con otros datos (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

### **3.9. Aspectos éticos**

La investigación es verdadera y confiable porque fue revisada por docentes de investigación, quienes supervisarán y serán responsables del monitoreo, la aplicación de los métodos apropiados se desarrollarán de acuerdo con la guía de productos de investigación 2020 redactadas por la Oficina de Investigación del Vicerrectorado. Del mismo modo, la investigación será verificada por el software Turnitin para verificar su originalidad, y el contenido fue citado adecuadamente de acuerdo con el estándar ISO-690, esta investigación se realizó conforme a la RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 0220-2020/UCV.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la siguiente tabla se presentan las características de los estudios incluidos en la revisión sistemática sobre las aguas de lastre y los efectos biológicos en la calidad del agua de mar, entre los años 2013- 2017 de ámbito nacional e internacional.

**Tabla 7. Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática**

| Referencia                         | Ámbito geográfico | Título                                                                                                                                                            | Diseño de investigación | Resultado                                                                                                                                                                                                                                                          | Conclusión                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| García et al., 2020                | Perú              | Calidad ambiental de las bahías de Coishco y Casma, región Áncash, Perú. 2013 - 2017                                                                              | Experimental            | Los resultados mostraron que, de acuerdo con el Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Agua (ECA), el valor durante el período de estudio es menor que el valor mínimo.                                                                                        | El ecosistema marino costero de la bahía de Coishco muestra signos de contaminación pesquera.                                                                                                                                     |
| Khandepar ker, Kuchi y Desai, 2020 | India             | Cambios en la comunidad bacteriana del tanque de agua de lastre durante un viaje Trans-Mar: Elucidación a través de la secuenciación de ADN de próxima generación | Experimental            | Según el estudio las aguas de lastre presentan especies patógenas, <i>P. ruthenica</i> y <i>Tenacibaculum sp.</i> fueron más altos durante el período de mitad del viaje que en el final del viaje, sugiriendo la duración del viaje para influir en su comunidad. | El cambio en la comunidad bacteriana se rige por la capacidad de las bacterias para hacer frente al estrés a través de mecanismos que podría ayudarles a sobrevivir y permitirles competir con los demás miembros del microbioma. |
| Orozco et al., 2020                | Perú              | Efectos del agua de lastre sobre la calidad acuática de las zonas Portuarias                                                                                      | Experimental            | Registraron especies de fitoplancton en el agua de lastre del puerto del Callao, <i>Heterosigma akashivo</i> y,                                                                                                                                                    | El agua de lastre transporta especies exóticas invasoras que pueden causar graves efectos en el ecosistema marino, la salud                                                                                                       |

|                  |                |                                                                                                                                                                         |              |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  |                | de Callao, Pisco, Paita y Salaverry, Perú                                                                                                                               |              | <i>Skeletonema costatum</i> sp fueron las más representativas.                                                                                                             | humana y la economía por lo que debe fortalecerse el monitoreo de puertos de mayor tráfico marítimo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Ramírez, 2020    | Perú           | Efectos ecotoxicológicos de las aguas de lastre de buques sobre <i>Odontesthes regia regia</i> (pejerrey) y la calidad de las aguas del puerto del Callao – Perú        | Experimental | Los parámetros fisicoquímicos de la calidad de agua de mar fueron los siguientes: temperatura (19.8 °C), pH (8.34), oxígeno disuelto (6.01 mg/l) y salinidad (34.8 UPS)    | Comparado con el agua de mar en la Bahía Callao, el agua de lastre muestra una diferencia significativa en la calidad ambiental, debido a que el valor de pH es muy alto en 10.48 en comparación con el rango establecido de 6,8 a 8,5.                                                                                                                                                                                    |
| Zapata, 2020     | Colombia       | Organismos planctónicos transportados en el agua de lastre de buques que arriban al golfo de Urabá, y su posible adaptación a las condiciones físico-químicas del golfo | Experimental | De las especies que solo se encontraron en aguas de lastre, 24 pertenecen al grupo de las diatomeas, 5 hacen parte de los dinoflagelados y 6 hacen parte de los protozoos. | Los ciliados pueden adaptarse a las condiciones locales porque son organismos que se adaptan con facilidad siempre y cuando tengan las condiciones de abundante agua y alimento, sin embargo, son importantes productores primarios y ayudan a la recirculación de nutrientes; además no ponen en peligro la biodiversidad local. Por lo cual, en caso de ser introducidos al Golfo, no generan peligro para la comunidad. |
| Brinkmeyer, 2016 | Estados Unidos | Diversidad de bacterias en los barcos de agua de lastre como se revela en la secuenciación de                                                                           | Experimental | El grupo predominante de bacterias en los buques fue el <i>Clado roseobacter</i> dentro de las Alfaroproteobacterias                                                       | Todos los barcos contenían patógenos humanos, pesqueros y vegetales terrestres, así como bacterias indicativas de contaminación por lodos fecales o activados. La mayoría de los 60                                                                                                                                                                                                                                        |



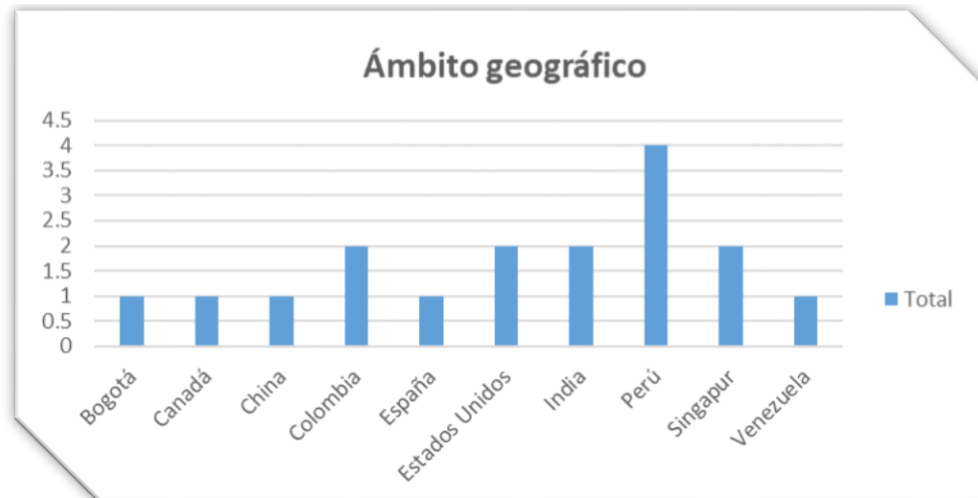
|                        |                |                                                                                                                           |                 |                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        |                | ADN de próxima generación                                                                                                 |                 |                                                                                                                                                                             | patógenos no se habían detectado previamente en agua de lastre.                                                                                                                                                                                                          |
| Gerhard y Gunsch, 2019 | Estados Unidos | Metabarcoding y análisis de aprendizaje automático del ADN ambiental en agua de lastre que llega a los puertos del centro | Experimental    | La abundancia relativa de Proteobacterias en el agua de lastre fue significativamente mayor que en otros tipos de muestras                                                  | El agua de lastre tenía abundancias relativas significativamente diferentes de algunos taxones bacterianos en comparación con el agua del puerto y del océano.                                                                                                           |
| Buitrago, 2019         | Bogotá         | Polizones de las aguas                                                                                                    | Experimental    | Fueron más de 700 muestras recogidas, en 18 puntos a lo largo de la costa Pacífica, que dieron lugar a la identificación de más de 100 especies sin registros en esta zona. | Los investigadores descubrieron una nueva especie para la ciencia: <i>Bastiolina sarae</i> .                                                                                                                                                                             |
| Casas et al., 2018     | Canadá         | Evaluación de eficacia de filtración + radiación UV-C para el tratamiento del agua de lastre a diferentes temperaturas    | Experimental    | Durante el tratamiento simulado con agua de lastre, siendo <i>Rotifera</i> el taxón de zooplancton más dominante.                                                           | Registraron que <i>Rotifera</i> que era el taxón más dominante.                                                                                                                                                                                                          |
| Hees et al., 2018      | España         | Microorganismos en agua de lastre: Desinfección, dinámica comunitaria e implicaciones para la gestión                     | No experimental | La alta salinidad puede afectar la supervivencia de las bacterias indicadoras establecidas en la gestión del agua de lastre.                                                | La información que recopilaron y analizaron en esta revisión demuestra la necesidad de seguir investigando sobre el tratamiento del agua de lastre. Existe un interés creciente en el papel crítico de los microorganismos y las posibles consecuencias ecológicas de su |

