



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL

**Detergentes y eutrofización en lagos y ríos: Una Revisión
Sistemática, 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Paredes García, Jhoan Michel (orcid.org/0000-0003-2652-0111)

Roldán Panaifo, Danner Michell (orcid.org/0000-0003-2274-816X)

ASESORA:

Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline (orcid.org/0000-0002-9965-9678)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de Residuos

TARAPOTO- PERÚ

2022

Dedicatoria

Danner Michell Roldan Panaifo

Quiero dedicar de manera especial a Dios todo poderos que me ilumina y acompaña en nuestros logros y metas, él que me acompaña y brinda sabiduría.

También a todos mis familiares que estaron siempre a mi lado apoyándome emocionalmente, a mi gran y dedicada docente que siempre estuvo guiándome en todo este proceso

Jhoan Michel Paredes García

A mí adorada esposa y mis queridos padres por el apoyo incondicional y por todo el esfuerzo y paciencia que me brindaron. A mi hijo por ser el motivo de superación e inspiración para lograr esta nueva meta en mi vida profesional.

Agradecimiento

Danner Michell Roldan Panaifo

Dar Gracias a Dios por guiarme y cuidarme en cada paso dado, que gracias a él logre concluir exitosamente carrera, y por seguir guiándome por el camino del éxito

Agradecer mucho a mi docente y por la mano dura que q me ha servido muchísimo para alcanzar mi meta y mis éxitos, gracias por enseñarme y educarme

Agradecerte a ti mamita, padre por su gran apoyo en este proceso.

Jhoan Michel Paredes Garcia

En primer lugar agradezco a Dios por ser esa luz de inspiración y A mi esposa mis padres y mi hijo por brindarme todo ese apoyo incondicional emocional y económico para poder lograr mis metas trazadas en esta etapa de mi vida profesional. Igualmente a mi asesora de tesis por brindarnos todos sus conocimientos incondicionalmente.

Índice de contenido

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Índice de anexos	vii
Índice de abreviaturas	viii
Resumen.....	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	11
II. MARCO TEÓRICO	16
III.METODOLOGÍA.....	35
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	35
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística	35
3.3. Escenario de estudio.....	38
3.4. Participantes	38
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	38
3.6. Procedimientos.....	38
3.7. Rigor científico	41
3.8. Métodos de análisis de datos	41
3.9. Aspectos éticos	41
IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
V. CONCLUSIONES	68
VI.RECOMENDACIONES.....	70
REFERENCIAS	71
ANEXOS.....	87

Índice de tablas

Tabla 1: Matriz de categorización apriorística	36
Tabla 2 Resumen de búsqueda	40
Tabla 3: Características de la revisión: Composición de los detergentes en lagos y ríos con eutrofización	43
Tabla 4: Características de la revisión: Efectos en los parámetros químicos de los lagos y ríos	50
Tabla 5: Características de la revisión: Efectos en los parámetros físicos de los lagos y ríos	55
Tabla 6: Características de la revisión: Efectos en la biodiversidad de los lagos y ríos	57
Tabla 7: Características de la revisión: Tipos de tratamiento para la eliminación de residuos de detergentes en los lagos y ríos.....	63
Tabla 8: Capacidad de remoción de los tratamientos de eliminación de residuos de detergentes	66

Índice de figuras

Figura 1: Detergentes: Grupo de tensoactivos	23
Figura 2: Efectos de los detergentes	27
Figura 3: Eutrofización.	28
Figura 4: Ciclo de eutrofización	29
Figura 5: Efectos de la eutrofización en los lagos y ríos.	31
Figura 6: Sistematización de las artículos. Fuente: Elaboración propia.	39
Figura 7: Composición de los detergentes en lagos y ríos con eutrofización.....	47

Índice de anexos

Anexo 1: Matriz de la categorización de las variables	88
Anexo 2 Instrumento de recolección de datos	90

Índice de abreviaturas

- DBO : Demanda biológica de oxígeno
- LAS : Sulfonato de alquilbenceno lineal
- N : Nitrógeno
- N/P : Relación nitrógeno y oxígeno
- NTU : Unidad de Turbidez Nefelométrica
- OD : Oxígeno disuelto
- P : Fósforo
- Ph : Potencial de hidrógeno
- Pt/Co : Escala platino-cobalto
- STPP : Tripolifosfato de sódio
- TSI : Índice de estado trófico

Resumen

Desde hace muchos años la eutrofización en lagos y ríos es un tipo de contaminación muy común, el cual se genera por el vertido constante de aguas residuales con detergentes. En ese sentido, a través del desarrollo de una revisión sistemática se definió en el estudio como propósito general, evaluar la influencia de los detergentes en la eutrofización de lagos y ríos. La investigación aplicada presentó un enfoque cualitativo y se empleó el análisis documental como método de recolección de información. Se encontraron 282 artículos y según los criterios de inclusión, exclusión y de acuerdo con su relevancia, se seleccionaron 30 artículos científicos de revistas indexadas pertenecientes al periodo 2018 – 2022 en función a las categorías composición de detergentes, impacto y efectos de la eutrofización, y tratamiento para la eliminación de residuos de detergentes. Los resultados expusieron que la composición de los detergentes en lagos y ríos con eutrofización está caracterizada por tensoactivos (56%), constructores (33%), agentes blanqueadores y aditivos (11%). Además, los tipos de tratamiento biomanipulación, electrocoagulación, el uso de macrófitas, la radiación ultrasónica y tratamiento con hidróxido doble en capas evidencian una capacidad de remoción mayor a 50%. Al finalizar la investigación se concluyó que los detergentes influyen significativamente en la eutrofización ya que estos productos a través de la presencia de sus componentes justifican su aparición y desarrollo dentro de las aguas lo que genera variaciones físicas, químicas en sus características y graves consecuencias biológicas.

Palabras clave: Detergentes, eutrofización, lagos, ríos, contaminación.

Abstract

For many years, eutrophication in lakes and rivers has been a very common type of pollution, which is generated by the constant discharge of wastewater containing detergents. In this sense, through the development of a systematic review, the general purpose of the study was to evaluate the influence of detergents on the eutrophication of lakes and rivers. The applied research presented a qualitative approach and documentary analysis was used as a method of data collection. A total of 282 articles were found and according to the criteria of inclusion, exclusion and according to their relevance, 30 scientific articles from indexed journals belonging to the period 2018 - 2022 were selected based on the categories composition of detergents, impact and effects of eutrophication, and treatment for detergent waste disposal. The results exposed that the composition of detergents in lakes and rivers with eutrophication is characterized by surfactants (56%), builders (33%), bleaching agents and additives (11%). In addition, the types of treatment biomanipulation, electrocoagulation, the use of macrophytes, ultrasonic radiation and treatment with double hydroxide in layers show a removal capacity greater than 50%. At the end of the research it was concluded that detergents have a significant influence on eutrophication since these products, through the presence of their components, justify their appearance and development in the water, which generates physical and chemical variations in their characteristics and serious biological consequences.

Keywords: Detergents, eutrophication, eutrophication, lakes, rivers, pollutio

I. INTRODUCCIÓN

Los lagos y ríos constituyen una fuente de diversos servicios ecosistémicos, representando un recurso fundamental para los individuos y el desarrollo cotidiano de sus actividades; sin embargo, desde hace muchos años el uso de los detergentes viene provocando diversos procesos de contaminación en las aguas, como es el caso de la eutrofización, la cual se deriva de los altos niveles de fósforo que se emplea en la elaboración de los mismos (Cortes y Jiménez 2019).

La eutrofización consiste en un fenómeno ambiental que produce daños irreversibles en los ecosistemas acuáticos, caracterizado por el enriquecimiento excesivo de fósforo o nitrógeno ocasionado por el vertido de desechos que favorecen el acrecentamiento de materia orgánica y que genera un incremento precipitado de las algas u otras floras verdes sobre el agua, cubriendo así la superficie (Wurtsbaugh, Paerl y Dodds 2019).

En ese sentido, la acción antrópica simbolizada por el descargo de aguas con detergentes precipita el proceso de eutrofización que puede desencadenar en la pérdida de los recursos hídricos naturales, considerando que los detergentes son productos químicos sintéticos caracterizados por poseer propiedades de limpieza y que se utilizan principalmente en el lavado doméstico y limpieza personal, por lo que sus desechos son vertidos constantemente en las aguas, cuya composición se conforma de tensoactivos (aniónicos catiónicos, no iónicos y anfóteros), constructores (fosfatos, nitratos, silicatos, ácido etilendiaminotetraacético - EDTA, carbonatos y zeolitas), agentes blanqueadores como el perborato de sodio y el hipoclorito de sodio, junto con los aditivos clasificados como enzimas, perfumes, polímeros y colorantes (Saksonov, Balayan y Stom 2019).

Tales componentes de acuerdo con Yu, Zhao y Andrew (2008, citado en Cheng et al. 2020) genera impactos tanto en los parámetros químicos del agua, incrementando los niveles de nutrientes como fósforo, nitrógenos, exceso de clorofila y variación del potencial de hidrógeno, como en los parámetros físicos (temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y transparencia); asimismo tienen efectos negativos en la biota de lagos y ríos.

Dicha problemática es una preocupación común alrededor del mundo, debido al desconocimiento de los efectos del empleo de detergentes, cuyos residuos se vierten desmedidamente en las aguas naturales; por ejemplo en Egipto al estudiar los desechos de detergentes tensoactivos en el lago Burullus, se evidenció como efecto físico que el nitrógeno osciló de 0.52 a 10.33 mg/L y una variación de oxígeno disuelto de 19.87 a 0.9 mg/L y en cuanto a parámetros químicos el fósforo evidenció un valor alto de 60.96 mg/L y la clorofila de 6.25 a 383.81 µg/L, cuyos niveles altos explican efectos biológicos como el exorbitante crecimiento de fitoplancton y la generación de algas tóxicas (Alprol et al. 2021).

En el caso de Fachrul et al. (2020), en Indonesia dieron a conocer que las aguas residuales ricas en detergentes con constructores vertidas en el lago Maninjau conllevaron a la generación de eutrofización por el exceso de fosfatos (0.12 - 0.54 mg/L) y nitratos (0.02 - 0.40 mg/L) que causaron efectos negativos en los parámetros físicos y en la biodiversidad, como la presencia excesiva de cianobacterias y resultados desfavorables en la reproducción y migración de muchos animales acuáticos. Asimismo, Thoo, Siuda y Jasser (2020) dieron a conocer que los detergentes compuestos por fosfatos y percarbonato de sodio arrojados en las aguas de un lago en Polonia, provocaron la floración excesiva de algas nocivas como Cryptophyceae y Chlorophyceae y afectaron el nivel de supervivencia de la comunidad de zooplancton como es el caso de las Daphnias. En Ecuador, los habitantes del distrito de Jipijapa no conocen ni muestran interés por las consecuencias que ocasionan sus actividades sobre el sistema hídrico principal de la localidad por el uso de los productos con detergentes que contienen compuestos aditivos con enzimas y perfumes (Cadenas, Parrales y Osejos 2019).

Igualmente, Holmberg (2018) señalan que las enzimas y tensoactivos son empleados de manera amplia en la fabricación de detergentes, cuya combinación genera alteraciones tanto en los niveles de oxígeno disuelto y temperatura, como también en la estructura de la comunidad microbiana de los cuerpos de agua, propiciando la aparición de cianobacterias, otros microorganismos patógenos y algas dañinas para la flora y fauna acuática. Por su parte Bhojar (2021) expone el caso del lago Ambona - India en donde el vertido de aguas residuales con detergente provocó eutrofización y afectó la transparencia y conductividad del agua

del recurso, como también encontraron que otros parámetros físicos-químicos como el potencial de hidrogeno (pH) exceden los límites permisibles; además menciona que los detergentes al conllevar a procesos de eutrofización ocasiona como principal consecuencia condiciones de hipoxia debido al exceso de crecimiento de plantas u otros organismos, los cuales durante su crecimiento y descomposición, consumen una gran proporción de oxígeno disuelto y aportan materia orgánica en abundancia, por consiguiente los animales acuáticos comienzan a morir.

Por otro lado, en el Río Magdalena-Colombia investigadores han determinado que la extensión del riesgo de eutrofización es significativa debido al incremento de la acumulación de fósforo, nitrógeno y clorofila generado por detergentes tensoactivos (Moreno 2018). De igual manera, en Perú se observa que la eutrofización ha ido avanzando considerablemente en las últimas décadas por el desarrollo de los centros urbanos, conllevando a que diversos ecosistemas acuáticos se estén deteriorando principalmente por la descarga de desechos líquidos compuestos por detergentes con agentes blanqueadores (Duran et al. 2021).

Si bien el impacto de los detergentes en los parámetros físicos de las aguas superficiales es evidente, la biodiversidad también se ve afectado de manera significativa, tal como manifiestan Bashir et al. (2020), quienes exponen que los niveles de eutrofización que ocasionan los detergentes desencadenan la destrucción de los ecosistemas acuáticos, extinguiendo plantas y animales. También Novak, Gostinčar y Gunde (2020) indican que conlleva a la multiplicación excesiva de algas nocivas que producen toxinas dañinas para los seres vivos, al igual que la presencia o proliferación de microorganismos patógenos que aumenta la biomasa, incrementa la tasa de sedimentación, disminuye la diversidad de especies y pueden desarrollarse condiciones anóxicas, y esto podría dar lugar a cambios en las especies dominantes de la biota acuática.

Ante la presencia de tal fenómeno Mousavi y Khodadoost (2019) sostienen que es importante la aplicación de métodos para tratar los residuos de detergentes que se encuentran dentro de los lagos y ríos, buscando de esa manera su eliminación, como por ejemplo la biomanipulación, radiación ultrasónica, sistemas de tratamiento biológicos, entre otros. De manera específica Chen et al. (2020)

precisan que la biomanipulación es una herramienta basada en la naturaleza, siendo una solución eficiente y rentable para la restauración de los ecosistemas degradados, la cual consiste en alterar la densidad de ciertas especies para llevar el recurso hídrico a un estado de claridad, transparencia, entre otros.

En ese sentido, el interés por desarrollar la investigación nace con el fin de actualizar y descentralizar información relevante en cuanto a los detergentes y la eutrofización y de ese modo ofrecer una visión general e integrada sobre las consecuencias que origina la presencia de residuos de detergentes en lagos y ríos, por lo que se ha recopilado todos los efectos que estos generan, dando a conocer los principales métodos de tratamiento, los cambios físicos-químicos y las características de los recursos hídricos cuando los componentes de dichos productos tales como los tensoactivos, constructores, agentes blanqueadores y aditivos, ingresan a los cuerpos de agua.

El estudio se justifica por su implicancia teórica ya que se considera los diversos aportes teóricos, conceptos y resultados que obtuvieron diferentes autores al realizar estudios referentes a los detergentes y la generación de eutrofización; además, gracias al estudio se podrá presentar los aspectos y componentes más relevantes de las categorías considerando investigaciones de los últimos años (2018 - 2022). También desde un enfoque ambiental por cuanto los resultados que se planteen serán en relación con la búsqueda de información relevante y científica sobre los detergentes y la eutrofización en aguas superficiales, permitiendo una exploración de diversos tratamientos para reducir su impacto en el ambiente, además socialmente, el estudio se justifica debido a que con la información a presentar en la investigación dotará de información necesaria y fundamental a la comunidad y a los encargados de los gobiernos municipales para tomar medidas que perjudican el sector en conjunto, mediante uso o aplicación de nuevas prácticas. Desde un enfoque económico, el estudio corresponde a la búsqueda de métodos de tratamiento de aguas superficiales con eutrofización provocada por detergentes lo cual permitirá determinar la forma de tratamiento óptima y viable que se podría emplear para la mejora de los lagos y lagunas eutróficos, impactando en el desarrollo sostenible de las comunidades. Finalmente, desde un enfoque metodológico, el estudio permite delimitar los procedimientos de una revisión

sistemática que pueden ser replicados en temas similares o complementarios al detergente y eutrofización en aguas residuales respectivamente.

Por tal razón, la investigación buscó efectuar un análisis sistemático que permita conocer los principales factores y componentes que involucran la eutrofización del agua provocada por la utilización de detergentes. En función a ello, se plantea la siguiente interrogante:

PG: ¿Cuál es la influencia de los detergentes en la eutrofización de lagos y ríos?

También, se tiene como problemas específicos:

PE1: ¿Cuál es la composición de los detergentes en lagos y ríos con eutrofización?

PE2: ¿Cuál es el impacto y los efectos de la eutrofización por contaminación de detergentes en los lagos y ríos?

PE3: ¿Cuáles son los tipos de tratamiento para la eliminación de residuos de detergentes en los lagos y ríos?

Asimismo, el estudio plantea como propósito general:

OG: Analizar la influencia de los detergentes en la eutrofización de lagos y ríos.

Además, formula como objetivos específicos:

OE1: Analizar la composición de los detergentes en lagos y ríos con eutrofización.

OE2: Analizar el impacto y los efectos de la eutrofización por contaminación de detergentes en los lagos y ríos.

OE3: Analizar los tipos de tratamiento para la eliminación de residuos de detergentes en los lagos y ríos.

II. MARCO TEÓRICO

Para brindar mayor sustento bibliográfico a la investigación fue necesario analizar diversos trabajos previos con la finalidad que contribuyan a una mejor comprensión del objeto de estudio.

Atici (2021) estudió los componentes de los detergentes tensoactivos y constructores y los cambios que generan en las aguas del lago Van, a través del cual pudo concluir que el lago evidencia eutrofización y que los detergentes con características aniónicas cuentan con niveles superiores de sulfonatos de alquilbenceno (LAS) por lo que en los cuerpos de agua analizados el fosfato osciló entre 0.40 mg/l - 0.96 mg/l y respecto a la medidas de oxígeno disuelto estimó valores desde 13.59 hasta disminuir a 2.76.

Conci et al. (2020) dieron a conocer que el vertido de detergentes tensoactivos y con agentes blanqueadores es el principal determinante de la eutrofización de cuerpos de agua ya que las contribuciones humanas al aumento del ciclo de fósforo y nitrógeno (parámetros físicos) por medio de la biosfera, arriesgan la existencia de ecosistemas en las aguas superficiales, dando como consecuencia la generación de algas tóxicas y la reproducción desmedida de cianobacterias que impactan negativamente la vida de los animales acuáticos debido a la disminución del nivel de oxígeno.

Villabona, Tejada y De La Rosa (2020) analizaron el nivel y las características de los residuos detergentes en un lago de Cartagena, concluyendo que el componente más relevante es el tensoactivo aniónico del sulfonato de alquilbenceno lineal y por cada dos litros de agua se presentaba 1.2 gramos de detergente con una concentración de LAS de 186 mg/L, lo que causó un daño significativo a las branquias de los peces; asimismo, por medio de la electrocoagulación obtuvo una mayor remoción de detergentes presentes en el lago en un 69.11% al emplear electrodos de hierro, a comparación de electrodos de aluminio con un 65.55% reflejando menores cambios en el pH y la conductividad del agua.

Minareci, Cakir y Minareci (2018) analizaron los detergentes como principales fuentes de contaminación y generación de eutrofización en las aguas del río Buyuk, descubrieron que en las aguas superficiales con eutrofización el 50% es causado

por detergentes aniónicos con una concentración promedio mensual de 0.2345 por mg/L y presencia de fosfatos de 0.0181 mg/L; en cuanto a parámetros físico-químicos los resultados fueron: pH 8.24, temperatura 15.6 °C, oxígeno disuelto 6.04 mg/L, se encontró sustancia soluble total 426 mg/L y conductividad 470 microsiemens ($\mu\text{S}/\text{cm}$); como alternativa de solución destacan el método de biomanipulación como forma de tratamiento para la eliminación o reducción de los ingredientes de los detergentes que se encuentran en las aguas.

Irawan et al. (2020) investigaron los fosfatos y aniones de los detergentes encontrados en las aguas de un lago de Banjarbaru y su eliminación, a través del cual concluyeron que la eutrofización exhibida era producto de una alta concentración de fosfatos (51.50 mg/L); además, determinaron que los métodos de coagulación-precipitación y biológicos son las formas de tratamiento más aceptados para la eliminación de fosfatos y aniones, empleando los hidróxidos dobles en capa (LDH) mostrando una eficiencia de más del 90% ya que se redujo a 2 mg/L, siendo el pH óptimo para el proceso de remoción alrededor de 8.5 ± 0.2 .

Fachrul et al. (2020) evaluaron la distribución de nitratos, fosfatos y relación N/P (Nitrógeno / Fósforo) en el lago Maninjau que muestra evidencias de eutrofización; determinaron que la descarga de aguas residuales con detergentes compuestos por constructores es el causante de la presencia de eutrofización, dando como resultado que el nitrógeno y el fósforo limitan la productividad biológica principal en los lagos, mostrando una relación N/P de 0.29 - 0.58 que indica una adición excesiva de elementos de fosfato en las aguas (0.12 - 0.54 mg/L) así como la concentración de nitratos (0.02 y 0.40 mg/L), ambos superiores al estándar de calidad.