|                        |           |                                                                                                                                                                     |              |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        |           |                                                                                                                                                                     |              |                                                                                                                                                                                                                                     | liberación en relación con la descarga de agua de lastre.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Hernández et al., 2018 | Venezuela | Zooplankton de aguas de lastre de buques que arriban al sistema de Maracaibo, Venezuela                                                                             | Experimental | Como resultado se registraron 72 taxones, siendo el más representativo del zooplankton <i>Acartia tonsa</i> , seguido de ácaros marinos pertenecientes a la familia Halacaridae, ambos pertenecientes al <i>Phylum Arthropoda</i> . | A pesar de la poca cantidad de buques muestreados, una abundancia considerable de organismos. La presencia de ocho phyla de organismos planctónicos en estadios adulto y larval, como las anémonas, copépodos, ostrácodos, bivalvos, gasterópodos, entre otros, lo que nos permite tener un panorama más claro sobre el riesgo potencial que supone la descarga indiscriminada de estas aguas en el sistema de Maracaibo |
| Ng et al., 2018        | Singapur  | Ocurrencia de especies de Vibrio, especies de Vibrio resistentes a la beta-lactam y bacterias indicadoras en las aguas portuarias y de lastre de un puerto tropical | Experimental | Se identificaron especies en agua de lastre incluyendo <i>V. campbelli</i> , <i>V. alginolyticus</i> , <i>V. parahaemolyticus</i> y <i>V. vulnificus</i>                                                                            | Para gestionar los riesgos de las especies invasoras y los patógenos oportunistas en los barcos de diferentes partes del mundo, el agua de lastre debe ser sometida a pruebas estrictas y obligatorias para garantizar que la calidad del agua cumple con la norma D. -2 antes de descargar.                                                                                                                             |
| Lim, Leong y Tan, 2017 | Singapur  | Gestionar el riesgo de transferencia de especies marinas no autóctonas en Singapur mediante un estudio del                                                          | Experimental | Las especies que registraron iban desde tunicados, moluscos, dinoflagelados, artrópodos, briozoos, hidroides y gusanos anélidos                                                                                                     | El transporte marítimo, permite que especies no nativas crucen cuerpos de agua que alguna vez estuvieron físicamente separados por tierra continental y distancias fronterizas.                                                                                                                                                                                                                                          |

|                       |          |                                                                                                                                                     |                 |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       |          | movimiento de buques                                                                                                                                |                 |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                              |
| Wu et al., 2017       | China    | El contenido biológico del agua de lastre en China: Una revisión                                                                                    | No experimental | Estas encuestas revelan que se han observado 40 especies de fitoplancton no indígena que, pertenecen a 25 géneros y cinco phyla, en agua de lastre.                                                                             | Se realizaron un total de 27 estudios biológicos de agua de lastre en 19 puertos. Estas encuestas incluyen conjuntos microbianos, planctónicos y sedimentarios.                              |
| Garcia et al., 2016   | Perú     | Evaluación ambiental de la bahía del Callao durante el año 2016                                                                                     | Experimental    | Los parámetros analizados muestran temperatura (14.8-15.4 °C), pH (7.4 - 7.6), oxígeno disuelto (0.8 - 2.6 mg/l), salinidad (34.9 - 35.1 UPS)                                                                                   | Las condiciones ambientales de la calidad del agua de la Bahía del Callao indican que existen parámetros que superan el ECA en las categorías correspondientes de cada área de evaluación    |
| Mitchell et al., 2014 | India    | Desarrollo de un protocolo de muestreo y análisis de agua de lastre en Jamaica                                                                      | Experimental    | Se obtuvieron 26 muestras de zooplancton replicadas conservadas y 22 vivas. La abundancia y la riqueza fueron mayores que en los puertos templados. El intercambio no alteró la composición biótica, pero redujo la abundancia. | Aproximadamente el 12% de las especies identificadas en el agua de lastre estaban presentes en las aguas más cercanas al puerto en 1995 y el 11% estaban presentes en toda la bahía en 2005. |
| Parada et al., 2014   | Colombia | Caracterización microbiológica y fisicoquímica del agua de lastre de buques de tráfico internacional que arribaron al puerto de Tumaco durante 2013 | Experimental    | Determinó algunos indicadores de coliformes totales, coliformes fecales ( <i>E. coli</i> ), enterococos y <i>Vibrio</i> patógeno                                                                                                | Registrando la presencia de <i>Vibrio spp</i> en los tanques muestreados                                                                                                                     |

En la tabla 7 muestran que 17 autores nos hablan de las 2 variables a investigar, se puede observar en la tabla los autores el año de investigación, el título de la investigación y se obtuvo que 15 son de diseño experimental y 2 no experimental, el tipo de análisis estadístico que han utilizado y los resultado y conclusiones de acuerdo a la investigación.

**Gráfico 6.Ámbito geográfico de las investigaciones.**



En el gráfico 6 se puede observar el ámbito geográfico de las diferentes investigaciones para poder realizar la revisión sistemática.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de especies encontradas en el agua de lastre de buques y sus efectos biológicos en la calidad del agua de mar

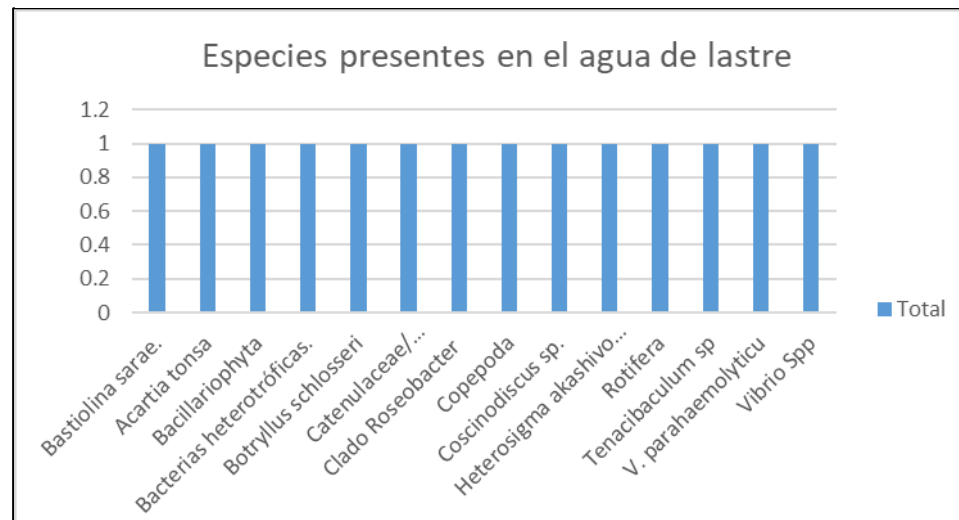
**Tabla 8. Especies encontradas en el agua de lastre**

| Autores                | Ámbito de procedencia | Taxón    |                                        |                                       |                                                        |
|------------------------|-----------------------|----------|----------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|                        |                       | Reino    | Clase                                  | Familia                               | Especie                                                |
| Ramírez, 2020          | Callao, Perú          | Protista | Diatomeas                              | Catenulaceae                          | <i>Catenulaceae/ Amphora sp.</i>                       |
| Brinkmeyer, 2016       | Estados Unidos        |          | Alphaproteobacteria                    |                                       | <i>Clado Roseobacter</i>                               |
| Gerhard y Gunsch, 2019 | Estados Unidos        |          | <i>Alphaproteobacteria</i>             |                                       |                                                        |
| Hees et al 2018        | España                |          |                                        |                                       | <i>Bacterias heterotróficas.</i>                       |
| Hernández et al., 2018 | Venezuela             | Animal   | Maxillopoda                            | Acartiidae                            | <i>Acartia tonsa</i>                                   |
| Zapata, 2020           | Colombia              | Protista | Coscinodiscophyceae                    | Coscinodiscaceae                      | <i>Coscinodiscus sp.</i>                               |
| Mitchell et al., 2014  | India                 | Animal   | Maxillopoda                            |                                       | <i>Copepoda</i>                                        |
| Wu et al., 2017        | China                 | Protista |                                        |                                       | <i>Bacillariophyta</i>                                 |
| Buitrago 2019          | Bogotá                |          |                                        |                                       | <i>Bastiolina sarae.</i>                               |
| Orozco et al., 2020    | Perú                  | Protista | Raphidophyceae/<br>Coscinodiscophyceae | Chattonellaceae/<br>Skeletonemataceae | <i>Heterosigma akashivo y, Skeletonema costatum sp</i> |
| Parada et al ., 2014   | Colombia              |          | Gammaproteobacterias                   |                                       | <i>Vibrio Spp</i>                                      |

|                                   |          |        |                |              |                             |
|-----------------------------------|----------|--------|----------------|--------------|-----------------------------|
| Casas et al., 2018                | Canadá   | Animal |                |              | <i>Rotifera</i>             |
| Lim, Leong y Tan, 2017            | Singapur |        | Ascidiacea     |              | <i>Botryllus schlosseri</i> |
| Khandeparker, Kuchi y Desai, 2020 | India    |        | Flavobacteriia |              | <i>Tenacibaculum sp</i>     |
| Ng et al., 2018                   | Singapur |        |                | Vibrionaceae | <i>V. parahaemolyticu</i>   |

En la tabla 8 se muestra que 15 autores nos hablan de las especies que vienen presentes en las aguas de lastre, y que pueden afectar la calidad del agua de mar, si presentan rasgos comunes como crecimiento rápido, alta capacidad de dispersión puede traer consigo muchas amenazas como causar o portar enfermedades (Ahmad, 2019), se puede observar la especie según el lugar de procedencia donde se realizó la investigación.

**Gráfico 7. Especies presentes en el agua de lastre.**



En el gráfico 7 se puede observar de acuerdo a las investigaciones y los diversos autores cuales son las especies que están presentes en el agua de lastre.

A continuación, en la tabla se muestran los resultados de los parámetros fisicoquímicos de las aguas de lastre procedentes de algún puerto según diferentes autores.

**Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos de las aguas de lastre**

| <b>Autores</b>      | <b>Puerto de procedencia</b> | <b>Temperatura (°C)</b> | <b>pH</b> | <b>OD (mg/l)</b> | <b>Conductividad Eléctrica (µS/cm)</b> | <b>Salinidad (UPS)</b> |
|---------------------|------------------------------|-------------------------|-----------|------------------|----------------------------------------|------------------------|
| Ramírez, 2020       | Callao, Perú                 | 19.1                    | 10.06     | 7.82             | 53.5                                   | 33.8                   |
| Ramírez, 2020       | Callao, Perú                 | 22.9                    | 10.48     | 7.93             | 51.3                                   | 31.5                   |
| Ramírez, 2020       | Callao, Perú                 | 22.8                    | 10.51     | 7.98             | 50.7                                   | 32.2                   |
| Ramírez, 2020       | Callao, Perú                 | 22.5                    | 10.47     | 7.65             | 50                                     | 33.2                   |
| Orozco et al., 2020 | Callao, Perú                 | 20.0                    | 8.16      | 4.95             | N/M                                    | 33.3                   |
| Orozco et al., 2020 | Callao, Perú                 | 16.2                    | 8.15      | 3.00             | N/M                                    | 33.5                   |
| Orozco et al., 2020 | Callao, Perú                 | 18.3                    | 8.28      | 5.35             | N/M                                    | 29.5                   |
| Orozco et al., 2020 | Callao, Perú                 | 16.0                    | 7.14      | 4.35             | N/M                                    | 35.2                   |
| Orozco et al., 2020 | Callao, Perú                 | 20.7                    | 7.88      | 5.85             | N/M                                    | 34.6                   |
| Orozco et al., 2020 | Callao, Perú                 | 22.7                    | 7.83      | 5.50             | N/M                                    | 35.0                   |
| Orozco et al., 2020 | Callao, Perú                 | 16.5                    | 7.00      | 0.75             | N/M                                    | 35.0                   |
| Orozco et al., 2020 | Callao, Perú                 | 20.6                    | 7.14      | 5.85             | N/M                                    | 35.1                   |
| Orozco et al., 2020 | Callao, Perú                 | 18.6                    | 7.50      | 3.30             | N/M                                    | 35.0                   |
| Orozco et al., 2020 | Callao, Perú                 | 18.6                    | 7.50      | 4.57             | N/M                                    | 35.0                   |

En la tabla 9 nos muestra sobre los autores que evaluaron los parámetros fisicoquímicos en algunos tanques de agua de lastre de diferentes naves obteniendo parámetros de temperatura entre un rango de 16 hasta 22.9° C, pH esta entre el rango

7 hasta 10.5, oxígeno disuelto 0.75 hasta 7.98 mg/l, conductividad eléctrica de 50 hasta 53.5 uS/ cm Y solo el estudio de (Ramírez, 2020), la salinidad estuvo entre el rango de 29.5 hasta 35.2 UPS.

A continuación, se presenta la siguiente tabla de parámetros fisicoquímicos de las aguas de mar, entre los años 2013-2020.

**Tabla 10. Parámetros fisicoquímicos de las aguas de mar**

| <b>Autores</b>      | <b>Ámbito de procedencia</b> | <b>Temperatura (°C)</b> | <b>pH</b> | <b>OD (mg/l)</b> | <b>Conduc. Eléctrica (µS/cm)</b> | <b>Salinidad (UPS)</b> |
|---------------------|------------------------------|-------------------------|-----------|------------------|----------------------------------|------------------------|
| Ramírez, 2020       | Callao, Perú                 | 19.8                    | 8.34      | 6.01             | 52.9                             | 34.8                   |
| Orozco et al., 2020 | Paita, Perú                  | 15.9 - 22.7             | 7.2-8.0   | 0.94-5.62        | N/M                              | 35.1-35.3              |
| Orozco et al., 2020 | Salaverry, P.                | 14.5 - 18.4             | 7.4-7.8   | 3.35-6.52        | N/M                              | 34.8-35.0              |
| Orozco et al., 2020 | Callao, Perú                 | 14.1 - 18.2             | 6.7-8.5   | 1.10-3.50        | N/M                              | 34.8-35.1              |
| Orozco et al., 2020 | Pisco, Perú                  | 15.5 - 22.0             | 7.6-8.0   | 0.00-14.6        | N/M                              | 34.4-34.7              |
| García et al., 2016 | Callao, Perú                 | 14.8 - 15.4             | 7.4-7.6   | 0.80-2.60        | N/M                              | 34.9-35.1              |

En la tabla 10 se recopilieron datos sobre los parámetros fisicoquímicos de las aguas de mar del puerto del Callao, Paita, Salaverry y Pisco los cuales nos arrojan parámetros de temperatura entre un rango de 14.5 hasta 22.7° C, pH esta entre el rango 6.71 hasta 8.5, oxígeno disuelto 0.00 hasta 14.66 mg/l, conductividad eléctrica de 52.9 uS/ cm Y solo el estudio de (Ramírez, 2020), la salinidad estuvo en un rango de 34.4 y 35.3 UPS.