Belizario et al. (2019) en su estudio midieron los niveles de fosfatos, nitratos y otros componentes que se encuentran dentro del río Coata, cuyos resultados determinaron que los ambientes acuáticos con cercanía a las urbanizaciones manifiestan concentraciones elevadas de fosfatos (< 10.287 mg/L) que alteran los parámetros del agua, por lo que el esparcido continuo de detergentes (agentes blanqueadores y aditivos) añaden cantidades excesivas de fosfatos lo que provoca cambios en la temperatura ($13^\circ - 16^\circ$), pH (9.80), evita que las algas que se encuentran en el fondo del agua realicen la fotosíntesis y por consiguiente conlleva

a la disminución de la cantidad de oxígeno; además, afecta la velocidad de las fases fisiológicas de organismos como por ejemplo el proceso de respiración microbiana, lo cual incide negativamente en el proceso natural de autopurificación del agua.

Gomes y Silva (2018) evaluaron los aportes de los detergentes constructores y con agentes blanqueadores a la presencia excesiva del fósforo en el agua y sus impactos más significativos, concluyeron que los detergentes con tripolifosfato de sodio o STPP (25.27% - 40%) son los más comunes que se presentan en lagos caracterizados por niveles altos de eutrofización; asimismo, el exceso de fósforo en el agua tiende a aumentar la productividad biológica, lo que puede desencadenar una reducción drástica de la disponibilidad de agua, con una disminución de su calidad y cantidad, de manera que afecta la conservación y existencia de los ecosistemas acuáticos, produce la generación de algas de carácter tóxico y microorganismos dañinos.

Falconi et al. (2020) evaluaron los efectos de la utilización de detergentes en el río Huaura; los autores evidenciaron que el proceso de eutrofización que se manifiesta en el recurso hídrico se debe al alto contenido de fósforo del tripolifosfato que se encuentran en los detergentes constructores; aparte de ello pudieron determinar que las aguas con detergentes presentan un pH superior y fosfatos con valores superiores, ocasionando la interrupción en la mezcla de oxígeno atmosférico junto al agua, así como la depreciación del oxígeno disuelto, que conlleva a aminorar la tensión superficial y dificulta el proceso de floculación, causando daños significativos a la flora y fauna del río.

Mousavi & Khodadoost (2019) estudiaron las consecuencias que genera la utilización de los detergentes en las afluentes, exhibiendo que los detergentes, debido a su baja biodegradabilidad, espuma, toxicidad y alta absorbancia de partículas tiene efectos como la reducción de calidad natural del agua, cambios de pH, eutrofización, reducción de la luz, transmisión y el aumento de la salinidad en las fuentes de agua; igualmente, explican que las altas concentraciones de detergentes que contienen tensioactivos en el medio ambiente acuático crean una capa de espuma en la superficie, lo que reduce la velocidad a la que el oxígeno pasa del aire al agua, provocando la incapacidad de los organismos para absorber oxígeno, lo que a su vez provoca un efecto dañino al destruir los ecosistemas.

Billur (2019) analizó las concentraciones de detergentes y los efectos físico-químicos producidos en las afluentes de agua dulce cercanas a la Isla Príncipe, por lo cual pudo concluir que los detergentes compuestos por aniónicos (sulfonato de alquibenceno) son los que más cubren las aguas superficiales cuyos parámetros van desde 18.05 a 72.98 mg/L; también determinó que los rangos de valores de fosfatos y clorofila fueron de 18.32 - 31.18 mg/L y 0.31- 6.35 mg/L, respectivamente; además, explica que la eutrofización al generar algas *dolichospermun* ocasiona problemas ambientales en la flora acuática como el deterioro histológico de los peces.

Lin et al. (2021) analizaron 120 artículos que explicaban los niveles de eutrofización en los lagos y mediante una revisión sistemática pudieron establecer que el fósforo y el nitrógeno impulsan las transformaciones en las aguas y sedimentos; por lo cual pudieron concluir que la eutrofización se produce debido a desechos de detergentes compuestos por tensoactivos como aniónicos y catiónicos; como consecuencia de ello hubo una rápida proliferación de fitoplancton y la reducción de las concentraciones de nutrientes, lo que provoca un aumento de los sedimentos que obstruyen las agallas de los peces, minimiza su capacidad de crecimiento o reproducción y disminuye su resistencia a enfermedades.

Morell et al. (2020) analizaron los determinantes relacionados a los procesos de eutrofización, estimando con un 85% que los factores de contaminación son por materia orgánica y caracterización de residuales de detergentes constructores; asimismo los compuestos nitrogenados y coliformes cuentan con niveles superiores a lo normado, concernientes a la utilización de detergentes y a la descomposición de compuestos orgánicos; además, resaltan la agresividad de aportes de fósforo y nitrógeno, ocasionando que en las aguas del río de la Bahía de Cuba el pH disminuya de 8.2 a 7.9 mg/L, el oxígeno disuelto de 8.2 a 6.5 mg/L y el nivel de clorofila se incremente de 3.9 a 18.3 mg/L.

Alprol et al. (2021) analizaron las características químicas y físicas del lago Burullus para evaluar su estado de eutrofización, descubriendo que la temperatura osciló entre 14.47°C - 31.23°C, el oxígeno disuelto varió de 0.9 a 19.87 mg/L. debido al incremento exorbitante de fitoplancton y la generación de algas tóxicas *nostoc sphaericum* que terminó conllevando al incremento de la materia orgánica; además,

el fósforo evidenció un valor alto de 60.96 mg/L, el nitrógeno osciló de 0.52 a 10.33 mg/L y la clorofila de 6.25 a 383.81 µg/L, tales efectos químicos y biológicos afectaron la vida de los peces, anfibios u otros animales ya que el nivel de oxígeno disminuyó luego del incremento de la demanda biológica de oxígeno, que fue causado por la muerte de las algas.

Li et al. (2018) evaluaron los parámetros químicos y físicos del agua para determinar la situación eutrófica en un lago de China, pudiendo concluir que la contaminación por nitrógeno total (TN) y fósforo total (TP) son los elementos que impulsan la eutrofización en los humedales y lagos, variando entre 1.633 y 8.533 mg/L y de 0.933 a 2.267 mg/L respectivamente; también revelaron que la eutrofización conduce a un aumento excesivo de la biomasa de fitoplancton, lo que a su vez provoca que el nivel de oxígeno disuelto en el agua se reduzca conllevando a condiciones anóxicas perjudiciales para los animales acuáticos.

Ayele & Atlabachew (2021) investigaron los impactos de la eutrofización en lagos y dieron a conocer que en la mayoría de cuerpos de aguas la concentración alta de fosfatos, nitratos y el nivel superior de clorofila son los criterios comunes para clasificarlos en eutróficos; por tanto, concluyeron que las ciudades urbanizadas y las aguas concentradas de fosfatos debido a residuos de detergentes constructores vertidos, son los factores críticos que impulsan la eutrofización, siendo sus efectos la destrucción de ecosistemas acuáticos, la muerte de especies que potencian la presencia de especies invasoras que reemplazan a las endémicas y también generan bacterias letales (*microcystis aeruginosa* y *dolichospermum*) para mamíferos o aves que consumen las aguas.

Romero (2020) describió las principales características y elementos de la eutrofización como causantes de la contaminación de aguas naturales; determinó que la contaminación química es la que causa mayor daño a los medios acuáticos cuyos principales contaminantes son gases que producen dentro de ellos como el H₂S (ácido sulfhídrico), N₂O (Óxido nitroso), Sulfuro de dimetilo y CO (Monóxido de carbono); también productos vertidos al agua como detergentes compuestos por tensoactivos, constructores y enzimas; por ello, concluyó que la expulsión de emisiones ricas en nitrógeno y fósforo originados de los detergentes altera el equilibrio biológico entre la flora y la fauna del ecosistema, que producen la

proliferación de algas *microcystis aeruginosa* que empiezan a crecer excesivamente.

García Nieto et al. (2019) estudiaron las condiciones en las que se produce un crecimiento anormal de algas y el proceso de eutrofización en el Lago Englishmen, los resultados al analizar muestran del cuerpo dieron como resultado la presencia de cianobacterias, diatomeas y euglenófitos con valores medios de 0.6900 mg/L, 1.3505 mg/L y 1.1774 mg/L, respectivamente. En cuanto a parámetros físicos y químicos, la temperatura del agua tuvo una media de 17.0381 °C, una turbiedad de 5.5844 NTU (Nephelometric Turbidity Unit), concentración de nitratos de 0.8310 mg/L, oxígeno disuelto de 9.0201, pH de 7.7754 y conductividad de 277.1844.

Suprihatin y Aselfa (2020) estudiaron el método de electrocoagulación como tratamiento para eliminación de compuestos de detergentes en un lago de Indonesia, como resultado contemplaron que los niveles de fosfatos en forma de tripolifosfato de sodio (STPP), los compuestos de nitrógeno y los aditivos son los residuos que causan una eutrofización excesiva en el agua; además, el lago tenía una concentración de fosfato de 18.28 mg/L, un pH superior a lo normado entre 7.20 ± 0.14 , un grado superior de turbiedad de 169.10 ± 3.18 ; al concluir determinaron que las concentraciones de fosfato tratadas mediante el método mostraron una disminución desde 18.82 a 2.89 mg/L lo cual se explica porque los iones negativos (PO_4^{-3}) se une con los iones Al_3^+ .

Quispe et al. (2021) analizaron el nivel de eliminación de nitrógeno y fósforo provocado por los desechos compuestos por detergentes que son regados en las aguas, mediante plantas acuáticas emergentes; cuyos hallazgos demostraron que la *Eichhornia crassipes* (70% - 80%) y *Lemna minor* (55%-60%) mostraron alta capacidad de remoción; minimizando los niveles de nitrógeno de 0.35 a 0.09 mg/L y de 5 a 0.53 mg/L en el caso de fósforo.

Respecto a la fundamentación teórica de las categorías de estudio, a continuación, se describe las definiciones, características y elementos que se relacionan a ellas. En primera instancia, los detergentes son definidos por Kotti et al. (2018) como productos químicos sintéticos caracterizados por poseer propiedades de limpieza y que se utilizan principalmente en el lavado doméstico y limpieza personal. De igual manera Paolotti et al. (2019), establecen que son sustancias originarias de aceites minerales que tienen como principal finalidad limpiar y que solo o junto al agua u otra sustancia incrementa la eficacia de los lavados. Asimismo, Katalin (2018) indica que son productos de limpieza que tienen como principal función disolver mugre a través de un agente surfactante o agente limpiador; en pocas palabras contribuyen a la eliminación de la suciedad.

También Sampei et al. (2019), revelan que son sustancias empleadas para optimizar la eficacia del lavado en agua gracias a su capacidad física-química de peptizar, lo cual significa que al diluirse en líquidos, destruye y esparce partículas compuestas por suciedad que están en la ropa, utensilios de cocina u otros objetos. En ese sentido, se puede decir que los detergentes son sustancias que tienen como propiedad química fundamental disolver impurezas o suciedad de un objeto sin corroerlo.

Kotti et al. (2018) señala que los detergentes están compuestos por diferentes ingredientes los cuales se pueden agrupar de la siguiente manera: En primer lugar, los **tensoactivos** son aquellas sustancias que intervienen por tensión superficial dentro de la zona de unión entre dos tipos diferentes de etapas; son moléculas orgánicas que alteran las fuerzas de magnetismo de moléculas que forman parte de una sustancia líquida, en la superficie de contacto con un sólido; es decir ayudan a disolver sustancias insolubles en agua con la finalidad principal de facilitar la limpieza y desprender la suciedad.

Por ello, según su carácter iónico los detergentes se clasifican en: **a) Aniónicos:** detergentes que liberan cargas negativas, es decir aniones en determinadas soluciones acuosas y su parte hidrófila está cargada negativamente por lo que suelen utilizarlos por su poder espumante (Pozo-Antonio et al. 2020). **b) Catiónicos:** Son aquellos que se ionizan en agua para suministrar iones orgánicos que están cargados positivamente; **c) No iónicos:** No se ionizan y se disuelven por medio de un resultado combinado con un número particular de hidrófilos (Mathew,

Nimmy y Sinju 2018). **d) Anfóteros:** Detergentes no activos que tienen propiedades limpiadores suaves, caracterizado por poseer moléculas positivas y negativas (Bae et al. 2021).


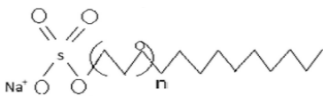
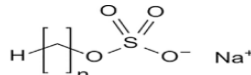
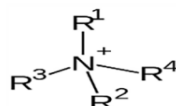
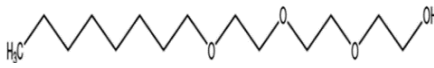
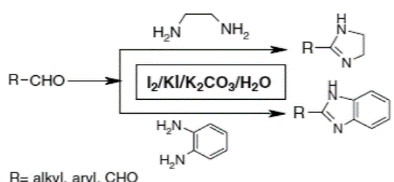
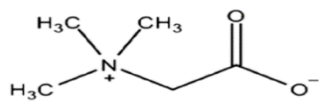
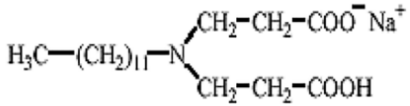
Tipo	Estructura	Fórmula
Tensoactivos aniónicos		
Sulfonato de alquilbenceno	$\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_x-\text{CH}-\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_y-\text{CH}_3$  $\text{SO}_3^- \text{Na}^+$	$\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na}$
Etoxisulfatos de alcohol		$\text{C}_{12}\text{H}_{26}\text{Na}_2\text{O}_5\text{S}$
Alquilo sulfato de sodio		$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OSO}_2\text{ONa}$
Jabón		RCOONa
Tensoactivos catiónicos		
Amonio cuaternario		
Tensoactivos no iónicos		
Alcohol etoxilado		
Tensoactivos anfóteros		
Imidazolinas	 <p>R= alkyl, aryl, CHO</p>	$\text{C}_3\text{H}_8\text{N}_2$
Betaínas		$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{NO}_2$
Dipropionato de alquil imino (Lauriminoipropionato de sodio)		

Figura 1. Detergentes: Grupo de tensoactivos. Fuente: Lee et al. (2013, como se citó en Mousavi y Khodadoost, 2019)

En segundo lugar, según Lim, Baharudin y Ung (2019) los **constructores** también conocidos como potenciadores, retienen el magnesio y el calcio presentes en el agua, evitando que la suciedad vuelva a entrar en el tejido. Su principal característica como indica Altiparmaki et al. (2022) es que involucran componentes como: **a) Fosfatos:** Detergentes compuestos por metafosfatos (tripolifosfato de sodio), en donde el ion trifosfato crea complejos solubles en los iones de calcio, manganeso, hierro y magnesio eliminando las manchas que provocan en la ropa y ayudando a conservar las partículas de suciedad para facilitar su eliminación; **b) Nitratos:** Compuesto químico que integra oxígeno y nitrógeno que se utiliza como oxidante. Por su parte, Nekoei (2018) revela lo siguiente: **c) Silicatos:** Insumo principal que se utilizan en la fabricación de detergentes para controlar el pH en contacto con la mugre previniendo la corrosión; **d) Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA):** Es una sustancia química que se consolida fácilmente a los iones y es empleado como agente quelante. Además, en cuanto a las **e) Zeolitas** son un componente que cumple la función de ablandador del agua a través del cambio de iones de calcio o magnesio contribuyendo alcalinidad; y **f) Carbonato:** Se refiere a un compuesto que se puede usar para eliminar las manchas difíciles de las telas y es un ingrediente importante en la mayoría de los detergentes (Koohsaryan, Anbia y Maghsoodlu, 2020).

Niyonzima (2019) señala que el tercer grupo incluye a los **agentes blanqueadores**, los cuales dentro de su composición generalmente comprende perborato de sodio e hipoclorito de sodio, siendo su principal función eliminar manchas difíciles y dejar la ropa más blanca; en cuanto, al **perborato de sodio** consiste en un componente químico soluble en agua de carácter inodoro y e incoloro cuya composición química es NaBO_3 , y respecto al **hipoclorito de sodio**, se define como un conjunto de sales generadas del ácido hipocloroso (HClO) compuesto químicamente por el ion hipoclorito.

Pereira et al. (2019) menciona que el cuarto grupo consiste en los **aditivos** los cuales son componentes complementarios empleados en los detergentes para contribuir con propiedades ajenas a la acción limpiadora, dentro de los cuales están considerados: **a) Enzimas:** Son catalizadores bioquímicos que se utilizan para degradar manchas conformadas por proteínas, favoreciendo la eliminación de

suciedad; **b) Perfumes**: Involucra un conjunto de ingredientes y sustancias empleadas para dar una mejor o agradable fragancia a los detergentes (Janardhan y Waghmode 2021). Por otro lado se menciona los: **c) Polímeros** que representan un grupo compuesto por moléculas grandes que se forman gracias a enlaces covalentes de varios monómeros, los cuales son absorbidos en las superficies que presentan partículas de suciedad y **d) Colorantes** son sustancias empleadas para mantener o reforzar el grado de coloración de las prendas con el paso del tiempo (Kübelbeck et al. 2018).

De acuerdo con Horozal & Aksoy (2020), los detergentes presentan como principal característica que es un agente limpiador que se diferencia de los jabones desde el punto de vista funcional porque conserva la propiedad limpiadora aun en contacto con el agua; además menciona que para que un producto sea considerado detergente debe exteriorizarse efectivamente en la eliminación de grasas y suciedad de los tejidos sin dañarlos. Asimismo, Van Puijenbroek et al. (2018) sostienen que los detergentes deben ser solubles en el agua, no afectar los tejidos, no ser alergénico ni tóxico, tener afinidad por las grasas, capacidad para eliminar manchas y tener olor agradable.

Melati et al. (2020) determinan tres propiedades básicas de los detergentes: a) Poder humectante, ya que el primer propósito del detergente es ayudar a humedecer, considerando que el detergente mezclado con agua ayuda a penetrar más fácilmente y minimiza la tensión de contacto; b) Dispersión, que consiste en la capacidad para eliminar las suciedades compactas reduciéndolas a finas partículas; c) Suspensión, aparte de reducir la suciedad a particular, un detergente debe acabar con ella para que no se vuelva a adherir o formar a las superficies, en pocas palabras, debe emulsionar la suciedad.

Conforme a la composición Rebello et al. (2020) aluden que mayormente los detergentes se constituyen de sodio del sulfonato de benceno, otros disponen de sulfatos de cadena ramificada y de alquibenceno puesto que se degradan más lentamente que los alquibencenos lineales. Además, Gewering et al. (2018) resaltan que los elementos que comúnmente conforman los detergentes son los fosfatos que ablandan el agua y emulsionan o floculan partículas de mugre; sales sulfonadas que funcionan como agentes tensoactivos variando la tensión

superficial del agua y disminuyendo la fuerza de adhesión de suciedad al tejido de las prendas; carbonato de sodio que actúa como solubilizante de grasa; enzimas que hidrolizan las manchas; bactericidas, blanqueadores, perfumes y abrillantadores ópticos.

Chuchkalov et al. (2020) expone que los detergentes a lo largo del tiempo se han relacionado con diversos problemas medioambientales, por lo que es esencial considerar lo siguiente: a) No biodegradación en las aguas, puesto que los ingredientes más importantes en los detergentes son los tensioactivos, los cuales no son fácilmente biodegradables, alterando la solubilidad de grasas, proteínas, y por consiguiente la función de las membranas celulares biológicas, siendo tóxicos para la vida acuática. También, Buchmüller et al. (2022) señalan: b) Eutrofización: muchos de los detergentes están compuestos por fosfatos, fosfonatos o percarboxilatos, los mismos que contribuyen al crecimiento desmedido en las algas, generando el agotamiento del oxígeno en el agua y el desequilibrio significativo de los ríos y lagos; c) Blanqueadores, puesto que producen sustancias organocloradas como furanos y dioxinas, que pueden causar diversos problemas de salud y acumularse en los tejidos de los organismos acuáticos; y d) Antibacterias: existen múltiples detergentes que contienen agentes antibacterianos que pueden alterar la vida de los microorganismos acuáticos

Mousavi y Khodadoost (2019) también menciona el efecto de los detergentes en los hábitats o ambientes acuáticos, exponiendo que la degradación de tensoactivos conlleva a la generación de espuma de manera intensiva y produce una capa en la superficie de las diversas aguas impidiendo la penetración de oxígeno del aire al agua, resultando en fallas de absorción de oxígeno disuelto por los seres vivos acuáticos; además los fosfatos como componentes de los detergentes provocan la eutrofización y en consonancia el crecimiento extremo de las algas, las cuales muchas veces llegan a ser tóxicas para los organismos acuáticos conllevando a niveles altos de mortalidad y a la reducción de la biodiversidad en el ecosistema.