## DISCUSIÓN

El bioensayo de toxicidad aguda con aguas de lastre sobre juveniles de *Odontesthes regia regia* (Pejerrey) realizado por Ramírez (2020), determinó que éstas aguas representan un impacto significativo en la tasa de mortandad de dichos organismos, ya que más del 50% de estos mueren a partir de la concentración C<sub>3</sub> (25%), ocasionándoles síntomas de letargo y nado anormal durante el proceso, por lo cual éstas pruebas han demostrado que el Pejerrey también es sensible al agua de lastre; así como a otras sustancias tóxicas. En ese contexto, se estima que un buque de acuerdo a su diseño y construcción posee de 2 a 12 tanques de agua de lastre con capacidad volumétrica de transportar miles de toneladas de agua de lastre que son descargadas cerca de los puertos peruanos, por lo que el riesgo ambiental y sanitario, así como los efectos biológicos en la diversidad acuática son constantes y significativos.

De acuerdo al estudio realizado por Torres (2015), durante los años de 1968 al 2009 en el mar de Ecuador, se identificaron treinta y siete especies causantes de mareas rojas, siendo la clase *Dinophyceae* la más relevante con veintiocho especies de dinoflagelados, seguidos por *Cyanophyceae*, *Bacillariophyceae*, *Raphidophyceae* y Ciliados. *Mesodinium rubrum* fue el ciliado con mayor número de mareas rojas, seguidos por *Gymnodinium sp.*, *Noctiluca scintillans* y *Cochlodinium catenatum*, relacionándose algunos de estos eventos con la mortalidad de organismos (peces, camarón y larvas de camarón). En ese sentido, las mareas rojas producidas por acumulación de algas que desprenden toxinas potencialmente dañinas para la biota marina, son transportadas a bordo de los tanques de agua de lastre de los buques de navegación internacional y de cabotaje, invadiendo espacios nativos y ocasionando la migración y depredación de especies endémicas, lo cual ocasiona un impacto ambiental negativo en el componente ambiental, social y económico.

Por otro lado, a través del Comité de Protección del Medio Marino perteneciente a la Organización Marítima Internacional (2004), implementó el Convenio Internacional sobre la Gestión y el Control de las Aguas de Lastre y los Sedimentos Marinos, como instrumento de gestión para reducir el riesgo ambiental de la introducción de especies exóticas invasoras y organismos patógenos a nuevos espacios acuáticos a través de los buques mercantes, pesqueros y de carga principalmente, por lo cual el Perú como estado parte de la OMI a través de la Dirección General de Capitanías y Guardacostas aprobó la Resolución Directoral N° 072-2006-DCG de fecha 1 de marzo del 2006 como medida preventiva para que todo buque que ingrese a aguas peruanas procedente de puertos extranjeros, efectúe la renovación de sus aguas de lastre fuera de las 12 millas náuticas de costa, además de contar con un Libro de Registro y Plan de Gestión de dichas aguas para evitar la introducción de especies invasoras foráneas. Posteriormente a ello, mediante Decreto Supremo N° 018-2016-RE de fecha 12 de marzo del 2016, el Estado peruano ratifica el Convenio BWM anteriormente mencionado recogiendo anualmente las enmiendas a dicho Convenio para que sean implementadas en el Perú.

Las aguas de lastre si presentan efectos biológicos: Baro y Stotz (2018) menciona que las aguas de lastre son un factor de riesgo para la bioseguridad marina, lo cual, puede transportar patógenos, lo que afecta la biodiversidad y / o presenta riesgos para la salud humana debido a enfermedades o plagas.

Ramírez (2020), manifiesta el efecto ambiental de las aguas de lastre como son: exterminio de especies autóctonas que no presentan sistemas de defensa ante tales depredadores, competencia con otras especies que ocupan el mismo nicho ecológico y tienden a ser desplazados, cambios de hábitat y los consiguientes cambios en la estructura de las comunidades de asentamiento, contaminación genética y disminución de la diversidad biológica marina alteración en las actividades de acuicultura y criadero de especies hidrobiológicas, transmisión de enfermedades por consumo de especies acuáticas contaminadas.

Apín y Torres (2016) menciona que los principales impactos asociados al agua de lastre son: daño de la biodiversidad, cambio de la dinámica de los ecosistemas, disminución de lugares de recreación, deterioro a la salud humana, disminución de las

pesquerías, afectando la infraestructura del medio marino. Así mismo (Brinkmeyer, 2016), una de las preocupaciones al referirse a las bacterias en el agua de lastre es la transferencia de patógenos de un lugar a otro.

García (2018), menciona el impacto medioambiental: sus efectos incluyen la pérdida de la biodiversidad local causada por la propia especie invasora, que puede crecer en exceso y mezclarse con otras especies, así como con parásitos y enfermedades, cambios en las funciones de los ecosistemas: la cadena alimentaria ha cambiado y la calidad del agua ha disminuido, este impacto no solo afecta al ecosistema, sino que también afecta la salud y economía de la población de la zona.

Se encontraron especies presentes en el agua de lastre las cuales provenían de diversas naves de ámbito nacional e internacional que arribaban a los diferentes puertos marítimos para realizar sus actividades correspondientes, como lo menciona: Orozco (2020), en el muestreo de los tanques de lastre obtuvo como resultados la presencia de especies *Heterosigma akashivo* y, *Skeletonema costatum* sp, presentes en el puerto del Callao, así mismo (Hernández et al., 2018), identifico especies Zooplantónicas en el sistema de Maracaibo (Venezuela), registrando el más representativo *Acartia tonsa*, también por primera vez se registró la introducción de ácaros, según (Mitchell, et al., 2014), menciona que las especies identificadas en los tanques de lastre estaban presentes en las aguas del puerto más cercano.

García (2018), en su investigación hace referencia a la presencia de *Vibrio cholerae*, como una nueva cepa que se esparció en el agua de lastre. Por ejemplo, en Perú, debido al agua de lastre, en 1991 se introdujo desde Asia una cepa de cólera muy virulenta que provocó una epidemia que afectó a miles de personas. Asimismo, posteriormente, también se encontraron otros casos similares en todo el mundo, como el llamado *Caulerpataxifolia*, que provocó graves problemas ambientales por su capacidad de crecer rápidamente debe incrementarse para aumentar la capacidad reproductiva y la resistencia a una variedad de medios, todas estas características le permiten desarrollarse rápidamente y reemplazar a otras especies nativas, al mismo tiempo que muchas otras especies desaparecen por las toxinas que produce, estas toxinas son inofensivas para el ser humano, pero dañinas para muchos organismos acuáticos.

En los parámetros fisicoquímicos de agua de lastre si se pudo observar la alteración de dichos parámetros, (Orozco ,2020), ya que la salinidad se encontraba por debajo del límite permitido, lo que dio una idea de que no se cumple la normativa para aguas de lastre y sedimentos marinos. (Ramírez ,2020), también en los 4 tanques de lastre que analizo de bandera china encontró alteración de los parámetros fisicoquímicos. (Wu et al., 2017), menciona que varios factores, incluido el tipo de barco, la ubicación del agua de lastre, la edad del agua de lastre, la temperatura ambiente, los parámetros de hidratación, el método de muestreo y el lugar de muestreo, pueden afectar el contenido biológico del agua de lastre.

Baro y Stotz (2018), el lastre determina los principales factores ambientales que determinan el éxito de la invasión biológica la cual radica en: límites superiores e inferiores de su temperaturas y tolerancia a la salinidad, período de tiempo relacionado con el puerto la temperatura ambiente es propicia para la reproducción, existen otras condiciones ecológicas adecuadas, como hábitat, depredadores y fuentes de alimentos (Tamelander et al., 2010). Así mismo, (Avila,2016), menciona que el agua de lastre no es solo agrava el problema, sino que permite transportar especies de un puerto a otro y estos organismos no se vieron afectados negativamente por la salinidad del océano.

González y Salamanca (2013), las especies acuáticas más potencialmente dañinas necesitan oxígeno para sobrevivir, cuando disminuye el oxígeno del agua, muchos organismos mueren (pero los quistes, las esporas o las bacterias anaeróbicas son una excepción), algunos organismos que necesitan oxígeno para sobrevivir a un breve período de anoxia, pero generalmente están inactivados.

Hernández et al., (2018), el factor clave que afecta la supervivencia de cualquier invasor biológico es la compatibilidad con las condiciones abióticas del hábitat invadido, los factores que pueden limitar la intrusión del agua de lastre incluyen la salinidad y la temperatura.

Según la evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua de mar muestran condiciones dentro de los parámetros normales que se evaluaron. (Orozco, 2020), menciona que no hubo variación de acuerdo a las mediciones de parámetros de medición en agua de mar, pero en parámetros microbiológicos si hay una alteración.

(Ramírez, 2020), evaluó los siguientes parámetros fisicoquímicos de la calidad de agua de mar: temperatura (19.8 °C), pH (8.34), oxígeno disuelto (6.01 mg/l) y salinidad (34.8 UPS), estando dentro del estándar de calidad ambiental.

## V. CONCLUSIONES

Los efectos biológicos de las aguas de lastre sobre la calidad del agua de mar son: extinción de especies nativas sin un sistema de defensa contra tales depredadores naturales, competencia con otras especies que ocupan el mismo nicho y tienden a desplazarse, cambios en los hábitats y cambios posteriores en la estructura de las comunidades, contaminación genética y disminución de la biodiversidad marina, la propagación de enfermedades provocadas por el consumo de especies acuáticas contaminadas y la existencia de mareas rojas.

La investigación sistemática dio a conocer 15 investigaciones que mencionan a especies presentes en los tanques de las aguas de lastre siendo: *Catenulaceae*, *Amphora sp.*, *Clado Roseobacter*, *Bacterias heterotróficas*, *Acartia tonsa*, *Coscinodiscus sp.*, *Copepoda*, *Bacillariophyta*, *Bastiolina sarae*, *Heterosigma akashivo* y *Skeletonema costatum sp* *Vibrio Spp*, *Rotifera*, *Botryllus schlosseri*, *Tenacibaculum sp*, *V. parahaemolyticu* y *Alphaproteobacteria*.

Se identificaron parámetros de las aguas de lastres de diversos buques que llegaban a la bahía y realizaban su arribo de acuerdo a sus actividades a realizar, ellos analizaron parámetros fisicoquímicos de las aguas de lastre como son: temperatura, pH, salinidad, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, mostrando una alteración en algunos de los parámetros.

Se identificaron parámetros fisicoquímicos del agua de mar a través de las revisiones de algunos artículos científicos como son: temperatura, pH, salinidad, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, los cuales se encuentran dentro de los estándares de calidad ambiental, a excepción del oxígeno disuelto.

## **VI. RECOMENDACIONES**

En el marco de la Estrategia Nacional de Control y Gestión del Agua de Lastre y Sedimentos de los Buques para el Perú, conformado por la Dirección General de Capitanías y Guardacostas, la Autoridad Portuaria Nacional, la Autoridad Nacional del Agua, el Instituto del Mar del Perú y la Dirección General de Salud, se debe elaborar un listado oficial de las especies exóticas invasoras identificadas en el litoral peruano, a fin de caracterizarlas y estudiarlas para profundizar los conocimientos sobre sus efectos y riesgos a la salud pública y los componentes del ambiente.

Proponer mecanismos regulatorios sobre la gestión del agua de lastre de los buques por parte de la Dirección General de Capitanías y Guardacostas, con la finalidad que se acojan a las resoluciones del Comité Marino de Protección Ambiental - MEPC, respecto a la implementación de equipos y sistemas de tratamiento del agua de lastre a bordo, el establecimiento de un Protocolo de Muestreo de Agua de Lastre y Sedimentos Marinos y los lineamientos para la elaboración de los Planes de Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos Marinos.

Se recomienda seguir investigando y si es posible aplicar de manera experimental ya que según las revisiones bibliográficas si hay efectos negativos sobre la calidad de agua de mar por las aguas de lastre de los buques. Se puede observar según la revisión sistemática que existen solo 2 trabajos de investigación a nivel de Perú sobre la problemática planteada.

Las naves que vienen de procedencia internacional y nacional tienen que aplicar un buen control en el tratamiento de las aguas de lastre para evitar cualquier problema ambiental y de salud pública.

## REFERENCIAS

AHMAD, Hafez. Stop ballast water invasions. *ResearchGate* [online]. 2019. DOI 10.13140/RG.2.2.10482.96961. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/330216096>.

ÁRIAS-LAFARGUE, Telvia. Alternativa de solución a la contaminación marina por agua de lastre. *Tecnología Química*[online]. 2014, vol. 34, no 2, p. 170-177. ISSN 2224-6185. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852014000200006&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852014000200006&lng=es&nrm=iso).

APÍN-CAMPOS, Yanet Caridad y TORRES-PÉREZ, Benigno. Introducción de especies invasoras a partir del agua de lastre proveniente del transporte marítimo comercial: Estado del arte. *Ciencia en su PC* [online]. 2016, no 2, p. 56-70. ISSN 1027-2887. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181349391007>.

AGUILERA EGUÍA, R. ¿Revisión sistemática, revisión narrativa o metaanálisis? *Rev. Soc. Esp. Dolor* [online]. 2014, vol.21, no 6, pp.359-360, [fecha de consulta: 08 setiembre 2020]. ISSN 1134-8046. Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1134-80462014000600010&lng=es&nrm=iso](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1134-80462014000600010&lng=es&nrm=iso).

ÁVILA VELANDIA, María Fernanda. *Evaluación del riesgo de introducción de especies invasoras en agua de lastre en buques que operan en el puerto de Buenos Aires* [en línea]. Tesis (Título de Magister en Ciencias Ambientales). Argentina: Universidad de Buenos Aires, 2016. 107 pp. Disponible en: <http://digital.bl.fcen.uba.ar>.

BARO-NARBONA, Sandra y STOTZ, Wolfgang. Propuesta para el control del agua de lastre en buques que arriban a puertos de la Ecorregión Marina de Chile Central. *Rev. biol. mar. oceanogr.* [online]. 2018, Vol.53, n.3, pp.291-306 [fecha de consulta: 01 mayo 2020]. ISSN 0718-1957. Disponible en:



[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-19572018000300291&lng=es&nrm=iso](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-19572018000300291&lng=es&nrm=iso).

BUITRAGO, E. Polizones de las aguas. *Expediño* [en línea]. 2019, vol. 19, pp. 22-25. Disponible en: <https://revistas.utadeo.edu.co/index.php/EXP/article/view/1539>.

BRINKMEYER, Robin. Diversity of bacteria in ships ballast water as revealed by next generation DNA sequencing. *MPB* [en línea]. 2016, vol. 107, no. 1, pp. 277-285. ISSN 0025-326X. DOI 10.1016/j.marpolbul.2016.03.058. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.03.058>.

CASAS, Oscar et al. Evaluating efficacy of filtration + UV-C radiation for ballast water treatment at different temperatures. *Journal of Sea Research* [en línea]. 2018, vol. 133, pp. 20-28. ISSN 13851101. DOI 10.1016/j.seares.2017.02.001. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385110116300971>.