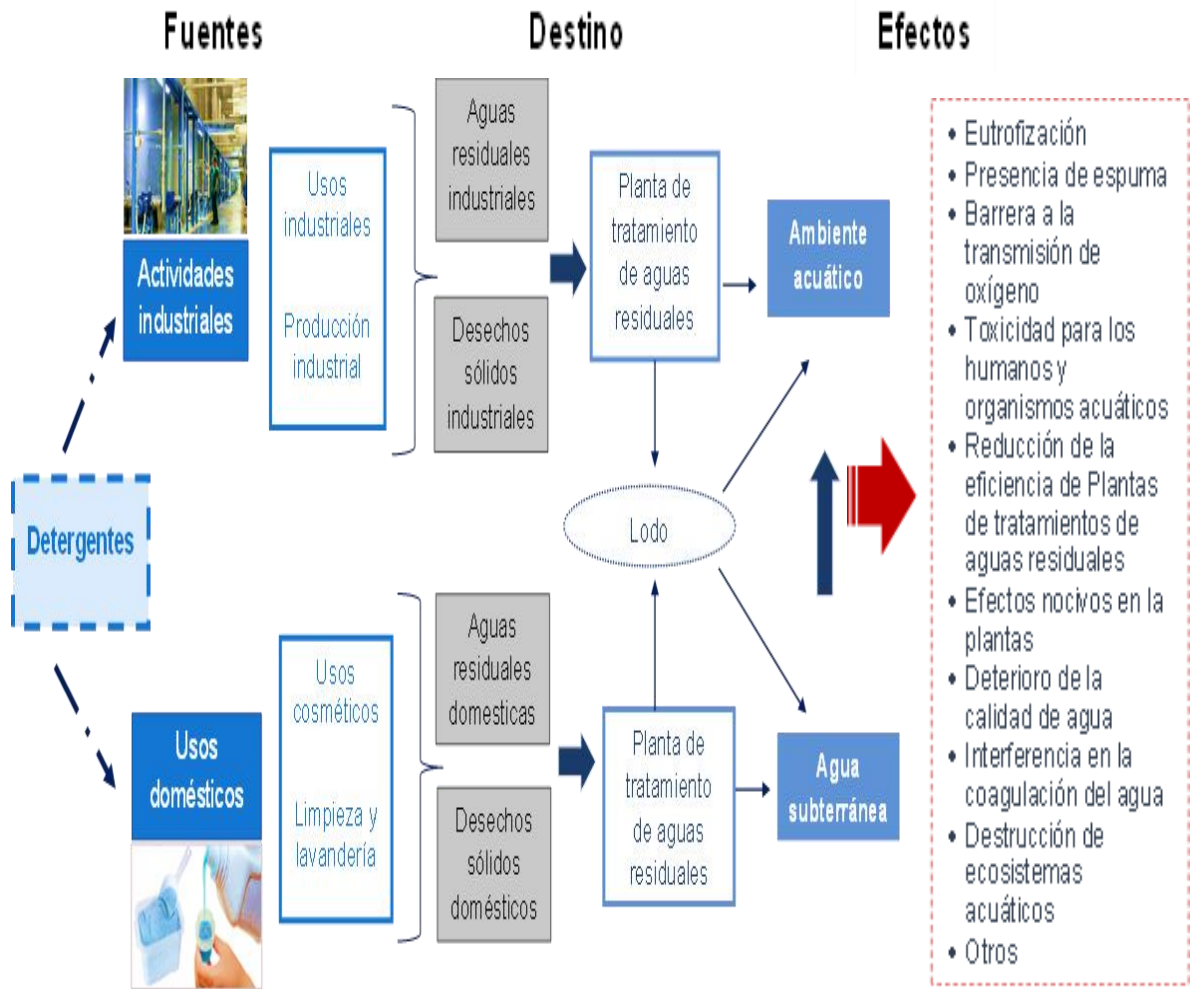


Figura 2. Efectos de los detergentes. Fuente: (Mousavi y Khodadoost 2019)

Qadri y Faiq (2020) indican que los detergentes perjudican fisiológica y bioquímicamente a los peces como por ejemplo alteran su visión, dañan su branquias, afecta negativamente su crecimiento y consumo de oxígeno. En cuanto a los microorganismos, la variedad y la proporción de bacterias en los recursos acuáticos pueden verse gravemente perjudicados debido al vertido de detergentes ya que algunos de esos productos tienen componentes antibacterianos que inhiben el metabolismo celular; asimismo, la biodegradación de los tensioactivos por parte de las bacterias autóctonas es responsable de la adherencia de las bacterias al sedimento de los ríos o lagos.

Por otro lado, la **eutrofización** es conceptualizada por Ortíz Villota et al. (2018) como el enriquecimiento de los nutrientes en un determinado ambiente acuático

que comienza luego de que el agua recibe un vertido de nutrientes producto de desechos forestales, domésticos o agrícolas, lo cual hace que la materia orgánica crezca de modo descomunal generando el crecimiento de plantas verdesas o algas que rebasa la capa superficial del agua reprimiendo que entre la luz solar a las capas inferiores. Por su parte, Capote & Lumumba (2021) indican que es la acumulación significativa de residuos orgánicos en los espacios marítimos o recursos hídricos, que conlleva a la proliferación de algas.

Asimismo, Goyenola et al. (2021) sostienen que es una fase natural propio de los medios acuáticos que se caracteriza por incrementar la concentración de nutrientes como los fosfatos y los nitratos. En pocas palabras, la eutrofización provoca la disminución de la diversidad y el aumento natural de la biomasa. Por otro lado, específicamente la **eutrofización por detergentes** es definida por Solombrino & Martinez (2021) como un proceso de contaminación manifestada en lagos, ríos o embalses, provocado por la presencia abundante de nutrientes como nitrógeno y fosforo procedentes de los detergentes, cuyos residuos al ser arrojados en un determinado ecosistema acuático conlleva a la proliferación descomedida de algas fitoplanctónicas.



Figura 3. Eutrofización. Fuente: (Aire Libre 2018)

El proceso de eutrofización inicia cuando las aguas reciben un vertido procedente de desechos de desagües, uso de fertilizantes y residuos de detergentes, los cuales provocan el aumento excesivo de nutrientes como el nitrógeno y fósforo haciendo que las algas y cianobacterias se multipliquen desmedidamente, de manera que empiezan a consumir todo el oxígeno y los animales acuáticos comienzan a morir por las condiciones de anoxia, por consiguiente se presenta un crecimiento superfluo de materia orgánica (Ver figura 4) y aumenta la DBO₅; además las algas y otras variedades de flora acuática que se sitúan sobre la superficie del agua imposibilitando el ingreso de la luz solar y propicia la aparición de mareas rojas (Cui et al. 2021). Es decir, la eutrofización significa la manifestación de cambios en las propiedades fisicoquímicas del agua que promueve el incremento en la densidad del fitoplancton y conducen a cambios en la diversidad del cuerpo acuático, lo que resulta en una disminución de la calidad del agua (Katalin 2018).

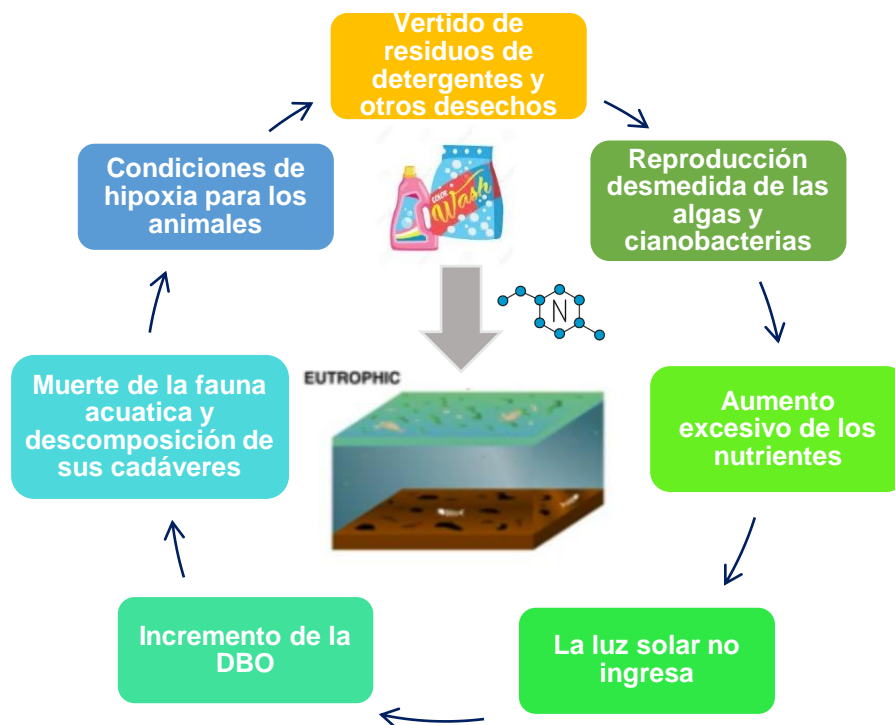


Figura 4. Ciclo de eutrofización. Fuente. Elaboración propia.

Con relación a las causas del proceso de eutrofización Wang et al. (2018) menciona: a) Contaminación por actividades urbanas, a través de residuos inorgánicos u orgánicos como por ejemplo, el fosfato; b) Contaminación de la atmósfera, debido al azufre y óxidos de nitrógeno, los cuales al generar contacto con el agua atmosférica crean iones nitrato y sulfato; c) Contaminación por la agricultura y ganadería, como abonos o fertilizantes; d) Contaminación de los bosques por causa de verter residuos forestales en los ríos. De manera similar, Vinçon-Leite & Casenave (2018) establecen que la ganadería, agricultura, los residuos urbanos (sobre todo los detergentes), la actividad industrial, la contaminación atmosférica y la actividad forestal como las causas más resaltantes de la eutrofización.

Respecto a las consecuencias de la eutrofización Bhagowati & Uddin Ahamad (2018) dan a conocer que la abundancia de nutrientes conduce a un exceso de plantas y otros organismos porque durante su crecimiento y descomposición requieren grandes cantidades de oxígeno disuelto y brindan grandes proporciones de materia orgánica. Igualmente, Lin et al. (2020) aseveran que afecta la calidad del agua porque al aumentar el deterioro y el agotamiento del oxígeno, desarrolla un olor desagradable, siendo no apta para el consumo o uso humano.

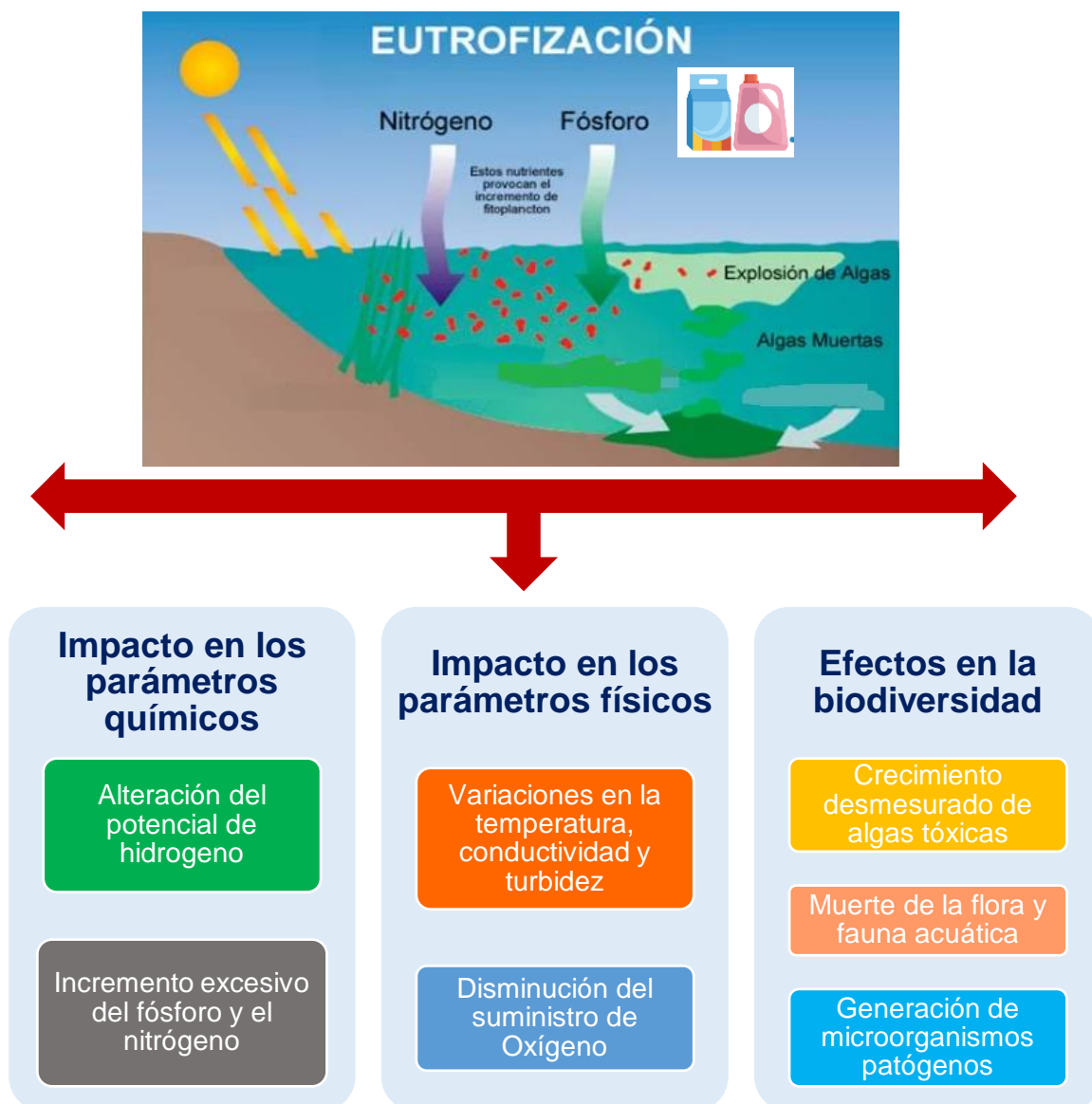


Figura 5. Impacto y efectos de la eutrofización en los lagos y ríos. Fuente. Elaboración propia.

De acuerdo con Beer et al. (2021) la eutrofización provocada por los detergentes tienen un **impacto en los parámetros químicos de los lagos y ríos** en general, como variación del **pH (potencial de hidrogeno)**, que estima la alcalinidad o nivel de acidez del agua y determina la concentración de los hidrogeniones en una disolución en particular; como también el incremento de los nutrientes por exceso de: **a) Fósforo**: Elemento químico que se puede encontrar en los seres vivos o en la naturaleza mezclado con fosfatos inorgánicos; **b) Nitrógeno**: Gas inerte, incoloro e inodoro que se utiliza en la conservación de distintos productos como por ejemplo

los detergentes; **c) Clorofila:** En eutrofización, representa la cantidad de algas que se encuentran en el agua.

Así también, de acuerdo con Alprol et al. (2021) **impactan en los parámetros físicos de los lagos y ríos** como variaciones en: **a) Temperatura:** Parámetro importante de calidad de agua que hace referencia a la medida promedio de energía cinética de las moléculas presentes en el agua que se evalúa en función a un rango lineal de grados Celsius (°C) y Fahrenheit (°F); **b) Oxígeno disuelto:** Comprende la cantidad o nivel de oxígeno gaseoso que está disuelto en el agua (concentración mg/L) con una temperatura determinada, el cual es fundamental para la vida de los peces, plantas y otros organismo. Igualmente, Soria et al. (2021) señalan que: **c) Conductividad** comprende la capacidad del agua para conducir la corrientes eléctricas por medio de iones disueltos. Además, en cuanto a: **d) Transparencia** mide el grado de penetración de la luz solar sobre el agua, dependiendo la profundidad de la cantidad de sustancias disueltas o en suspensión que están presentes en ella; su medición es importante para determinar las áreas óptimas para la actividad fotosintética y el desarrollo de la vida acuática (Briceño et al. 2018). Es importante resaltar que dichos parámetros permiten conocer todas la propiedades físicas en las que se encuentran los recursos hídricos, lo cual hace posible una evaluación de sus características y su condición actual (Aveiga et al. 2019).

Asimismo, Wang et al. (2022) sostienen que la eutrofización provoca **efectos en la biodiversidad de las aguas superficiales**, los cuales son significativos como por ejemplo: **Destrucción de ecosistemas acuáticos** afectando la biota de los recursos hídricos, alterando las condiciones naturales y conllevando a la disminución de la diversidad de especies y hábitats naturales de los animales. En ese sentido, Malone & Newton (2020) señalan que impacta negativamente en la producción piscícola de los recursos hídricos y provoca que los cauces o canales que antes eran navegables ya no lo sea. Por otro lado la **generación de algas tóxicas**, ocurren con mayor frecuencia en lagos, estanques o ríos de agua dulce donde hay altos niveles de nutrientes como nitrógeno o fósforo; en general, representan un alto riesgo para los humanos u otros seres vivos porque pueden producir y liberar compuestos tóxicos perjudiciales para su organismo (Shen et al.

2019). También la **proliferación de microorganismos patógenos**, Le Moal et al. (2019) determinan que la eutrofización contribuye al crecimiento de bacterias que generan toxinas mortales para mamíferos y aves.

También es necesario mencionar los principales **métodos empleados en el tratamiento de lagos y ríos** con eutrofización que fueron contaminados por detergentes. En primer lugar, Wojtkowska y Bojanowski (2021) señala que el **uso de macrófitas** que está asociada con la reducción de la eutrofización y la demanda bioquímica de oxígeno, por lo que es empleada para la asimilación y aminoración de compuestos orgánicos como fósforo total y nitrógeno total, siendo un método sustentable y fundamentado en la utilización de plantas; se caracteriza por no producir lodo, bajos costos de fabricación y fácil mantenimiento, pero requieren ser monitoreado continuamente por profesionales puesto que son sistemas flexibles menos susceptibles a cambios en el grado de caudal y carga de las afluentes.

A parte de ello, la **radiación ultrasónica** es otro de los métodos empleados para la eutrofización la cual se ha convertido actualmente en una medida alternativa de control para aminorar el crecimiento de algas; la irradiación altera las vacuolas de las algas limitando su capacidad para realizar la fotosíntesis y por consiguiente su crecimiento; además la potencia y la frecuencia de la irradiación son determinantes de la eficacia del método porque dicho método puede causar cavitación y la implosión de las bolsas de cavitación da como resultado la liberación de radicales libres que destruyen la eutrofización (Huang et al. 2020).

Por otro lado, la **biomanipulación** viene empleándose como técnica de recuperación y control de los sistemas eutrofizados aplicado en aguas superficiales, la cual se basa en la reducción de la abundancia de los peces zooplanctívoros o agregar peces que son piscívoros, es decir, busca la reducción de la biomasa algal y cianobacterias con la finalidad de que los efectos de tales manipulaciones sean transmitidos consecutivamente a lo largo de la cadena trófica; su propósito es optimizar la calidad del agua nivelando la distribución de la comunidad íctica y direccionando a la eliminación de proporción de fitoplancton en las aguas (Haque et al. 2021).

De igual modo, la **electrocoagulación** según Preisner, Neverova-Dziopak y Kowalewski (2020) es un procedimiento electroquímico que se caracteriza por

abastecer corriente eléctrica a electrodos compuestos por múltiples materiales; en estos electrodos, los iones se disuelven para producir un coagulante, lo que hace que partículas coloidales se aglomeren y se depositen en la superficie por flotación; dicho método es utilizado para minimizar los contaminantes y transformar el vertido en aguas inocuas. Su proceso involucra la eliminación de nitrógeno y fosforo que contiene el recurso hídrico, además implica el procedimiento de desestabilización de los contaminantes en el agua, ya sea que estén suspendidos, disueltos o emulsionados a través de la acción de corriente continua de inferior voltaje y la acción de electrodos de hierro o aluminio (Suprihatin y Aselfa 2020).

Por último, Irawan et al. (2020) resalta la capacidad de remoción del **hidróxido dobles en capa**, los cuales permiten la eliminación y disminución de residuos de detergentes que se encuentran en el agua; dicho elemento consiste en estructuras sintéticas formadas a partir de láminas de hidróxidos metálicos cargados positivamente estabilizados con aniones interlaminares; en ese sentido, los grupos hidroxilo y los aniones intercambiables en la superficie de la lámina los convierten en compuestos ideales para la preparación de productos de funcionalización o hibridados de moléculas orgánicas, lo que permite nuevos materiales a nanoescala que cubren una amplia gama de aplicaciones, desde materiales biocompatibles para catalizadores o materiales de remediación ambiental.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de tipología aplicada, dado que se enfocó en revisar, analizar y recopilar diversos aportes teóricos y artículos científicos con el fin de conocer más a fondo sobre los detergentes, sus principales componentes y métodos de tratamiento para su eliminación, así como también los efectos que dicho producto genera como consecuencia de la eutrofización en la diversidad y en los parámetros químicos - físicos, para luego presentar información integrada y sistematizada. Los estudios aplicados recogen datos reales y científicos que son empleados para comprender una determinada realidad o fenómeno y de esa manera contribuir a mejorar o generar beneficios a la sociedad (CONCYTEC, 2018).

Asimismo, el estudio presentó un enfoque cualitativo, puesto que se realizó la recolección de datos de revistas sobre los detergentes y eutrofización sin la necesidad de emplear mediciones numéricas para desarrollar las preguntas y objetivos de investigación. De igual manera, se debe resaltar que la investigación se caracterizó por ser documental en vista que se evaluó y seleccionó información a través de la lectura de diversos documentos científicos (Ñaupas et al. 2018).