DARLING, J.A. y FREDERICK, R.M. Nucleic acids-based tools for ballast water surveillance, monitoring, and research. *Journal of Sea Research* [en línea]. 2018, vol. 133, pp. 43-52. ISSN 13851101. DOI 10.1016/j.seares.2017.02.005. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seares.2017.02.005>.

DARLING, John, et al. Metabarcoding quantifies differences in accumulation of ballast water borne biodiversity among three port systems in the United States. *Science of the Total Environment* [en línea]. 2020, vol. 749, pp.141456. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.141456. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141456>.

GONZALES, Primitivo Y SALAMANCA, Antonio. *Contaminación biológica del mar por el agua de lastre de los buques y medios para evitarla* [en línea]. España: Asociación de ingenieros Navales y Oceánicos, 2013. ISBN 9788493930332. Disponible en: <https://www.ingenierosnavales.com/wp-content/uploads/2018/03/AGUA-LASTRE.pdf>.

GOLDSMIT, Jesica, et al. Where else? Assessing zones of alternate ballast water exchange in the Canadian eastern Arctic. *Marine Pollution Bulletin* [en línea]. 2019, vol.

139, pp. 74-90. ISSN 18793363. DOI 10.1016/j.marpolbul.2018.11.062. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.062>.

GERHARD, William A. y GUNSCH, Claudia K. Metabarcoding and machine learning analysis of environmental DNA in ballast water arriving to hub ports. *Environment International* [en línea]. 2019, vol. 124, pp. 312-319. ISSN 18736750. DOI 10.1016/j.envint.2018.12.038. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412018324115>.

GARCÍA ÁLVAREZ, Elena. *Estudio sobre la implementación del convenio BWN para la gestión del agua de lastre* [en línea]. Tesis (Master en náutica y transporte marítimo). España: Universidad del País Vasco, 2018. 46 pp. Disponible en: <https://addi.ehu.es/handle/10810/29881>.

GARCÍA, Francisco, et al. *Evaluación ambiental de la bahía del Callao durante el año 2016* [en línea]. Informe (N° 102-2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI). Lima: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental-OEFA, 2016. 148 pp. Disponible en: [http://visorsig.oefa.gob.pe/datos\\_DE/PM0203/PM020302/02/IF/IF\\_0102-2016-OEFA-DE-SDLB-CEAI.pdf](http://visorsig.oefa.gob.pe/datos_DE/PM0203/PM020302/02/IF/IF_0102-2016-OEFA-DE-SDLB-CEAI.pdf).

GARCÍA, Víctor, et al. Calidad ambiental de las bahías de Coishco y Casma, región Áncash, Perú, 2013-2017. *IMARPE-Institucional* [en línea]. 2017, 35(1), p. 151-169. ISSN 04587766. Disponible en: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/3444>.

GOLLASCH, Stephan, MINCHIN, Dan y DAVID, Matej. La transferencia de patógenos y organismos acuáticos nocivos con agua de lastre y sus impactos. *Transporte marítimo mundial y gestión del agua de lastre. Naturaleza invasora - Serie Springer en Ecología invasiva* [en línea]. 2015. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9367-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9367-4_3).

HERNÁNDEZ, Nancy, et al. Zooplancton de aguas de lastre de buques que arriban al sistema de Maracaibo, Venezuela. *Acta biológica Venezuelica* [online]. 2018, vol. 38, p. 1-14. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/334812454>.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. *Metodología de la Investigación* [ en línea]. México, 2014. ISBN:978-1-4562-2396-0. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>.

HESS-ERGA, Ole K., et al. Microorganisms in ballast water: Disinfection, community dynamics, and implications for management. *Science of the Total Environment* [online]. 2019, vol. 657, pp. 704-716. ISSN 00489697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2018.12.004. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718348447>.

JÓŹWIAK, Zofia y BARAŃSKA, Marta. Ecological Risk Assessment of Ballast Water. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* [online]. 2014, vol. 151, pp. 122-126. ISSN 18770428. DOI 10.1016/j.sbspro.2014.10.013. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187704281405455X>.

KHANDEPARKER, Lidita, et al. Changes in the ballast water tank bacterial community during a trans-sea voyage: Elucidation through next generation DNA sequencing. *Journal of Environmental Management* [online]. 2020, vol. 273. ISSN 10958630. DOI 10.1016/j.jenvman.2020.111018. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/343414001>.

LAKSHMI, E., PRIYA, M. y ACHARI, V.S. An overview on the treatment of ballast water in ships. *Ocean & Coastal Management* [online]. 2020, vol. 199, pp. 105296. ISSN 09645691. DOI 10.1016/j.ocecoaman.2020.105296. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105296>.

LIM, C.S., LEONG, Y.L. y TAN, K.S. Managing the risk of non-indigenous marine species transfer in Singapore using a study of vessel movement. *Marine Pollution Bulletin* [online]. 2017, vol. 115, no. 1-2, pp. 332-344. ISSN 0025-326X. DOI 10.1016/j.marpolbul.2016.12.009. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.12.009>.

MITCHELL, Achsah A, et al. Development of a protocol for sampling and analysis of ballast water in Jamaica. *Rev. biol. trop* [online]. 2014, vol.62, no.3, pp.249-257 [fecha

de consulta 02 julio 2020]. ISSN 0034-7744. Disponible en: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442014000700001&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000700001&lng=en&nrm=iso).

MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. DECRETO SUPREMO 004-2017-MINAM. Perú: MINAM, 2017.

MONSALVE, Rafaella. *Análisis de la calidad de agua de mar y su relación con la infraestructura asociada a la actividad minera en la región de Antofagasta, entre los años 1990-2015* [en línea]. Tesis (Magister en geografía). Chile: Universidad de Chile, 2018. 192 pp. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/151966>.

MORENO, Andrés, et al. Determining disinfection efficiency on *E. faecalis* in saltwater by photolysis of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: Implications for ballast water treatment. *Chemical Engineering Journal* [online]. 2016, vol. 283, pp. 1339-1348. ISSN 13858947. DOI 10.1016/j.cej.2015.08.079. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894715011614>.

NG, Charmaine, et al. Occurrence of *Vibrio* species, beta-lactam resistant *Vibrio* species, and indicator bacteria in ballast and port waters of a tropical harbor. *Science of the Total Environment* [online]. 2018, vol. 610-611, pp. 651-656. ISSN 00489697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2017.08.099. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717320971>.

ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL. *Convenio sobre la gestión del agua de lastre*. London, Reino Unido: IMO, 2005.

ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL. *Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques –BWM, 2004*. OMI, 2004.

*Organización Marítima Internacional* [en línea]. Disponible en: <https://www.imo.org/es/OurWork/Environment/Paginas/Biofouling.aspx>.

OROZCO, Rita, et al. Efectos del agua de lastre sobre la calidad acuática de las zonas Portuarias de Callao, Pisco, Paita y Salaverry. *Revista del instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y geográfica* [en línea]. 2020, vol. 23, no.46, pp. 55-64. ISSN 1682-3087. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/iigeo.v23i46.19183>.

PARADA GUTIÉRREZ, Jenny Lisbeth, PAYÁN BASTIDAS, Claudia Inés y CASANOVA ROSERO, Robinson Fidel. Caracterización microbiológica y fisicoquímica del agua de lastre de buques de tráfico internacional que arribaron al puerto de Tumaco durante 2013. *Boletín Científico CIOH* [en línea]. 2014, no 32, p. 211-222. ISSN 0120-0542. Disponible en: [file:///C:/Users/USADSM~1/AppData/Local/Temp/cioh\\_bcc3214-1.pdf](file:///C:/Users/USADSM~1/AppData/Local/Temp/cioh_bcc3214-1.pdf).

PEĆAREVIĆ, Marijana, et al. New role of hydrocyclone in ballast water treatment. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2018, vol. 188, pp. 339-346. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2018.03.299. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.299>.

PETRI, Brian, et al. Phytoplankton growth characterization in short term MPN culture assays using 18S metabarcoding and qRT-PCR. *Water Research* [en línea]. 2019, vol. 164, pp. 114941. ISSN 18792448. DOI 10.1016/j.watres.2019.114941. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.114941>.

RAMÍREZ CABRALES, Fabián. *El régimen internacional de la bioinvasión marina causada por agua de lastre: especial referencia a la República de Colombia* [en línea]. Barcelona: Universidad autónoma de Barcelona, 2015. ISBN 9788449053293. Disponible en: <https://ddd.uab.cat/record/141270>.

RAMÍREZ CAJÁN, Alfonso y ESPINEL PINO, Verónica. Pruebas ecotoxicológicas con aguas de lastre y gestión de los residuos marinos procedente de buques. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica* [en línea]. 2019, vol. 22, no. 44, pp. 3-14. ISSN 1561-0888. DOI 10.15381/iigeo.v22i44.17281.

RAMÍREZ CAJÁN, Alfonso. *Efectos ecotoxicológicos de las aguas de lastre de buques sobre *Odontesthes regia regia* (Pejerrey) y la calidad de las aguas del puerto del Callao – Perú* [en línea]. Tesis (Magister en Ciencias Ambientales). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2020. 136 pp. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/15320>.

RÁZURI ESTEVES, Víctor. Tratamiento de Agua de Lastre en un Buque Mercante. *Repositorio institucional de la UTP* [en línea]. 2018, no.1, pp. 1-15. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12867/962>.

ROSENHAIM, Ingrid, et al. Simulated ballast water accumulation along Arctic shipping routes. *Marine Policy* [en línea]. 2019, vol. 103, pp. 9-18. ISSN 0308597X. DOI 10.1016/j.marpol.2019.02.013. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.02.013>.

RAJAKARUNA, Harshana. Modeling the distribution of colonial species to improve estimation of plankton concentration in ballast water. *Journal of Sea Research* [en línea]. 2018, vol. 133, pp. 166-176. ISSN 13851101. DOI 10.1016/j.seares.2017.08.005. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seares.2017.08.005>.

STUER, Frank, et al. Same Risk Area: An area-based approach for the management of bio-invasion risks from ships' ballast water. *Marine Policy* [en línea]. 2018, vol. 97, pp. 147-155. ISSN 0308597X. DOI 10.1016/j.marpol.2018.05.009. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.05.009>.

TORRES, Gladys. Evaluación Mareas Rojas Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico* [en línea]. 2015, vol. 20, pp. 89-98. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/322577904>.

VELÁSQUEZ, Javier. *Estrategia nacional de control y gestión del agua de lastre y sedimentos de los buques* [en línea]. Informe. Perú: Comisión permanente del Pacífico Sur, 2016. 36 pp. Disponible en: <http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/docs2018/Enero%202018/Grupo%20Consultivo%20XXII/26.%20Velasquez%20J.%202017.pdf>.

VERNA, Danielle y HARRIS, Bradley. Review of ballast water management policy and associated implications for Alaska. *Marine Policy* [en línea]. 2016, vol. 70, pp. 13-21. ISSN 0308597X. DOI 10.1016/j.marpol.2016.04.024. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2016.04.024>.

VILLACRES FLORES, Kerly Antonella y VILLAMAR MORENO, Juan Francisco. *Evaluación ambiental a partir de parámetros físico-químicos y microbiológicos de la calidad de agua de mar en playas de Chipipe, canton Salinas provincia de Santa Elena* [en línea]. Tesis (Titulo de Químico y Farmacéutico). Ecuador: Universidad de Guayaquil, 2017. 76 pp. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20154>.

WU, Huixian, et al. The biological content of ballast water in China: A review. *Aquaculture and Fisheries* [en línea]. 2017, vol. 2, no. 6, pp. 241-246. ISSN 2468550X. DOI 10.1016/j.aaf.2017.03.002. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468550X16300272>.

ZAPATA-VALENZUELA, Erica P. *Organismos planctónicos transportados en el agua de lastre de buques que arriban al Golfo de Urabá, y su posible adaptación a las condiciones físico-químicas del golfo* [en línea]. Tesis (Titulo de Oceanógrafa). Antioquia: Universidad de Antioquia, 2020. 70 pp. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10495/16250>.

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

| VARIABLES                                          | DEFINICIÓN CONCEPTUAL                                                                                                                                                                                                               | DEFINICIÓN OPERACIONAL                                                                                                                                                                                                         | DIMENSIONES                                  | INDICADORES                     | UNIDAD DE MEDICIÓN |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| <b>INDEPENDIENTE:</b><br>Aguas de lastre de buques | Razuri, (2018), es el agua que le da estabilidad a los buques, pero también perjudicial para la calidad del agua ya que trae consigo especies invasoras.                                                                            | A través de técnicas se identificarán los parámetros fisicoquímicos y las especies de las aguas de lastre de las investigaciones.                                                                                              | Especies en aguas de lastre                  | Reino/Clase/Familia             | ---                |
|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                |                                              | Densidad                        | Cel/L              |
|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                | Parámetros fisicoquímicos en aguas de lastre | Temperatura                     | °C                 |
|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                |                                              | *pH                             | Unidad de pH       |
|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                |                                              | Oxígeno disuelto                | mg/l               |
|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                |                                              | Conductividad Eléctrica         | µS/cm              |
|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                |                                              | Salinidad                       | UPS                |
| <b>DEPENDIENTE:</b><br>Calidad del agua de mar     | El concepto de calidad en función del agua, se hace referencia a las características que presenta la masa de agua, que han de ser descritas de forma objetiva por medio de parámetros cuantitativos o cualitativos (Monsalve,2018). | Para determinar los efectos en la calidad de agua de mar se determinarán los parámetros físico químicos y microbiológicos en dichas masas de agua de las investigaciones verificadas e incluidas en la presente investigación. | Parámetros fisicoquímicos en aguas de mar    | Temperatura                     | °C                 |
|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                |                                              | pH                              | Unidad de pH       |
|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                |                                              | Oxígeno disuelto                | mg/l               |
|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                |                                              | Conductividad Eléctrica         | µS/cm              |
|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                |                                              | Salinidad                       | UPS                |
|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                | Parámetros microbiológicos                   | Bacterias heterótrofas          | UFC /100 ml        |
|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                |                                              | <i>Vibrio cholerae</i>          | P o A/ 100 ml      |
|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                |                                              | <i>Enterococos intestinales</i> | P o A/ 100 ml      |
|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                | <i>Escherichia coli</i>                      | UFC/100 ml                      |                    |



## Anexo 2: Matriz de consistencia

| <b>PROBLEMA</b>                                                                                    | <b>OBJETIVOS</b>                                                                                                                         | <b>HIPÓTESIS</b>                                                                 | <b>VARIABLE</b>                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Problema General:</b>                                                                           | <b>Objetivo General:</b>                                                                                                                 | <b>Hipótesis General:</b>                                                        | <b>Variable Independiente:</b>        |
| ¿Cuáles son los efectos biológicos en las aguas de lastre sobre la calidad del agua de mar, 2020 ? | Evaluar mediante revisión sistemática el efecto biológico de las aguas de lastre de buques que generan sobre la calidad del agua de mar. | Existe efecto biológico de las aguas de lastre sobre la calidad del agua de mar. | Aguas de lastre de buques             |
| <b>Problemas Específicos:</b>                                                                      | <b>Objetivos Específicos</b>                                                                                                             | <b>Hipótesis Específicas:</b>                                                    | <b>Variable Dependiente:</b>          |
| ¿Cuáles son las especies en las aguas de lastre?                                                   | Identificar las investigaciones que mencionan sobre las especies de las aguas de lastre.                                                 | Las investigaciones que mencionan sobre las especies en el agua de lastre son    | Efectos en la calidad del agua de mar |
| ¿Qué parámetros fisicoquímicos presentan las aguas de lastre?                                      | Identificar los parámetros fisicoquímicos del agua de lastre de buques.                                                                  | Los parámetros fisicoquímicos del agua de lastre de buques son .                 |                                       |
| ¿De qué manera los buques afectan los parámetros fisicoquímicos de las aguas de mar?               | Identificar los parámetros fisicoquímicos del agua de mar.                                                                               | Los parámetros fisicoquímicos del agua de mar son .                              |                                       |