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

Las categorías son: 1. Composición de detergentes: Productos químicos con propiedades de limpieza y se utilizan principalmente en el lavado doméstico y limpieza (Kotti et al. 2018). Sus subcategorías son: tensoactivos, constructores, agentes blanqueadores y aditivos. 2. Impacto y efectos de la eutrofización: Consecuencias generadas de la contribución excesiva de nutrientes derivados de actividades humanas, en un ecosistema acuático (Solombrino y Martinez 2021). Sus subcategorías son: impacto en los parámetros químicos, físicos y efectos en la biodiversidad de las aguas superficiales. 3. Tipos de tratamiento para la eliminación de residuos de detergentes: Métodos empleados para tratar aguas que presentan exceso de componentes de detergentes en las aguas. Su subcategoría es: Tipos de tratamiento para la eliminación de residuos de detergentes (Ver anexo 1).

Tabla 1. Matriz de categorización *apriorística*

Título: Detergentes y eutrofización en lagos y ríos: una revisión sistemática, 2022.

Objetivos específicos	Problemas específicos	Categorías	Subcategorías	Unidad de análisis	
<p>Analizar la composición de los detergentes en lagos y ríos con eutrofización.</p>	<p>¿Cuál es la composición de los detergentes en lagos y ríos con eutrofización?</p>	<p>Composición de detergentes</p>	<p>Tensoactivos</p>	<p>Aniónicos</p>	<p>(Saksonov, Balayan y Stom 2019)</p>
				<p>Catiónicos</p>	<p>(Atici 2021)</p>
				<p>No iónicos</p>	<p>(Minareci, Cakir y Minareci 2018)</p>
				<p>Anfóteros</p>	<p>(Billur 2019)</p>
			<p>Constructores</p>	<p>Fosfatos</p>	<p>(Irawan et al. 2020)</p>
				<p>Nitratos</p>	<p>(Gomes y Silva 2018)</p>
				<p>Silicatos</p>	<p>(Lim, Baharudin y Ung 2019)</p>
				<p>EDTA</p>	<p>(Melati, Maghfiroh y Jasalesmana 2020)</p>
				<p>Carbonatos</p>	
				<p>Zeolitas</p>	
			<p>Agentes blanqueadores</p>	<p>Perborato de sodio</p>	<p>(Suprihatin y Aselfa 2020)</p>
				<p>Hipoclorito de sodio</p>	
			<p>Aditivos</p>	<p>Enzimas</p>	
				<p>Perfumes</p>	
				<p>Polímeros</p>	
				<p>Colorantes</p>	

Analizar el impacto y los efectos de la eutrofización por contaminación de detergentes en los lagos y ríos.	¿Cuál es el impacto y los efectos de la eutrofización por contaminación de detergentes en los lagos y ríos?	Impacto y efectos de la eutrofización	Impacto en los parámetros químicos de los lagos y ríos	Fósforo	(Griffin 2018)
				Nitrógeno	(Li et al. 2018)
				Clorofila	Blanco-Muñoz et al. (2020)
				Potencial de hidrogeno (pH)	(Wojtkowska y Bojanowski 2021)
			Impacto en los parámetros físicos de los lagos y ríos	Temperatura	(Sarkar, Sarkar y Naskar 2021)
				Conductividad	
				Oxígeno disuelto	(Alprol et al. 2021)
			Efectos en la biodiversidad los lagos y ríos	Transparencia	(Lencha, Tränckner y Dananto 2021)
				Destrucción de ecosistemas acuáticos	(Atici 2021)
				Generación de algas tóxicas	Moreno (2018)
Analizar los tipos de tratamiento para la eliminación de residuos de detergentes en los lagos y ríos.	¿Cuáles son los tipos de tratamiento para la eliminación de residuos de detergentes en los lagos y ríos?	Tratamiento para la eliminación de residuos de detergentes	Tipos de tratamiento para la eliminación de residuos de detergentes	Proliferación microorganismos patógenos	Lürling y Mucci (2020)
				Bio-manipulación	(Wang et al. 2022)
				Electrocoagulación	(Villabona, Tejada Tovar y De La Rosa 2020)
				Uso de macrófitas	(Zhao et al. 2021)
				Radiación ultrasónica	(Huang et al. 2020)
Hidróxido doble en capas	(Irawan et al. 2020)				

Fuente. Elaboración propia.

3.3. Escenario de estudio

Como el estudio se basó en una revisión sistemática se consideró como escenario de investigación a los múltiples artículos científicos de revistas indexadas que fueron previamente publicadas y estén relacionadas a los detergentes y eutrofización en lagos y ríos, en los cuales se explique sus principales componentes, efectos en la biodiversidad y métodos de tratamiento.

3.4. Participantes

La investigación fue ejecutada únicamente por los autores de la tesis en apoyo con un asesor temático, considerando como principales herramientas los artículos o investigaciones que contribuyan a concretar cada uno de los objetivos planteados, los cuales fueron recopilados de diversas fuentes de búsqueda científica y revistas indexadas como Proquest (15), Scopus (3), DOAJ (3), Scielo (2), Redalyc (4) y Google Académico (3).

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica empleada fue el análisis documental, que es un conjunto de procesos que consisten en el recojo, análisis e interpretación de documentos, libros, revistas o fuentes secundarias de información que representan una realidad determinada (Rivero, 2018). De igual manera Baena (2017) sostiene que los instrumentos permiten obtener y alcanzar toda los datos necesarios que contribuyen a la resolución de objetivos de una investigación. Por tanto, el instrumento por el que se optó en el estudio fue la guía de análisis de documental, la cual contribuyó a realizar la sistematización en función a la composición de los detergentes, los efectos de la eutrofización y los tipos de tratamiento para la eliminación de detergentes.

3.6. Procedimientos

Para efectuar la revisión sistemática se desarrolló un proceso exhaustivo donde la principal fuente de recopilación y profundización de datos, fueron artículos publicados en diversas revistas. Se determinaron palabras claves asociadas a la investigación y por consiguiente se seleccionó las plataformas de búsqueda; una vez conseguido el número de artículos necesarios se procedió a escoger los estudios más adecuados teniendo en cuenta su antigüedad y relevancia.

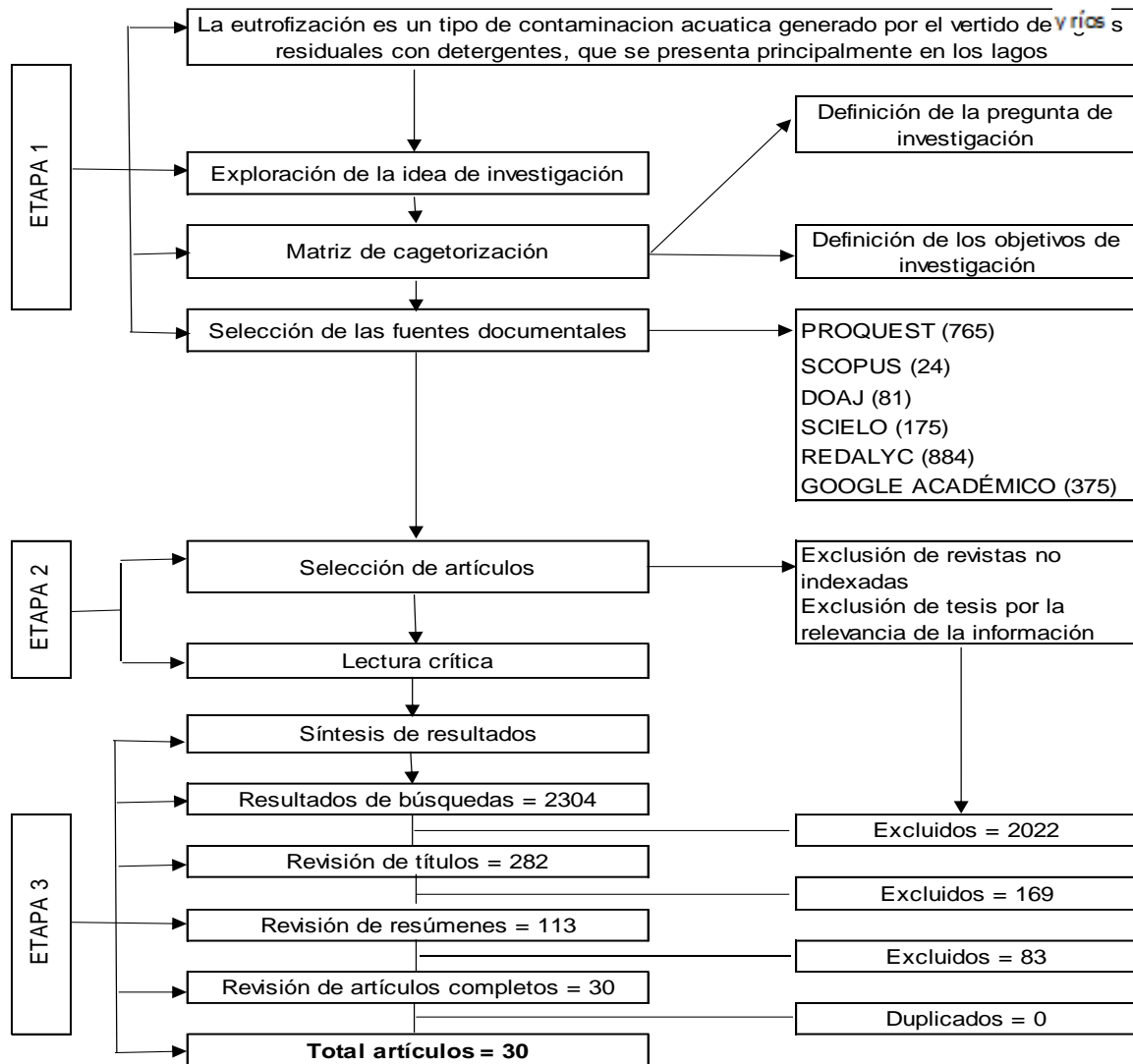


Figura 6. Sistematización de las artículos. Fuente: Elaboración propia.

El proceso de sistematización que se desarrolló para la obtención de información relevante para el estudio se basó en la exploración de seis bases de datos de alto impacto, encontrando un total de 2304 artículos (PROQUEST = 765, SCOPUS = 24, DOAJ = 81, SCIELO = 175; REDALYC = 884, GOOGLE ACADÉMICO = 375; luego de la exclusión por la lectura de los títulos se obtuvo 282 artículos, de los cuales luego de la revisión de resúmenes se obtuvo 113 artículos. Finalmente, a texto completo se logró sistematizar 30 artículos que fueron fundamentales para el logro de los objetivos

Tabla 2. Resumen de búsqueda

Base de datos	Criterios de búsqueda	Términos de búsqueda	Número de artículos			
			Resultados	Revisión de títulos	Revisión de resúmenes	Revisión de artículos completos
PROQUEST	Texto completo	Detergents and eutrophication	430	48	26	10
	Open access	eutrophication in surface waters	225	30	8	2
	Años: 2018-2022	eutrofización	110	21	11	3
						15
SCOPUS	Texto completo	Detergents and eutrophication	12	9	5	2
	Open access	eutrophication	12	10	4	1
	Años: 2018-2022					
						3
DOAJ	Texto completo	eutrophication in surface waters	81	47	16	3
	Open access					
	Años: 2018-2022					
						3
SCIELO	Texto completo	eutrofización	84	15	7	2
	Open access	eutrophication	91	36	14	0
	Años: 2018-2022					
						2
REDALYC	Texto completo	Detergentes y eutrofización	647	12	5	1
	Open access	Detergents and eutrophication	237	29	9	3
	Años: 2018-2022					
						4
GOOGLE ACADÉMICO	Texto completo	water contamination by detergents	375	25	8	3
	Open Access 2018-2022					
						3

Fuente. Elaboración propia.

3.7. Rigor científico

Los artículos sobre la eutrofización por detergentes en lagos y ríos que se emplearon estuvieron basados en descripciones teóricas de los autores de las revistas; por tanto brindó la credibilidad respectiva de que la información descrita es fehaciente y tenga transferencia y autenticidad, cumpliendo con los criterios necesarios para garantizar el rigor científico de la investigación (Prager et al. 2019).

3.8. Métodos de análisis de datos

Después de obtener toda la información relevante de los artículos científicos, se procedió a seleccionarla y agruparla considerando las categorías y subcategorías de estudios; es decir de la siguiente manera: 1. Detergentes (tensoactivos, constructores, agentes blanqueadores y aditivos); 2. Efectos de la eutrofización (efectos en los parámetros químicos, físicos y en la biodiversidad de los lagos y ríos), parámetros químicos y parámetros físicos); y 3. Tratamiento para la eliminación de residuos de detergentes (Biomanipulación, Electrocoagulación, uso de macrófitas y radiación ultrasónica).

3.9. Aspectos éticos

En la ejecución del estudio se siguió en su totalidad los lineamientos establecidos por la Universidad Cesar Vallejo considerando reglas para asegurar buenas prácticas y el cumplimiento de principios éticos con la finalidad de asegurar el correcto desarrollo del estudio. Asimismo, se respetaron todos los aportes y conocimientos de los autores citando adecuadamente las Normas ISO-690 en la presentación de información obtenida por las diversas fuentes de estudio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presentación de los resultados se hizo en función de cada uno de los propósitos planteado. Concerniente al primer objetivo específico se consideró los hallazgos de aquellos artículos seleccionados luego de la revisión sistemática, en donde se menciona o explica sobre los componentes de los detergentes que producen como consecuencia la eutrofización en las aguas de ríos y lagos, los cuales se detallan a continuación en la tabla 3.

- **OE1: Analizar la composición de los detergentes en lagos y ríos con eutrofización.**

Tabla 3. Características de la revisión: Composición de los detergentes en lagos y ríos con eutrofización

Cuerpo de agua	País	Muestra	Objetivo	Composición	Resultados	Referencia
Lagos	Rusia	Concentraciones inocuas e inhibitorias de aguas con residuos de detergentes tomados del lago Baikal	Analizar los componentes y la determinación de la toxicidad de aguas que contienen detergentes	Tensioactivos no iónicos 5-10%, álcali 15-30% y sal inorgánica < 5%. Otros: Sales alcalinas, tensoactivos sintéticos y agentes complejantes.	Los detergentes tensioactivos indican una toxicidad bastante alta representando una composición entre el 5-15% mg/L.	(Saksonov, Balayan y Stom 2019)
	Turquía	Muestras de agua procedentes del lago Van y otras aguas aledañas.	Evaluar los componentes de los detergentes y los cambios ocasionados en las aguas del Lago Van	Detergentes constructores con compuestos nitrogenados 7.50 mg/L $\text{NH}_4^+\text{-N}$; 0.600 mg/L $\text{NO}_2\text{-N}$ y 8.10 mg/L $\text{NO}_3\text{-N}$	Sulfonatos de alquibenceno lineal : 0.40 mg/L; media de fosfato: 0.96 mg/L.	(Atici 2021)
	Colombia	Muestras de agua compuestas por residuos de detergentes obtenidas de un lago de Boyacá-Cartagena	Analizar la eliminación de compuestos de los detergentes tensoactivos	Tensoactivos anionicos: Concentraciones de alquibenceno lineal (LAS) 180.66, 186.50 y 190.83 mg/L	Componente más frecuente fue el tensioactivo aniónico del sulfonato de alquibenceno lineal: 1.2 g por cada 2/L; con una concentración de 186 mg/L.	(Villabona, Tejada y De La Rosa 2020)

		Aguas con detergente extraídas de un lago de Banjarbaru	Conocer la concentración de fosfatos de los detergentes en las aguas del lago.	Detergentes con constructores con fosfatos	Alta concentración de fosfatos alrededor de 51.50mg/L.	(Irawan et al. 2020)
	Indonesia	Aguas residuales con detergentes recopiladas de un Lago de Indonesia	Identificar los nutrientes y otros contaminantes de las aguas con detergente	Detergentes con compuestos constructores como tripolifosfato de sodio, nitratos, carbonatos y silicatos.	El STPP (tripolifosfato de sodio), los compuestos de nitrógeno, los blanqueadores y los aditivos son los residuos de detergente que causan una eutrofización excesiva. El fosfato fue equivalente a 18.28 mg/L.	(Suprihatin y Aselfa 2020)
	Indonesia	Aguas del Lago Matano	Determinar la contribución de los desechos de detergentes a la contaminación del agua del lago Matano.	Sustancia activa azul de metileno (MBAS) como componente tensoactivo aniónicos	Los tripolifosfato de sodio STPP (25.27% - 40%) de los detergentes provoca eutrofización.	(Melati, Maghfiroh y Jasalesmana 2020)
Ríos	Turquía	Concentraciones en muestras de agua tomadas del río Buyuk Menderes	Determinar el nivel de detergentes aniónicos como fuente de contaminación en el río Buyuk	Tensoactivos catiónicos y aniónicos como fósforo ortofosfato, azul de metileno	Los detergentes con aniónicos producen eutrofización el 50% de los casos. Concentración promedio mensual de 0.2345.	(Minareci, Cakir y Minareci 2018)
	Turquía	Muestras mensuales de agua tomadas de aguas dulces	Evaluar los principales contaminantes y las concentraciones de sulfonato de alquilbenceno (LAS), fosfato y clorofila en	Sulfonato de alquilbenceno (LAS) y fosfatos.	Componentes aniónicos es el principal contaminante (18.05 a 38.04 mg/L)	(Billur 2019)

			las aguas superficiales.			
	Brasil	Datos publicados por la Asociación Brasileña de Productos de Limpieza y Afines (ABIPLA) 2012-2015	Evaluar el aporte de los detergentes a la presencia de fósforo en el agua	Detergentes constructores compuestos por fosfatos.	El consumo por persona de fosfatos por detergente es 15.3 g/ día con una concentración de 0.01% por peso. Un total de 0.87 g por día.	(Gomes y Silva 2018)

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

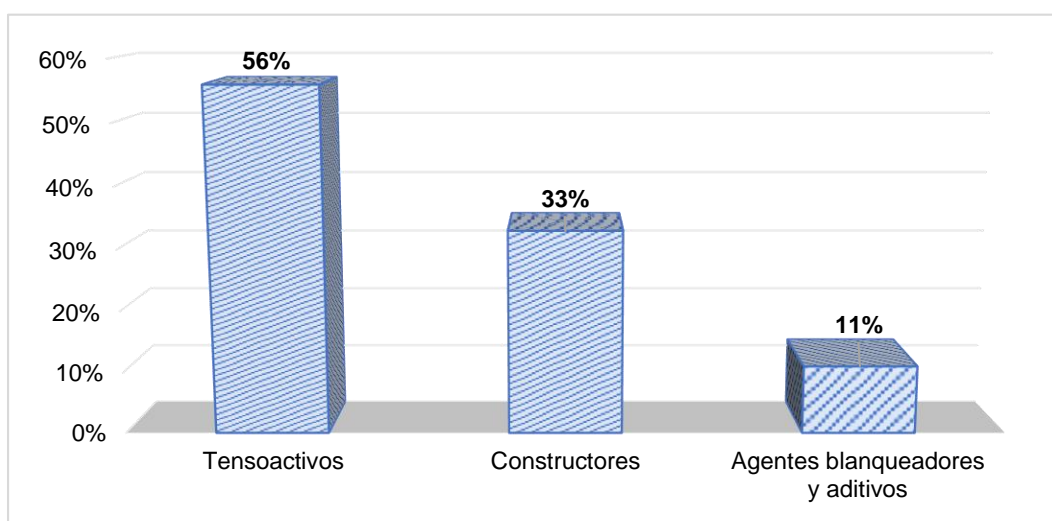
Tal como se observa en la tabla 3, los resultados dieron a conocer que los componentes de los detergentes que se encuentran con mayor frecuencia en aguas superficiales con eutrofización como los lagos y ríos son los tensoactivos, constructores, agentes blanqueadores y aditivos, siendo mencionados en nueve artículos científicos.

Respecto a investigaciones hechas en lagos, Atici (2021) indica que los sulfonatos de alquibenceno lineal (LAS) son parte de los detergentes aniónicos y tienen una alta aplicación domestica e industrial, representando uno de los contaminantes más significativos; además de acuerdo a su análisis confirmó que los sulfonatos de alquibenceno lineales oscilaron hasta 0.40 mg/L con una media de fosfato de 0.96 mg/L; dichos resultados fueron confirmados de manera similar por Villabona, Tejada y De La Rosa (2020) quienes determinaron que el componente más relevante es el tensoactivo aniónico del sulfonato de alquibenceno lineal y por cada dos litros de agua se presentaba 1.2 gramos de detergente con una concentración de Sulfonato de alquibenceno línea (LAS) de 186 mg/L. De igual modo Saksonov, Balayan y Stom (2019) confirmaron que los detergentes tensoactivos muestran una composición entre el 5-15% mg/L, lo cual representa una toxicidad alta.

Por otro lado, Irawan et al. (2020) al analizar detergentes compuestos por constructores reportaron que las aguas con eutrofización contenían principalmente una alta concentración de fosfatos alrededor de 51.50mg/L, lo cual se asocia a los resultados de Suprihatin y Aselfa (2020), quienes revelaron que los niveles de fosfatos en forma de tripolifosfato de sodio (STPP), los compuestos de nitrógeno y los aditivos son los residuos de detergentes que causan una eutrofización excesiva en el agua; ya que en su estudio las aguas superficiales tenían una concentración de fosfato mayor a 18.28 mg/L; en ese sentido Melati, Maghfiroh y Jasalesmana (2020) coincide con tales hallazgos ya que dieron a conocer que los detergentes con tripolifosfato de sodio (25.27% - 40%) son los más comunes que se presentan en lagos caracterizados por niveles altos de eutrofización.

Por otro lado, en cuanto a los compuestos de detergentes encontrados en ríos, Gomes y Silva (2018) dieron a conocer que el consumo por persona de fosfatos por detergente constructores es 15.3 gramos por día con una concentración de 0.01% por peso, es decir, un total de 0.87 gramos por día. Sin embargo Billur (2019) pudo confirmar que los detergentes compuestos por aniónicos son los que más cubren las aguas cuyos parámetros van desde 18.05 a 38.04 mg/L, coincidiendo con Minareci, Cakir y Minareci (2018) descubrieron que en las aguas superficiales con eutrofización el 50% es causado por detergentes aniónicos con una concentración promedio mensual de 0.2345.

Figura 7. Composición de los detergentes en lagos y ríos con eutrofización



Fuente. Elaboración propia.

Interpretación

Del total de artículos analizados el 56% señala que los tensoactivos se encuentran como principales componentes de los detergentes, seguido del 33% de constructores y el 11% de agentes blanqueadores y aditivos. En el primer caso, una gran proporción de los autores coincide en que los tensoactivos son los elementos más comunes de los detergentes por sus propiedades de disolución de sustancias insolubles; asimismo, Kurrey et al. (2019) afirman que los tensoactivos aniónicos y no iónicos con una presencia superior a 0.1 mg/L dentro del agua se impregna dentro de los tejidos de los peces, mamíferos marinos y aves, siendo tóxicos y representando una

amenaza para su existencia; sin embargo, dichos componentes contribuyen a la aparición de condiciones eutróficas dentro de los cuerpos de agua con una presencia entre el 5% - 25.27% en lagos y en ríos hasta en un 50%. Dichos resultados coinciden con la investigación efectuada por Lin et al. (2021) quienes manifiestan que las fuentes y mecanismos que desencadenan la eutrofización en los lagos son los desechos agrícolas, residuos industriales y desechos compuestos por detergentes compuestos por tensoactivos como aniónicos y catiónicos. Asimismo, el estudio de Conci et al. (2020) asemeja resultados al determinar que en un 60% el vertido de detergentes tensoactivos y con agentes blanqueadores es el principal determinante de la eutrofización en aguas superficiales como ríos y lagos.

Por otro lado, como ya se mencionó los constructores como componentes de los detergentes y causantes de eutrofización en lagos y ríos fueron mencionados en el 33% de los artículos, considerando como su principal característica la remoción de suciedad y dando a conocer una oscilación promedio de 0.23 - 51.50 mg/L, representando una toxicidad entre 25.27% - 40%. En concordancia, Isiuku y Enyoh (2020) sostienen que el exceso de nitratos, fosfatos y silicatos da origen crecimiento excesivo de plantas acuáticas que conduce a la formación de la floración de algas, esto provoca un alto consumo de oxígeno disuelto en el agua, el cual se reduce conduciendo drásticamente a la asfixia y muerte de plantas acuáticas y animales, descomponiéndose y creando deterioro en la calidad de agua.

Así también, en el 11% de investigaciones los aditivos y agentes blanqueadores fueron señalados como factores del incremento de la eutrofización en lagos. Según Gurkok (2019) se emplean para tratar la eliminación de manchas o suciedad, y el blanqueamiento de las prendas de vestir y dar brillo a las telas, pero son componentes que generan la destrucción de sistemas de filtros biológicos, causa hiperactividad en los peces, movimientos convulsivos, dificultades respiratorias, sofocación y muerte. Tales resultados muestran similitud al estudio de Morell et al. (2020) quienes revelaron que en un 85% los factores de contaminación son por

materia orgánica y caracterización de residuales de detergentes constructores, agentes blanqueadores y aditivos.

- **OE2: Analizar el impacto y los efectos de la eutrofización por contaminación de detergentes en los lagos y ríos.**

Tabla 4. Características de la revisión: Impacto en los parámetros químicos de los lagos y ríos

Cuerpo de agua	País	Muestra	Objetivo	Resultado	Referencia
Lagos	Indonesia	Ecosistema acuático del lago Maninjau	Estudiar la distribución espacial de la concentración de nitrato y fosfato, y también la relación N/P en las aguas del lago Maninjau.	Relación N/P: 0.29 - 0.58; adición excesiva de elementos de fósforo (0.12 - 0.54 mg/L); concentración de nitratos (0.02 y 0.40 mg/L); hechos que ocasionó la destrucción de ecosistemas acuáticos.	(Fachrul et al. 2020)
	Colombia	Cinco muestreos (febrero - julio 2017) tomados en diferentes momentos de la inundación de la Laguna del Puerto Caimán	Evaluar el comportamiento de variables químicas y su asociación con el nivel de fitoplancton y eutrofización de a ciénaga de Puerto Caimán	Nitrógeno : 14 ± 10.95 mg.L-1; fósforo entre 4400 ± 1463.55 mg.L-1; pH: (H=17.24) con tendencias de alcalinidad (7.37 y 8.94) y clorofila 9.83 ± 13.36 mg/m3. Tuvo un impacto negativo al generar el incremento de nutrientes y por consiguiente la proliferación de microorganismos patógenos	(Blanco-Muñoz et al. 2020)
	Países Bajos	Aguas eutróficas de los lagos de Holanda	Estudiar las intervenciones físicas, químicas y biológicas en el lago que conllevan a la eutrofización	Carga total de nitrógeno: 44.6 millones de kg; fósforo (3.95 millones de kg. Concentraciones de clorofila: media entre 34-38 lg l-1; provocó el incremento de cianobacterias y fitoplancton.	(Lürling y Mucci 2020)
	China	Muestras de agua del lago Eric	Evaluar el rango de los parámetros químicos del agua que determinan la	Nitrógeno > 0.2 - 0.3 mg/L; fósforo > 0.01 mg/l; clorofila > 10 mg/L. Dichas condiciones ocasionaron un crecimiento	(Lu et al. 2019)

			situación de eutrofización en el lago	desmedido de microorganismos y plantas acuáticas que desencadenó la muerte de los peces por la presencia de algas tóxicas.	
	Polonia	El lago Wilanowskie, con muestras de aguas tomadas en mayo, julio, agosto y octubre.	Analizar el nivel de eutrofización y sus principales factores, en el curso del agua del arroyo Sÿuÿewiecki y las aguas de los lagos cercanos	Nitrógeno: 2 a 14 mg N/L; fósforo 0.04 y 2.24 mg P/L; cantidad de clorofila: 1.1 a 62.7 µg/L e índice de estado trófico TSI (valor 87)	(Wojtkowska y Bojanowski 2021)
	Bolivia	Aguas residuales con detergente tomadas de un río de Bolivia	Evaluar parámetros químicos de agua residual domestica para la remoción de nitratos y fosfatos	pH : 8.72 ± 0.09; compuestos de nitrógeno 3.62 ± 0.001 mg L ⁻¹ ; fósforo 4.80 ± 0.001 y clorofila: 1841,966 mg m ⁻³ . Tuvieron un impacto negativo porque originó la reproducción descontrolada de las cianobacterias.	(Luque 2020)
Ríos	China	Muestras de agua de los ríos de Shangai periodo 1998 - 2013	Evaluar los cambios químicos en los ríos de Shangai y los factores que explican la eutrofización	Nitrógeno total: 2.2 - 4.3 mg/L; fósforo total 5 - 24 mg/L. Dichos cambios originaron que la biomasa de fitoplancton aumenta y el oxígeno disminuye, creando condiciones hipóxicas que dañan a los animales.	(Li et al. 2019)
	Sudáfrica	Data de los índices de fosfato en los ríos de Sudáfrica	Evaluar el ascenso y descenso del fosforo disuelto en los ríos sudafricanos como factor de eutrofización	Fósforo: 0.016 a 0.036 mg/L; nitrógeno: 0.002 mg/L y 0.20mg/L y clorofila: 1 µg/L y 4 µg/L. La principal consecuencia de dichas variaciones fue la	(Griffin 2018)

				muerte de peces y el incremento de algas nocivas.	
	República Checa	Muestras mensuales del río Vltava	Analizar las variaciones químicas en la concentración del río Vltava	Nitrógeno: 2 a 14 mg N/L; fósforo: 0.04 y 2.24 mg P/L; y clorofila: 1.1 a 62.7 µg/l. Como consecuencia provocó la generación de algas tóxicas y muerte de la fauna acuática.	(Vystavna, Hejzlar y Kopáček 2018)
	Sudáfrica	La represa Bon Accord	Estudiar la calidad del agua y los sedimentos de la represa Bon Accord	Valores de pH mayores a 8.4 los cuales afectan la calidad de agua producto de la contaminación por detergentes con aniones.	(Nigussie et al. 2018)
	China	Humedal de Qilihai y el embalse de Yuqiao	Comparar el estado de eutrofización y las características químicas de las aguas	Nitrógeno total (TN): 1.633 y 8.533 con un valor medio 4.215 mg/L; fósforo total (TP) de 0.933 a 2.267 con promedio de 1.633 mg/L, situación que ocasionó la presencia de microalgas nocivas y problemas en flora acuática	(Li et al. 2018)
	Chile	11 estaciones de muestreo del estero El Sauce periodo 2013-2015	Evaluar los parámetros químico de El Sauce	N: 11.8 - 59.2 mg/L; P: 0.03 - 11.9 mg/L; pH: 6.7 - 9.3; condiciones que provocaron la floración de cianobacterias y presencia de algas tóxicas.	(Rivera Castro et al. 2020)

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

De acuerdo con la tabla 4, en la revisión de trece artículos científicos los autores confirman que la eutrofización causa efectos en los parámetros químicos de las aguas superficiales, asociados al fósforo, nitrógeno, potencial de hidrogeno (Ph) y clorofila. En el caso de los estudios realizados en lagos Fachrul et al. (2020), revelaron que el nitrógeno y el fósforo generalmente limitan la productividad principal en los lagos, mostrando una relación N/P de 0.29-0.58 que indica una adición excesiva de elementos de fosfato en las aguas, lo cual ocasionó la destrucción de la flora y fauna del ecosistema (0.12 - 0.54 mg/L) así como la concentración de nitratos (0.02 y 0.40 mg/L), ambos superiores al estándar de calidad; de manera análoga los resultados que obtuvo Blanco et al. (2020), confirman el impacto de la eutrofización en los parámetros químicos ya que el nivel de nitrógeno se encontraba en un rango de 14 ± 10.95 mg/L, fósforo entre 4400 ± 1463.55 mg/L, el pH igual a 7.24 con presencia de tendencias de alcalinidad entre 7.37 - 8.94 y clorofila 9.83 ± 13.36 mg/L, por lo cual se evidenció un impacto negativo al generar el incremento de nutrientes y por consiguiente la proliferación de microorganismos patógenos.

Así también, Lu et al. (2019) determinaron que los rangos de parámetros químicos del lago Eric que contribuyen a la eutrofización siendo el nitrógeno > 0.2 mg/L, fósforo > 0.01 mg/L y clorofila > 0.1 mg/L; al igual que Lüring y Mucci (2020) también revelaron que en los lagos eutróficos de Holanda la carga total de N fue igual a 44.6 millones de kilos, el fósforo (P) 3.95 millones de kilos y las concentraciones de clorofila oscilaban entre 34 - 38 $\mu\text{g/L}$ dichas condiciones ocasionaron un crecimiento desmedido de microorganismos y plantas acuáticas que desencadenó la muerte de los peces por la presencia de algas tóxicas; tales resultados se asocian con el estudio de Wojtkowska y Bojanowski (2021) en donde demostraron que las altas concentraciones de nutrientes como N entre el rango de 2 a 14 mg/L y P entre 0.04 y 2.24 mg y la cantidad de clorofila entre el rango de 1.1 a 62.7 $\mu\text{g/L}$ son los efectos que tiene la eutrofización en los parámetros químicos de las aguas superficiales; además, reafirma lo expuesto por Luque (2020), quien evaluó la presencia de nitratos y fosfatos observando variaciones significativas que explicaban niveles altos de eutrofización en lagos como el pH 8.72 ± 0.09 , compuestos de nitrógeno 3.62 ± 0.001 mg/L, fósforo 4.80 ± 0.001 y clorofila:

1841.966 mg/m³, por lo tanto tuvieron un impacto negativo porque originó la reproducción descontrolada de las cianobacterias.

Respecto a los estudios desarrollados en ríos, Griffin (2018) indica las estimaciones de los niveles de fósforo en Sudáfrica que variaron de 0.016 a 0.036 mg/L; los de nitrógeno oscilaron entre 0.002 mg/L y 0.20 mg/L y el grado de clorofila fluctuó entre 1 µg/L y 4 µg/L, por ello, la consecuencia de dichas variaciones fue la muerte de peces y el incremento de algas nocivas; dichos hallazgos confirman lo indicado por Li et al. (2018) quienes manifestaron que la contaminación por nitrógeno total (TN) y fósforo total (TP) son los principales factores que impulsan la eutrofización en los humedales y lagos, variando entre 1.633 mg/L y 8.533 mg/L con un valor medio de 4.215 mg/L; y de 0.933 a 2.267 con un valor medio de 1.633 mg/L respectivamente, esa situación ocasionó la proliferación de microalgas nocivas y problemas en flora acuática. Cabe mencionar que los resultados mencionados corroboran lo indicado por Rivera Castro et al. (2020), quienes calcularon niveles de componentes del nitrógeno desde 11.8 - 59.2 mg/L, de fósforo en 0.3 hasta 11.9 mg/L y el potencial de hidrogeno (6.7 - 9.3) exponiendo altos valores que sobrepasan los límites aceptados que establecen la mala calidad del recurso hídrico, en síntesis esas condiciones que provocaron la floración de cianobacterias y presencia de algas tóxicas.

Asimismo, Li et al. (2019) revelaron que las crecientes concentraciones de nitrógeno (2.2 - 4.3 mg/L) y fósforo (5 - 24 mg/L) son los factores que mantienen una alta presencia de eutrofización en los lagos, dichos cambios originaron que la biomasa de fitoplancton aumente y el oxígeno disminuya, creando condiciones hipóxicas que dañan a los animales. No obstante, Vystavna, Hejzlar y Kopáček (2018) dieron a conocer que producto de la eutrofización el agua manifestaron variaciones del nitrógeno (2 a 14 mg N/L), fósforo (0.04 y 2.24 mg P/L) y clorofila desde 1.1 a 62.7 µg/l. Por último, Nigussie et al. (2018) indicaron que la represa Bon Accord presentaron valores de pH mayores a 8.4 los cuales afectan la calidad de agua producto de la contaminación por detergentes con aniones, de modo que su impacto fue la muerte de los animales acuáticos por la disminución de oxígeno provocada por el incremento de la materia orgánica.

Tabla 5. Características de la revisión: Impacto en los parámetros físicos de los lagos y ríos

Cuerpo de agua	País	Muestra	Objetivo	Resultados	Referencia
Lagos	Egipto	12 muestras de agua del lago Burullus en el periodo 2017-2019	Determinar las características físicas de las aguas y evaluar el estado de eutrofización del lago Burullus	Temperatura: 14.47°C y 31.23°C, con una media de 21.77°C; Oxígeno disuelto: 0.9 a 19.87 mg/L	(Alprol et al. 2021)
	China	Muestras de agua del lago Hawassa	Analizar la calidad del agua del lago Hawassa Etiopia y su principales cambios físicos	Presencia de poca transparencia; turbidez: 46.5 NTU; OD: 5 mg/L de los lagos y de otras fuentes hídricas 2.2 mg/L; proliferación de algas.	(Lencha, Tränckner y Dananto 2021)
	Alemania	Muestras de agua del lago Van	Evaluar los cambios físicos ocasionados en las aguas superficiales del lago Van	Oxígeno disuelto entre un rango de 2.76 y 13.59 con una media de 8.10 ± 13.59.	(Atici 2021)
Ríos	India	Muestras de agua mensuales tomadas durante octubre de 2014 a septiembre de 2016 de los ríos Triveni y Godakhal	Examinar la eutrofización los cambios en la biomasa de fitoplancton en la cuenca inferior del Ganges según la influencia de varios parámetros	T: 8-34 con una media de 19°C; OD 6-10 ppm; conductividad 1-432 µS/cm con una media de 160.	(Sarkar, Sarkar y Naskar 2021)
	Brasil	Muestras de río en 4 puntos a lo largo del río Verde durante 12 meses	Evaluar los parámetros fisicoquímicos que expresan la calidad del agua del río Verde, en la ciudad de Ponta Grossa	Reducción de oxígeno disuelto, valores entre - 0.478 y 0.525	(Costa, Oliveira y Los 2018)
	Indonesia	Aguas residuales con detergentes, agua destilada y productos químicos	Identificar el efecto de los detergentes en las aguas y describir el efecto de electrocoagulación en la eliminación de nutrientes y otros contaminantes de las aguas	La transparencia de las aguas indica valores de 2818.50 ± 23.33 PtCo, con una turbiedad de 169.10 ± 3,18 NTU (Nephelometric Turbidity Unit)	(Suprihatin y Aselfa 2020)

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Según el análisis de los artículos, 6 autores coinciden en que la eutrofización genera alteraciones significativas en las características físicas de los lagos y ríos; mencionando efectos en su temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y transparencia. En estudios referentes a los lagos, Alprol et al. (2021) descubrieron que la temperatura del lago Burullus oscila entre 14.47°C y 31.23°C con un promedio de 21.77°C; el oxígeno disuelto varió de 19.87 a 0.9 mg/L, mostrando un efecto negativo en la vida acuática ya que el nivel se encontraba por debajo de los parámetros mínimos establecidos (< 4.0 mg/L), provocando la muerte de peces, plantas u otros organismos. Al mismo tiempo Atici (2021) al analizar el lago Van con presencia de eutrofización descubrió oscilaciones significativas del oxígeno disuelto entre un rango de 2.76 y 13.59 con una media de 8.10 ± 13.59 . Igualmente Lencha, Tränckner y Dananto (2021), sostienen que la eutrofización ocasiona que las aguas pierdan su transparencia y tenga niveles de turbidez promedio de 46.5 NTU (Unidad de Turbidez Nefelométrica) lo que conlleva a altas concentraciones de nutrientes, proliferación de algas y poca penetración de luz; para el caso del oxígeno disuelto el valor promedio de los ríos fue de 5 mg/L, de los lagos fue 4.3 mg/L y de otras fuentes hídricas fue de 2.2 mg/L.

En consonancia con los ríos Sarkar, Sarkar y Naskar (2021) refieren que los parámetros físicos registrados durante su estudio expusieron que recursos acuáticos con eutrofización muestran una temperatura de agua entre 8-34 con una media de 19°C, oxígeno disuelto (OD) 6-10 ppm, una conductividad entre 1-432 $\mu\text{S}/\text{cm}$; además tales resultados reafirman lo expresado por Costa, Oliveira y Los (2018) ya que aseguran que la reducción del oxígeno disuelto altera considerablemente a la biota acuática y esto se explica por la eutrofización mencionando una variación entre -0.478 y 0.525; por otro lado dichos hallazgos también confirma lo señalado Suprihatin y Aselfa (2020) precisan tras su investigación que la transparencia de las aguas con eutrofización por detergentes revela valores de $2818.50 \pm 23.33 \text{ Pt/Co}$, con una turbidez de $169.10 \pm 3.18 \text{ NTU}$.

Tabla 6. Características de la revisión: Efectos en la biodiversidad de los lagos y ríos

Cuerpo de agua	País	Muestra	Objetivo	Indicador	Componente	Resultados	Referencia
Lagos	Bolivia	Aguas residuales con detergente tomadas de un río de Bolivia	Evaluar el efecto que causa la eutrofización en el río	Destrucción de ecosistemas acuáticos	Constructores	La eutrofización representa un riesgo inminente para los ecosistemas acuáticos, por la composición de nitratos y fosfatos que resultan ser tóxicos para la variedad de peces (pejerrey y sábalo) y moluscos (pseudotelfúsidos)	(Luque 2020)
	China	Muestras de agua del lago Wuhan	Evaluar los cambios biológicos ocasionados en las aguas superficiales del lago Wuhan	Proliferación de microorganismos patógenos	Constructores y agentes blanqueadores	Reproducción descontrolada de las cianobacterias como las Pleurocapsales y Chroococcales	(Ma et al. 2019)
	Colombia	Muestras de agua compuestas por residuos de detergentes obtenidas de un lago de Boyacá-Cartagena	Estudiar los efectos que la eutrofización por detergentes ocasiona	Destrucción de ecosistemas acuáticos (daño a la fauna)	Constructores y tensoactivos	Daño a las branquias de los peces (truchas y salmones) y el organismos de otros seres vivos acuáticos como los moluscos Galba truncatula y Melanopsis	(Villabona-Ortíz, Tejada-Tovar y De-La-Rosa-Jiménez 2020)
	Polonia	El lago Wilanowskie, con muestras de aguas tomadas en mayo, julio,	Analizar el nivel de eutrofización y sus principales consecuencias en el lago Wilanowskie,	Destrucción de ecosistemas acuáticos (extinción de especies endémicas)	Constructores: Sulfatos y nitratos	La eutrofización genera consecuencias geológicas para los usuarios de ecosistemas acuáticos poniendo en peligro su existencia.	(Wojtkowska y Bojanowski 2021)

		agosto y octubre.					
	Países Bajos	Aguas eutróficas de los lagos de Holanda	Estudiar las intervenciones biológicas en el lago que conllevan a la eutrofización	Proliferación de microorganismos patógenos	Tensoactivos y aditivos	Floración de cianobacterias (Gloeomargaritales y Synechococcales); presencia de algas tóxicas (Lexandrium catenella y Dinophysis acuta)	Lürling y Mucci (2020)
Ríos	Turquía	Muestras de agua tomadas mensualmente de afluentes y ríos cercanos a la isla Príncipe	Evaluar la eutrofización y su impacto en las aguas superficiales	Destrucción de ecosistemas acuáticos (daño a los tejidos orgánicos de los seres vivos) y generación de algas tóxicas	Agentes blanqueadores, tensoactivos y constructores	Presencia de microalgas nocivas como Heterosigma Akashivo, problemas en fauna acuática (deterioro histológico de peces gobio, sábalo y salmón)	(Billur 2019)
	India	Muestras mensuales de agua tomadas durante octubre de 2014 a septiembre de 2016 de los ríos Triveni y Godakhal	Examinar la eutrofización y los cambios en la biomasa de los ríos	Generación de algas tóxicas y destrucción de ecosistemas acuáticos (muerte de la fauna fluvial)	Aditivos	Aumento de la biomasa de fitoplancton, disminución de oxígeno, creación de condiciones de hipoxia que perjudica a los animales (cangrejos, tortugas de ríos y diversidad de peces)	(Sarkar, Sarkar y Naskar 2021)
	Colombia	Aguas del río perteneciente al embalse El quimbo	Conocer los riesgos de la eutrofización en el embalse El Quimbo	Generación de algas tóxicas y proliferación de microorganismos patógenos	Constructores y tensoactivos	Exposición de algas y bacterias tóxicas, desequilibrio ecológico y predominio de cianobacterias	(Moreno 2018)

						(Oscillatoriales y Gloeobacterales).	
	Brasil	Muestras de río en 4 puntos a lo largo del río Verde durante 12 meses	Evaluar los parámetros físicoquímicos que expresan la calidad del agua del río Verde, en la ciudad de Ponta Grossa	Destrucción de ecosistemas acuáticos	Tensoactivos	Origen de un nivel pobre de biota que perjudica la vida acuática de manera significativa.	(Costa, Oliveira y Los 2018)
	China	Humedal de Qilihai y el embalse de Yuqiao	Comparar el estado de eutrofización y las características de la biodiversidad en las aguas	Destrucción de ecosistemas acuáticos y generación de algas tóxicas	Constructores y tensoactivos	Muerte de peces, escoria planctónica y desarrollo de biomasa de plantas enraizadas; incremento de crecimiento de algas tóxicas y nocivas para los seres vivos	(Li et al. 2018)
	China	Muestras de agua de los ríos de Shangai periodo 1998 - 2013	Evaluar los cambios en la biodiversidad de los ríos de Shangai y los factores que explican la eutrofización	Proliferación de algas, destrucción de ecosistemas acuáticos y proliferación de microorganismos patógenos	Tensoactivos y constructores	El exceso de algas genera metabólicamente toxinas como microcistina y anatoxina-a, y componentes de sabor y olor, como geosmina y metilisoborneol, que afectan la calidad de las aguas. Las floraciones de algas producen muchas bacterias patógenas y causan enfermedades a los seres vivos.	(Li et al. 2019)

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

En virtud de la información expuesta, son 9 los autores que en sus estudios concuerdan en que los efectos que la eutrofización causa en la biodiversidad de los lagos y ríos son la destrucción de ecosistemas acuáticos, generación de algas tóxicas y la creación de microorganismos patógenos.

En primera instancia en estudios hechos en lagos, Luque (2020) resalta que la eutrofización provocada por detergentes con componentes constructores es un gran riesgo para el bienestar y permanencia de los ecosistemas acuáticos ya que pone en peligro la vida de los organismos como los peces pejerrey y sábalo, anfibios u otros tipos de animales acuáticos; dicho hallazgo muestra analogía con lo mencionado por Villabona, Tejada y De La Rosa (2020), quienes determinaron que el efecto más significativo que causan los detergentes constructores con tensoactivos, es el daño a las branquias de los peces (truchas y salmones) y a los organismos de otros seres vivos acuáticos como los moluscos *Galba truncatula* y *Melanopsis*. Así también Wojtkowska y Bojanowsk (2021) reafirma lo expuesto por dichos autores ya que revela que los detergentes compuestos por sulfatos y nitratos (constructores) generan diversas desventajas entre consecuencias geológicas para los usuarios de ecosistemas acuáticos como la transformación de lagos en pantanos. No obstante, Ma et al. (2019) descubrieron como otro de los efectos de la eutrofización en la biodiversidad, la reproducción descontrolada de cianobacterias como *Microcystis aeruginosa* y *Cylindrospermopsis* debido a la excesiva presencia de agentes blanqueadores y constructores de detergentes en el agua; corroborando lo manifestado por Lürling y Mucci (2020) que determinaron que la floración de cianobacterias (*Gloeomargaritales* y *Synechococcales*) causa la interrupción del uso de los servicios proporcionados por los lagos, como también la presencia de algas nocivas como *Lexandrium catenella* y *Dinophysis acuta*.

En el caso de los ríos, Billur (2019) explica que la eutrofización se debe por causa de agentes blanqueadores, tensoactivos y constructores, los cuales principalmente genera la proliferación de algas tóxicas *Heterosigma Akashiv* que luego ocasionan problemas en la flora acuática como el deterioro

histológico de los peces gobio, sábalo y salmón; lo que se relaciona con el hallazgo de Sarkar, Sarkar y Naskar (2021), quienes detallan que la eutrofización debido a detergentes compuestos por aditivos conlleva al aumento desmedido de la biomasa de fitoplancton trayendo como acto negativo la disminución del nivel de oxígeno disuelto en el agua y la creación de condiciones de hipoxia que perjudica a los animales acuáticos como cangrejos, tortugas de ríos y una diversidad de peces, provocando su muerte; además los resultados obtenidos por Li et al. (2018) también ratifican lo antes mencionado, puesto que señalan que los efectos visibles de la eutrofización ocasionada por exceso de residuos de detergentes (constructores y tensoactivos) incluyen el desarrollo de escoria planctónica y biomasa de plantas enraizadas, aumento del crecimiento de algas y muerte de peces; igualmente, Costa, Oliveira y Los (2018) afirma lo expuesto al señalar que origina un nivel pobre de biota, debido a que representa un estado desfavorable para la vida acuática por los cambios de condiciones en los ecosistemas que los hacen inhabitables.

En ese sentido, Moreno (2018) establece que en las aguas superficiales el fenómeno de eutrofización produce riesgos como la exposición de algas y bacterias tóxicas lo que conlleva al desequilibrio ecológico y ambiental, aumento de la demanda bioquímica de oxígeno y el predominio de cianobacterias y otros microorganismos; dicho resultado concuerda con lo expresado por Li et al. (2019), quienes revelan que la proliferación de algas se debe a los detergentes con compuesto constructores y tensoactivos que provocan eutrofización en los ríos, la cual genera metabólicamente toxinas como *microcistina* y *anatoxina-a*, que pueden dañar el hígado, los intestinos y el sistema nervioso de los seres vivos que ingieren sus aguas, aparte de ello, las floraciones de algas producen muchas bacterias patógenas y causan muchas enfermedades.

En síntesis, en la ejecución del segundo objetivo específico se identificó que las principales consecuencias de la eutrofización provocada por el vertimiento de desechos con detergentes en lagos y ríos son cambios en los parámetros químicos y físicos del agua; e impactos negativos en la biodiversidad. Dichos

resultados, guardan relación con el estudio de Falconi et al. (2020), quienes señalan que las aguas que contienen detergentes presentan un pH más alto con valores superiores a las aguas que no tienen estos productos, ocasionando la interrupción en la mezcla de oxígeno atmosférico junto al agua, así como la depreciación del oxígeno disuelto, que conlleva a aminorar la tensión superficial y dificulta el proceso de floculación, causando daños significativos a la flora y fauna del río.

- **OE3: Analizar los tipos de tratamiento para la eliminación de residuos de detergentes en los lagos y ríos.**

Tabla 7. *Características de la revisión: Tipos de tratamiento para la eliminación de residuos de detergentes en los lagos y ríos*

Tipo de tratamiento	País	Muestra	Objetivo	Resultados	Referencia
Biomanipulación	China	Aguas del lago Meishan Dongpo	Analizar el impacto del método de biomanipulación para controlar la eutrofización y eliminar los componentes de detergentes con fosfatos	La biomanipulación jugó un papel importante en el control sobre la eutrofización del lago. Cobertura de macrófitos: > 85%; zooplacton: 0.6 mm; reducción de la perturbación del sedimento; mejora de la claridad y calidad del agua.	(Wang et al. 2022)
	Rusia	Concentraciones inocuas e inhibitorias de aguas con residuos de detergentes tomados del lago Baikal	Analizar la capacidad del método de biomanipulación para la eliminación de los componentes aniónicos de los detergentes presentes en el agua y reducir la eutrofización	La biomanipulación ha eliminado entre un 50-65% la presencia de componentes aniónicos de los detergentes que se encontraban en las aguas del lago Baikal	(Saksonov, Balayan y Stom 2019)
Electrocoagulación	Colombia	Muestras de agua compuestas por residuos de detergentes obtenidas de un lago de Boyacá-Cartagena.	Analizar la eliminación de compuestos de los detergentes tensoactivos a través de tratamientos de electrocoagulación	Los electrodos de aluminio alcanzaron una remoción de 65.55% de los detergentes; los electrodos de hierro consiguieron remover el 69.11% de los componentes	(Villabona, Tejada y De La Rosa 2020)

	Indonesia	Aguas residuales con detergentes recopiladas de un Lago de Indonesia.	Identificar la capacidad de remoción del método de electrocoagulación	Se evaluó el voltaje de 15, 18, 21 y 24 voltios en varias duraciones del proceso de electrocoagulación. Los resultados mostraron que el proceso de electrocoagulación fue capaz de reducir el amonio y el fosfato y también el parámetro de color, turbidez y demanda biológica de oxígeno.	(Suprihatin y Aselfa 2020)
Uso de macrófitas	Bolivia	Aguas residuales con detergente tomadas de un río de Bolivia	Evaluar el uso de macrófitas como método de tratamiento para remover los residuos de los detergentes.	En el día 55 se obtuvo la máxima remoción de nitratos y fosfatos; se obtuvo 75.84% y un 93.75% de remoción.	(Luque 2020)
Radiación ultrasónica	China	Lago de China	Analizar la eliminación de cianobacterias y otros componentes presentes en el cuerpo de agua con eutrofización provocada por el vertido de desechos de detergentes.	Los factores de efectividad energética de la radiación ultrasónica produjeron una eliminación de compuestos de detergentes, cianobacterias y el exceso de algas en un 87.6%	(Huang et al. 2020)
Hidróxido dobles en capa	Indonesia	Aguas con detergente extraídas de un lago de Banjarbaru	Conocer la eficiencia de la remoción de detergentes con Hidróxido dobles en capa (LDH) de Mg – Al (NO ₃)	El método mostró una eficiencia de más del 90% ya que se redujo a 2 mg/L, siendo el pH óptimo para el proceso de remoción alrededor de 8.5±0.2.	(Irawan et al. 2020)

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Conforme a la tabla 7, son 7 los artículos científicos que indican y mencionan los tipos de tratamiento para la eliminación de residuos de detergentes presentes en las aguas de lagos y ríos, los cuales son la biomanipulación, electrocoagulación, uso de macrófitas y la radiación ultrasónica.

En el caso de la biomanipulación, Chen et al. (2020) al implementar dicho método en el lago Meishan Dongpo obtuvieron como resultado que la cobertura de macrófitos sumergidos alcanzó una eficacia mayor al 85%; las especies de peces dominantes cambiaron y se redujo la perturbación del sedimento; además, la calidad y la claridad del agua mejoraron sustancialmente y las concentraciones de nutrientes, en particular el fósforo total, el nitrógeno total y la clorofila se redujeron significativamente.

De otra manera, Saksonov, Balayan y Stom (2019) estudiaron la eliminación de los componentes de los detergentes por medio de la biomanipulación; por lo cual concluyeron que el tratamiento elimina entre un 50-65% la presencia de componentes aniónicos de los detergentes que se encontraban en las aguas del lago Baikal.

Así también, Villabona, Tejada y De La Rosa (2020) al evaluar el tratamiento de la electrocoagulación pudieron descubrir que los electrodos de aluminio alcanzaron una remoción de 65.55% de los detergentes; no obstante, los electrodos de hierro consiguieron remover un 69.11% de los componentes tensoactivos como aniónicos, catiónicos y anfóteros; dichos valores confirman el hallazgo de Suprihatin y Aselfa (2020), quienes mostraron que el proceso de electrocoagulación fue capaz de reducir el fosfato y también el parámetro de color, turbidez, sólidos totales suspendidos, demanda química de oxígeno y el nivel de surfactantes tensoactivos; la mejor combinación de tratamientos se identificó a 21 voltios durante 120 minutos.

Por su parte, Luque (2020) al utilizar macrófitas (*Microcystis sp.*, *Scenedesmus sp.* y *Lyngbya sp.*) para la eliminación de compuestos constructores de detergentes en las aguas pudo determinar que en el día 55 se obtuvo la máxima remoción de nitratos y fosfatos siendo equivalentes a un 75.84% y un 93.75%. No obstante, empleando otro método Huang et al.

(2020) a través de su estudio en un lago de China pudieron establecer que los factores de efectividad energética de la radiación ultrasónica produjeron una eliminación de compuestos de detergentes, cianobacterias y el exceso de algas en un 87.6%. Sin embargo, Irawan et al. (2020) demostró con otro tratamiento una mayor capacidad de remoción, empleando los hidróxidos dobles en capa (LDH) alcanzando una eficiencia de más del 90% ya que se redujo a 2 mg/L, siendo el pH óptimo para el proceso de remoción alrededor de 8.5 ± 0.2 .

Tabla 8. *Capacidad de remoción de los tratamientos de eliminación de residuos de detergentes*

	Biomanipulación	Electrocoagulación	Uso de macrófitas	Radiación ultrasónica	Hidróxido doble en capas
Capacidad de remoción	50% - 75%	Electrodos de hierro: 69.11% Electrodos de aluminio: 65.55%	75.84% - 93.75%	87.60%	90%

Fuente. Elaboración propia

Interpretación

En ese sentido, se determina que para los tipos de tratamiento para la eliminación de residuos de detergentes en los lagos y ríos fueron seis los artículos científicos que dieron a conocer la significativa capacidad de remoción de la biomanipulación (50% - 75%), electrocoagulación (65.55% - 69.11%), uso de macrófitas (75.84% - 93.75%), radiación ultrasónica (87.60%) e Hidróxido doble en capas, siendo el último el que muestra mayor efectividad con un 90%. Dichos hallazgos muestran algo de semejanza con el estudio de Minareci, Cakir y Minareci (2018), quienes recomiendan el método de biomanipulación como forma de tratamiento para la disminución o eliminación de los componentes de los detergentes que se encuentran en las aguas. Al mismo tiempo, Irawan et al. (2020) revela que los métodos biológicos y de electrocoagulación son los más aceptados para la eliminación de fosfatos y aniones mostrando una eficiencia de más del 90% ya que pasó de 51.50 a 2 mg/L, siendo el pH óptimo para el proceso de remoción alrededor de 8.5 ± 0.2 .

Por tanto, en virtud de los resultados y el análisis realizado se revalida la influencia significativa que los detergentes presentan en la eutrofización de los lagos y ríos, ya que estos productos a través de la presencia de sus componentes justifican su aparición y desarrollo dentro de las aguas lo que genera variaciones físicas, químicas en sus características y graves consecuencias biológicas.

V. CONCLUSIONES

En función a los objetivos desarrollados se llegó a concluir lo siguiente:

OG: Se concluye que los detergentes influyen significativamente en la eutrofización en lagos y ríos, puesto que los desechos o residuos de dicho producto que son vertidos a las aguas están compuestos por componentes tensoactivos, constructores, agentes blanqueadores y aditivos, los cuales provocan el incremento excesivo de nutrientes y la reproducción de algas que desencadenan dicho fenómeno y por consiguiente tiene efectos desfavorables en las condiciones químicas, físicas y sobre la biodiversidad. Por ello, los detergentes explican de manera significativa la generación de eutrofización en cuerpos de agua, debido a los desechos o residuos de dicho producto que son vertidos o llegan directamente a los lagos y ríos.

OE1: La composición de los detergentes en lagos y ríos con eutrofización está caracterizada por tensoactivos, constructores, agentes blanqueadores y aditivos, los mismos que coincidieron en el 56%, 33% y 11% de los artículos analizados, respectivamente. Por ello, la eutrofización se produce debido al exceso de nutrientes como fosfatos y nitratos que son componentes constructores; asimismo, los detergentes compuestos por los diversos tipos de tensoactivos al igual que otros componentes como agentes blanqueadores y aditivos, también tienen un efecto significativo en los lagos y ríos al ocasionar niveles de contaminación.

OE2: La eutrofización por contaminación de detergentes en los lagos y ríos impacta en los parámetros físicos variando el nivel de fósforo, nitrógeno, clorofila y pH. Asimismo, en los parámetros químicos la eutrofización altera la temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y la transparencia del agua. Por último, produce efectos desfavorables en la biodiversidad de los lagos y ríos por medio de la destrucción de ecosistemas, generación de algas tóxicas y la creación de organismos patógenos.

OE3: Por último, se concluye que los tipos de tratamiento para la eliminación de residuos de detergentes en los lagos y ríos son la biomanipulación (50% - 75%), la electrocoagulación (69.11% - 65.55%), el uso de macrófitas (75.84% - 93.75%) y la radiación ultrasónica (87.60%) y tratamiento con hidróxido doble en capas (90%). De los cinco métodos de tratamiento de eliminación de residuos de detergentes en aguas con eutrofización, se observa que la aplicación de hidróxido doble en capas tiene una eficiencia mayor, seguido de la radiación ultrasónica y el uso de macrófitas, las cuales presentan una capacidad de remoción mucho más alta a comparación de las demás; no obstante todos los tratamientos son bastante efectivos al manifestar valores de remoción a partir del 50%.

VI. RECOMENDACIONES

OG: Se recomienda a la población estudiantil y a investigadores en general, realizar más estudios relacionados a los detergentes y su influencia en la eutrofización de lagos y ríos, con la finalidad de actualizar la información y generar más conocimientos que contribuyan a ampliar las distintas bases de datos. Asimismo, se recomienda considerar en futuras investigaciones diferentes categorías o componentes análogos al tema de estudio, como por ejemplo otros tipos de aguas superficiales.

OE1: Asimismo se sugiere realizar investigaciones sobre detergentes amigables con los recursos hídricos y el medio ambiente en general, que puedan ser utilizados en reemplazo de los tradicionales con el objetivo de evitar y frenar la eutrofización en los lagos, ríos y otras aguas superficiales.

OE2: Se recomienda a las distintas autoridades gubernamentales difundir de manera constante los efectos y consecuencias que la eutrofización puede ocasionar en las propiedades químicas, físicas y biológicas de los ríos y lagos, con el fin de generar reflexión en la sociedad sobre el vertido de residuos de detergentes en las aguas y de ese modo crear conciencia sobre su uso.

OE3: Finalmente, se sugiere desarrollar investigaciones en las que se considere la implementación de los tipos de tratamiento señalados en el estudio para la eliminación de residuos de detergentes en los lagos y ríos, con el propósito de evaluar y comprobar su eficacia como alternativa para minimizar o eliminar la presencia de eutrofización en dichos cuerpos de agua.

REFERENCIAS

1. AIRE LIBRE, 2018. Eutrofización ¿Qué es? [en línea]. Disponible en: <https://airelibre.cl/que-es-eutrofizacion-significado-definicion/>.
2. ALPROL, A.E., HENEASH, A.M.M., SOLIMAN, A.M., ASHOUR, M., ALSANIE, W.F., GABER, A. y MANSOUR, A.T., 2021. Assessment of water quality, eutrophication, and zooplankton community in Lake Burullus, Egypt. *Diversity*, vol. 13, no. 6, pp. 1-8. ISSN 14242818. DOI 10.3390/D13060268.
3. ALTIPARMAKI, G., KOURLETAKIS, P., MOUSTAKAS, K. y VAKALIS, S., 2022. Assessing the effect of hydrothermal treatment (HT) severity on the fate of nitrates and phosphates in dairy wastewater. *Fuel*, vol. 312, no. 15. ISSN 0016-2361. DOI 10.1016/J.FUEL.2021.122866.
4. ATICI, A., 2021. Seasonal changes of some detergent components in surface water of rivers to the Van Lake, Turkey. *Toxicological & Environmental Chemistry*, vol. 103, no. 1, pp. 37-49. ISSN 10290486. DOI 10.1080/02772248.2021.1882460.
5. AVEIGA, A., NOLES, P., DE LA CRUZ, A., PEÑARRIETA, F. y ALCANTARA, F., 2019. Variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río Carrizal en Manabí. *Enfoque UTE* [en línea], vol. 10, no. 3, pp. 30-41. [Consulta: 14 junio 2022]. ISSN 1390-6542. DOI 10.29019/ENFOQUEUTE.V10N3.423. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422019000300030.
6. AYELE, H.S. y ATLABACHEW, M., 2021. Review of characterization, factors, impacts, and solutions of Lake eutrophication: lesson for lake Tana, Ethiopia. *Environmental Science and Pollution Research* [en línea], vol. 28, no. 12, pp. 14233-14252. [Consulta: 17 enero 2022]. ISSN 1614-7499. DOI 10.1007/S11356-020-12081-4. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-12081-4>.
7. BAE, J.Y., PARK, S.Y., SHIN, Y.H., CHOI, S.W. y KIM, J.K., 2021. Preparation of human decellularized peripheral nerve allograft using amphoteric detergent and nuclease. *Neural Regeneration Research* [en línea], vol. 16, no. 9, pp. 1897. [Consulta: 17 marzo 2022]. ISSN 18767958. DOI 10.4103/1673-5374.306091. Disponible en:

- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8328754/>.
8. BAENA, G., 2017. Metodología de la investigación [en línea]. 3. S.I.: Grupo Editorial Patria. [Consulta: 24 septiembre 2021]. Disponible en: http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia de la investigacion.pdf.
 9. BASHIR, I., LONE, F.A., BHAT, R.A., MIR, S.A., DAR, Z.A. y DAR, S.A., 2020. Concerns and Threats of Contamination on Aquatic Ecosystems. Bioremediation and Biotechnology [en línea], no. 1. [Consulta: 14 junio 2022]. DOI 10.1007/978-3-030-35691-0_1. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7121614/>.
 10. BAXA, M., MUSIL, M., KUMMEL, M., HANZLÍK, P., TESAŘOVÁ, B. y PECHAR, L., 2021. Dissolved oxygen deficits in a shallow eutrophic aquatic ecosystem (fishpond) – Sediment oxygen demand and water column respiration alternately drive the oxygen regime. Science of The Total Environment [en línea], vol. 766. [Consulta: 13 mayo 2022]. ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/J.SCITOTENV.2020.142647. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720361763>.
 11. BEER, A., MORRIS, A., MARTIN, J., PARIS, C. y BUDGE, T., 2021. RURAL LOCAL GOVERNANCE AND HOUSING: LOCAL GOVERNMENT AS FACILITATOR Consolidating the Australian Dream: Reconfiguring the multi-unit housing network View project Urban marginality View project RURAL LOCAL GOVERNANCE AND HOUSING: LOCAL GOVERNMENT AS FACILITATOR. Australasian Journal of Regional Studies [en línea], vol. 26, no. 4, pp. 414-435. [Consulta: 29 enero 2022]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/351905140>.
 12. BELIZARIO, G., CAPACOILA, J., HUAQUISTO, E., CORNEJO, D. y CHUI, H., 2019. Determinación del contenido de fósforo y arsénico, y de otros metales contaminantes de las aguas superficiales del río Coata, afluente del lago Titicaca, Perú. Revista Boliviana de Química [en línea], vol. 36, no. 5, pp. 223-228. [Consulta: 17 enero 2022]. ISSN 2078-3949. DOI 10.34098/2078-3949.36.5.4. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4263/426362623004/426362623004.pdf>.
 13. BHAGOWATI, B.Q. review on lake eutrophication dynamics and recent

- developments in lake modeling y UDDIN AHAMAD, K., 2018. A review on lake eutrophication dynamics and recent developments in lake modeling. *Integrative Medicine Research* [en línea], vol. 17, no. 5, pp. 1-12. [Consulta: 18 enero 2022]. DOI 10.1016/j.ecohyd.2018.03.002. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S164235931730143X>.
14. BHOYAR, V., 2021. Physicochemical parameters and water quality of Ambona Lake. *World Journal of Pharmaceutical Research* [en línea], vol. 10, no. 13, pp. 1754. [Consulta: 30 mayo 2022]. DOI 10.20959/wjpr202113-22138. Disponible en: https://wjpr.s3.ap-south-1.amazonaws.com/article_issue/ee663a4b4687a1d9108c9ab44bdbc61a.pdf.
 15. BILLUR, E., 2019. Seasonal changes of LAS, phosphate, and chlorophyll-a concentrations in coastal surface water of the Prince Islands, Marmara Sea. *Marine Pollution Bulletin* [en línea], vol. 138, pp. 230-234. [Consulta: 27 enero 2022]. ISSN 0025326X. DOI 10.1016/j.marpolbul.2018.11.027. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X1830804X>.
 16. BLANCO-MUÑOZ, E., DE LA PARRA-GUERRA, A.C., GARCÍA-ALZATE, C. y VILLARREAL-BLANCO, E., 2020. Análisis físico-químico y fitoplanctónico de la ciénaga Puerto Caimán, vertiente Caribe, Colombia. *Intropica* [en línea], vol. 15, no. 2, pp. 114-125. [Consulta: 28 enero 2022]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2498525127>.
 17. BRICEÑO, I., PÉREZ, W., SAN MIGUEL, D. y RAMOS, S., 2018. Determinación de calidad de agua en el Lago Vichuquén, con imágenes de satélite Landsat 8, sensor OLI, año 2016, Chile. *Revista de Teledetección* [en línea], no. 52, pp. 67-78. [Consulta: 14 junio 2022]. ISSN 1988-8740. DOI 10.4995/raet.2018.10126. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/114907/10126-42791-2-PB.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.
 18. BUCHMÜLLER, K., XU, C., BEARTH, A. y SIEGRIST, M., 2022. Consumers' decision-making process when choosing potentially risky, frequently used chemical household products: The case of laundry detergents. *Environmental Research* [en línea], vol. 209, pp. 1-12. [Consulta: 17 marzo 2022]. ISSN 0013-9351. DOI 10.1016/J.ENVRES.2022.112894. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935122002213>.

19. CADENAS, R., PARRALES, M. y OSEJOS, M., 2019. El sitio de Andil y su incidencia en la contaminación del río Jipijapa, Manabí, Ecuador. *La Técnica* [en línea], pp. 1-12. [Consulta: 14 enero 2022]. Disponible en: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/1551/2335>.
20. CAPOTE, A.J. y LUMUMBA, P., 2021. Abundancia y diversidad trófica de moluscos del mesolitoral rocoso en un gradiente de eutrofización de la costa suroriental de Cuba. *Novitates Caribaea* [en línea], no. 17, pp. 1-14. [Consulta: 18 enero 2022]. ISSN 2079-0139. DOI 10.33800/NC.VI17.243. Disponible en: <https://novitatescaribaea.do/index.php/novitates/article/view/243>.
21. CHEN, Z., ZHAO, D., LI, M., TU, W., LUO, xiaoming y LIU, X., 2020. A field study on the effects of combined biomanipulation on the water quality of a eutrophic lake. *Environmental Pollution* [en línea], vol. 265, no. 1. [Consulta: 25 marzo 2022]. ISSN 0269-7491. DOI 10.1016/J.ENVPOL.2020.115091. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749120320534>.
22. CHENG, K.C., KHOO, Z.S., LO, N.W., TAN, W.J. y CHEMMANGATTUVALAPPIL, N.G., 2020. Design and performance optimisation of detergent product containing binary mixture of anionic-nonionic surfactants. *Heliyon* [en línea], vol. 6, no. 5, pp. 1-13. [Consulta: 14 junio 2022]. ISSN 2405-8440. DOI 10.1016/J.HELİYON.2020.E03861. Disponible en: *Development of surfactants and builders in detergent formulations*.
23. CHUCHKALOV, S., FADEEV, I., ALEKSEEV, V. y MIKHAILOV, B., 2020. Effect of Synthetic Detergents on Soil Erosion Resistance. *KnE Life Sciences* [en línea], vol. 2020, pp. 489-496. [Consulta: 18 enero 2022]. ISSN 2413-0877. DOI 10.18502/KLS.V5I1.6113. Disponible en: <https://knepublishing.com/index.php/KnE-Life/article/view/6113>.
24. CONCI, E., CIVIT, B.M., BECKER, A.R. y ARENA, A.P., 2020. La Eutrofización acuática y terrestre como categorías de impacto regional. *AJEA* [en línea], no. 5, pp. 1-6. [Consulta: 17 enero 2022]. ISSN 2683-8818. DOI 10.33414/AJEA.5.643.2020. Disponible en: <https://rtyc.utm.edu.ar/index.php/ajea/article/view/643>.
25. CONCYTEC, 2018. Compendio de normas para trabajos escritos [en línea]. S.l.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, CONCYTEC.

- Disponible en:
https://portal.concytec.gob.pe/images/renacyt/reglamento_renacyt_version_final.pdf.
26. CORTES, E. y JIMÉNEZ, L., 2019. Análisis comparativo de las características físico- químicas y técnicas de los detergentes ecológicos derivados de la saponina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y la saponina del jaboncillo (*Sapindus saponaria* L.). *Boletín Semillas Ambientales* [en línea], vol. 13, no. 1, pp. 95-102. [Consulta: 14 enero 2022]. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/bsa/article/view/15052/14889>.
 27. COSTA, K.A., OLIVEIRA, E. y LOS, P., 2018. Evaluation of the water quality of the Verde River, Ponta Grossa, PR: a study on the conditions of aquatic life maintenance and the eutrophication process. *Ecletica Quimica* [en línea], vol. 43, no. 2, pp. 51-58. [Consulta: 27 enero 2022]. ISSN 16784618. DOI 10.26850/1678-4618EQJ.V43.2.2018.P51-58. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/429/42956169008/>.
 28. CUI, J., JIN, Z., WANG, Yan, GAO, S., FU, Z., YANG, Y. y WANG, Yun, 2021. Mechanism of eutrophication process during algal decomposition at the water/sediment interface. *Journal of Cleaner Production* [en línea], vol. 309, pp. 1-11. [Consulta: 18 marzo 2022]. ISSN 0959-6526. DOI 10.1016/J.JCLEPRO.2021.127175. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652621013949>.
 29. DURAN, J.P.J.Q., TINEO, T.L., CANALES, Y.R. y BOZZETTA, L.R., 2021. Estudio descriptivo de la laguna artificial Chorrillos ubicado en el distrito de Huacho – Perú. *Journal of Science and Research* [en línea], vol. 6, no. 4, pp. 87-100. [Consulta: 14 enero 2022]. ISSN 2528-8083. DOI 10.26910/ISSN.2528-8083VOL6ISS4.2021PP87-100P. Disponible en: <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/1192>.
 30. FACHRUL, M.F., RINANTI, A., HENDRAWAN, D.I., SALSABIL, M.A. y ALREEKABI, N.K., 2020. Distribution of Nitrate, Phosphate and N/P Ratio in Maninjau Lake, West Sumatra, Indonesia. *OP Conference Series. Earth and Environmental Science*, vol. 754, no. 1, pp. 1-8. DOI 10.1088/1755-1315/754/1/012028.
 31. FALCONI, E.J., YAYA, D.S., VELÁSQUEZ, M., MOSCOL, A.A. y CAVERO,

- O.B., 2020. Riesgos del uso de detergentes domésticos en la calidad del agua en poblaciones en transición de lo rural a lo urbano: Churín 2017. *Alternativa Financiera* [en línea], vol. 9, no. 1, pp. 1-19. [Consulta: 17 enero 2022]. ISSN 0188-4999. Disponible en: <https://www.aulavirtualusmp.pe/ojs/index.php/AF/article/view/1763>.
32. GARCÍA NIETO, P.J., GARCÍA-GONZALO, E., ALONSO FERNÁNDEZ, J.R. y DÍAZ MUÑIZ, C., 2019. Water eutrophication assessment relied on various machine learning techniques: A case study in the Englishmen Lake (Northern Spain). *Ecological Modelling*, vol. 404, pp. 91-102. ISSN 0304-3800. DOI 10.1016/J.ECOLMODEL.2019.03.009.
33. GEWERING, T., JANULIENE, D., RIES, A. y MOELLER, A., 2018. Know your detergents: A case study on detergent background in negative stain electron microscopy. *Journal of Structural Biology* [en línea], vol. 203, no. 3, pp. 242-246. [Consulta: 18 enero 2022]. DOI 10.1016/j.jsb.2018.05.008. Disponible en: www.elsevier.com/locate/yjsbi.
34. GOMES, C. y SILVA, S., 2018. Phosphorus delivered to surface waters resulting from the use of powder detergents: environmental and public health aspects. *Ciência & Saúde Coletiva*, vol. 23, no. 11, pp. 3891-3902. ISSN 1413-8123. DOI 10.1590/1413-812320182311.27062016.
35. GOYENOLA, G., KRUK, C., MAZZEO, N., NARIO, A., PERDOMO, C., PICCINI, C. y MEERHOFF, M., 2021. Producción, nutrientes, eutrofización y cianobacterias en Uruguay:: armando el rompecabezas. *INNOTEC* [en línea], vol. 22, pp. 558-572. [Consulta: 18 enero 2022]. ISSN 1688-3691. DOI 10.26461/22.02. Disponible en: <https://ojs.latu.org.uy/index.php/INNOTEC/article/view/558>.
36. GRIFFIN, N.J., 2018. The rise and fall of dissolved phosphate in South African rivers. *South African Journal of Science*, vol. 113, no. 11, pp. 1-7. ISSN 19967489. DOI 10.17159/SAJS.2017/20170020.
37. GURKOK, S., 2019. Microbial Enzymes in Detergents: A Review. *International Journal of Scientific & Engineering Research* [en línea], vol. 10, no. 9, pp. 75-81. [Consulta: 14 junio 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Sumeyra-Gurkok/publication/337796251_Microbial_Enzymes_in_Detergents_A_Review

_Sumeyra_GURKOK/links/5dea58cda6fdcc28370af402/Microbial-Enzymes-in-Detergents-A-Review-Sumeyra-GURKOK.pdf.

38. HAQUE, S.E., CHOWDHURY, B., SUJAUDDIN, M. y AN, C., 2021. How Effective Are Existing Phosphorus Management Strategies in Mitigating Surface Water Quality Problems in the U.S.? *Sustainability* 2021, vol. 13, no. 12, pp. 1-13. ISSN 20711050. DOI 10.3390/SU13126565.
39. HOLMBERG, K., 2018. Interactions between surfactants and hydrolytic enzymes. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* [en línea], vol. 168, pp. 169-177. [Consulta: 30 mayo 2022]. ISSN 0927-7765. DOI 10.1016/J.COLSURFB.2017.12.002. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927776517308391>.
40. HOROZAL, A. y AKSOY, Ö., 2020. Evaluation of the genotoxicity of some standart and eco-friendly detergents with *Vicia faba*. *Caryologia* [en línea], vol. 73, no. 4, pp. 129-139. [Consulta: 18 enero 2022]. ISSN 2165-5391. DOI 10.13128/CARYOLOGIA-856. Disponible en: <https://riviste.fupress.net/index.php/caryologia/article/view/856>.
41. HUANG, H., WU, G., SHENG, C., WU, J., LI, D. y WANG, H., 2020. Improved Cyanobacteria Removal from Harmful Algae Blooms by Two-Cycle, Low-Frequency, Low-Density, and Short-Duration Ultrasonic Radiation. *Water* 2020, Vol. 12, Page 2431 [en línea], vol. 12, no. 9. [Consulta: 28 enero 2022]. ISSN 20734441. DOI 10.3390/W12092431. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/9/2431/htm>.
42. IRAWAN, C., RATMASARI, A., RIZALDI, F., NATA, I.F. y PUTRA, M.D., 2020. Removal phosphate-containing detergent wastewater by Mg–Al(NO₃) layered double hydroxide. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 524, no. 1, pp. 1-8. ISSN 1755-1315. DOI 10.1088/1755-1315/524/1/012007.
43. ISIUKU, B. y ENYOH, C., 2020. Pollution and health risks assessment of nitrate and phosphate concentrations in water bodies in South Eastern, Nigeria. *Environmental Advances* [en línea], vol. 2, pp. 1-8. [Consulta: 14 junio 2022]. ISSN 2666-7657. DOI 10.1016/J.ENVADV.2020.100018. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666765720300181>.
44. JANARDHAN, K. y WAGHMODE, S., 2021. Lipase enzyme based green

- chemistry detergents for cleaning industry. *Research & Reviews in Biotechnology & Biosciences* [en línea], vol. 8, no. 2, pp. 75-80. [Consulta: 17 marzo 2022]. ISSN 2321-8681. DOI 10.5281/zenodo.5775429. Disponible en: http://biotechjournal.in/images/paper_pdffiles/Lip-61bd91dee7456.pdf.
45. KATALIN, J., 2018. Pollution for cleanliness? Lessons from an ethnographic research on the rural use of water for hygienic purposes. *Historia provinciae – the journal of regional history* [en línea], vol. 2, no. 1, pp. 29-54. [Consulta: 18 enero 2022]. DOI 10.23859/2587-8352-2018-2-1-3. Disponible en: <https://cyberleninka.ru/article/n/pollution-for-cleanliness-lessons-from-an-ethnographic-research-on-the-rural-use-of-water-for-hygienic-purposes>.
46. KOOHSARYAN, E., ANBIA, M. y MAGHSOODLU, M., 2020. Application of zeolites as non-phosphate detergent builders: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering* [en línea], vol. 8, no. 5, pp. 1-27. [Consulta: 17 marzo 2022]. ISSN 2213-3437. DOI 10.1016/J.JECE.2020.104287. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343720306369>.
47. KOTTI, M., ZACHARIOUDAKI, D., KONINOY, E. y STAVROULAKIS, G., 2018. Characterization of water quality of Almiros river (Northeastern Crete, Greece): physicochemical parameters, polycyclic aromatic hydrocarbons and anionic detergents. *Modeling Earth Systems and Environment* [en línea], vol. 4, pp. 1285-1296. [Consulta: 18 enero 2022]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40808-018-0504-3#citeas>.
48. KÜBELBECK, S., MIKHAEL, J., KELLER, H., KONRADI, R., ANDRIEU-BRUNSEN, A. y BAIER, G., 2018. Enzyme–Polymer Conjugates to Enhance Enzyme Shelf Life in a Liquid Detergent Formulation. *Macromolecular Bioscience* [en línea], vol. 18, no. 7, pp. 1-8. [Consulta: 17 marzo 2022]. ISSN 1616-5195. DOI 10.1002/MABI.201800095. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/mabi.201800095>.
49. KURREY, R., MAHILANG, M., DEB, M.K. y SHRIVAS, K., 2019. Analytical approach on surface active agents in the environment and challenges. *Trends in Environmental Analytical Chemistry* [en línea], vol. 21, pp. 1-18. [Consulta: 14 junio 2022]. ISSN 2214-1588. DOI 10.1016/J.TEAC.2019.E00061. Disponible en:

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214158818300230>.
50. LE MOAL, M., GASCUEL, C., SOUCHON, Y., ÉTRILLARD, C., LEVAIN, A. y PINAY, G., 2019. Eutrophication: A new wine in an old bottle? *Science of The Total Environment* [en línea], vol. 651, pp. 1-11. [Consulta: 18 enero 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969718335836>.
51. LENCHA, S.M., TRÄNCKNER, J. y DANANTO, M., 2021. Assessing the Water Quality of Lake Hawassa Ethiopia—Trophic State and Suitability for Anthropogenic Uses—Applying Common Water Quality Indices. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2021, Vol. 18, Page 8904 [en línea], vol. 18, no. 17, pp. 8904. [Consulta: 28 enero 2022]. ISSN 16604601. DOI 10.3390/IJERPH18178904. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/17/8904/htm>.
52. LI, M., CHEN, J., FINLAYSON, B., CHEN, Z., WEBBER, M., BARNETT, J. y WANG, M., 2019. Freshwater supply to metropolitan Shanghai: Issues of quality from source to consumers. *Water (Switzerland)*, vol. 11, no. 10. ISSN 20734441. DOI 10.3390/W11102176.
53. LI, T., CHU, C., ZHANG, Y., JU, M. y WANG, Y., 2018. Contrasting eutrophication risks and countermeasures in different water bodies: Assessments to support targeted watershed management. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 14, no. 7, pp. 1-19. ISSN 16604601. DOI 10.3390/IJERPH14070695.
54. LIM, Y.S., BAHARUDIN, N.B. y UNG, Y.W., 2019. Methyl Ester Sulfonate: A High-Performance Surfactant Capable of Reducing Builders Dosage in Detergents. *Journal of Surfactants and Detergents* [en línea], vol. 22, no. 3, pp. 549-558. [Consulta: 17 marzo 2022]. ISSN 1558-9293. DOI 10.1002/JSDE.12230. Disponible en: <https://aocs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsde.12230>.
55. LIN, S., SHEN, S., ZHOU, A. y XU, Y., 2020. Approach based on TOPSIS and Monte Carlo simulation methods to evaluate lake eutrophication levels. *Water Research* [en línea], vol. 187, pp. 1-10. [Consulta: 18 enero 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135420309726>.

56. LIN, S.S., SHEN, S.L., ZHOU, A. y LYU, H.M., 2021. Assessment and management of lake eutrophication: A case study in Lake Erhai, China. *Science of the Total Environment*, pp. 1-77. ISSN 18791026. DOI 10.1016/J.SCITOTENV.2020.141618.
57. LU, Q., XIN, W., NIE, J., ZHANG, Y. y PEI, Y., 2019. Present Situation of Eutrophication Landscape. *Asian Agricultural Research* [en línea], vol. 11, no. 3, pp. 41-44. [Consulta: 27 enero 2022]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2225134738/49A3DAE741CC4DF4PQ/16>.
58. LUQUE, J., 2020. Remoción de nitratos y fosfatos de agua residual mediante el uso de microalgas altiplánicas a nivel experimental. *Acta Nova* [en línea], vol. 9, no. 4, pp. 543-552. [Consulta: 27 enero 2022]. ISSN 1683-0789. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892020000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
59. LÜRLING, M. y MUCCI, M., 2020. Mitigating eutrophication nuisance: in-lake measures are becoming inevitable in eutrophic waters in the Netherlands. *Hydrobiologia* [en línea], vol. 847, pp. 4447-4467. [Consulta: 27 enero 2022]. DOI 10.1007/s10750-020-04297-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04297-9>.
60. MA, J., WANG, P., WANG, X., XU, Y. y PAERL, H.W., 2019. Cyanobacteria in eutrophic waters benefit from rising atmospheric CO₂ concentrations. *Science of The Total Environment* [en línea], vol. 691, pp. 1144-1154. [Consulta: 13 mayo 2022]. ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/J.SCITOTENV.2019.07.056. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719331699>.
61. MALONE, T.C. y NEWTON, A., 2020. The Globalization of Cultural Eutrophication in the Coastal Ocean: Causes and Consequences. *Frontiers in Marine Science* [en línea], vol. 7, pp. 682. [Consulta: 18 enero 2022]. ISSN 22967745. DOI 10.3389/FMARS.2020.00670/BIBTEX. Disponible en: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2020.00670/full?utm_source=fweb&ut.
62. MATHEW, J., NIMMY, M. y SINJU, R., 2018. Electrophoretic Protein Analysis of Red blood cell Membrane Proteins upon Ionic and Non-ionic detergent lysis - ProQuest. *International Journal of Biosciences and Technology* [en línea], vol.

- 11, no. 6, pp. 52-59. [Consulta: 17 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.proquest.com/openview/6492a9c6c07fad019ac18b4ee0d89304/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1606350>.
63. MELATI, I., MAGHFIROH, M. y JSALESMANA, T., 2020. Public perception and contribution of domestic waste to water pollution of Lake Matano, South Sulawesi-Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science [en línea], vol. 535, no. 1, pp. 1-10. [Consulta: 18 enero 2022]. ISSN 1755-1315. DOI 10.1088/1755-1315/535/1/012065. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/535/1/012065>.
64. MINARECI, O., CAKIR, M. y MINARECI, E., 2018. Seasonal changes of some detergent components in surface water of rivers to the Van Lake, Turkey. Applied Ecology and Environmental Research, vol. 16, no. 4, pp. 5287-5298. ISSN 17850037. DOI 10.15666/AEER/1604_52875298.
65. MORELL, A., BEYRIS, C., BERGUES, P., CAMPOS, A. y COSTA, J., 2020. Revisión sistemática de los contaminantes en la bahía de Santiago de Cuba. Ciencia en su PC [en línea], no. 30, pp. 30-44. [Consulta: 17 enero 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181366194003>.
66. MORENO, R., 2018. Evaluación del riesgo de eutrofización del embalse El Quimbo, Huila (Colombia). Ciencia & Tecnología [en línea], vol. 10. [Consulta: 14 enero 2022]. ISSN 2422-4200. DOI 10.22335/rlct.v10i2.461. Disponible en: <https://doi.org/10.22335/rlct.v10i2.461>.
67. MOUSAVI, S.A. y KHODADOOST, F., 2019. Effects of detergents on natural ecosystems and wastewater treatment processes: a review. Environmental science and pollution research international [en línea], vol. 26, no. 26, pp. 1-10. [Consulta: 17 enero 2022]. ISSN 1614-7499. DOI 10.1007/S11356-019-05802-X. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31352596/>.
68. ÑAUPAS, H., VALDIVIA, M., PALACIOS, J. y ROMERO, H., 2018. Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. 5. S.l.: Ediciones de la U.
69. NEKOEI, M., 2018. Genetic Algorithm Based Wavelengths Selection Coupled with Partial Least Squares for Simultaneous Spectrophotometric Determination of Phosphate and Silicate in Detergent Products. Current Analytical Chemistry, vol. 14, no. 2, pp. 151-158. ISSN 15734110. DOI

10.2174/1573411013666170703162902.

70. NIGUSSIE, K., PEARL, M., SHARON, N. y IAN, R., 2018. Assessment of microbiological, physicochemical, water-soluble anions and elemental contents of water and sediments of Bon Accord Dam, South Africa. *Cogent Chemistry* [en línea], vol. 4, pp. 1-22. [Consulta: 27 enero 2022]. DOI 10.1080/23312009.2018.1560858. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/23312009.2018.1560858>.
71. NIYONZIMA, F., 2019. Detergent-compatible bacterial cellulases. *Journal of Basic Microbiology* [en línea], vol. 59, no. 2, pp. 134-147. [Consulta: 17 marzo 2022]. ISSN 1521-4028. DOI 10.1002/JOBM.201800436. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jobm.201800436>.
72. NOVAK, M., GOSTINČAR, C. y GUNDE, N., 2020. Microorganisms populating the water-related indoor biome. *Applied Microbiology and Biotechnology* [en línea], vol. 104, no. 15, pp. 6443-6462. [Consulta: 14 junio 2022]. ISSN 14320614. DOI 10.1007/S00253-020-10719-4/FIGURES/2. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00253-020-10719-4>.
73. ORTÍZ VILLOTA, M.T., ROMERO MORALES, M.A. y MEZA RODRÍGUEZ, L.D., 2018. La biorremediación con microalgas (*Spirulina máxima*, *Spirulina platensis* y *Chlorella vulgaris*) como alternativa para tratar la eutrofización de la laguna de Ubaque, Colombia. *Revista de Investigación Desarrollo e Innovación: RIDI* [en línea], vol. 9, no. 1, pp. 163-176. [Consulta: 18 enero 2022]. ISSN 2027-8306. DOI 10.19053/20278306.v9.n1.2018.8153. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6763329&info=resumen&idoma=SPA>.
74. PAOLOTTI, L., ROCCHI, L., BOGGIA, A. y LUCCHETTI, M.G., 2019. The Role of Environmental Evaluation within Circular Economy: An Application of Life Cycle Assessment (LCA) Method in the Detergents Sector. *Sciendo* [en línea], vol. 23, no. 2, pp. 238-257. [Consulta: 18 enero 2022]. DOI 10.2478/rtuect-2019-0066. Disponible en: <https://content.sciendo.com>.
75. PEREIRA, A., KROPF, K., DWECK, J. y D'AVILA, L., 2019. Quantification of detergent-dispersant additives in gasoline by thermogravimetry. *Thermochimica Acta*, vol. 681, pp. 1-7. ISSN 0040-6031. DOI 10.1016/J.TCA.2019.178400.
76. POZO-ANTONIO, J.S., ROCHA, C.S.A., PEREIRA, M.F.C., MAURÍCIO,

- A.M.A.S. y FLORES-COLEN, I., 2020. Evaluation of side effects of mechanical cleaning with an anionic detergent on granite cladding tiles. *Environmental Science and Pollution Research* [en línea], vol. 28, no. 12, pp. 1-12. [Consulta: 17 marzo 2022]. ISSN 1614-7499. DOI 10.1007/S11356-020-11733-9. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-11733-9>.
77. PRAGER, E.M., CHAMBERS, K.E., PLOTKIN, J.L., MCARTHUR, D.L., BANDROWSKI, A.E., BANSAL, N., MARTONE, M.E., BERGSTROM, H.C., BESPALOV, A. y GRAF, C., 2019. Improving transparency and scientific rigor in academic publishing. *Journal of Neuroscience Research* [en línea], vol. 97, no. 4, pp. 377-390. [Consulta: 12 mayo 2022]. ISSN 1097-4547. DOI 10.1002/JNR.24340. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jnr.24340>.
78. PREISNER, M., NEVEROVA-DZIOPAK, E. y KOWALEWSKI, Z., 2020. Analysis of eutrophication potential of municipal wastewater. *Water Science and Technology*, vol. 81, no. 9, pp. 1994-2003. ISSN 0273-1223. DOI 10.2166/WST.2020.254.
79. QADRI, R. y FAIQ, M.A., 2020. Freshwater Pollution: Effects on Aquatic Life and Human Health. *Fresh Water Pollution Dynamics and Remediation* [en línea], pp. 15-26. [Consulta: 17 marzo 2022]. DOI 10.1007/978-981-13-8277-2_2. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-8277-2_2#citeas.
80. QUISPE, K., GUADALUPE, N., DIAZ, H. y DIAZ, G., 2021. Utilización de *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* en la remoción de nitrógeno y fósforo de las aguas residuales de la laguna de oxidación de la ciudad de Pucallpa, Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* [en línea], vol. 5, no. 3, pp. 2813-2827. [Consulta: 17 enero 2022]. ISSN 2707-2215. DOI 10.37811/CL_RCM.V5I3.491. Disponible en: <https://www.ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/491>.
81. REBELLO, S., ANOOPKUMAR, A.N., SINDHU, R., BINOD, P., PANDEY, A. y ANEESH, E.M., 2020. Comparative life-cycle analysis of synthetic detergents and biosurfactants—an overview. *Refining Biomass Residues for Sustainable Energy and Bioproducts: Technology, Advances, Life Cycle Assessment, and Economics*, pp. 511-521. DOI 10.1016/B978-0-12-818996-2.00023-5.

82. RIVERA CASTRO, C.A., LETELIER PINO, J.A., ACEVEDO PIZARRO, B., TOBAR CORREA, T. del P., LORETO TORRES LEPE, C., CATALDO FIGUEROA, A.M., RUDOLPH GEISSE, A. y RIVERA CASTRO, M.Á., 2020. Calidad del agua del estero el Sauce, Valparaíso, Chile Central. *Revista internacional de contaminación ambiental*, vol. 36, no. 2, pp. 261-273. ISSN 0188-4999. DOI 10.20937/RICA.53465.
83. RIVERO, D., 2018. *Metodología de la investigación*. 3° ed. México: Editorial Shalom.
84. ROMERO, M., 2020. El Proceso de Eutrofización: otra de las múltiples caras de la contaminación. *MoleQla: revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*, ISSN-e 2173-0903, No. 36, 2020 [en línea], no. 36, pp. 33-36. [Consulta: 17 enero 2022]. ISSN 2173-0903. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7220428>.
85. SAKSONOV, M.N., BALAYAN, A.E. y STOM, D.I., 2019. Assessment of Toxicity of Technical Detergents Using Complex of Bioassay Methods. , vol. 272, no. 2, pp. 1-6. DOI 10.1088/1755-1315/272/2/022204.
86. SAMPEI, N., MATSUMOTO, K., MIHARA, C., SAKURAI, S., TAKEUCHI, T., OHKOUCHI, Y., SUGITA, K. y INABA, K., 2019. Historical analysis of domestic wastewater pollution and its measures in Lake Teganuma basin using surfactant concentrations recorded in sediment core samples. *SN Applied Sciences* [en línea], vol. 1, no. 4, pp. 1-9. [Consulta: 18 enero 2022]. ISSN 25233971. DOI 10.1007/S42452-019-0376-9/FIGURES/4. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-019-0376-9>.
87. SARKAR, S. Das, SARKAR, U.K. y NASKAR, M., 2021. Effect of climato-environmental parameters on chlorophyll a concentration in the lower Ganga basin, India. *Revista de Biología Tropical*, vol. 69, no. 1, pp. 60-76. ISSN 22152075. DOI 10.15517/RBT.V69I1.42731.
88. SHEN, X., ZHANG, H., HE, X., SHI, H., STEPHAN, C., JIANG, H., WAN, C. y EICHHOLZ, T., 2019. Evaluating the treatment effectiveness of copper-based algacides on toxic algae *Microcystis aeruginosa* using single cell-inductively coupled plasma-mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* [en línea], vol. 411, no. 21, pp. 5531-5543. [Consulta: 14 junio 2022]. ISSN 16182650. DOI 10.1007/S00216-019-01933-9/FIGURES/6. Disponible en:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00216-019-01933-9>.

89. SOLOMBRINO, A. y MARTINEZ, J., 2021. Condiciones ambientales y eutrofización de la Laguna El Pino, Guatemala, con base en variables fisicoquímicas, vegetación acuática y terrestre. *Revista Mesoamericana de Biodiversidad y Cambio Climático* [en línea], vol. 5, no. 1, pp. 1-18. [Consulta: 14 enero 2022]. Disponible en: <https://www.revistayuam.com/wp-content/uploads/2021/09/Yuam-condiciones-ambientales.pdf>.
90. SORIA, J., ROMO, S., VER, a L., CALVO, S., SÓRIA, X. y PÉREZ, J., 2021. Evolución de la conductividad en la Albufera de Valencia entre 1985 y 2018. *Limnetica* [en línea], vol. 40, no. 1, pp. 223-232. [Consulta: 14 junio 2022]. ISSN 0213-8409. DOI 10.23818/limn.40.15. Disponible en: <https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/81321/149404.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
91. SUPRIHATIN, F. y ASELFA, S., 2020. Pollutants removal in electrocoagulation of detergent wastewater. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 472, no. 1, pp. 1-11. ISSN 1755-1315. DOI 10.1088/1755-1315/472/1/012032.
92. THOO, R., SIUDA, W. y JASSER, I., 2020. The Effects of Sodium Percarbonate Generated Free Oxygen on *Daphnia*—Implications for the Management of Harmful Algal Blooms. *Water* [en línea], vol. 12, no. 5, pp. 1-12. [Consulta: 30 mayo 2022]. ISSN 2073-4441. DOI 10.3390/W12051304. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/5/1304>.
93. VAN PUIJENBROEK, P., BEUSEN, A. y BOUWMAN, A., 2018. Datasets of the phosphorus content in laundry and dishwasher detergents. *Data in Brief* [en línea], vol. 21, pp. 2284-2289. [Consulta: 18 enero 2022]. ISSN 2352-3409. DOI 10.1016/J.DIB.2018.11.081. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340918314744>.
94. VILLABONA-ORTÍZ, A., TEJADA-TOVAR, C. y DE-LA-ROSA-JIMÉNEZ, L., 2020. Evaluation of Parameters in the Removal of Linear Alkylbenzene Sulfonate Anionic Surfactant Using Electrocoagulation. *Revista Facultad de Ingeniería*, vol. 30, no. 55, pp. 60-76. ISSN 0121-1129. DOI 10.19053/01211129.V30.N55.2021.11570.
95. VINÇON-LEITE, B. y CASENAVE, C., 2018. Modelling eutrophication in lake

- ecosystems: A review. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 651, pp. 2985-3000. [Consulta: 18 enero 2022]. DOI 10.1016/j.scitotenv.2018.09.320. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.320>.
96. VYSTAVNA, Y., HEJZLAR, J. y KOPÁČEK, J., 2018. Long-term trends of phosphorus concentrations in an artificial lake: Socioeconomic and climate drivers. *PLoS ONE*, vol. 12, no. 10. ISSN 19326203. DOI 10.1371/JOURNAL.PONE.0186917.
97. WANG, B., XIN, M., WEI, Q. y XIE, L., 2018. A historical overview of coastal eutrophication in the China Seas. *Marine Pollution Bulletin* [en línea], vol. 136, pp. 394-400. [Consulta: 18 enero 2022]. DOI 10.1016/j.marpolbul.2018.09.044. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X1830691X>.
98. WANG, C., LU, Y., SUN, B., ZHANG, M., MAO, R., LI, X., SONG, S., ZHAO, J., YU, M., SHI, Y. y WANG, P., 2022. Biomanipulation impacts on per-and polyfluoroalkyl substances accumulation and trophic transfer in an eutrophic lake. *Environment International* [en línea], vol. 160. [Consulta: 28 enero 2022]. ISSN 0160-4120. DOI 10.1016/J.ENVINT.2021.107057. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0160412021006826>.
99. WOJTKOWSKA, M. y BOJANOWSKI, D., 2021. Assessing trophic state of surface waters of Służewiecki Stream (Warsaw). *Applied Water Science*, vol. 11, no. 7, pp. 1-8. ISSN 2190-5487. DOI 10.1007/S13201-021-01446-W/TABLES/5.
100. WURTSBAUGH, W., PAERL, H. y DODDS, W., 2019. Nutrients, eutrophication and harmful algal blooms along the freshwater to marine continuum. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water* [en línea], vol. 6, no. 5, pp. 1-27. [Consulta: 18 enero 2022]. Disponible en: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wat2.1373>.
101. ZHAO, D., CHEN, C., YANG, J., ZHOU, S., DU, J., ZHANG, M. y AN, S., 2021. Mutual promotion of submerged macrophytes and biofilms on artificial macrophytes for nitrogen and COD removal improvement in eutrophic water. *Environmental Pollution*, vol. 277. ISSN 0269-7491. DOI 10.1016/J.ENVPOL.2021.116718.

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de la categorización de las variables

Título: Detergentes y eutrofización en lagos y ríos: una revisión sistemática, 2022.

Objetivos específicos	Problemas específicos	Categorías	Subcategorías	Unidad de análisis	
Analizar la composición de los detergentes en lagos y ríos con eutrofización.	¿Cuál es la composición de los detergentes en lagos y ríos con eutrofización?	Composición de detergentes	Tensoactivos	Aniónicos	(Saksonov, Balayan y Stom 2019)
				Catiónicos	(Atici 2021)
				No iónicos	(Minareci, Cakir y Minareci 2018)
				Anfóteros	(Billur 2019)
			Constructores	Fosfatos	(Irawan et al. 2020)
				Nitratos	(Gomes y Silva 2018)
				Silicatos	(Lim, Baharudin y Ung 2019)
				EDTA	(Melati, Maghfiroh y Jasalesmana 2020)
				Carbonatos	
			Zeolitas		
			Agentes blanqueadores	Perborato de sodio	(Suprihatin y Aselfa 2020)
				Hipoclorito de sodio	
			Aditivos	Enzimas	
				Perfumes	
Polímeros					
Colorantes					

Analizar el impacto y los efectos de la eutrofización por contaminación de detergentes en los lagos y ríos.	¿Cuál es el impacto y los efectos de la eutrofización por contaminación de detergentes en los lagos y ríos?	Impacto y efectos de la eutrofización	Impacto en los parámetros químicos de los lagos y ríos	Fósforo	(Griffin 2018)
				Nitrógeno	(Li et al. 2018)
				Clorofila	Blanco-Muñoz et al. (2020)
				Potencial de hidrogeno (Ph)	(Wojtkowska y Bojanowski 2021)
			Impacto en los parámetros físicos de los lagos y ríos	Temperatura	(Sarkar, Sarkar y Naskar 2021)
				Conductividad	
				Oxígeno disuelto	(Alprol et al. 2021)
				Transparencia	(Lencha, Tränckner y Dananto 2021)
			Efectos en la biodiversidad de los lagos y ríos	Demanda bioquímica de oxígeno	(Baxa et al. 2021)
				Destrucción de ecosistemas acuáticos	(Atici 2021)
				Generación de algas tóxicas	Moreno (2018)
			Tipos de tratamiento para la eliminación de residuos de detergentes	Creación de microorganismos patógenos	Lürling y Mucci (2020)
				Bio-manipulación	(Wang et al. 2022)
Electrocoagulación	(Villabona, Tejada Tovar y De La Rosa 2020)				
Uso de macrófitas	(Zhao et al. 2021)				
Radiación ultrasónica	(Huang et al. 2020)				
Hidróxido doble en capas	(Irawan et al. 2020)				
Analizar los tipos de tratamiento para la eliminación de residuos de detergentes en los lagos y ríos.	¿Cuáles son los tipos de tratamiento para la eliminación de residuos de detergentes en los lagos y ríos?	Tratamiento para la eliminación de residuos de detergentes			

Anexo 2 Instrumento de recolección de datos

Criterios de búsqueda	Términos de búsqueda	Número de artículos			
		Resultados	Revisión de títulos	Revisión de resúmenes	Revisión de artículos completos
Texto completo	Detergents and eutrophication	430	48	26	10
Open access	eutrophication in surface waters	225	30	8	2
Años: 2018-2022	eutrofización	110	21	11	3
Texto completo	Detergents and eutrophication	12	9	5	2
Open access	eutrophication	12	10	4	1
Años: 2018-2022					
Texto completo	eutrophication in surface waters	81	47	16	3
Open access					
Años: 2018-2022					
Texto completo	eutrofización	84	15	7	2
Open access	eutrophication	91	36	14	0
Años: 2018-2022					
Texto completo	Detergentes y eutrofización	647	12	5	1
Open access	Detergents and eutrophication	237	29	9	3
Años: 2018-2022					
Texto completo	water contamination by detergents	375	25	8	3
Open access					
Años: 2018-2022					
		2304	282	113	30
					30