### Anexo 3: Validación de instrumentos:

#### Ficha 1: Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática

|                               |                                                                                                               |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Título</b>                 | Aguas de lastre de buques y sus efectos biológicos en la calidad del agua de mar: revisión sistemática, 2020. |
| <b>Línea de investigación</b> | Calidad y gestión de los recursos naturales                                                                   |
| <b>Responsable</b>            | Leticia Dominguez Ballona                                                                                     |
| <b>Asesor</b>                 | Dr. Cabrera Carranza, Carlos Francisco                                                                        |

| Referencia | Ámbito geográfico-temporal | Título | Diseño de investigación | Tipo de análisis estadístico | Resultado | Conclusión |
|------------|----------------------------|--------|-------------------------|------------------------------|-----------|------------|
|            |                            |        |                         |                              |           |            |
|            |                            |        |                         |                              |           |            |
|            |                            |        |                         |                              |           |            |
|            |                            |        |                         |                              |           |            |

  
Dr. Carlos F. Cabrera Carranza  
CIP. 46572

DNI.17402784



Dr. Luis Alberto Ordóñez  
Sánchez  
CIP:23306  
DNI: 00844670



Ing. Ramírez Caján, Alfonso

DNI 44827933

**Ficha 2: Especies encontradas en el agua de lastre**

|                               |                                                                                                               |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Título</b>                 | Aguas de lastre de buques y sus efectos biológicos en la calidad del agua de mar: Revisión sistemática, 2020. |
| <b>Línea de investigación</b> | Calidad y gestión de los recursos naturales                                                                   |
| <b>Responsable</b>            | Domínguez Ballona, Leticia                                                                                    |
| <b>Asesor</b>                 | Dr. Cabrera Carranza, Carlos Francisco                                                                        |

| Autores | Ámbito de procedencia | Taxón |       |         |         |
|---------|-----------------------|-------|-------|---------|---------|
|         |                       | Reino | Clase | Familia | Especie |
|         |                       |       |       |         |         |
|         |                       |       |       |         |         |
|         |                       |       |       |         |         |
|         |                       |       |       |         |         |

  
Dr. Carlos F. Cabrera Carranza  
CIP. 46572

DNI.17402784



Dr. Luis Alberto Ordóñez  
Sánchez  
CIP:23306  
DNI: 00844670



Ing. Ramírez Caján, Alfonso

DNI 44827933

**Ficha 3: Parámetros fisicoquímicos de las aguas de lastre**

|                               |                                                                                                               |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Título</b>                 | Aguas de lastre de buques y sus efectos biológicos en la calidad del agua de mar: Revisión sistemática, 2020. |
| <b>Línea de investigación</b> | Calidad y gestión de los recursos naturales                                                                   |
| <b>Responsable</b>            | Domínguez Ballona, Leticia                                                                                    |
| <b>Asesor</b>                 | Dr. Cabrera Carranza, Carlos Francisco                                                                        |

| <b>Autores</b> | <b>Puerto de procedencia</b> | <b>Temperatura (°C)</b> | <b>pH</b> | <b>OD (mg/l)</b> | <b>Conductividad Eléctrica (μS/cm)</b> | <b>Salinidad (UPS)</b> |
|----------------|------------------------------|-------------------------|-----------|------------------|----------------------------------------|------------------------|
|                |                              |                         |           |                  |                                        |                        |
|                |                              |                         |           |                  |                                        |                        |
|                |                              |                         |           |                  |                                        |                        |
|                |                              |                         |           |                  |                                        |                        |



Dr. Carlos F. Cabrera Carranza  
CIP. 46572

DNI.17402784



Dr. Luis Alberto Ordóñez  
Sánchez  
CIP:23306



Ing. Ramírez Caján, Alfonso

DNI 44827933

**Ficha 4: Parámetros fisicoquímicos de las aguas de mar**

|                               |                                                                                                               |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Título</b>                 | Aguas de lastre de buques y sus efectos biológicos en la calidad del agua de mar: Revisión sistemática, 2020. |
| <b>Línea de investigación</b> | Calidad y gestión de los recursos naturales                                                                   |
| <b>Responsable</b>            | Domínguez Ballona, Leticia                                                                                    |
| <b>Asesor</b>                 | Dr. Cabrera Carranza, Carlos Francisco                                                                        |

| <b>Autores</b> | <b>Ámbito de procedencia</b> | <b>Temperatura (°C)</b> | <b>pH</b> | <b>OD (mg/l)</b> | <b>Conductividad Eléctrica (µS/cm)</b> | <b>Salinidad (UPS)</b> |
|----------------|------------------------------|-------------------------|-----------|------------------|----------------------------------------|------------------------|
|                |                              |                         |           |                  |                                        |                        |
|                |                              |                         |           |                  |                                        |                        |
|                |                              |                         |           |                  |                                        |                        |
|                |                              |                         |           |                  |                                        |                        |

  
 Dr. Carlos F. Cabrera Carranza  
 CIP. 46572

DNI.17402784



Dr. Luis Alberto Ordóñez  
 Sánchez  
 CIP:23306  
 DNI: 00844670



Ramírez Caján, Alfonso

**DNI 44827933**

Ing.

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Cabrera Carranza Carlos Francisco  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente/ UCV Lima Norte  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 1: Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática, Ficha 2: Especies encontradas en el agua de lastra, Ficha 3: Parámetros fisicoquímicos de las aguas de lastra, Ficha 4: Parámetros fisicoquímicos de las aguas de mar.  
 1.5. Autor(a) de Instrumento: Dominguez Ballona Leticia

### II ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70                    | 75 | 80 | 85        | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |

### III OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| SI |
|    |

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

|      |
|------|
| 90 % |
|------|

Lima, 27 octubre del 2020



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP46572

DNI N° 17402784 Telf.:945509179

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Luis Alberto Ordoñez Sánchez**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador / UCV**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Magister ciencias en gestión empresarial**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha 1: Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática, Ficha 2: Especies encontradas en el agua de lastre, Ficha 3: Parámetros fisicoquímicos de las aguas de lastre, Ficha 4: Parámetros fisicoquímicos de las aguas de mar.**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Dominguez Ballona Leticia**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70                    | 75 | 80 | 85        | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| SI |
|    |

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

|        |
|--------|
| 96.5 % |
|--------|

Lima, 26 octubre del 2020



**FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE**  
 CIP 23306  
 DNI N°00844670. Tel: 942857565

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Mg. Ramírez Caján, Alfonso
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Dirección General de Capitanías y Guardacostas
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Ingeniería Ambiental/Ciencias Ambientales
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Ficha 1: Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática, Ficha 2: Especies encontradas en el agua de lastre, Ficha 3: Parámetros fisicoquímicos de las aguas de lastre, Ficha 4: Parámetros fisicoquímicos de las aguas de mar.
- 1.5. **Autor(a) de Instrumento:** Domínguez Ballona, Leticia

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65                    | 70 | 75 | 80        | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |    | X   |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |    | X   |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |    | X   |
| 5. SUFFICIENCIA    | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |    | X   |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |

**OPINIÓN DE APLICABILIDAD-**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

**III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

97 %

Lima, 6 de diciembre del 2020


**FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE**