

Escuela de Posgrado

MAESTRÍA EN CIENCIAS SOCIALES CON MENCIÓN EN GESTIÓN
AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Tesis

**Estudio del impacto de los efluentes de una planta
desalinizadora de agua sobre la diversidad
hidrobiológica del cuerpo receptor, Lima 2022**

Keny Pierson Huayanay Ostos

Para optar el Grado Académico de
Maestro en Ciencias Sociales con Mención en
Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible

Lima, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

Turnitin final Informe de tesis Keny Huayanay

INFORME DE ORIGINALIDAD

11%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
2	www.minem.gob.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
5	rua.ua.es Fuente de Internet	<1%
6	agfstorage.blob.core.windows.net Fuente de Internet	<1%
7	blog.apsmm.org.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1%

10	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.oefa.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	visorsig.oefa.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
15	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
17	ipicyt.repositorioinstitucional.mx Fuente de Internet	<1 %
18	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Nacional de Trujillo Trabajo del estudiante	<1 %
20	repositorio.upse.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

22	www.icj-cij.org Fuente de Internet	<1 %
23	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
24	revista.itson.edu.mx Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	rnia.produce.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
29	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
30	de.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
31	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
32	cgi.educities.edu.tw Fuente de Internet	<1 %
33	issuu.com Fuente de Internet	<1 %

<1 %

34

Submitted to Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Trabajo del estudiante

<1 %

35

Submitted to Universidad Católica San Pablo

Trabajo del estudiante

<1 %

36

books.google.com.pe

Fuente de Internet

<1 %

37

www.aragon.es

Fuente de Internet

<1 %

38

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1 %

39

repositorio.uach.mx

Fuente de Internet

<1 %

40

repositorio.uta.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

41

idoc.pub

Fuente de Internet

<1 %

42

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

43

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

44

portal-academico.upads.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

45

www.construccionyvivienda.com

Fuente de Internet

<1 %

46

repositorio.udec.cl

Fuente de Internet

<1 %

47

repositorio.unesum.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

48

repositorio.unillanos.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

49

rinacional.tecnm.mx

Fuente de Internet

<1 %

50

www.conabio.gob.mx

Fuente de Internet

<1 %

51

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

52

Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

53

observatorio.epacartagena.gov.co

Fuente de Internet

<1 %

54

repositorio.unamad.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

55

repositorio.unjfsc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

56

Nelson Villamizar-Gómez, Leónides Castellanos-Gonzales, Gladys Montañez-Acevedo. "La diversidad arbórea en fincas de pequeños agricultores en cuatro municipios de Norte de Santander, Colombia", Rev. iberoam. bioecon. cambio clim., 2022

Publicación

<1 %

57

Submitted to Pontificia Universidad Católica del Ecuador - PUCE

Trabajo del estudiante

<1 %

58

cybertesis.unmsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

59

repositorio.une.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

60

transparenciafiscal.tepic.gob.mx

Fuente de Internet

<1 %

61

repository.udca.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

62

repositorio.unac.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

63

repositorio.unp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

64

www.scielo.org.pe

Fuente de Internet

<1 %

65

Submitted to Wageningen University

Trabajo del estudiante

<1 %

66

aaap.memberclicks.net

Fuente de Internet

<1 %

67

intraedu.dde.pr

Fuente de Internet

<1 %

68

repositorio.unu.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

69

www.repositorio.uancv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

70

www.scielo.org.mx

Fuente de Internet

<1 %

71

obtienearchivo.bcn.cl

Fuente de Internet

<1 %

72

ribuni.uni.edu.ni

Fuente de Internet

<1 %

73

www.parquesnacionales.gov.co

Fuente de Internet

<1 %

74

www.repositorio.upla.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

75

aquamedwebsite.wixsite.com

Fuente de Internet

<1 %

76

dspace.esPOCH.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

77

ecuaempresas.com

Fuente de Internet

<1 %

78

eprints.uanl.mx

Fuente de Internet

<1 %

79

www.aprchile.cl

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

Asesor

Mg. Leslie Cristina Lescano Bocanegra

Agradecimiento

A mi hermano Einstein Huayanay Ostos, no hubiera podido ser posible llegar a esta etapa sin su apoyo. A mi familia por la apoyarme y tolerancia por mis ausencias a causa de la investigación. A mi asesora Mg. Leslie Lascano por su valioso aporte y orientación durante el proceso de elaboración de la presente tesis. A mi gran amigo Ing. Delmar Rodríguez por toda la confianza, orientación y el apoyo brindando. A la empresa CODESUR S.A por permitirme desarrollar la investigación y a la Ing. Linda Cueto por su amistad y consejos. A mis compañeros de la empresa TEDAGUA S.A. por sus aportes. A mi colega Blga. Karen Roa, por su valioso tiempo, aporte y orientación en el desarrollo de la presente investigación. A todos los que no pude nombrar y que contribuyeron a culminar con éxito la presente, mi gratitud siempre.

Índice

Asesor.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Tablas.....	vii
Índice de Figuras	viii
Resumen	x
Abstract.....	xi
Introducción	xii
Capítulo I Planteamiento del Estudio	15
1.1. Planteamiento y formulación del problema	16
1.1.1. Planteamiento del problema.	16
1.1.2. Formulación del problema.....	19
A. Problema general	19
B. Problemas específicos	19
1.2. Determinación de objetivos	19
1.2.1. Objetivo general.....	19
1.2.2. Objetivos específicos	19
1.3. Justificación e importancia del estudio	20
1.3.1. Justificación teórica.....	20
1.3.2. Justificación práctica (metodología)	20
1.3.3. Justificación ambiental	21
1.4. Limitaciones de la presente investigación.....	21
Capítulo II Marco Teórico	23
2.1. Antecedentes de la Investigación	23
2.1.1. Antecedentes internacionales:	23
2.1.2. Antecedentes nacionales:	25
2.2. Bases Teóricas.....	27
2.2.1. Desalación.....	27
2.3. Definición de términos básicos	29
2.3.1. El agua	29
2.3.2. Tecnologías utilizadas para el tratamiento de agua	31
2.3.3. Efluentes.....	32
2.3.4. Estándar de Calidad Ambiental (ECA)	33

2.3.5.	Límite máximo permisible (LMP).....	33
2.3.6.	Biodiversidad hidrobiológica marina.....	34
Capítulo III	Hipótesis y Variables.....	43
3.1.	Hipótesis	43
3.1.1.	Hipótesis general	43
3.1.2.	Hipótesis específicas	43
3.2.	Operacionalización de variables	43
3.2.1.	Variable independiente (V1).....	43
3.2.2.	Variable dependiente (V2)	43
3.2.3.	Matriz de Operacionalización de variables	44
Capítulo IV	Metodología del Estudio	45
4.1.	4.1 Método y tipo de la investigación.....	45
4.1.1.	Método.....	45
4.1.2.	Nivel de investigación	45
4.2.	Diseño de Investigación	46
4.3.	Población y muestra	46
4.3.1.	Población.....	46
4.3.2.	Muestra.....	46
4.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	47
4.4.1.	Técnicas	47
A.	Monitoreo Hidrobiológico de Plancton	47
B.	Fitoplancton.....	48
4.4.2.	Instrumentos	49
A.	Muestreo del Zooplancton	50
B.	Análisis de Datos Hidrobiológicos.....	51
C.	Cálculo de la Abundancia de especies	52
D.	Medidas de Comunidad – Fitoplancton y Zooplancton ..	52
E.	Medida de Similaridad – Fitoplancton y Zooplancton.....	52
F.	Comparación entre las temporadas de monitoreo mediante análisis multivariado.....	53
G.	Análisis estadístico	53
H.	Monitoreo de la calidad del agua	54

I. Estándares y límites máximos permisibles de comparación de calidad de agua marina, costera y efluente.	55
Capitulo V Resultados.....	58
5.1. Resultados y análisis.....	58
5.1.1. Calidad ambiental del efluente.....	59
5.1.2. Monitoreo de la calidad del cuerpo receptor (agua de mar) ...	63
5.1.3. Monitoreo Hidrobiológico	73
A. Monitoreo de Fitoplancton	73
B. Monitoreo de Zooplancton	82
5.2. Discusión de resultados	94
Conclusiones	98
Recomendaciones	99
Referencias Bibliográficas.....	100
Anexos.....	107
Anexo A: Matriz de Consistencia	107
Anexo B: Análisis estadístico de datos	109
Anexo C: Matriz de Datos Fitoplancton.....	113
Anexo D: Glosario de términos	120

Índice de Tablas

Tabla 1 Índice de diversidad H' e interpretación de valores	36
Tabla 2 Calidad del agua asociada al índice H'	37
Tabla 3 Matriz de operacionalización de variables.....	44
Tabla 4 Estaciones de monitoreo Hidrobiológico	47
Tabla 5 Ubicación de la estación de monitoreo de calidad de agua marina	54
Tabla 6 Estándares de calidad ambiental para agua	56
Tabla 7 Límites máximos permisibles para efluentes de PTAR	57
Tabla 8 Límite máximo permisible para efluentes de plantas desaladoras.....	57
Tabla 9 Caracterización de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del efluente	59
Tabla 10 Calidad del agua del cuerpo receptor (agua de mar)	63
Tabla 11 Calidad del agua costera (litoral).....	69
Tabla 12 Densidad total (Cel./L) por Phylum vs. Temporada de monitoreo	74
Tabla 13 Abundancia absoluta y relativa de fitoplancton	75
Tabla 14 Índices de diversidad por temporada de monitoreo.....	76
Tabla 15 Densidad total (Org./100m ³) de Phylum por temporada de monitoreo .	83
Tabla 16 Abundancia absoluta y relativa de Phylum por temporada de monitoreo	85
Tabla 17 Índices de diversidad por temporada de monitoreo.....	86
Tabla 18 Prueba de normalidad fitoplancton.....	109
Tabla 19 Estadísticos descriptivos fitoplancton.....	110
Tabla 20 Prueba de los rangos con signos de Wilcoxon fitoplancton.....	110
Tabla 21 Estadísticos de contraste fitoplancton	110
Tabla 22 Prueba de normalidad fitoplancton.....	111
Tabla 23 Estadísticos descriptivos de zooplancton	112
Tabla 24 Prueba de los rangos con signos de Wilcoxon fitoplancton.....	112
Tabla 25 Estadísticos de contraste zooplancton	112

Índice de Figuras

Figura 1. Principales tecnologías de desalinización	28
Figura 2. Área de Monitoreo – Plancton Marino	48
Figura 3. Modelamiento matemático descarga - Coliformes	58
Figura 4. Modelamiento matemático descarga-Salmuera.....	59
Figura 5. Parámetros de control	61
Figura 6. Análisis multivariado de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del efluente.	62
Figura 7. Densidad de células expresada en porcentaje de células por litro en todas las temporadas de monitoreo.....	75
Figura 8. Abundancia absoluta y relativa de fitoplancton antes y después de la operación de planta.....	76
Figura 9. Comparativo del número de taxones (riqueza de especies) por temporada de monitoreo	77
Figura 10. Diversidad H' de especies de fitoplancton por temporada de monitoreo.	78
Figura 11. Índice de Simpson (D). Dominancia de especies por temporada de monitoreo.	78
Figura 12. Índice de similaridad Bray-Curtis fitoplancton por temporada de monitoreo.	80
Figura 13. Análisis multivariado (MDS). Comparación de abundancia de fitoplancton por phylum.	81
Figura 14. Análisis multivariado (MDS). Comparación de abundancias de fitoplancton phylum por temporada de monitoreo.	82
Figura 15. Densidad de organismos expresada en porcentaje en todas las temporadas de monitoreo.....	84
Figura 16. Densidad absoluta y relativa de organismos expresada en porcentaje en antes y después de la operación de planta.....	86
Figura 17. Riqueza de especies de zooplancton por temporada de monitoreo...	87
Figura 18. Índice de diversidad de Shannon (H') de especies de zooplancton por temporada de monitoreo	88
Figura 19. Índice de Simpson (D). Dominancia de especies de zooplancton por temporada de monitoreo	88

Figura 20. Índice de similitud Bray-Curtis por temporada de monitoreo.....	90
Figura 21. Análisis multivariado (MDS). Comparación abundancia de phylum de Zooplancton por temporada de monitoreo.	91
Figura 22. Análisis multivariado (MDS). Comparación phylum de Zooplancton por temporada de monitoreo.	92

Resumen

En el presente trabajo de investigación se evaluó la calidad fisicoquímica, microbiológica del efluente de una planta desaladora y de su cuerpo receptor (mar) con el objetivo de determinar si existe variación de la diversidad en cuanto al número de especies de fitoplancton y zooplancton, para lo cual se realizaron monitoreos hidrobiológicos a lo largo del tiempo que comprende desde mayo del año 2015 hasta abril del 2022. Los resultados obtenidos fueron agrupados en dos grupos: antes de operación de planta (temporadas del 2015 al 2019) y después del inicio de operación de planta (temporadas 2020 al 2022)

Se obtuvo como resultado que la calidad del efluente y del cuerpo receptor cumplen con los parámetros establecidos en la normativa ambiental peruana vigente. Se obtuvieron en total 155 especies de fitoplancton agrupadas en 6 phylum. El phylum Bacillariophyta (58.9%), Chlorophyta (17.4%), Euglenozoa (15.9%) y Miozoa (7.2%) fueron los más abundantes antes de la operación de planta y después del inicio de la operación solo se registraron los phylum Bacillariophyta (88.3%) y Chlorophyta (9.8%). En cuanto a la composición del zooplancton se registraron un total de 60 especies agrupadas en 12 phylum de los cuales el phylum *Arthropoda* (93.27%) fue el más abundante antes de la operación de planta, seguido de Annelida (2.43%), Mollusca (2.03%) y Chordata (1.71%) y después del inicio operación solo se registraron los phylum Chordata (60.88%) y *Arthropoda* (38.31%). Finalmente se determinó mediante la prueba de Wilcoxon para dos muestras relacionadas, que existe una variación entre el número de especies de fitoplancton y zooplancton registradas antes y después del inicio de operaciones de la planta desaladora.

Palabras clave: salmuera, desaladora, diversidad, plancton, efluente.

Abstract

In this research work, the physicochemical and microbiological quality of the effluent from a desalination plant and its receiving body (sea) was evaluated in order to determine if there is diversity variation in terms of the number of phytoplankton and zooplankton species, to which hydrobiological monitoring was carried out over the time that comprised from May 2015 to April 2022. The results obtained were grouped into two groups: before plant operation (seasons from 2015 to 2019) and after the start of operation of plant (seasons 2020 to 2022)

It was obtained as a result that the quality of the effluent and the receiving body comply with the parameters established in the current Peruvian environmental regulations. A total of 155 species of phytoplankton grouped into 6 phyla were obtained. The phylum *Bacillariophyta* (58.9%), *Chlorophyta* (17.4%), *Euglenozoa* (15.9%) and *Miozoa* (7.2%) were the most abundant before the plant operation and after the start of the operation only the phylum *Bacillariophyta* (88.3%) were recorded. %) and *Chlorophyta* (9.8%). Regarding the composition of the zooplankton, a total of 60 species grouped into 12 phylum were recorded, of which the phylum *Arthropoda* (93.27%) was the most abundant before the plant operation, followed by *Annelida* (2.43%), *Mollusca* (2.03 %) and *Chordata* (1.71%) and after the start of the operation only the *phylum Chordata* (60.88%) and *Arthropoda* (38.31%) were recorded. Finally, it will be produced by the Wilconxon test for two related samples, that there will be a variation between the number of phytoplankton and zooplankton species recorded before and after the start of operations of the desalination plant.

Keywords: brine, desalination plant, diversity, plankton, effluent.

Introducción

La potabilización de agua supone tener fuentes de agua constantes y sobre todo accesibles, en tal sentido tradicionalmente el abastecimiento en nuestro país es de ríos, lagunas, aguas subterráneas principalmente; sin embargo, en los últimos años se viene impulsando proyectos de desalación de agua de mar como fuente no convencional de agua (Sola et al, 2020) usando la tecnología de ósmosis inversa, que genera grandes cantidades de efluentes cuyas características fisicoquímicas, microbiológicas, etc. pueden generar posibles impactos en la composición de especies biológicas y calidad del cuerpo receptor (Gonzales et al., 2012).

La potabilización de agua de mar por medio de la ósmosis inversa es una nueva alternativa en Perú, que permite cubrir la necesidad de abastecimiento de agua potable; sin embargo, existe abundante literatura que describe los impactos de las descargas provenientes de plantas desaladoras que emplean dicha tecnología sobre diferentes comunidades biológicas del cuerpo receptor.

El principal desafío que afronta el desarrollo de proyectos de desalación es el grado de impacto ambiental sobre las comunidades hidrobiológicas (ecosistema marino) por las descargas de efluentes con altas concentraciones de sales (salmuera) y otros compuestos que son vertidas a cuerpos receptores entre los cuales se encuentra principalmente el mar (Neuparath et al, 2002).

Entre los posibles efectos adversos que pueden generar las descargas hipersalinas a nivel biológico son cambios a nivel fisiológico, capacidad de reproducción, sucesión de especies tolerantes en desmedro de los que habitan en condiciones normales, migración de especies endémicas por falta de alimento (plancton) o cambios en el ambiente (Gonzales et al., 2012).

Una de las formas de estudiar la dinámica de contaminantes en el ambiente es con el uso de modelamientos matemáticos, que indican posibles zonas o lugares,

niveles de concentración, etc. (Varas 2008). Sin embargo, dichos modelamientos no reflejan los cambios a nivel biológico; por lo tanto, se debe incorporar estudios complementarios como el uso de organismos biológicos (bioindicadores), cuya ecología permita entender e interpretar en base a indicadores de diversidad, abundancia, situaciones en las cuales se presentan condiciones normales o adversos como cambios estacionales, fenómenos naturales y principalmente la incorporación de contaminantes de origen antrópico (De la Lanza et al., 2000).

Existe abundante literatura a nivel nacional e internacional en los que se reportan y demuestran la importancia de estudiar organismos bioindicadores como el plancton para evaluar cambios en la diversidad, riqueza, abundancia de especies de un determinado ecosistema (Gonzales et al., 2012; Ruiz 2017; Parrales et al.; Silva 2022; Donet 2018), mediante el cual se puede estimar niveles de contaminación o determinar la calidad de aguas (Fray 2021). Sin embargo, en el Perú no se tienen registros de trabajos de investigación relacionados a descargas de efluentes de plantas desaladoras ni tampoco sobre el impacto ambiental sobre la biología de ecosistemas marinos que reciben directamente dicha descarga, tan solo se cuenta con el estudio de impacto ambiental en el cual se desarrollan modelamientos matemáticos de la dispersión de parámetros microbiológicos, fisicoquímicos, etc. basados en los actuales instrumentos de gestión ambiental (ECA agua).

En nuestro país, no existe una normativa ambiental sectorial en el cual se establezcan parámetros de control para la calidad de efluentes vertidos por plantas desaladoras específicamente como si lo tienen España y otros países en los cuales la potabilización de agua marina se encuentra muy desarrollada. En consecuencia al no contar con ello el Perú, de acuerdo con el EIA(d) del proyecto “PROVISUR” el efluente final resulta siendo una combinación entre el efluente proveniente de la planta desaladora (salmuera) y el efluente tratado de la Planta de tratamiento de aguas residuales. Es así, que a dicho efluente final se aplican los controles de calidad en los parámetros establecidos en el D.S 003-2010-MINAM.

En el presente trabajo de investigación se tuvo como objetivo determinar el impacto de los efluentes de una planta desalinizadora de agua sobre la diversidad

hidrobiológica del cuerpo receptor. Para lo cual, se hicieron monitoreos hidrobiológicos en las temporadas antes de operación de planta (periodo 2015 al 2019) y después del inicio de operaciones (periodo 2020 al 2022), con los datos obtenidos se evaluó la diversidad hidrobiológica representada por el fitoplancton y zooplancton mediante los índices de Shannon (H'), Simpson (D) y Bray-Curtis. Además, se realizaron monitoreos ambientales para determinar la calidad fisicoquímica, microbiológica del efluente de la planta desaladora y del cuerpo receptor (mar), cuyos datos fueron comparados con las normativas ambientales sectoriales vigentes. Finalmente, los datos fueron evaluados estadísticamente con la finalidad de comparar la variación en la diversidad hidrobiológica antes y después de la operación de la planta desalinizadora.

Es preciso resaltar que, al no encontrarse antecedentes de estudios similares en nuestro país, el presente trabajo de investigación es el primero en abordar los posibles efectos de efluentes de una planta desalinizadora sobre la biología de los ecosistemas de un cuerpo receptor, de modo que este estudio permitirá abrir nuevas líneas de investigación a futuro debido a que el gobierno peruano contempla la construcción de más plantas desaladoras y plantas de tratamiento de aguas residuales en el litoral peruano, por ello el enfoque de estudios de impactos ambientales, autorizaciones de vertimiento y demás instrumentos de gestión ambiental deben necesariamente contemplar estudios científicos exhaustivos basados en el seguimiento o vigilancia ambiental de organismos marinos (modelos biológicos o indicadores) con el objetivo de implementar una serie de pautas de protección en zonas sensibles frente a los excesos de contaminantes presentes en los efluentes de plantas desaladoras que pudieran tener efecto negativo sobre los organismos representativos (o en peligro de extinción) de cada ecosistema presente en los cuerpos receptores finales.

Capítulo I

Planteamiento del Estudio

La vida como se conoce hoy en la tierra se desarrolla gracias al agua, razón por la cual muchas de las sociedades se han desarrollado cerca a fuentes de agua, ello ha permitido el desarrollo de varias actividades económicas y culturales debido a que en las épocas antiguas se realizaban ritos, pagos a la tierra entre otros valorando la importancia del recurso hídrico (Burstein, 2018).

La cultura del agua es la manifestación de los usos y costumbres asociados al agua ya sea en la cosmovisión y conocimientos transmitidos por generaciones, cuyo legado permanece plasmado en las grandes obras hidráulicas construidas (UNESCO, 2006) (p.38).

El impacto principal del cambio climático se refleja en el agua, sumado a ello el constante crecimiento poblacional ejerce gran presión sobre los recursos hídricos demandando acceso a nuevas fuentes de agua segura. Ello ha significado el impulso para la mejora y creación de nuevas técnicas para tratar aguas, permitiendo su reutilización, transporte y disposición final a ciudades con grandes poblaciones (Cerdá y Quiroga, 2020).

Entre las alternativas tecnológicas usadas para tratar nuevas fuentes de agua se encuentra la desalación de agua de mar y aguas salobres, básicamente consiste en la separación de sales disueltas contenidas en el agua aplicando diversas tecnologías como la destilación, ósmosis inversa, filtración, electrodiálisis entre otros. Para llevar dichas acciones se requiere el desarrollo de proyectos hidráulicos para el diseño, la construcción y operación de grandes plantas desaladoras (Gonzales, 2009). Sin embargo, las diversas tecnologías empleadas para la desalación del agua generan efectos ambientales negativos como por ejemplo el uso de la tierra, las aguas subterráneas, el medio marino, la contaminación acústica, el uso de energía, salmuera entre otros (Sadhvani et al., 2005).

La modificación de las condiciones naturales de un ecosistema encaja en el concepto de contaminación ambiental, razón por la cual una descarga de efluentes con altas concentraciones de sal (salmuera) puede resultar tóxico para determinados organismos acuáticos (Gonzales, 2009).

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema.

El desarrollo de todo proyecto (hidráulico) implica la generación de impactos ambientales positivos y negativos a lo largo del ciclo de desarrollo del proyecto. Particularmente en el caso de las plantas desaladoras, en la etapa de operación generan agua potable (agua para uso y consumo humano) y por otro lado se genera efluentes con alta concentración de sales (desechos hipersalinos o salmuera) y otros compuestos propios del proceso que son descargados a diferentes cuerpos receptores (lagos, ríos y mar) representando un riesgo ambiental para los ecosistemas acuáticos (diversidad hidrobiológica, flora y fauna) (Gonzales, 2009).

En Perú existen pequeñas plantas desaladoras de agua para procesos industriales mas no de potabilización para consumo humano. Con la reciente puesta en marcha del proyecto PROVISUR impulsado por Sedapal y otorgada en concesión, se construyó en el distrito de Santa María de Mar una moderna planta desaladora de agua de mar que potabilizará agua beneficiando a 100 mil habitantes de los distritos de San Bartolo, Punta Negra, Punta Hermosa y Santa María del Mar situados al sur de Lima, acuerdo con el Ministerio de Vivienda construcción y Saneamiento (2020).

Los impactos ambientales asociados a una planta desalinizadora son similares a los que cualquier otra planta industrial puede ocasionar potencialmente en áreas cercanas y a las condiciones de los componentes ambientales propios del lugar en donde se construya y se dé la operación. Dicho de otro modo, como parte del

funcionamiento de plantas desalinizadoras se puede abordar una serie de impactos ambientales como la generación de ruido, emisiones atmosféricas, vibraciones, generación de residuos sólidos, efluentes líquidos.

El impacto ambiental de las plantas desalinizadoras puede clasificarse en varios aspectos como por ejemplo el impacto por el uso de la zona costera debido a que ocupará un espacio determinado para la construcción de la planta, impacto en la generación de la electricidad para el funcionamiento de la planta debido a la emisión de gases tóxicos como el SO₂, CO, NO y NO₂, impacto por el aumento de la temperatura del agua asociado a la descarga de efluentes con elevada temperatura que tendrían potencial de causar contaminación térmica en los hábitats marinos (Neuparath et al., 2002).

El principal impacto y el de mayor preocupación para la comunidad científica se debe principalmente el hecho de duplicar la concentración de sal en el medio marino mediante la descarga o vertido de salmuera (efluente hipersalino) de una planta desalinizadora cuyo impacto tiene el potencial de causar serios daños a la diversidad biológica marina (flora y fauna) (Neuparath et al., 2002).

De acuerdo con lo reportado por Jones et al., 2019 hasta el año 2018 existían alrededor de 16 mil plantas desaladoras (desalinizadoras) funcionando en 177 países, dichas plantas producen cerca de 95 millones de m³/día de agua desalada para potabilización. A su vez, se menciona que la producción de agua está asociada a la generación de descargas (efluentes) con altas concentraciones de sales o hipersalino denominado salmuera cuya eliminación está asociada con impactos ambientales negativos.

La cantidad de salmuera que puede generar una planta dependerá de tres factores importantes: la ubicación de la planta desalinizadora, la fuente de agua utilizada que puede ser agua salobre o agua de mar y del tipo de tecnología de desalación empleada. De esta última se destaca la tecnología de ósmosis inversa que es la más utilizada en los últimos años mediante la cual se puede lograr producir cerca del 69% de agua desalinizada en el mundo de los cuales al usar agua de mar se genera alrededor de 42% de agua y 58% de salmuera en comparación con las tecnologías térmicas que solo generan alrededor del 25% de agua desalinizada (Jones et al., 2019).

Se ha estimado que la salinidad de los efluentes es aproximadamente el doble equivalente a 64-70 ppt, con respecto a la salinidad real del agua de mar que se encuentra en 35-36 ppt, representando un serio problema para el ecosistema marino (Neuparath et al., 2002).

Los cambios en la salinidad pueden influir en el desarrollo de las especies, propagación, crecimiento individual, supervivencia de las etapas larvales de los animales, esperanza de vida, densidad poblacional, aspectos reproductivos, etc. Por lo cual los cambios en la salinidad pueden darse de dos maneras opuestas en la existencia de organismos marinos; por un lado, puede ser beneficiosos para cierto grupo de especies como los mariscos y al mismo tiempo pueden ser perjudiciales para otras especies (Neuparath et al., 2002).

Por tanto, el conocimiento de los límites de tolerancia (umbral) de la vida marina a diferentes concentraciones o grados de salinidad es un aspecto importante en la evaluación de la perturbación marina y de la población de organismos.

La presente investigación se realizó en la zona de influencia de la planta PROVISUR ubicada en la av. panamericana sur km 52 lote J2, Santa María del Mar, Lima-Perú en el periodo comprendido del 2015 al primer trimestre del año 2022.

1.1.2. Formulación del problema.

A. Problema general

¿Cuál será el impacto de los efluentes de una planta desalinizadora de agua sobre la diversidad hidrobiológica del cuerpo receptor, Lima 2022?

B. Problemas específicos

- ¿Qué características fisicoquímicas y microbiológicas presenta el cuerpo receptor antes y después del vertimiento de los efluentes de una planta desalinizadora?
- ¿Cuál es la variación que se presenta en la diversidad hidrobiológica del cuerpo receptor antes y después de la puesta en marcha de la planta desalinizadora?
- ¿Cuál es el nivel de impacto del efluente sobre la diversidad hidrobiológica del cuerpo receptor?

1.2. Determinación de objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Determinar el impacto de los efluentes de una planta desalinizadora de agua sobre la diversidad hidrobiológica del cuerpo receptor, Lima 2022.

1.2.2. Objetivos específicos

- Analizar las características fisicoquímicas y microbiológicas que presenta el cuerpo receptor de los efluentes.
- Comparar los resultados del estudio de la diversidad hidrobiológica en el cuerpo receptor antes (periodos del año 2015 al 2019) y después (periodos del año 2020 al año 2022) de la puesta en marcha de la planta desaladora.
- Estimar el nivel de impacto del efluente sobre la diversidad hidrobiológica del cuerpo receptor.

1.3. Justificación e importancia del estudio

1.3.1. Justificación teórica

El crecimiento demográfico, el desarrollo económico y el continuo aumento de la demanda mundial de agua potable implican la búsqueda de fuentes de agua nuevas o denominadas no tradicionales y la aplicación de nuevas tecnologías para su tratamiento. En este sentido, la desalinización se presenta como una alternativa viable para solucionar la escasez de agua en gran parte del mundo, principalmente en zonas áridas y costeras (Karimidastenaie et al., 2022).

El proceso de desalinización consiste en la separación de sales y minerales del agua de mar o fuentes de agua salobre para obtener agua dulce en cantidad y calidad para diversos usos como en la industria, las centrales eléctricas, la minería, las minas, las refinerías, el turismo, la agricultura, etc.

La potabilización del agua de mar por medio de la desalinización en el Perú ya es una realidad con la reciente puesta en marcha (inicio de operaciones) del proyecto PROVISUR, representando una alternativa de solución para el cierre de brechas en materia de agua y saneamiento.

1.3.2. Justificación práctica (metodología)

Existe software para el modelamiento de la dispersión de contaminantes ambientales que permiten estimar la dinámica en el cuerpo receptor y su posible distribución, dichos programas informáticos son aceptados para generación de expedientes técnicos para solicitar autorizaciones de vertimiento; sin embargo, a la fecha en Perú no se cuenta con estudios con indicadores biológicos, evaluaciones a nivel ecosistémico sobre los efectos de los contaminantes asociados a descargas de efluentes de plantas desaladoras, razón por la cual se hace necesario adoptar

metodologías de bioensayos, monitoreo de especies hidrobiológicas representativas o sensibles a cambios en el ambiente, etc. Dichas metodologías vienen siendo desarrolladas por países en los cuales las tecnologías desalinización tienen muchos años de desarrollo.

1.3.3. Justificación ambiental

La incertidumbre con respecto a los posibles impactos ambientales de las plantas desalinizadoras durante las fases de construcción y operación es un problema, ya que es una preocupación para futuras inversiones y el desarrollo sostenible de proyectos similares en el territorio peruano.

Existe literatura científica que reporta que el desarrollo de proyectos de desalinización puede generar impactos por el vertimiento de aguas residuales salinos (hipersalinas) a cuerpos receptores como el mar perturbando la diversidad biológica de flora y fauna.

Por lo expuesto anteriormente, es necesario estudiar el potencial impacto ambiental que pudieran generar las descargas de efluentes con alto contenido de sales provenientes de plantas desaladoras sobre comunidades biológicas del cuerpo receptor marino debido a que en nuestro país no se cuenta con literatura científica ni estudios académicos debido a que la desalinización de mar es una tecnología que recientemente se viene adoptando por parte del gobierno para el abastecimiento de agua potable principalmente para poblaciones asentadas en el litoral peruano.

1.4. Limitaciones de la presente investigación

Las principales limitaciones que se tienen en el presente trabajo de investigación son: Actualmente no se cuenta con normativa ambiental específica sobre los límites máximos permisibles de efluentes de plantas desaladoras, se encuentra reportado únicamente un proyecto de decreto supremo publicado para consulta ciudadana D.S. 031-2014-MINAM en el

anexo 1 establece 4 parámetros de control que a la fecha no están aprobados por el sector ambiental correspondiente.

Asimismo, no existen estudios de caracterización fisicoquímica ni microbiológica de efluentes de plantas desaladoras en Perú debido a que es tecnología implementada recientemente para la potabilización de agua.

Adicionalmente no se cuentan con estudios de evaluación de los efectos de descargas hipersalinas (salmuera) sobre comunidades hidrobiológicas presentes en el cuerpo receptor ni con protocolos para la evaluación ecotoxicológica que permita evaluar el impacto de descargas hipersalinas o salmuera sobre la biodiversidad de los cuerpos receptores marinos.

Los datos evaluados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos no fueron evaluados en las mismas temporadas de monitoreo debido a programas de monitoreo diferentes, por lo cual no se pudo establecer relación alguna entre parámetros fisicoquímicos, microbiológicos con hidrobiológicos.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales:

Arain et al. (2002) analizaron en simultáneo la calidad del agua de mar, purgas de salmuera y vertimientos combinados de dos plantas desaladoras ubicadas en el golfo pérsico: planta Al Taweelah A & B (Taw A&B) y la planta Umm Al Nar (UAN). La toma de muestras se llevó a cabo entre julio 2000 y abril 2001. Los parámetros analizados fueron sólidos totales disueltos (STD), iones metales pesados y otros listados por la Autoridad de Agua y Electricidad de Abudabi (ADWEA). Se determinó que los efluentes de la planta Taw A&B contenían sólidos totales disueltos, Cl⁻ (cloruros), bromuros (Br⁻), sodio (Na⁺), potasio (K⁺), calcio (Ca⁺²), magnesio (Mg⁺²), azufre (S) y algunos metales en concentración inferiores a los límites impuestos para los efluentes descargados por “ADWEA”, excepto la planta UAN donde la concentración de STD excede lo establecido por ADWEA.

Gonzales et al., (2009) realizaron un estudio para proponer límites máximos (LMP) para las descargas de plantas desalinizadoras mediante un anteproyecto de Norma Oficial Mexicana, especialmente en los componentes iónicos presentes en la salmuera ya sean estos mezclados con agua residual o vertidos directamente a cuerpos receptores, para ello realizaron la caracterización de efluentes de plantas desaladoras, evaluaron el impacto al medio ambiente por el vertimiento de salmuera y el nivel de toxicidad de sobre las especies de la fauna marina. Se establecieron valores de LMP para la composición iónica para aguas costeras (mg/l) para Bicarbonatos 200, calcio 500, Cloruros (Cl⁻) 25000, Flúor 1.7, magnesio 1700, pH 5-10, potasio 500, sodio 14000, sólidos disueltos totales (STD) 45000,

sulfatos como SO₄ 3500 mg/l respectivamente. En cuanto a los bioensayos se obtuvo que a un nivel umbral de 43, 000 mg/L de STD no provocó cambios en la fisionomía de los camarones, tampoco se evidenció afectación a los huevecillos de los erizos morados manteniendo su fertilidad.

Voutchkov et al., 2009 en un estudio realizado en plantas desalinizadoras plantearon una metodología que permite establecer el nivel máximo de concentración de salinidad específico del sitio (umbral de tolerancia a la salinidad) en el que los organismos marinos no solo sobreviven, sino que también pueden crecer y reproducirse normalmente. El método descrito fue utilizado para la obtención de permiso de descarga de dos grandes proyectos de desalinización denominados Carlsban y Huntington de agua de mar ubicados en las playas de California. Emplearon modelos biológicos representativos de la zona: Erizo de mar y dólar de mar. Los resultados obtenidos para las condiciones específicas del sitio de estos proyectos, estima que para la descarga de la planta de Carlsban los organismos pueden tolerar un máximo de 40 ppt que podría presentarse en condiciones extremas.

López et al. (2016) realizaron un estudio para evaluar los cambios en la comunidad fitoplanctónica de un lago artificial denominado As Pontes y establecer su calidad ecológica, para lo cual se realizaron monitoreos trimestrales de febrero a noviembre desde el 2009 al 2014 , obteniendo como resultado un total de 126 taxas de los cuales las más abundante fueron las algas del género Cyanophytas debido a la presencia de cantidades elevadas de fósforo, a su vez se mencionada de que ninguna de las algas estudiadas represente potencial tóxico Díaz et al. (2017) estudiaron la contaminación ambiental del lago Cajititlán y su relación con la biodiversidad del fitoplancton mediante muestreos mensuales en 5 estaciones definidas en el año 2014, obteniendo como resultado que el 63% de algas correspondían a

clorófitas, un 27% a cianobacterias, un 5% a las criptófitas, un 4% y un 1% a euglenófitas y estreptófitas respectivamente.

Meriem et al. (2020), evaluaron el efecto del vertido de la salmuera de una desaladora Bousfer ubicada en Argelia en febrero de 2016 periodo frío, en dicho estudio se evaluaron los efectos subletales y crónicos en un molusco gasterópodo marino lapa *Patella rustica*; también se realizaron análisis fisicoquímicos de la salmuera y de las aguas costeras en cuatro lugares denominados H, R, W, E y R. se confirmó el impacto negativo de los vertidos de la salmuera de la planta desaladora reportándose que las lapas *Patella rustica* recolectas en el sitio H fueron las más afectada por las descargas de salmueras.

Piscoya (2022) estudió la influencia de parámetros fisicoquímicos (ambientales) en la distribución vertical del plancton con relación a la zona mínima de oxígeno en el Mar del Norte de Chile, obteniendo así que los parámetros fisicoquímicos como oxígeno, temperatura, pH, carbono inorgánico disuelto afectan la distribución del picoplancton significativamente.

2.1.2. Antecedentes nacionales:

Vargas (2018) Realizó un modelamiento matemático con el software CORMIX para determinar la dispersión del efluente de la planta PROVISUR descargada por medio de emisario submarino a la playa de Santa María del Mar en Lima Perú, obteniendo como resultado que el parámetro coliforme termotolerantes con un valor de 280 NMP/100 ml presente en el efluente, podría ser un problema si las corrientes marinas las desplazan hacia las playas de las costas contiguas, asumiendo una velocidad de 5 cm/s para el modelamiento matemático obtenido en el EIA del proyecto PROVISUR. Concluyendo que se debería ampliar la longitud del emisario para

obtener valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos por debajo de los ECA.

Varas (2016) estudió los efluentes de una industria pesquera ubicada en el puerto mal abrigo en la región la Libertad para determinar el impacto sobre el mar, obteniendo como resultado que los valores de oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno fueron de 0.82 mg/l y 45.83 mg/l respectivamente superando los límites establecidos en el estándar de calidad ambiental ECA (categoría 4).

Colchado (2017) realizó una evaluación del fitoplancton y parámetros fisicoquímicos en la costa del puerto Chicama, la Libertad en el periodo de 2016 a 2017. Obteniendo 82 especies entre los que se destacan las diatomeas (*Chaetoceros*) siendo un total de 51, dinoflagelados como *Protoperdinium* un total de 29 especies; así mismo, obtuvo valores de temperatura máximo y mínimo de 25.1 y 15.3 °C respectivamente, una salinidad mínima y máxima de 34.7 y 35.3 ppt respectivamente.

Ruiz (2017) estudió la composición cualitativa del fitoplancton de diciembre 2015 a julio de 2016 en la caleta órganos en Talara mediante arrastres superficiales horizontales. Determinó un total de 165 especies, entre las que se destacan las Bacillariophyta con un total de 86 especies seguidas de las Pyrrophytas con 75 especies, y una menor cantidad de especies de Chrysophyta, Cyanophyta y Euglenophyta con 2, 1 y 1 especies respectivamente, a su vez determinó que relaciones directas e inversas con parámetros fisicoquímicos como salinidad, temperatura y pH.

Baylon et al. (2018) realizaron un estudio sobre la diversidad de fitoplancton como indicador de calidad de agua de 5 lagunas altoandinas y las características fisicoquímicas en la ciudad de Pasco, Perú. Obtuvieron como resultado 88 taxones. Mediante los índices

determinaron que 4 lagunas presentan aguas de mala calidad y una laguna presentó una buena calidad biológica.

Ruiz (2018) analizó 60 muestras mensuales obtenidas de la superficie por la técnica de arrastre entre mayo y octubre, para estudiar la diversidad de fitoplancton marino del Cerro Negro y Chérreve en la Libertad, obteniendo como resultado 97 especies en Cerro negro y 87 especies en Chérrepe, en tanto que el índice de diversidad H' se encontró en 0.908 y 11.180 bits/organismo, el índice de Pielou obtuvo resultados por debajo de 0.8 y finalmente el índice de similitud fue mayor al 85%

Obregón (2022) estudió la diversidad de fitoplancton en ecosistemas acuáticos durante los años 2013 y 2018 en Piura como bioindicadores de la calidad de las aguas, concluyendo de que existe una influencia del factor temperatura sobre la diversidad del fitoplancton y la posible contaminación del ecosistema acuático por la presencia de ciertos grupos taxonómicos indicadores de calidad del agua.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Desalación

Es un proceso de remoción de sales de diferentes fuentes de agua mediante la aplicación y uso de diferentes tecnologías (ver figura 1) con el fin de obtener un agua potable brindando una nueva alternativa de abastecimiento para las poblaciones asentadas en zonas costeras del mundo, de acuerdo con Sola et al. (2020). Las fuentes de agua susceptibles a desalación pueden ser de origen marino o salobres (aguas subterráneas) (López y Mejías 2000). Desde la primera planta desaladora construida en Lanzarote, España en 1965, dicha obra marcó un papel importante en la producción de agua potable de una fuente no convencional; sin embargo, la operación y mantenimiento resultó costosa para esa época (Hillel, 2000). De acuerdo con la Asociación Española de Desalación y Reutilización (AEDyR)

alrededor del mundo se desalan y reutilizan alrededor de 200 millones de m³/día de agua. Asu vez, la “*International Desalination Association (IDA)*” reportó que se tiene un poco más de 20 mil desaladoras por todo el mundo, de las cuales cerca del 90% emplea la tecnología de ósmosis inversa.

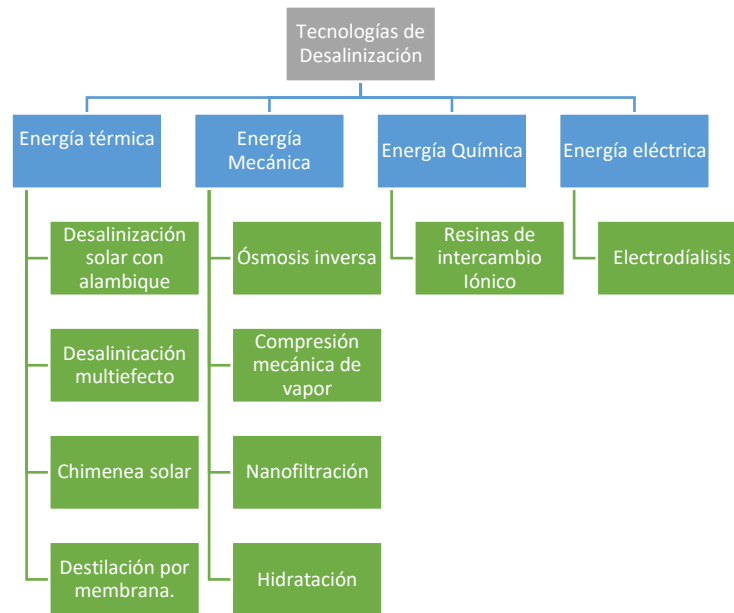


Figura 1. Principales tecnologías de desalinización

Fuente: Tomado y modificado de Marc Rosen, Aida Farsi. Pages 45-106. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99872-7.00009-7>.

Los diferentes procesos de desalinización difieren en costo, calidad del producto, consumo de energía e impacto ambiental potencial. En este sentido, desde 1965 se comparan procesos químicos y físicos para obtener las mejores opciones de tratamiento de aguas. Entre ellas se encuentra la ósmosis inversa, concebida como una de las alternativas innovadoras para la obtención de agua potable mediante filtración por membranas (Gonzalez et al., 2012).

La ósmosis inversa utiliza membranas semipermeables de diversos materiales (matriz), se basa en la aplicación de una determinada presión sobre una solución concentrada de iones, moléculas, microorganismos y partículas de gran tamaño con el objetivo de

eliminarlos para obtener agua purificada por un lado y agua con altas concentraciones de sales (salmuera) que es dispuesta como efluente (Gonzales et al., 2012).

El uso de la tecnología de osmosis inversa introduce una gran cantidad de efluentes hipersalinos (salmuera) en cuerpos marinos generando impactos ambientales negativos tal como lo detalla en la Revisión de la gestión de vertidos de salmuera en España en el año 2020 (Gonzales et al., 2012).

Ruiz Mateo (2001) describe los principales contaminantes asociados a efluentes de plantas desaladoras: sustancias que provienen de la limpieza de filtros y membranas, aditivos y derivados para reducir la turbidez, corregir el pH, sustancias químicas antiincrustantes, sustancias para el control de crecimiento biológico, entre otros.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. El agua

Definición

El agua es la sustancia básica que permite la vida en el planeta, es un compuesto formado por los enlaces covalentes de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno dando la fórmula molecular H_2O muy estable, las propiedades físicas y químicas, la temperatura y la presión atmosférica permiten que el agua exista en la materia en tres estados: sólido, líquido y gaseoso (García 2009).

Clasificación de la matriz agua

De acuerdo con la NTP 214.042 la matriz agua con fines de ensayos para laboratorio se definen en cinco grupos:

- **Aguas naturales:** Son aguas que se presentan en sus diferentes estados regidos por leyes termodinámicas cuyas características dependen de varios factores (físicoquímicos, ambientales y microbiológicos). Se consideran aguas naturales

- a las aguas subterráneas, de manantial, termales, superficiales, ríos, lagunas y de lluvias.
- **Aguas residuales:** Son aguas (afluente, efluente, vertimiento) cuyas características iniciales han sido modificadas por la actividad del hombre. Se pueden clasificar en agua residual doméstica (origen residencial, comercial), agua residual industrial (origen en procesos productivos), agua residual municipal (mezcla de agua residual doméstica con agua de lluvia y/o industrial).
 - **Agua para uso y consumo humano:** Son las aguas que cumplen con las exigencias reglamentarias en cuanto a parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, así por ejemplo se tienen al agua de bebida (agua potable, mesa, agua embazada), agua de piscina, aguas de lagunas artificiales.
 - **Aguas salinas:** aguas con altas concentraciones de sales minerales. Se encuentran dentro de este grupo al agua de mar (agua costera de mar abierto, con salinidad de 35 ppm), aguas salobres (altas concentraciones de sales minerales disueltas, pero menor que el agua de mar), salmuera (concentración mayor de 40 gramos por litro de sal).
 - **Aguas de procesos:** agua utilizada para un proceso industrial. Se tienen agua de enfriamiento, agua para calderas, aguas de lixiviación, agua purificada, agua de inyección y reinyección.

Calidad del agua

La calidad fundamentalmente está asociada a las características fisicoquímicas, microbiológicas y radiológicas que debe cumplir cada fuente o tipo de agua según los requisitos legales (estándares de calidad, límites máximos permisibles, etc.) exigibles para uso, consumo o disposición final (efluentes, vertimientos) antes o después de un proceso de tratamiento.

La calidad del agua para consumo humano para Perú sigue lo establecido en el Reglamento de Calidad del Agua para consumo

Humano aprobado por D.S. N° 031-2010-S.A. del Ministerio de Salud, en el cual se establecen límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos (Anexo I), parámetros de calidad organoléptica (Anexo II), parámetros químicos orgánicos e inorgánicos (Anexo III) y parámetros radiactivos (Anexo IV).

Para el caso de cuerpos de agua continentales y marinos se emplean los parámetros de los estándares de calidad ambiental, para las descargas de efluentes de plantas industriales o domésticas se aplican los límites máximos permisibles establecidos en la normativa de acuerdo con cada sector productivo.

2.3.2. Tecnologías utilizadas para el tratamiento de agua

La adopción de una determinada tecnología para tratar aguas debe seguir una metodología apropiada y tener en cuenta factores como la sostenibilidad, análisis de ciclo de vida, costos de inversión, operación, mantenimiento de infraestructuras y equipamiento. También se debe tener en cuenta aspectos técnicos como la de construcción, ubicación, eficiencia de remoción de contaminantes, caudal de ingreso y salida entre otros aspectos técnicos normativos de acuerdo con el tipo de agua a tratar y al objetivo final de tratamiento (Rodríguez et al. 2015).

Entre las principales tecnologías para el tratamiento de aguas se tiene:

- **Tratamiento de aguas residuales:** procesos unitarios aplicados a la remoción de contaminantes del agua. Entre las tecnologías más usadas se tiene: lagunas de oxidación, lodos activados en sus diferentes variantes, tratamientos anaeróbicos, etc.
- **Potabilización:** Modificación de las características fisicoquímicas, microbiológicas, organolépticas, etc. Mediante un conjunto de procesos y operaciones secuenciales para la obtención de agua de calidad para el consumo humano de acuerdo con determinada normativa.

Entre las principales unidades convencionales de tratamiento se tiene a la coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

- **Desalinización de aguas:** Consiste en apartar las sales disueltas en el agua de mar o salobre por medio de diferentes técnicas en una infraestructura denominada planta desalinizadora o instalación desaladora de agua de mar (IDAM) para la generación de agua potable. De acuerdo con Lu & Xu (2013) existen diferentes técnicas para la desalinización, entre las que se destacan:
 - **Electrodiálisis:** Proceso que emplea energía eléctrica para la separación selectiva por filtración, los iones son acarreados a través de una membrana de intercambio iónico por acción de un campo de corriente continua, de modo tal que se eliminan aquellas partículas cargadas eléctricamente reduciendo la salinidad en un 40% (Mier et al., 2004).
 - **Destilación:** Consiste en la obtención de vapor de agua que no contiene sales por medio de la aplicación de energía térmica, el vapor se condensa y es almacenado.
 - **Congelación:** Consiste en la congelación del agua para recolectar cristales de agua pura formados luego de aplicación de energía térmica y posteriormente fundirse para obtener un agua dulce.
 - **Ósmosis inversa:** Es la aplicación de una elevada presión (energía mecánica) para forzar el paso de una solución (agua con sales) a través de membranas semipermeables cuya función es la de ceder el paso del disolvente (agua) reteniendo el soluto (sales disueltas).

2.3.3. Efluentes

Definición

Es un líquido que fluye de una instalación después de un uso o proceso de tratamiento.

Tipos de efluentes

- **Efluentes domésticos e industriales:** Generados como parte del uso del agua (doméstico) y/o procesos sometidos (efluentes textiles, mineros, centrales térmicas, etc.)
- **Efluentes de plantas desalinizadoras:** son generados luego del proceso de desalinización, dichos efluentes principalmente provienen del agua de rechazo (salmuera), lavados, procesos de filtración previos, etc.

El vertido al mar de efluentes de una planta desalinizadora puede generar efectos negativos sobre el mar (cuerpo receptor), por ejemplo, sobre los organismos ligados al sustrato (bentónicos) que por su biología son intolerantes a variaciones bruscas de salinidad (Palomar et al., 2002).

2.3.4. Estándar de Calidad Ambiental (ECA)

Es un instrumento de gestión ambiental en la que se establecen niveles de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, aire, suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo para la salud de las personas ni del ambiente. Es un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental. (Art. 31 Ley N° 2611 Ley General del Ambiente). El Perú cuenta con varios ECA vigentes: ruido, radiaciones, aire, suelo y agua.

2.3.5. Límite máximo permisible (LMP)

Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físico, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daño a la salud de las personas y del ambiente. Su cumplimiento es exigible por el Ministerio del Ambiente. El LMP guarda coherencia entre el nivel de protección ambiental establecido

para una fuente determinada y los niveles generales que se establecen en los ECA. (Art. 32 Ley N° 2611 Ley General del Ambiente).

El Perú cuenta con varios LMP sectoriales entre los cuales se encuentra el sector vivienda quien establece LMP para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (PTAR) aprobados según D.S N° 003-2010-MINAM.

Sin embargo, aún no se cuenta con LMP para efluentes de plantas desaladoras por encontrarse el proyecto en consulta ciudadana desde el año 2014 según R.M. N° 031-2014-MINAM. Actualmente los efluentes de plantas desaladoras son considerados de tipo industrial, para el caso del efluente de la planta PROVISUR de acuerdo con el estudio de impacto ambiental del año 2015, es considerada efluente residual de tipo doméstico debido a que se realiza un proceso de dilución entre la salmuera con el agua residual tratada.

2.3.6. Biodiversidad hidrobiológica marina

Biodiversidad

Es toda variación genética en todos los niveles de organización biológica y ecosistémica resultante de procesos y patrones ecológicos únicos. La biodiversidad como tal provee de muchos servicios ecosistémicos (recursos naturales aprovechables) de los cuales los seres humanos se benefician; sin embargo, en la actualidad se observa una creciente presión sobre el ecosistema generando diversos impactos de tipo antropogénico (Núñez et al., 2003).

Una de las formas de estudiar la diversidad es a través de índices, aplicado a las comunidades hidrobiológicas marinas representadas por el plancton quienes son el primer eslabón de la cadena trófica de los ecosistemas.

Plancton

Es una comunidad biológica acuática (formas de vida acuáticas) conformada por el fitoplancton y el zooplancton. Dichos organismos son muy importantes para el correcto funcionamiento de ecosistemas marinos debido a que son la base trófica de la cadena alimentaria.

El fitoplancton y zooplancton son considerados los pilares básicos de la red trófica en el ecosistema, ya que el primero de ellos es considerado como los productores primarios debido a que son los que aportan la mayor cantidad de oxígeno disponible en la tierra, están implicados en procesos biogeoquímicos y son base para la alimentación del segundo miembro del plancton (zooplancton), estos a su vez, sirve de alimento para organismos superiores de la red trófica. La importancia de su estudio también se debe a que gracias a ellos es posible medir el nivel de impacto de cambios ya sean puntuales, acumulativos, estacionales y a lo largo del tiempo que se suceden en el ambiente sean por cuestiones naturales o por acción del hombre (Neuparath et al, 2002).

- **Fitoplancton:** Son organismos fotosintéticos como microalgas, algas verdes, rojas, cianobacterias, diatomeas, fitoflagelados, etc. con poca o ninguna capacidad de resistir el movimiento de las corrientes de agua)
- **Zooplancton:** organismos microscópicos invertebrados (animales) cuya movilidad es limitada, principalmente dependientes de los movimientos horizontales y verticales del agua.

Medidas de la diversidad o Índices de diversidad

Los índices de diversidad permiten obtener información sobre la composición de organismos de una comunidad que pueden estar expuestos a cambios en la calidad acuática bajo el supuesto de que frente a altos niveles de contaminación la diversidad será disminuida predominando especies adaptados a dichas condiciones (Pinilla, 1998).

Los índices de diversidad usados en la presente investigación son los siguientes

○ **Índice de Shannon-Wiener (H')**:

Es uno de los índices más usados para determinar la diversidad de especies de un hábitat determinando en función a la agrupación de individuos en las diferentes especies (Magurran, 1988). El valor de H' se agranda a medida que crece la riqueza de las especies y cuando los individuos se distribuyen más homogéneamente entre todas las especies (Moreno et al. 2001). Está representado por la siguiente ecuación:

$$H = \sum_{i=1}^s piLn(pi)$$

Donde:

H= índice de diversidad.

Ln= logaritmo natural

S= número de especies

Pi= proporción de total de la muestra perteneciente a su especie i.

Los resultados se expresan en bits/cel, la interpretación se resume en la siguiente tabla:

Tabla 1

Índice de diversidad H' e interpretación de valores

Rango (bits/cel.)	interpretación
0.0 a 2.0	Baja_diversidad
2.0 a 3.0	Mediana_diversidad
3.0 a 4.5	Alta_diversidad

Fuente: Zamora (1999)

De acuerdo con Fray (2021) los resultados de diversidad menores a uno (<1 bits /cel.) están asociados a aguas muy contaminadas y resultados de diversidad mayores a tres (>3 bits/cel.) evidenciarían aguas de buena calidad biológica,

limpias o libres de contaminación de acuerdo con lo resumido en la Tabla 2

Tabla 2

Calidad del agua asociada al índice H'

Índice H'	Calidad del agua	Índice H'	Calidad del agua
>3	Agua limpia	3.0 a 4.5	Contaminación débil
1-3	Contaminación moderada	2.0 a 3.0	Contaminación ligera
<1	Contaminación moderada	1.0 a 2.0	Contaminación moderada
-	-	0.0 a 1.0	Contaminación severa

Fuente: Fray 2021

○ **Índice de Simpson (D)**

Este índice mide la riqueza de especies en función al grado de dominancia de unas cuantas especies en la comunidad. Toma un determinado número de especies presentes en el hábitat y su abundancia relativa. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes. El símbolo D manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie (Magurran, 1988).

$$D = \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Donde:

D: índice de diversidad de Simpson

p_i : abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie dividido entre el número total de individuos de la muestra

○ **Índice de Bray -Curtis**

Es un coeficiente de distancia que calcula las diferencias entre abundancias de cada especie presente (Giraldo et al., 2015).

$$I_{BC} = 1 - \frac{\sum(x_i - y_i)}{\sum(x_i + y_i)}$$

Donde:

X_i : Abundancia o densidad de especies en i en un conjunto 1

Y_i : Abundancia o densidad de especies en i en un conjunto 2

Bioindicadores

Los ecosistemas acuáticos poseen una importante diversidad de organismos que supera a los terrestres. El estudio, entendimiento y evaluación de dichos ecosistemas no sería posible si no fuera por el uso de Bioindicadores (Vásquez et al., 2006).

La información que puede suministrar los organismos biológicos permite entender la estructura, función, interrelaciones de las distintas comunidades biológicas presentes en un determinado ambiente en condiciones normales y frente a situaciones cambiantes de tipo estacional, fenómenos naturales o antropogénico mediado por la incorporación de contaminantes (De la Lanza et al., 2000).

Los bioindicadores son organismos que se usan para comprobar, evidenciar alguna variación o cambio en un ecosistema, en consecuencia, se puede inferir de que no todos los organismos sirven como indicadores razón por el cual es necesario establecer ciertos criterios para que un determinado organismo sea considerado bioindicador, de acuerdo De la Lanza et al. (2000) son los siguientes:

- Importancia biológica desde el punto de vista ecológico para el mantenimiento del balance de la comunidad.
- Importancia Social de acuerdo con el lugar que habita.
- Sensibilidad frente a condiciones de estrés externa, es decir no debe presentar respuesta a variaciones naturales extremos.
- Rango amplio de aplicación en diferentes condiciones de estrés y diversos sitios.
- Facilidad de determinar el factor estresante en particular que causa el problema.
- Debe ser medible mediante procedimiento estándar con bajo error.
- Debe ser de fácil interpretación desde lo científico y legal; es decir, debe ser aceptable o no aceptable.

- Debe ahorrar costos, debe ser barato y proporcionar la mayor cantidad de información por unidad de esfuerzo.
- Debe integrar; es decir debe ser la suma de la información de muchos indicadores no estimado o medidos.
- Se debe disponer de datos históricos para establecer tendencias, variaciones en las condiciones de aceptables o no aceptables.

Algunos de los organismos como bacterias, plancton (fitoplancton y zooplancton), macroinvertebrados bentónicos, insectos, peces, moluscos, anélidos, plancton puede ser usados como bioindicadores (Vásquez et al., 2006)., considerando los criterios descritos anteriormente. Es importante remarcar que la información que proporcionan los indicadores biológicos no reemplaza las analíticas fisicoquímicas, pero si debe ser complementada para una mayor robustez de un determinado estudio de acuerdo con Saldaña et al. (2001).

De acuerdo con Mendoza (2016) los bioindicadores pueden ser usados para establecer el nivel o grado de contaminación y alteración de un determinado ambiente. A su vez, Gamboa et al., 2008 menciona que determinados cambios a nivel morfológico, fisiológico, número de individuos son indicios para inferir de que las condiciones fisicoquímicas de un hábitat están alteradas o están fuera de los límites normales. A su vez, el uso de bioindicadores se propone como una herramienta novedosa que complementa a los análisis fisicoquímicos para conocer la calidad de las aguas debido a que para su aplicación sólo requiere una identificación y/o cuantificación de organismos basado en los valores de índices de diversidad que se ajustan a intervalos de calidad de agua establecidos o reglamentados (Vásquez et al., 2006).

Plancton como indicador biológico

Los microorganismos del plancton son diversos en formas, tamaños, agrupaciones y especies. Poseen ciclos de vida cortos como las algas del fitoplancton, debido a ello pueden reflejar cambios o fluctuaciones en el ambiente en respuesta rápida a cambios o alteraciones en cuerpos de agua debido a eventos naturales o antrópicas (De la Lanza et al., 2000). Dichos cambios en la comunidad del plancton pueden tener repercusiones debido al interés hidrológico, social, económico ya que son considerados productores primarios (Mendoza Y., 2016).

Zooplancton

Son organismos acuáticos heterótrofos con poca capacidad de resistir corrientes de agua, poseen estructuras especializadas para la natación cuyos hábitos de alimentación son diversos, poseen altas tasas de reproducción, ciclos de vida cortos (De la Lanza et al., 2000). Razón por la cual organismos ideales para ser usados como bioindicadores y en estudios de toxicología ecológica según lo indicado por Conde et al. (2004).

Entre los principales grupos estudiados se encuentran los rotíferos, cladóceros y copépodos (Gutiérrez et al., 2008). Los rotíferos desempeñan un rol importante en la red trófica, son cultivables en laboratorios para estudios eco toxicológicos (Alayo et al., 2002).

En caso de los cladóceros o los llamados pulgas de agua son importantes debido a que se alimentan del fitoplancton y sirven de alimento para los peces, la presencia de determinadas especies de cladóceros permiten tener una aproximación de la calidad del agua debido a que existen especies como *Daphnia magna*, *Daphnia pulex*, *Daphnia longispina* y *Daphnia strauss* que habitan ambientes con alta concentración de oxígeno disuelto y otras especies predominan en ambientes eutróficos como por ejemplo *Moinarectirostris macropa*,

Moinarectirostris brachiata y *Moinarectirostris affinis*. En tal sentido dichos organismos tienen una predilección de habitar ambientes oligotróficos y ricos en oxígeno (Gutiérrez et al., 2008).

Los copépodos son crustáceos que poseen estructuras complejas, se encuentran en mayor abundancia y diversidad en aguas marinas que en aguas continentales (Conde et al., 2004). El periodo de vida de los copépodos es largo pudiendo ser de semanas a meses, tiene la capacidad de locomoción que les permite desplazarse de lugares con mayor luz a lugares oscuros, su importancia radica en que transfieren materia orgánica de los consumidores primarios a los secundarios por medio de la cadena trófica (Anufrieva E., 2015).

Los copépodos pueden desarrollar tolerancia a condiciones elevadas de sales disueltas por medio de la osmorregulación y osmoconformación mecanismos de adaptación marcados en dichas especies por ejemplo especies como *Cyclops sp.*, *Euxyclops sp* y *Acanthocyclops sp* puede desarrollarse y encontrarse en condiciones hipersalinos cuyas concentraciones oscilan entre 300 y 360 g/L de salinidad (Anufrieva E., 2015).

Fitoplancton

La importancia del fitoplancton como indicador biológico radica en el hecho de su capacidad de respuesta rápida frente a cambios ambientales, adquiriendo mayor tolerancia o resistencia a diferentes sustancias químicas (Vásquez et al., 2006).

El fitoplancton es útil como indicador de calidad de agua (Viterí et al., 2010), debido a que la dinámica de contaminantes en el agua puede incidir en la tasa de crecimiento algal y la fotosíntesis (Harrison 2006); es decir, que las variaciones en las condiciones fisicoquímicas como la luz solar, pH, temperatura, salinidad, disponibilidad de nutrientes y condiciones espacio temporales (Perez et al., 2009) de los cuerpos

de agua influyen de manera directa en dichos organismos y pueden ser detectados tempranamente a través del estudio de la abundancia y composición de comunidades del fitoplancton (Vásquez et al., 2006).

El fitoplancton es una fuente importante de alimento en la red trófica y por ende los contaminantes difíciles de descomponer (metales, pesticidas, etc.) pueden ser transferidos a niveles superiores generándose bioacumulación en los organismos superiores que los consumen.

Se han empleado algunos géneros de fitoplancton como indicadores asociados a la calidad de aguas continentales y marinas como por ejemplo el género *Cyanophytas* ya presentan cualidades de tolerancia a diversos factores ambientales adversos favoreciendo su adaptación (Baylon et al., 2018).

Otro género empleado son las diatomeas que poseen formas coloniales y unicelulares, la característica más resaltante es la presencia de sílice en su estructura que les confiere una rigidez facilitando su resistencia a elevadas concentraciones de pH y temperatura a su vez el uso como bioindicadores responde a que puede ser fácilmente colectadas, determinadas especies están presentes o ausente en ambientes contaminados evidenciando cambios a corto y largo plazo (Baylon et al., 2018).

Capítulo III

Hipótesis y Variables

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

- Los efluentes de plantas desalinizadoras generan un impacto negativo en la diversidad biológica del cuerpo receptor.

3.1.2. Hipótesis específicas

- Los efluentes de las plantas desalinizadoras vertidos al cuerpo receptor generan un cambio en las características fisicoquímicas y microbiológicas del cuerpo receptor.
- La diversidad hidrobiológica del cuerpo receptor ha disminuido desde el funcionamiento de la planta desalinizadora.
- Existe un impacto significativo de los efluentes sobre la diversidad hidrobiológica del cuerpo receptor.

3.2. Operacionalización de variables

3.2.1. Variable independiente (V1)

- Efluentes de plantas desalinizadoras.

3.2.2. Variable dependiente (V2)

- Diversidad hidrobiológica del cuerpo receptor.

3.2.3. Matriz de Operacionalización de variables

Tabla 3

Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Valoración
V1: Efluentes de plantas desalinizadoras	Los efluentes vertidos de plantas desaladoras llevar consigo una cantidad considerable de contaminantes que pueden hacer que el agua sea nociva para los seres humanos y vida marina (Arain, et al., 2002)	Calidad de los efluentes de plantas desalinizadoras	Características fisicoquímicas	pH, Sólidos suspendidos totales (SST), Temperatura, Sólidos Totales Disueltos (STD), Demanda Bioquímica de Oxígeno, fósforo total, nitrito, Aniones (cloruro, sulfato), oxígeno disuelto, salinidad, Conductividad	Nominal
			Características microbiológicas	Coliformes Totales. Coliformes fecales (termotolerantes).	Nominal
V2: Diversidad hidrobiológica del cuerpo receptor.	Organismos asociados a la primera red trófica de ecosistemas marinos. (APHA-AWWA-WEF. 2017)	Presencia de organismos asociados a la primera red trófica (productores primarios)	Fitoplancton	probits/cel.	Nominal
			Zooplancton	probits/cel.	Nominal

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo IV

Metodología del Estudio

4.1. 4.1 Método y tipo de la investigación

4.1.1. Método

El presente trabajo fue diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo, puesto este es el que se adapta mejor a la metodología seguida que busca determinar cantidades de microorganismos y de la diversidad biológica.

El enfoque cuantitativo utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas.

Según Hernández et al. (2014) el enfoque cuantitativo debido a que se “usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (p.4)

4.1.2. Nivel de investigación

La presente investigación es de nivel correlacional, debido a que se busca encontrar la relación que existe entre las variables: Efluentes de la planta desalinizadora y la diversidad hidrobiológica del cuerpo receptor.

El nivel correlacional tiene como finalidad conocer la relación o determinar el grado de asociación (no causal) que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En estos estudios, primero se miden las variables y después se cuantifican, analizan y establecen las vinculaciones; luego, mediante pruebas de hipótesis correlacionales y la aplicación

de técnicas estadísticas, se estima la correlación (Hernández-Sampieri et al., 2010).

4.2. Diseño de Investigación

El presente trabajo es de tipo no experimental debido a que no se realiza una manipulación de variables.

De acuerdo con Hernández 2010 el diseño no experimental “la investigación no experimental, consiste en estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos” (p.149)

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

Arias (2006) define a la población como “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación” (p. 81). Sus características estarán determinadas por el problema a investigar y los objetivos de la investigación (Arias, 2006).

Para el presente trabajo la población está representada por la diversidad hidrobiológica del plancton del cuerpo receptor de los efluentes de la planta desalinizadora.

4.3.2. Muestra

Arias (2006) define a la muestra como “un subconjunto representativo y finito que se extrae de algunas variables o fenómenos de la población”.

Para Tamayo (2003) “cuando no es posible medir cada una de las entidades de población; esta muestra, se considera, es representativa de la población” (p. 176).

En el presente trabajo se realizó el muestreo de tipo no probabilístico por conveniencia debido a que se han considerado las mismas

estaciones de monitoreo que se describen en el Estudio de Impacto Ambiental (EIAd) del proyecto PROVISUR. El cálculo de la diversidad Hidrobiológica estará representado por el Fitoplancton y zooplancton presente en cada estación de monitoreo ubicado en el cuerpo receptor.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1. Técnicas

A. Monitoreo Hidrobiológico de Plancton

La evaluación del fitoplancton y zooplancton marino se desarrolló en 07 estaciones de monitoreo, distribuidas en 02 estaciones en el litoral (playa Embajadores y Santa María) y 05 unidades en la zona marina de acuerdo con la Tabla 4, donde se colectaron muestras de plancton a dos niveles de profundidad (superficie y fondo). La toma de muestras del plancton se realizó desde mayo 2018 hasta abril de 2022.

Tabla 4

Estaciones de monitoreo Hidrobiológico

Zona	Estación	Coordenadas UTM (WGS 84, 18-L)		Profundidad (m)
		Este	Norte	
Litoral	BI-01	306775	8628424	0
Litoral	BI-02	306729	8627262	0
Marina	HB-01	306660	8628056	12
Marina	HB-02	306446	8628429	7
Marina	HB-03	304130	8627103	55
Marina	HB-04	305979	8626968	27
Marina	HB-05	304915	8628571	36

Fuente: Programa de monitoreo Hidrobiológico, línea base EIAd.

El área de monitoreo se delimitó como un polígono referencial que abarcó el segmento del perfil litoral de la ensenada de Santa María y área conexas, donde se ubicaron las estaciones de muestreo marinas (Figura 2).



Figura 2. Área de Monitoreo – Plancton Marino

Fuente: Programa de monitoreo Hidrobiológico, línea base EIAd-Provisur.

B. Fitoplancton

En cada estación de muestreo (marina y costera) se colecto una muestra de fitoplancton, tanto a nivel de superficie y fondo. Las muestras colectadas fueron de tipo cuantitativo y semicuantitativo.

- **Muestreo del fitoplancton cuantitativo**

Para el muestreo a nivel de superficie se colecto por estación de monitoreo (marino y litoral), una muestra de 250 mililitros de agua de mar, este volumen se depositó en un envase de vidrio color ámbar, preservado con formol al 5% (UNESCO, 2010) y Lugol al 1% (0,5 ml/100ml de muestra). Para el muestreo del fitoplancton a nivel de fondo, las muestras se colectaron con una botella Niskin de 5 litros de capacidad, y posteriormente, siguió el mismo procedimiento de preservación descrito para las muestras de superficie.

- **Muestreo del fitoplancton semicuantitativo**

Para la toma de muestras a nivel de superficie (estaciones marinas) se realizó con una red de 75 micras de tamaño de malla, 13,5 cm de diámetro y 80 cm de largo. Con este dispositivo, se realizó por estación de monitoreo, un arrastre superficial (horizontal) a una velocidad promedio de 3 nudos (ca. 1,8 km/h) por 5 minutos. En las dos estaciones del litoral, se empleó la red de muestreo referenciada, pero a diferencia del arrastre en superficie, en el litoral se filtró un volumen de 40 litros de agua de mar. Cada muestra de fitoplancton colectada con la red, se transvasó a un envase de vidrio de 250 ml color ámbar y siguió el mismo procedimiento de preservación descrito para el fitoplancton cuantitativo.

- **Manipulación de los ítems de ensayos**

Todas las muestras de fitoplancton fueron rotuladas con su respectiva etiqueta de identificación, donde se especificó la fecha, estación de muestreo, número de identificación y tipo de muestra. Finalmente, el conjunto de muestras fue depositada y estivada en un contenedor plástico para su transporte al Laboratorio Analytical Laboratory E.I.R.L (en adelante ALAB). Los procedimientos de colecta y preservación de las muestras del fitoplancton siguieron los procedimientos descritos en el APHA (2017), IMARPE (2010) y UNESCO (2010).

4.4.2. Instrumentos

En laboratorio las muestras se identificaron hasta la categoría taxonómica más específica. El conteo cuantitativo se realizó por el método de Utermöhl (1958), previo tratamiento de agregación de la muestra en un cilindro de sedimentación de 50 ml de capacidad. Posteriormente, con un microscopio invertido y contraste de fase, se identificaron los especímenes del fitoplancton, además de realizar un

conteo de los individuos pertenecientes a cada taxón determinado. Los resultados se expresan en densidad total número de células por litro (cel./l).

A. Muestreo del Zooplancton

En cada estación de muestreo (litoral y marino) se colectaron muestras de zooplancton, tanto a nivel de superficie, de fondo y por arrastre en superficie.

- **Zooplancton cuantitativo**

Para el muestreo del zooplancton a nivel de superficie, se colectó por estación de monitoreo (litoral y marino), una muestra de 500 mililitros de agua de mar, que se depositó en un envase de plástico color blanco y se preservó con formol al 20%. Para el muestreo del zooplancton a nivel de fondo, las muestras se colectaron con una botella Niskin de 5 litros de capacidad y posteriormente, siguió el mismo procedimiento, de preservación descrito anteriormente.

El muestreo del zooplancton por arrastre en superficie se realizó con una red de 300 micras de tamaño de malla, 1,95 metros de largo y 50 cm de diámetro. Además, en el plano de entrada que delimita la sección de este arte de colecta, se instaló un flujómetro marca General Oceanic, un dispositivo que mide el volumen de agua filtrada a través de la red de zooplancton. En cada estación de monitoreo marino, el arrastre en superficie se desarrolló a una velocidad promedio de 3 nudos (ca. 1,8 km/h) por un periodo de 5 minutos.

El muestreo cuantitativo del zooplancton en las dos estaciones costeras, también se realizó con la red de muestreo referenciada, pero a diferencia del arrastre en superficie, en el litoral se filtró un volumen de 40 litros de agua de mar. Cada muestra colectada con la red del zooplancton se transvasó a un envase de plástico de

500ml de capacidad y, siguió el mismo procedimiento de preservación descrito para las muestras del zooplancton marino.

- **Manipulación de los ítems de ensayos**

Todas las muestras del zooplancton fueron rotuladas con su respectiva etiqueta de identificación, donde se especificó la fecha, estación de muestreo, número de identificación y tipo de muestra. Finalmente, el conjunto de muestras fue depositadas y estivadas en un contenedor plástico para su transporte al laboratorio ALAB.

B. Análisis de Datos Hidrobiológicos

Con los datos brindados por el Laboratorio (informes de ensayo), se elaboró en una hoja de cálculo una matriz con el número de especímenes (densidad) por especie versus estaciones de muestreo (ver apéndice B).

Este insumo se empleó para realizar el análisis de datos, que incluyó la determinación de la riqueza y abundancia de especies, la cuantificación del grado de heterogeneidad de las comunidades a través de dos índices de comunidad y un índice de similitud.

Finalmente, se aplicaron técnicas multivariadas, para comparar los datos hidrobiológicos obtenidos, para lo cual se agruparon los datos en dos grupos identificados como antes de operación que incluyó las temporadas de 2015 al 2019 y después de la operación de planta cuyas temporadas incluidas fueron las comprendidas por 2020 a 2022. Para el análisis de datos se utilizó el programa estadístico PAST V. 4.11 (Hammer et al. 2001).

C. Cálculo de la Abundancia de especies

Con los resultados de las determinaciones del plancton y zooplancton, se elaboraron los listados de las especies identificadas, así como el número de especímenes por cada phylum que se presentan en una matriz compuestas por las estaciones de muestreo (columnas) versus especies (filas).

La clasificación taxonómica completa del fitoplancton y zooplancton, así como la abundancia de especímenes por estación y muestra se detallan en el Apéndice B del presente estudio. Para la elaboración de los listados taxonómicos y cotejar la actualización de la clasificación de especies, se empleó el portal de internet: Algae Base (www.algaebase.org) que mantienen una actualización regular de los sistemas de clasificación taxonómica vigente con lo cual se pudo comprobar la actualización de algunas especies que se resaltaron en la matriz que se encuentra en el apéndice.

D. Medidas de Comunidad – Fitoplancton y Zooplancton

Para evaluar el grado de heterogeneidad de las comunidades del fitoplancton y zooplancton, se determinaron los siguientes índices de comunidad: Shannon – Wiener, dominancia de Simpson (Magurran 2004). En conjunto estos índices, permiten explicar la proporción entre la abundancia y riqueza de las especies determinadas por temporada de muestreo. Para el cálculo de los índices referenciados, se utilizó el programa estadístico PAST V. 4.11

E. Medida de Similaridad – Fitoplancton y Zooplancton

Para comparar el grado de asociación entre las estaciones de muestreo, se aplicó por comunidad evaluada, un índice cuantitativo de similaridad Bray-Curtis. El resultado de esta medida relaciona la asociación de especies e individuos entre las diferentes temporadas de muestreo a fin de destacar las

diferencias en su composición que se presenta en un dendrograma o gráfico Clúster. Para realizar el análisis y elaborar el gráfico se utilizó el programa estadístico PAST V. 4.11.

La medida de similaridad aplicada en el análisis fue el índice de Bray-Curtis, que básicamente es de utilidad para comparar datos cuantitativos (abundancia), detectar gradientes en la composición de especies y dar más peso a las especies comunes, que tienen una mayor variación numérica entre muestras, es uno de los índices más usados en ecología.

De acuerdo con Blom et al. (1981) , valores de 0 a 0.2 presentan similaridad muy baja, de 0.2 a 0.4 similaridad baja, de 0.4 a 0.6 similaridad moderada, de 0.6 a 0.8 similaridad alta y de 0.8 a 1 similaridad muy alta.

F. Comparación entre las temporadas de monitoreo mediante análisis multivariado

Los resultados del fitoplancton y zooplancton fueron agrupados en dos grupos, antes de la operación de la planta (temporadas 2015, 2018, 2019) y después (temporadas 2020, 2021 y 2022). Debido a las diferencias en las magnitudes en todas las temporadas de muestreos, se trabajó con densidades absolutas. Para comparar el conjunto de muestreos realizados en todas las temporadas de monitoreo, se aplicó la prueba de ordenación multivariada del Ajuste Dimensional No-métrico (MDS) en el programa PAST V. 4.11. que permite agrupar las especies comunes y más abundantes (Greenacre, 2008).

Los datos fueron agrupados bajo el modelo de Bray-Curtis que toma las abundancias totales para realizar el análisis.

G. Análisis estadístico

Con el objetivo de determinar la variación en el número de especies registradas antes y después del inicio de operación de

la planta, se realizó un análisis estadístico agrupando los datos como se describió en la sección anterior. Se realizó la prueba de normalidad con el estadístico Kolmogorov-Smirnov (se aplica cuando los datos son $n > 50$). Seguidamente, se realizó la prueba de hipótesis con el estadístico Wilcoxon (estadístico no paramétrico) que se usa para comparar las medianas de dos conjuntos de datos independientes cuya distribución no es normal (Sánchez, 2015). Se empleó el paquete estadístico SPSS V. 28.

H. Monitoreo de la calidad del agua

Para el monitoreo de la calidad del agua, se realizaron toma de muestras en 7 puntos en el mar y 3 puntos en el litoral (Tabla 5)

Tabla 5

Ubicación de la estación de monitoreo de calidad de agua marina

N	Monitoreo	Código	Coordenadas UTM (DATUM WGS 84)		Categoría ECA
1	Calidad de agua marina	CA-01	305 956	8 628 132	C3
2		CA-02	305 801	8 628 061	C3
3		CA-03	305 873	8 627 906	C3
4		CA-04	306 027	8 627 978	C3
5		CA-05	305 952	8 628 030	C3
6		CA-06	305 976	8 628 594	C1
7		CA-07	306 182	8 627 637	C1
N	Monitoreo	Código	Coordenadas UTM		Categoría
1	Calidad de agua costera	CA-C-01	306 724	8 628 468	C1
2		CA-C-02	306 817	8 628 310	C1
3		CA-C-03	306 900	8 628 117	C1

Fuente: Línea base ambiental – EIA del proyecto “PROVISUR”

La toma de muestra, medición y análisis de los parámetros para calidad de agua marina y costera se llevó a cabo en los años 2015, 2018, 2019 (antes del inicio y después de concluir actividades constructivas del proyecto, respectivamente). También se ejecutaron monitoreos de calidad del agua de mar

en distintos periodos en la etapa de operación desde el año 2020, 2021 y el 2022 en la etapa de operación de la planta del proyecto. Se tomaron muestras a nivel de superficie del cuerpo receptor y muestras puntales del efluente de la planta. Se analizaron los principales parámetros fisicoquímicos, microbiológicos.

Es preciso indicar que la toma de muestra, medición y análisis del monitoreo ambiental para los parámetros de agua marino y costera en el año 2015 fue realizado por la consultora ambiental ECSA Ingenieros, en los años 2018 y 2019; estuvieron a cargo del laboratorio SAG, y en los años 2020 al 2022 los monitoreos fueron realizados por el laboratorio ALAB, debido a que ambos laboratorios cuentan con acreditación ante INACAL, cuya exigencia es solicitada por las autoridades ambientales respectivas (ANA, Ministerio de vivienda, Ministerio del Ambiente) para asegurar la imparcialidad y calidad de los resultados. Dichas actividades fueron ejecutadas por dichos laboratorios debido a que fueron adjudicados por la empresa concesionaria en los periodos mencionados.

I. Estándares y límites máximos permisibles de comparación de calidad de agua marina, costera y efluente.

En la tabla 6 y 7 se presentan los estándares de comparación y evaluación, considerados de acuerdo con el periodo de monitoreo y la normativa vigente al momento del estudio.

En la tabla 7 se presenta el proyecto de decreto supremos sobre los LMP para efluentes de plantas desaladoras encontrada durante la revisión bibliográfica, se tomó en cuenta dichos parámetros para comparar con la caracterización realizada del efluente de la planta.

Tabla 6

Estándares de calidad ambiental para agua

Parámetro	Unidad	Estándar de Calidad Ambiental			
		D.S. N° 002-2008-MINAM		D.S. N° 004-2017-MINAM	
		Categoría 2 Sub Categoría C1	Categoría 2 Sub Categoría C3	Categoría 2 Sub Categoría C1	Categoría 2 Sub Categoría C3
Organolépticas					
Hidrocarburos de Petróleo Físicoquímicos	mg/L	No visible	No visible	No visible	No visible
Aceite y Grasas	mg/L	1,0	2,0	1,0	2,0
DBO ₅	mg/L	**	10,0	**	10
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥4	≥2,5	≥4	≥3
pH	Unidad de pH	7 – 8,5	6,8 – 8,5	7 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	**	70,0	80	70
Sulfuro de Hidrógeno	mg/L	**	0,08	**	**
Temperatura	Celsius	Δ 3 °C	Δ 3 °C	Δ 3 °C	Δ 3 °C
Fosfatos (P-PO ₄)	mg/L	**	0,1	**	**
Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	**	0,3	16	**
Plomo Total	mg/L	0,0081	0,0081	0,081	0,12
Orgánicos					
Hidrocarburos de Petróleo Totales (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,01	0,007	0,01
Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	≤14 (área aprobada) ≤88 (área restringida)	1000	≤14 (área aprobada) (d) ≤88 (área restringida) (d)	1000

Fuente: ECA 2008 – ECA 2017. (d) Área Aprobada: áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.

** El parámetro no aplica para esta Subcategoría.

Tabla 7*Límites máximos permisibles para efluentes de PTAR*

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/10mL	10, 000
Demanda química de oxígeno	mg/L	100
Demanda química de oxígeno	mg/L	200
pH	Unidad de pH	6.5-8.5
Sólidos totales en suspensión	mg/L	150
Temperatura	°C	< 35

Fuente: D.S 003-2010-MINAM

Tabla 8*Límite máximo permisible para efluentes de plantas desaladoras*

Parámetro	Unidad	Límites máximos permisibles
pH	mg/L	6.0-9.0
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	150
*Temperatura	°C	< 35
** Incremento de Sólidos Totales Disueltos (STD) respecto al contenido natural del mar	g/L	≤ 4

Fuente: Anexo 01 D.S 031-2014 MINAM.

Capítulo V

Resultados

5.1. Resultados y análisis

El efluente de la planta PROVISUR de acuerdo con el EIA (2015) resulta de una combinación (en una zona denominada “Arqueta”) entre la salmuera, la purga de flotadores DAF y lavados de las membranas provenientes del proceso de desalación cuyo caudal total es de 2082,9 m³/h con el efluente de agua residual doméstica tratada (PTAR) cuyo caudal es de 1469 m³/h, estimándose un efecto de dilución en la arqueta de 1:50 por lo cual el caudal total de vertimiento vía emisario submarino (longitud de 1030 metros) de 3 551,90 m³/h. La descarga final incrementaría el valor de la salinidad en menos de 1 ppt (1.5 %) en la zona de mezcla (EIA 2015). En la actualidad el emisario descarga un caudal promedio de 75 L/min (ver figura 3 y 4)



Figura 3. Modelamiento matemático descarga - Coliformes

Fuente: EIA del Proyecto PROVISUR

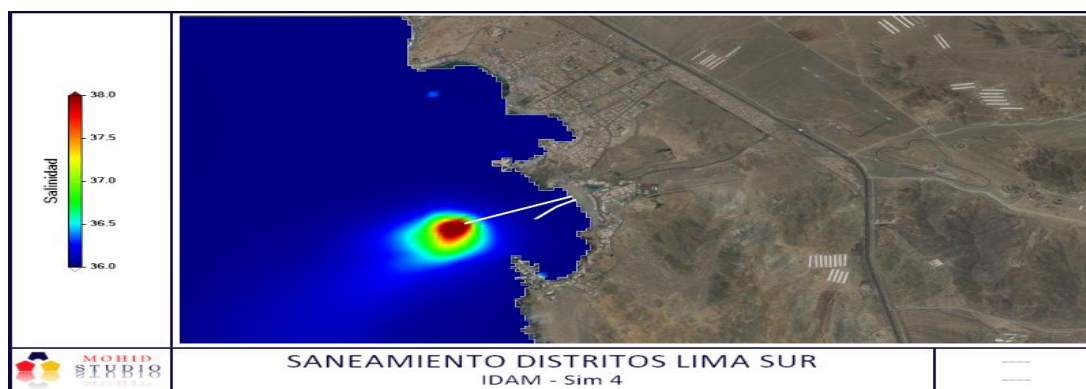


Figura 4. Modelamiento matemático descarga-Salmuera

Fuente: EIA Proyecto PROVISUR

5.1.1. Calidad ambiental del efluente

Se realizó la caracterización fisicoquímica y microbiológica del efluente de la planta en la temporada de octubre 2020 hasta abril 2022, los resultados fueron comparados con la normativa ambiental vigente para descargas de efluentes domésticos y la normativa para efluentes de plantas desaladoras los resultados se resumen en la Tabla 9 se observa la tendencia a lo largo de las temporadas de monitoreo; sin embargo, cabe precisar que se tomaron parámetros de fisicoquímicos adicionales a los requeridos en los LMP .

Tabla 9

Caracterización de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del efluente

Parámetros Medidos En El Efluente	Unidad	Temporada				Normativa Ambiental (LMP)	
		Oct-20	Abr-21	Oct-21	Abr-22	D.S 003-2010-MINAM	D.S 031-2014-MINAM
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	<0.48	<0.48	<0.48	<0.5	20	-
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100mL	<1.8	23	<1.8	<1.8	10,000	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2 /L	11.1	<2	<2	<2	100	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2 /L	23	10	<5.0	15.5	200	-
pH	Unidad de pH	7.53	7.15	6.73	7.28	6.5-8.5	6.0-9.0

Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	6	38	<5	<5	150	150
Temperatura	°Celsius	20.4	19.1	24.4	18.6	< 35	< 35
Sólidos Disueltos Totales (STD)	mg/L	23 46 0	37 14 0	<5	580 20	-	≤ 4
Turbiedad	UNT	5.3 8	0.4	4.5 0	5.14	-	-
Fósforo total	mg P/L	0.3 96	0.0 63	3.5 03	0.17 2	-	-
Nitrógeno Kjeldahl total	mg N/L	7.4	<0.1	<0.1	<0.1	-	-
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100mL	1.8	79	<1.8	<1.8	-	-
Salinidad	mg/L	33.7	57.2	7.3	7.2	-	-
Conductividad eléctrica (C.E)	uS/cm	42 90	81 70	12 63	827 000	-	-
Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	9	6.5	5.4	8.15	-	-

Fuente: Elaboración propia

Los 7 parámetros de control se encuentran dentro de los rangos establecidos del LMP del D.S 003 (línea roja), adicionalmente se incluyó el parámetro sólidos totales disueltos (STD) como parte de la comparativa tomando como referencia el proyecto de D.S 031-2014-MINAM en donde se establecen 4 parámetros de control para efluentes de plantas desaladoras específicamente (ver figura 5).

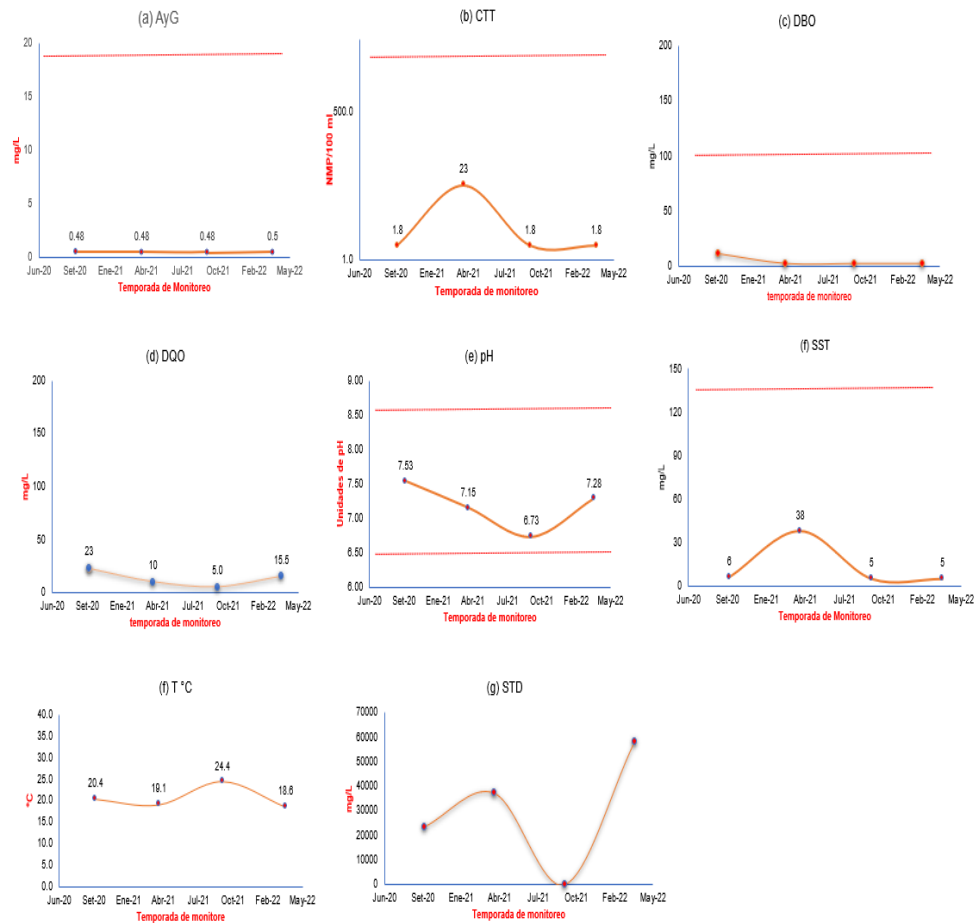


Figura 5. Parámetros de control

Fuente: LMP D.S 003-2010-MINAM

En la figura 6 se realizó un análisis multivariado para visualizar todos los parámetros del efluente analizados y su relación entre ellos con respecto a la temporada de monitoreo, para lograr confeccionar el gráfico debido a que los datos de los parámetros tienen distintos valores y unidades se realizó la transformación logarítmica en el software estadístico Past V. 4.11. Las líneas negras denotan las distancias entre las temporadas de monitoreo con respecto a un punto central, se observa que los valores de la mayoría de los parámetros se mantuvieron constantes y casi similares con excepción de la turbidez que en la temporada abril 2021 tuvo un valor sumamente bajo razón por la cual se observa como un valor alejado con respecto al promedio; de igual forma, el parámetro nitrógeno total tuvo un valor elevado en la temporada octubre 2020 con un valor de 7.4 mg N/L

razón por la cual en la figura 6 se observa como un punto aislado al igual que el parámetro fósforo total cuyo valor máximo fue de 3.503 mg P/L en la temporada octubre 2021, y se observa alejado del valor promedio.

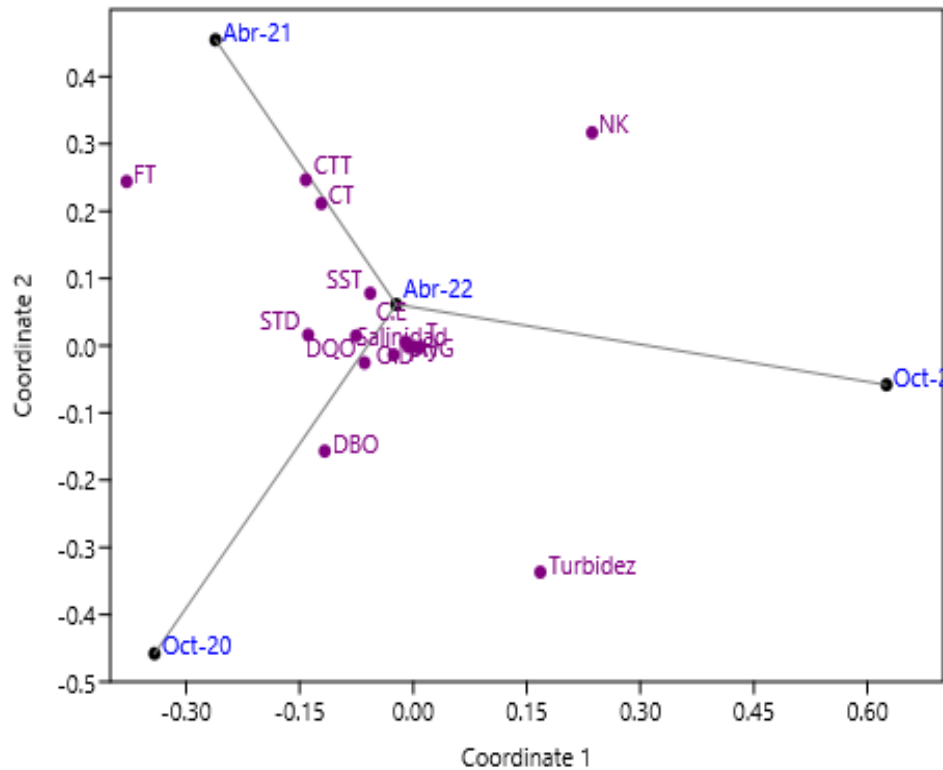


Figura 6. Análisis multivariado de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del efluente.

Fuente Elaboración propia

5.1.2. Monitoreo de la calidad del cuerpo receptor (agua de mar)

En las siguientes tablas se resumen los resultados de los parámetros medidos de calidad de mar por temporada de monitoreo y su comparación con la normatividad vigente en el año de monitoreo. Es preciso mencionar que los valores de la temporada de mayo 2015 fueron tomados del estudio de impacto ambiental del proyecto con fines comparativos debido a que en se entonces se encontraba vigente el ECA 002-2008 (relleno de color verde en las tablas).

En total se monitorearon 7 estaciones en mar (Tabla 10) y 3 estaciones en el litoral (costa) ambos a nivel superficial (Tabla 11).

Tabla 10

Calidad del agua del cuerpo receptor (agua de mar)

Temporada	Parámetros de Calidad de Agua Marina		Aceite y Grasas	DB O ₅	Oxígeno Disuelto	pH	Sólidos Suspendidos Totales	Temperatura	Demanda química de Oxígeno	Salinidad	cloruros	Coliformes totales	Coliformes Termotolerantes		
	Estaciones	Nivel de													
May-15	C A-01	Superficial	Fisicoquímicos	mg/L	mg/L	mg/L	Unidad de pH	mg/L	Celsius	mg/L	ppt	mg/L	Microbiológicos	NMP/100 mL	NMP/100 mL
	C A-02	Superficial		<0.5	4.19	9.37	8	9.83	19.7	<10	34.2	-		1.8	<1.8
	C A-02	Superficial	<0.5	<2.00	8.87	7.95	5.6	20.3	<10	34.4	-	4.5	<1.8		

May-18	C A-03	Superficial	<0.5	<2.00	8.9	7.99	8.98	19	<10	34.2	-	13	7.8
	C A-04	Superficial	<0.5	<2.00	9.08	7.97	7.71	19.4	<10	34	-	1.8	<1.8
	C A-05	Superficial	<0.5	<2.00	10.13	8.13	9.04	18.6	<10	34.2	-	1.8	<1.8
	C A-06	Superficial	<0.5	<2.00	5.17	7.98	8.79	19.9	<10	34.1	-	1.8	<1.8
	C A-07	Superficial	<0.5	<2.00	9.18	7.99	8.93	20.5	<10	33.7	-	230	<1.8
	C A-01	Superficial	<0.5	<2.00	4.7	7.67	10.51	18.5	-	-	-	-	2300
	C A-02	Superficial	<0.5	<2.00	5.1	7.77	12.72	17.8	-	-	-	-	160000
	C A-03	Superficial	<0.5	<2.00	5.4	7.77	10.22	17.6	-	-	-	-	2
	C A-04	Superficial	<0.5	<2.00	5.5	7.77	14.81	17.6	-	-	-	-	<1.8
	C A-05	Superficial	<0.5	<2.00	5.8	7.91	10.69	18	-	-	-	-	<1.8
C A-06	Superficial	<0.5	<2.00	5.8	8.02	12.46	17.7	-	-	-	-	<1.8	
C A-07	Superficial	<0.5	<2.00	4.8	7.69	10.41	18.7	-	-	-	-	<1.8	

Dic-19	C A-01	Superficial	<0.5	<2.00	10.01	8.24	<3.00	19.4	-	-	-	-	<1.8
	C A-02	Superficial	<0.5	<2.00	9.1	8.19	<3.00	19.9	-	-	-	-	4.5
	C A-03	Superficial	<0.5	<2.00	9.71	8.24	<3.00	19.6	-	-	-	-	4.5
	C A-04	Superficial	<0.5	<2.00	10	8.24	3.7	20	-	-	-	-	23
	C A-05	Superficial	<0.5	<2.00	9.7	8.24	<3.00	19.4	-	-	-	-	2
	C A-06	Superficial	<0.5	<2.00	8.51	8.07	3.58	19.8	-	-	-	-	<1.8
	C A-07	Superficial	<0.5	<2.00	11.52	8.37	<3.00	19.9	-	-	-	-	23
Oct-20	C A-01	Superficial	<0.5	<2.00	9.7	8.32	15	22.8	<10	40.5	2018 3	<1.8	<1.8
	C A-02	Superficial	<0.5	<2.00	10.4	8.28	7	20.5	<10	40.4	1917 5	<1.8	<1.8
	C A-03	Superficial	<0.5	<2.00	9.2	8.3	17	19.3	<10	40.4	2047 5	<1.8	<1.8
	C A-04	Superficial	<0.5	<2.00	10.2	8.31	5	20.9	<10	39.5	2024 6	<1.8	<1.8
	C A-05	Superficial	<0.5	<2.00	10.2	8.15	5	21.8	<10	40.4	2606 79	<1.8	<1.8

	C A- 06	Superfi cial	<0.5	<2. 00	10.4	8.35	17	21.5	<10	40.1	2004 9	<1.8	<1.8
	C A- 07	Superfi cial	<0.5	<2. 00	10.5	8.33	7	19.7	<10	41.2	2068 2	<1.8	<1.8
	C A- 01	Superfi cial	<0.5	<2. 00	7.7	7.79	22	26.2	<10	33.9	2084 9	13	<1.8
	C A- 02	Superfi cial	<0.5	<2. 00	7.3	7.8	25	24.6	<10	33.6	1946 8	33	<1.8
	C A- 03	Superfi cial	<0.5	<2. 00	7.6	7.82	20	24.4	<10	33.7	1945 2	2	<1.8
Abr-21	C A- 04	Superfi cial	<0.5	<2. 00	8	7.87	24	23.7	13	34.4	1920 5	<1.8	<1.8
	C A- 05	Superfi cial	<0.5	<2. 00	7.5	7.63	19	24.3	<10	33	1924 5	<1.8	<1.8
	C A- 06	Superfi cial	<0.5	<2. 00	8	7.87	16	24.8	<10	33.9	1949 5	<1.8	<1.8
	C A- 07	Superfi cial	<0.5	<2. 00	7.7	7.05	22	25.9	13	34.1	1975 9	<1.8	<1.8
	C A- 01	Superfi cial	<0.5	<2. 00	8.1	8.09	6	18.5	2	34.2	2413 4	<1.8	<1.8
Oct-21	C A- 02	Superfi cial	<0.5	<2. 00	8.3	8.12	9	18.5	5	33.9	2379 2	<1.8	<1.8
	C A- 03	Superfi cial	<0.5	<2. 00	8	8.13	8	16.3	5	33.7	2392 7	<1.8	<1.8

Abr-22	C A-04	Superficial	<0.5	<2.00	8.1	8.12	7	18.9	5	33.5	24049	<1.8	<1.8
	C A-05	Superficial	<0.5	<2.00	8.3	8.1	5	18.5	5	33.8	24882	<1.8	<1.8
	C A-06	Superficial	<0.5	<2.00	8	8.02	5	18.6	5	34.3	24498	<1.8	<1.8
	C A-07	Superficial	<0.5	<2.00	8.1	8.13	6	18.2	5	33.8	24282	<1.8	<1.8
	C A-01	Superficial	<0.5	<2.00	7.59	7.63	5	18.4	21.7	33.9	18499	<1.8	<1.8
	C A-02	Superficial	<0.5	<2.00	7.8	7.59	5	20	18.1	33.3	18102	<1.8	<1.8
	C A-03	Superficial	<0.5	<2.00	7.96	7.58	5	19	20.7	33.8	17640	<1.8	<1.8
	C A-04	Superficial	<0.5	<2.00	7.72	7.65	5	19.7	23.2	33.7	17485	2	2
	C A-05	Superficial	<0.5	<2.00	7.69	7.61	5	18.2	25.8	34.2	17479	<1.8	<1.8
	C A-06	Superficial	<0.5	<2.00	7.75	7.51	5	19.4	20.7	34.2	17547	<1.8	<1.8
	C A-07	Superficial	<0.5	<2.00	7.81	7.67	5	17579	21.2	33.2	17579	<1.8	<1.8
	ECA Categoría 2 – Sub Categoría 3		2	10	≥2.5	6.8 – 8.5	70	Delta 3 °C	-	-	-	-	≤ 14

Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos en las temporadas de monitoreo en cuanto a los parámetros aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno se obtuvieron valores menores a los límites de cuantificación del método empleado; por ende, los valores no supera lo establecido en el ECA para la subcategoría c3.

En cuanto al oxígeno disuelto se registró un promedio de 8.20 mg/L en todas las estaciones y temporadas de monitoreo, teniendo como mínimo valor 4.7 mg/L y 11.52 mg/L de oxígeno disuelto. El valor de pH promedio entre todas las temporadas y estaciones de monitoreo fue de 7.96 unidades de pH, teniendo como mínimo valor 7.05 y un máximo de 8.57 unidades de pH respectivamente.

En la siguiente tabla se resumen los valores de los parámetros por temporada de monitoreo en 3 estaciones del litoral (costero) a nivel superficial, cabe precisar que los valores de demanda química de oxígeno, salinidad, cloruros y coliformes totales no fueron medidos en la temporada de mayo 2018 y diciembre 2019 debido a que en dichas temporadas fueron antes del inicio de operaciones de la planta.

Tabla 11

Calidad del agua costera (litoral)

Temporada	Parámetros de Calidad de Agua Marina		Aceite y Grasas	DB O ₅	Oxígeno Disuelto	pH	Sólidos Suspendidos Totales	Temperatura	Demanda química de Oxígeno	Salinidad	cloruros	Coliformes totales	Coliformes Termotolerantes	
	Estaciones		mg/L	mg/L	mg/L	Unidad de pH	mg/L	Celsius	mg/L	ppt	mg/L	NMP/100 mL	NMP/100 mL	
May-15	C A- C- 01	Superficial	Fisicoquímicos	<0.5	<2.00	8.95	7.98	9.71	20.5	<10	35.0	-	6.8	<1.8
				<0.5	<2.00	9.01	7.96	10.66	19.3	<10	34.4	-	22	<1.8
				<0.5	38	9.1	8.00	10.2	19.6	<10	34.5	-	1.8	<1.8
May-18	C A- C- 01	Superficial	Microbiológicos	<0.5	<2.00	7.40	7.97	12.13	17.9	-	-	-	-	<1.8
				<0.5	<2.00	7.40	8.12	10.14	17.4	-	-	-	-	4.5
				<0.5	<2.00	7.50	8.19	10.83	17.4	-	-	-	-	4.5

Dic-19	C	C	Superfi cial	<0.5	<2. 00	7.42	8.09	110.8	20.2	-	-	-	-	4.5
	A- C- 01													
	C													
Dic-19	C	C	Superfi cial	<0.5	<2. 00	7.46	8.14	3.23	20.2	-	-	-	-	<1.8
	A- C- 02													
	C													
Dic-19	C	C	Superfi cial	<0.5	<2. 00	7.44	8.16	3	20.1	-	-	-	-	<1.8
	A- C- 03													
	C													
Oct-20	C	C	Superfi cial	<0.5	<2. 00	9.10	8.24	<5	21.2	<10	40.8	2066 3	<1.8	<1.8
	A- C- 01													
	C													
Oct-20	C	C	Superfi cial	<0.5	<2. 00	9.20	8.16	13.00	20.3	<10	40.7	2035 4	<1.8	<1.8
	A- C- 02													
	C													
Oct-20	C	C	Superfi cial	<0.5	<2. 00	9.10	8.20	<5	21.0	<10	40.1	2009 3	<1.8	<1.8
	A- C- 03													
	C													
Abr-21	C	C	Superfi cial	<0.5	<2. 00	6.30	7.67	21.00	24.2	<10	33.4	1946 0	4.5	4.5
	A- C- 01													
	C													
Abr-21	C	C	Superfi cial	<0.5	<2. 00	6.20	7.75	21.00	20.1	<10	32.9	2019 6	130	7.8
	A- C- 02													
	C													
Oct-21	C	C	Superfi cial	<0.5	<2. 00	6.00	7.62	21.00	23.9	<10	34.5	2053 2	490	330
	A- C- 03													
	C													
Oct-21	C	C	Superfi cial	<0.5	<2. 00	8.90	7.98	8.00	17.9	2	33.0	2428 9	130	49

	C-01												
	C												
	A-C-02	Superficial	<0.5	<2.00	8.90	8.00	<5	17.8	5	32.9	24136	33	33
	C												
	A-C-03	Superficial	<0.5	<2.00	8.70	7.97	8.00	17.8	5	32.8	24824	79000	230
	C												
	A-C-01	Superficial	<0.5	<2.00	7.83	7.61	<5	18.1	21.7	32.6	17904	<1.8	<1.8
	C												
Abr-22	A-C-02	Superficial	<0.5	<2.00	7.92	7.62	<5	18.2	18.1	32.3	17724	<1.8	<1.8
	C												
	A-C-03	Superficial	<0.5	<2.00	7.87	7.64	<5	19.1	20.7	33.7	17951	4.5	2
	ECA Categoría 2 Sub Categoría C1		1	-	≥4	7.0 - 8.5	80	Delta 3 °C	-	-	-	-	≤ 14

Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos en las temporadas de monitoreo en cuanto a los parámetros aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno se obtuvieron valores menores a los límites de cuantificación del método empleado; por ende, los valores no supera lo establecido en el ECA para la subcategoría C1.

En cuanto al oxígeno disuelto se registró un promedio de 7.81 mg/L en todas las estaciones y temporadas de monitoreo con respecto al promedio de lo registrado en la temporada 2015 (datos del EIAd) que fue de 9.02 fue menor. En cuanto al parámetro pH el valor promedio fue de 7.95 cercano al valor promedio de lo registrado en el EIAd que fue de 7.98 unidades de pH, dichos valores se encontraron dentro de los límites establecidos en el ECA de la subcategoría C1. Para el parámetro sólidos totales suspendidos en el año 2015 (EIAd) se registró un valor promedio de 10.12 mg/L en las estaciones monitoreadas, un valor menor que el promedio registrado en las temporadas 2018 al 2022 que fue de 20.18 mg/L de SST; sin embargo, ambos valores se encontraron por debajo de 80 mg/L establecido en el ECA agua para la subcategoría.

El valor promedio registrado En el año 2015 en el estudio de impacto ambiental fue de 19.8°C en las 3 estaciones monitoreadas y en las temporadas de monitoreo del 2018 al 2022 se registró una temperatura promedio entre las estaciones de 19.6 °C observándose casi el mismo valor entre todos los años, dicho parámetro se encontró dentro del rango establecido en el ECA agua.

En cuanto al parámetro demanda química de oxígeno en el año 2015, 2018, 2019, 2020 y abril del 2021 se registraron valores por debajo del límite de detección del método; sin embargo, en la temporada de monitoreo de octubre 2021 y abril 2022 se registró un valor promedio de 12.08 mg/L de demanda química de oxígeno. En cuanto al parámetro salinidad en el año 2015 se registró un valor promedio de 34.6 ppt, en octubre de 2020 se registró un valor promedio de 40.5

ppt en las tres estaciones de monitoreo costero; en las temporadas de abril 2021 a abril 2022 se registró un valor promedio de 33.1 ppt en las estaciones monitoreadas, siendo el valor promedio menor registrado entre todas las temporadas de monitoreo.

Con respecto a los parámetros microbiológicos se obtuvo un valor promedio de 10.2 NMP/100ml en el año 2015, en abril de 2021 y octubre 2021 se obtuvieron los valores promedio de coliformes totales más altos de 208 NMP/100mL y 26388 NMP/100mL respectivamente. De igual modo en los mismos años se obtuvo valores promedio de coliformes termotolerantes de 114 NMP/100mL y 104 NMP/100mL respectivamente siendo valores que sobrepasan el valor ECA establecido. Finalmente, en las temporadas de octubre 2020 a abril del 2022 se midió el parámetro cloruros registrándose un valor promedio de 20677 mg/L entre las tres estaciones de monitoreo costero.

5.1.3. Monitoreo Hidrobiológico

A. Monitoreo de Fitoplancton

Con los datos obtenidos del monitoreo de fitoplancton, por la magnitud de los datos recopilados en las 10 temporadas de monitoreo se agruparon en base a la categoría taxonómica phylum y se calcularon las densidades totales de cada especie que conforma el phylum (cel./L), como también su abundancia absoluta y relativa (en porcentaje) para lo cual se dividieron los datos en dos grupos antes de operación (temporadas 2015, 2018, y 2019) y después de operación (temporadas 2020, 2021 y 2022) de todos los organismos presentes en cada temporada de monitoreo para fines de facilitar el análisis descriptivo y estadístico. También se calcularon los principales índices de diversidad con la ayuda del software PAST V. 4.11, los valores se resumen en las tablas (12, 13 y 14). La matriz principal elaborada con los datos y la relación completa de especies se detallan en el apéndice B.

Tabla 12

Densidad total (Cel./L) por Phylum vs. Temporada de monitoreo

Phylum	Antes de operación				Después de operación					
	May-15	May-18	Jul-18	Dic-18	Jun-19	Dic-19	Set-20	Abr-21	Oct-21	Abr-22
<i>Bacillariophyta</i>	25918960	139250	201200	86140	80010	19503830	10887498	8638000	789500	501086
<i>Chlorophyta</i>	7356000	1491800	919000	0	1127000	2677000	3109000	0	0	0
<i>Euglenozoa</i>	13400	160	0	12230000	62230	119280	0	23000	2000	32005
<i>Katablepharidophyta</i>	312000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Miozoa</i>	477120	4582560	11520	98970	3760	478000	16720	41000	37000	19005
<i>Ochrophyta</i>	11880	7280	1960	37200	11140	2000	56664	6000	3000	342034
Total (cel./L)	34089360	6221050	1133680	12452310	1284140	22780110	14069882	8708000	7937000	894130

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos de la tabla 12, se elaboró la figura 7, en donde se observa que el phylum con mayor cantidad de células por litro (densidad) fue el Phylum *Bacillariophyta* con un total de 25,918,960.0 cel./litro en la temporada mayo 2015 y fue también el phylum más abundante (tabla 13) en todas las temporadas de monitoreo, en cambio el Phylum *Katablepharidophyta* sólo se registró 3,120,00.0 cel./L en el año 2015.

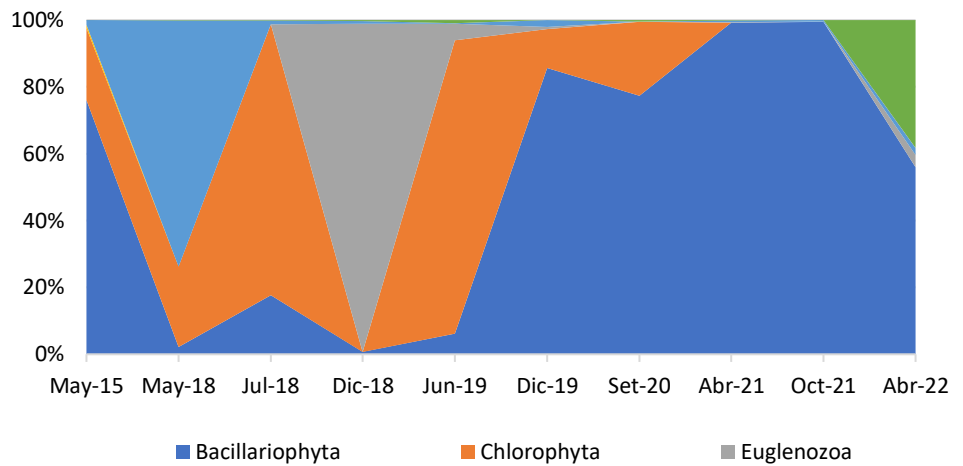


Figura 7. Densidad de células expresada en porcentaje de células por litro en todas las temporadas de monitoreo.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 se muestra las abundancias absolutas y relativas de todas las temporadas agrupadas en antes y después de operación, se observa que el phylum Bacillariophyta (58.9%), Chlorophyta (17.4%), Euglenozoa (15.9%) y Miozoa (7.2%) fueron los más abundantes. Después de operación solo abundaron los phylum Bacillariophyta (88.3%) y Chlorophyta (9.8%) (ver figura 8).

Tabla 13

Abundancia absoluta y relativa de fitoplancton

Phylum	Antes de operación (cel./L)	Después de operación (cel./L)	Abundancia Relativa Antes (%)	Abundancia Relativa después (%)
<i>Bacillariophyta</i>	45,929,390.0	27,921,584.0	58.9%	88.3%
<i>Chlorophyta</i>	13,570,800.0	3,109,000.0	17.4%	9.8%
<i>Euglenozoa</i>	12,425,070.0	57,005.0	15.9%	0.2%
<i>Miozoa</i>	5,651,930.0	113,725.0	7.2%	0.4%
<i>Katablepharidophyta</i>	312,000.0	0.0	0.4%	0.0%
<i>Ochrophyta</i>	71,460.0	407,698.0	0.1%	1.3%
Total (cel./L)	77,960,650.0	31,609,012.0	100	100

Fuente: Elaboración propia

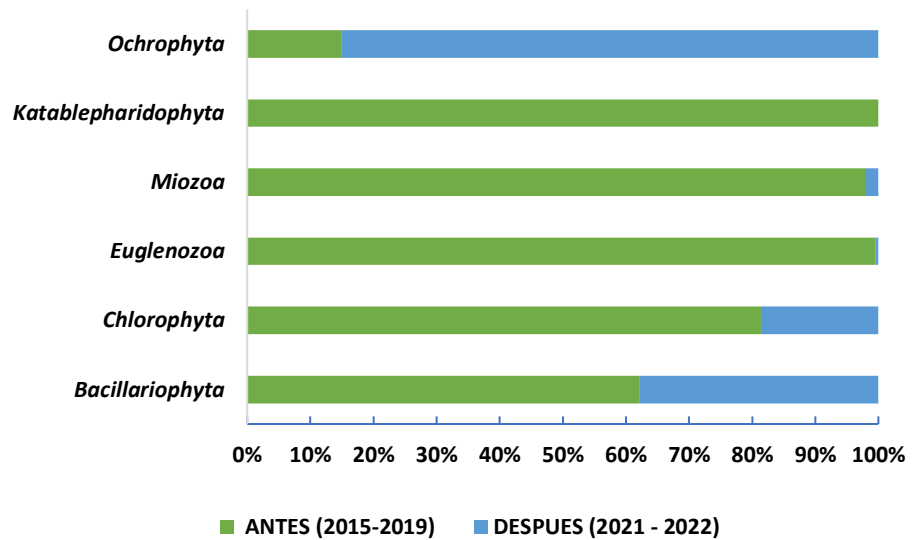


Figura 8. Abundancia absoluta y relativa de fitoplancton antes y después de la operación de planta.

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el cálculo de los índices de diversidad con el software Past ver. 4.11 por temporada de monitoreo, los valores se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 14

Índices de diversidad por temporada de monitoreo.

Índices de Diversidad	Antes de operación					Después de operación				
	May-15	May-18	Jul-18	Dic-18	Jun-19	Dic-19	Set-20	Abr-21	Oct-21	Abr-22
Especies (S)	110	43	33	39	36	54	27	33	50	27
Densidad Total (células/litro)	340	622	113	124	128	227	140	870	793	89
Dominancia (D)	84	632	674	47	733	76	52	112	598	99
Shannon (H')	3.14	1.7	1.2	0.18	0.9	0.88	2.22	2.5	1.5	3.1

Fuente: Elaboración propia

Con los datos de la tabla 13, se generaron las figuras en base a la riqueza (S) de especies (figura 9), índice de diversidad de

Shannon (H') y dominancia (D) por año de monitoreo (figura 10). Se puede observar que antes de la operación en la temporada mayo 2015 se registró el mayor número de especies con 110 especies cuya diversidad H' fue diversidad (3.144 bits/cel.) en contraste con las 50 especies registradas en octubre 2021 cuyo H' fue de 1.536 bits/cel.

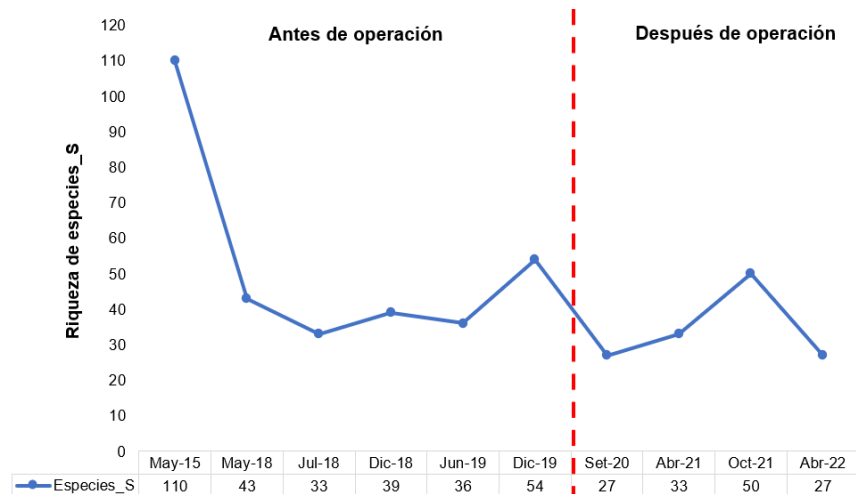


Figura 9. Comparativo del número de taxones (riqueza de especies) por temporada de monitoreo

Fuente: Elaboración propia

De la figura 9 se puede observar que en mayo 2015 se registró un total de 110 taxones siendo el phylum *Bacillariophyta* la más abundante en comparación con las demás temporadas de monitoreo siendo en septiembre 2020 y abril 2022 temporadas en las cuales se registraron 27 especies respectivamente.

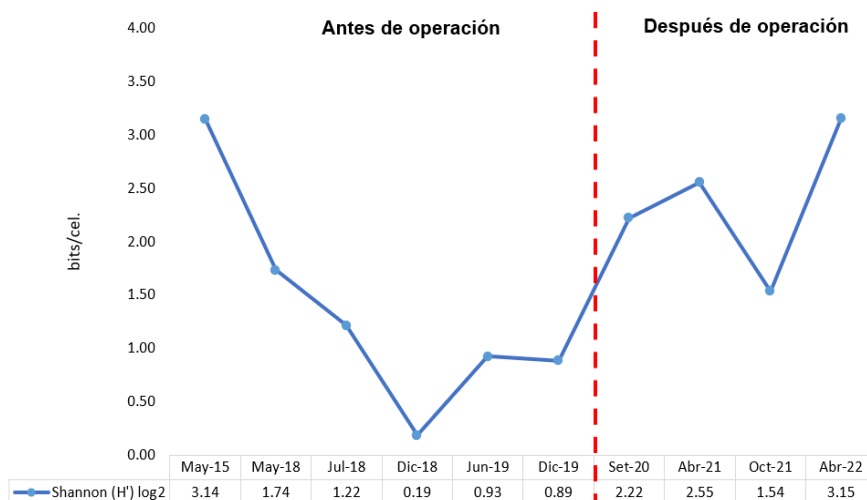


Figura 10. Diversidad H' de especies de fitoplancton por temporada de monitoreo.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 10 se observa que la mayor diversidad obtenida fue en mayo 2015 (3.14 bits/cel.) y en abril 2022 (3.15 bits/cel.) valores similares; sin embargo, con diferente número de especies (ver tabla 14).

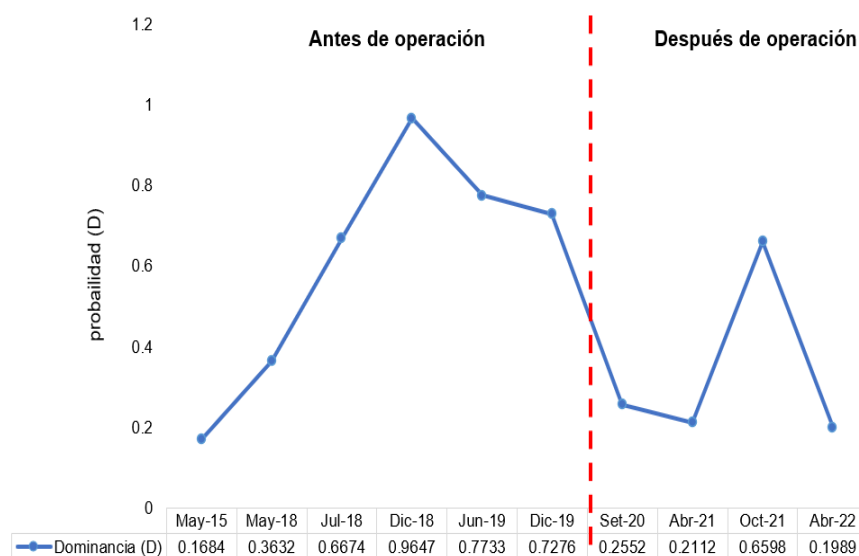


Figura 11. Índice de Simpson (D). Dominancia de especies por temporada de monitoreo.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 11 se expresan los resultados de la dominancia D del índice de Simpson en función a la probabilidad, el cual presenta una relación inversa con respecto al índice de diversidad Shannon (H'), esto quiere decir de que mientras se tengan valores en la diversidad H' se tendrá valores bajos en el índice D . Por tanto, en el año 2015 se tuvo un valor de $D= 0.1684$ y un $H'= 3.14$ bits/cel. lo que significa una mayor diversidad de especies cuya dominancia es menor, lo contrario a lo registrado en diciembre 2018 cuyo $H'=0.19$ bits/cel. Y un $D= 0.9647$ lo que significa que en esa temporada de monitoreo se registraron una menor diversidad de especies y una especie fue dominante disminuyendo la diversidad.

Medida de Similitud – Fitoplancton

Para una mejor visualización de los datos se agruparon las temporadas de monitoreo por colores, rojo a datos generados antes de la operación (temporadas 2015 al 2019) y verde referencia a datos generados después de la operación de la planta (temporadas 2020 al 2022). En la figura 12, se observa que en la temporada de monitoreo de julio 2018 y junio 2019 se registraron una similitud alta; al igual que las temporadas de abril 2021 con octubre 2021 presentaron una similitud muy alta. Las temporadas de mayo 2015 con diciembre 2019 una similitud alta, sin embargo, la temporada diciembre 2018 un índice de similitud muy baja con respecto a las demás temporadas de monitoreo. Finalmente, las abundancias entre las temporadas antes de operación (rótulo rojo) tuvieron un índice de similitud muy baja con respecto a las abundancias después de la operación (rótulo verde) esto corrobora lo registrado en las tablas 12, 13 y 14.

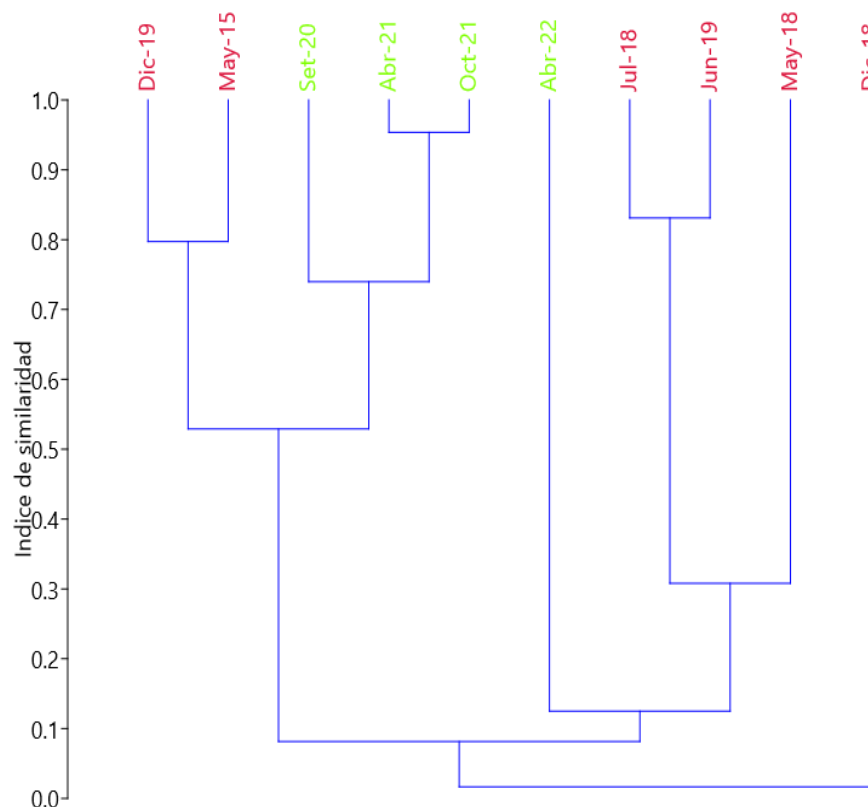


Figura 12. Índice de similitud Bray-Curtis fitoplancton por temporada de monitoreo.

Fuente: Elaboración propia

Analisis multivariado de Fitoplancton

Para una mejor interpretación se dividió los datos por colores rojo (antes de operación) y verde (después de operación) por lo cual en la figura 13 se puede observar que las temporadas de monitoreo mayo 2018, julio 2018, junio 2019, presentan phylum comunes y abundantes, de igual modo las temporadas de monitoreo de abril mayo 2015, septiembre 2020, abril 2021 y octubre 2021 presentan especies abundantes y comunes. Asu vez, se puede observar que las abundancias en las temporadas mayo 2018, junio y julio 2019 son similares; sin embargo, difieren de las abundancias de las temporadas registradas después de la operación de planta (color verde).

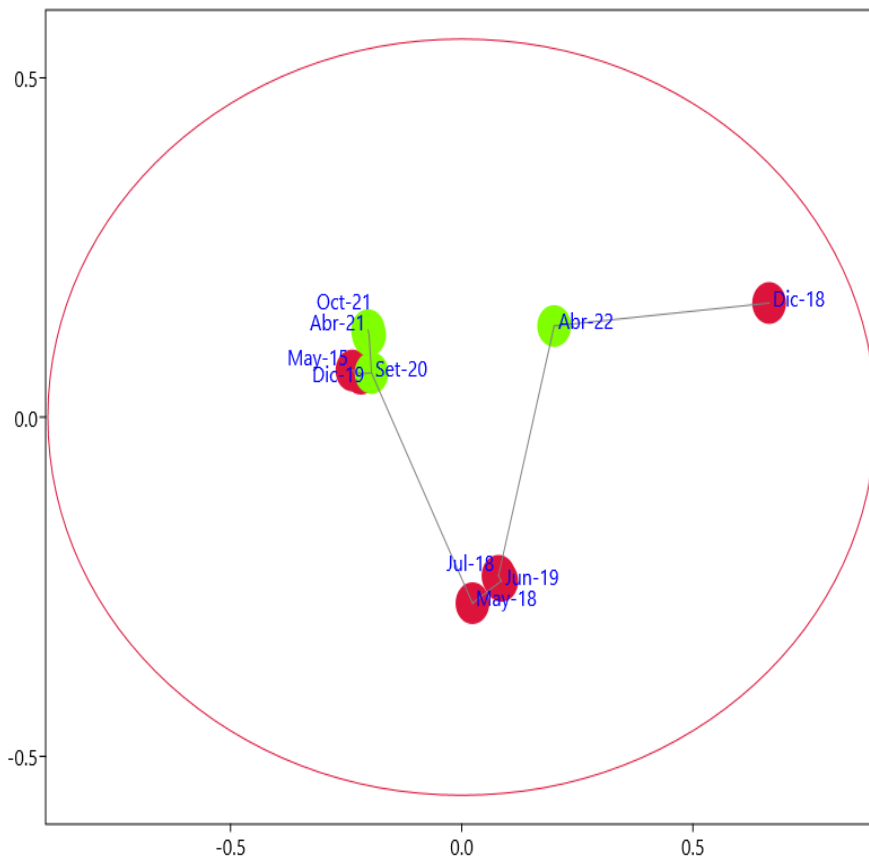


Figura 13. Análisis multivariado (MDS). Comparación de abundancia de fitoplancton por phylum.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 14 se observa las abundancias de cada phylum por temporada de acuerdo con el análisis (MDS). El phylum más abundante en la temporada 2015 fue *Katablepharidophyta*; de igual manera, en las temporadas de septiembre 2020, abril 2021 y octubre 2021 fue el phylum Bacillariophyta seguido del phylum Chlorophyta. En las temporadas mayo 2018, julio 2018, junio 2019 el phylum más abundante y común fue Miozoa, en diciembre 2018 fue más abundante el phylum Euglenozoa y finalmente en abril 2022 el phylum más abundante fue Ochrophyta.

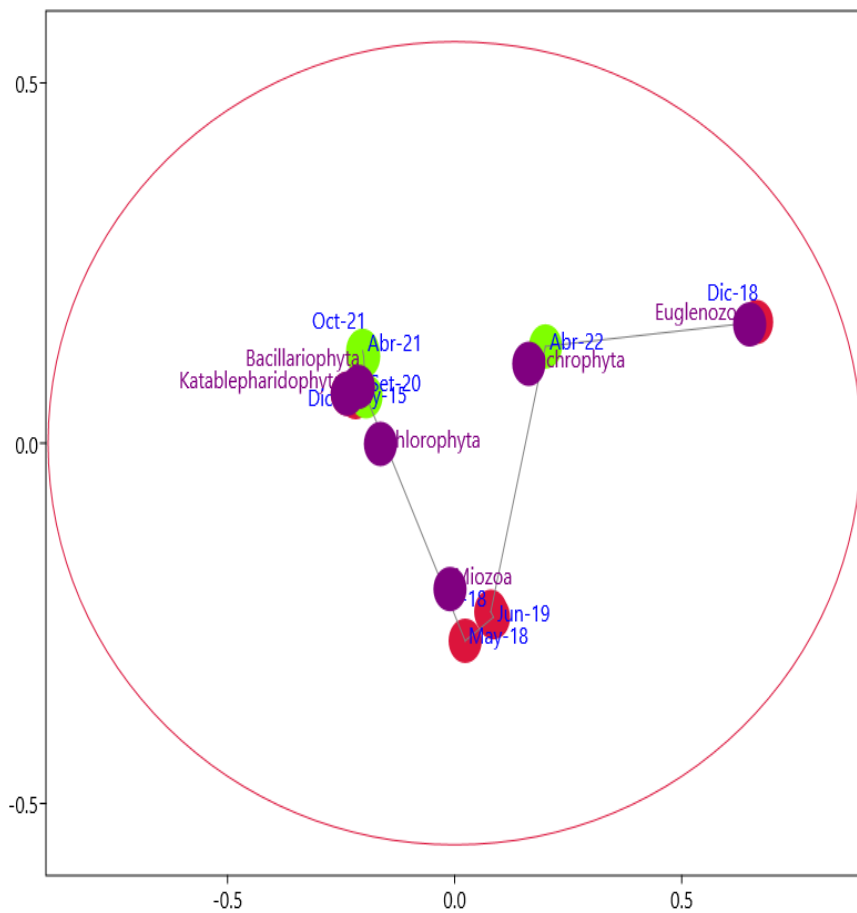


Figura 14. Análisis multivariado (MDS). Comparación de abundancias de fitoplancton phylum por temporada de monitoreo.

Fuente: Elaboración propia.

B. Monitoreo de Zooplancton

Con los datos obtenidos del monitoreo de zooplancton, por la magnitud de los datos recopilados en las 10 temporadas de monitoreo se agruparon en base a la categoría taxonómica phylum y se calcularon las densidades totales de cada especie que conforma el phylum (org./m^3), como también su abundancia absoluta y relativa (en porcentaje) para lo cual se dividieron los datos en dos grupos antes de operación (temporadas 2015, 2018, y 2019) y después de operación (temporadas 2020, 2021 y 2022) de todos los organismos presentes en cada temporada de monitoreo para fines de facilitar el análisis descriptivo y estadístico. También se calcularon los principales índices de

diversidad con la ayuda del software PAST V. 4.11, los valores se resumen en las tablas (15, 16 y 17). La matriz principal elaborada con los datos y la relación completa de especies se detallan en el apéndice B.

Tabla 15

Densidad total (Org./100m³) de Phylum por temporada de monitoreo

Phylum	Antes de Operación					Después de operación				
	May-15	May-18	Jul-18	Dic-18	Jun-19	Dic-19	Set-20	Abr-21	Oct-21	Abr-22
<i>Annelida</i>	4,634.00	400	400	400	0	5,000.00	0	14,000.00	0	20
<i>Arthropoda</i>	97,077.00	283,600.00	5,600.00	4,000.00	3,800.00	21,000.00	2,000.00	746,000.00	440	6,040.00
<i>Brachiopoda</i>	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bryozoa</i>	0	0	200	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetognatha</i>	0	0	0	0	200	0	0	0	0	0
<i>Chordata</i>	2,609.00	2,600.00	600	1,000.00	0	800	0	1,198,000.00	980	140
<i>Ciliophora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,640.00
<i>Cnidaria</i>	460	0	0	200	0	0	0	0	20	0
<i>Crustacea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140
<i>Foraminifera</i>	0	600	200	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mollusca</i>	8,227.00	0	0	0	200	600	67	0	0	0
<i>Rotifera</i>	0	0	0	400	0	0	0	0	0	0
Total (org./m ³)	113,007.00	287,400.00	7,000.00	6,000.00	4,200.00	27,400.00	2,067.00	1,958,000.00	1,440.00	7,980.00

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos de la tabla 15, se realizó la figura 15, en donde se observa que el phylum con mayor cantidad de organismos por 100m³ (densidad) fue el Phylum *Arthropoda* con un total de 97,077.00 cel./100m³ en el año 2015 y fue también el phylum más dominante en todas las temporadas de monitoreo juntamente con el phylum *Chordata* presente en todas las

temporadas de monitoreo, en cambio el phylum *Rotifera* sólo se registró en diciembre 2018 con 400 org./100m³. Por otro lado, en el año 2015 se registró una densidad total de 113,007.00 de org./100m³ y en abril 2018 se registró un total de 1,985,000.00 org./100m³ siendo el máximo valor entre todas las temporadas de monitoreo registrado solo en tres phylum *Annelida*, *Arthropoda* y *Chaetognatha*.

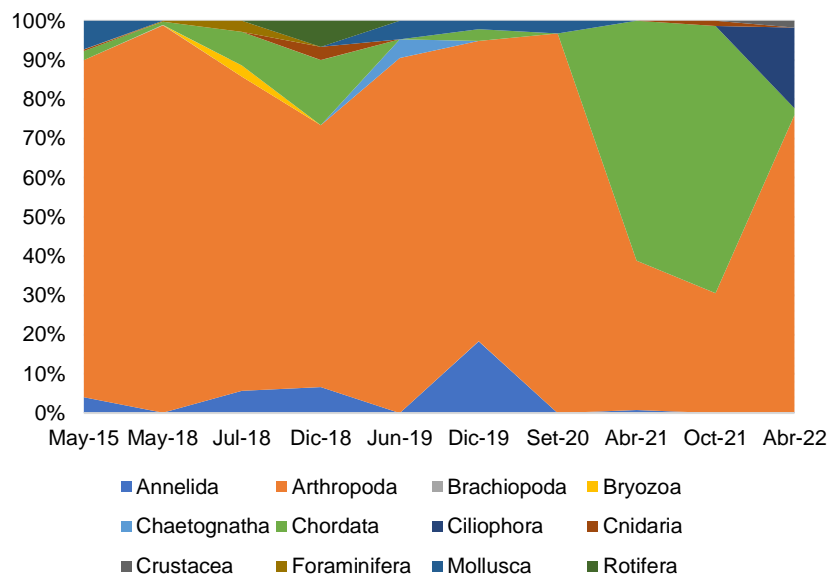


Figura 15. Densidad de organismos expresada en porcentaje en todas las temporadas de monitoreo.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se muestra las abundancias absolutas y relativas de todas las temporadas agrupadas en antes y después de operación. Se observa que el phylum *Arthropoda* (93.27%) fue el más abundante antes de la operación de planta, seguido de *Annelida* (2.43%), *Mollusca* (2.03%) y *Chordata* (1.71%). Después de operación solo abundaron los phylum *Chordata* (60.88%) y *Arthropoda* (38.31%) (ver figura 16).

Tabla 16

Abundancia absoluta y relativa de Phylum por temporada de monitoreo

Pylum	Antes de operación (org./100m ³)	Después de operación (org./100m ³)	Abundancia relativa antes (%)	Abundancia Relativa después (%)
<i>Arthro</i> <i>poda</i>	415077	754480	93.27%	38.31%
<i>Anneli</i> <i>da</i>	10834	14020	2.43%	0.71%
<i>Mollu</i> <i>sca</i>	9027	67	2.03%	0.00%
<i>Chord</i> <i>ata</i>	7609	1199120	1.71%	60.88%
<i>Fora</i> <i>minife</i> <i>ra</i>	800	0	0.18%	0.00%
<i>Cnida</i> <i>ria</i>	660	20	0.15%	0.00%
<i>Rotife</i> <i>ra</i>	400	0	0.09%	0.00%
<i>Brach</i> <i>iopod</i> <i>a</i>	200	0	0.04%	0.00%
<i>Bryoz</i> <i>oa</i>	200	0	0.04%	0.00%
<i>Chaet</i> <i>ognat</i> <i>ha</i>	200	0	0.04%	0.00%
<i>Ciliop</i> <i>hora</i>	0	1640	0.00%	0.08%
<i>Crust</i> <i>acea</i>	0	140	0.00%	0.01%
Total (org./ m ³)	445007	1969487	100	100

Fuente: Elaboración propia.

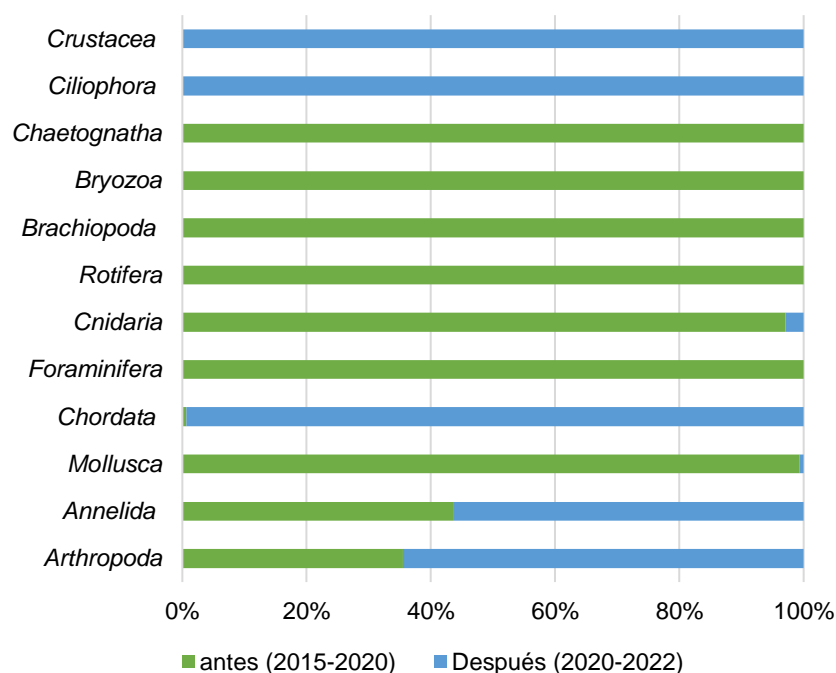


Figura 16. Densidad absoluta y relativa de organismos expresada en porcentaje en antes y después de la operación de planta.

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el cálculo de los índices de diversidad con el software Past V. 4.11 por temporada de monitoreo, los valores se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 17

Índices de diversidad por temporada de monitoreo.

Índice de Diversidad	Antes de operación						Después de operación			
	May -15	May -18	Jul- 18	Dic- 18	Jun -19	Dic- 19	Set -20	Abr- 21	Oct -21	Abr -22
Especies (S)	24	17	10	10	11	13	3	8	5	10
Densidad Total (Org./ 100 m3)	113 007	287 400	700 0	600 0	420 0	274 00	206 7	1958 000	144 0	798 0
Dominancia (D)	0.41 12	0.29 72	0.1 607	0.1 199	0.1 427	0.1 523	0.7 686	0.46 7	0.5 159	0.2 296
Shannon (H')	2.11 9	2.00 5	2.8 97	3.1 76	3.1 43	3.1 57	0.6 608	1.39 8	1.3 3	2.3 54

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla 17, se puede observar que antes de la operación en la temporada mayo 2015 se registró la mayor cantidad de especies con un total de 24 cuya diversidad H' fue de 2.119 bits/org. Por otra parte, después de la operación en las temporadas de septiembre 2020, abril 2021 y octubre solo se registraron 3, 8 y 5 taxones respectivamente cuya diversidad H' fue de 0.6608, 1.398 y 1.33 bits/org respectivamente (Ver figura 17 y 19).

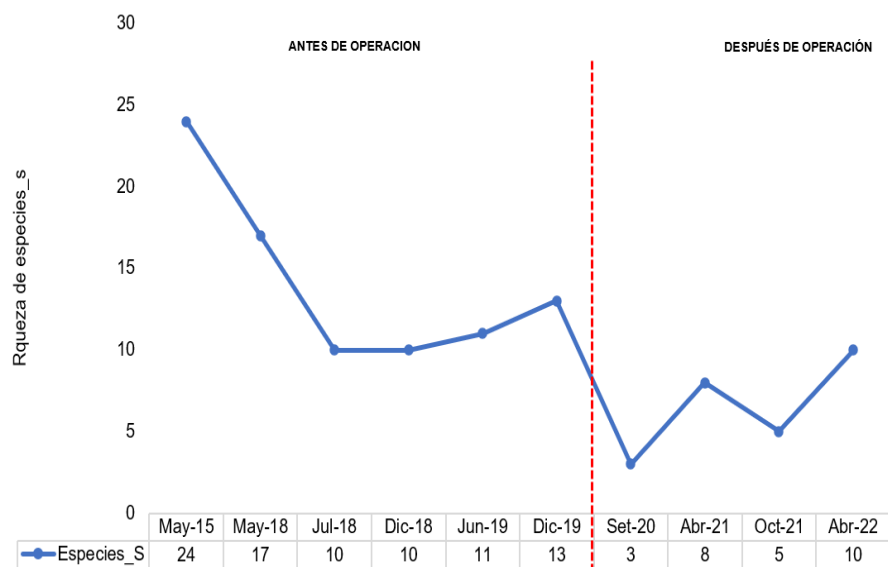


Figura 17. Riqueza de especies de zooplancton por temporada de monitoreo.

Fuente: Elaboración propia

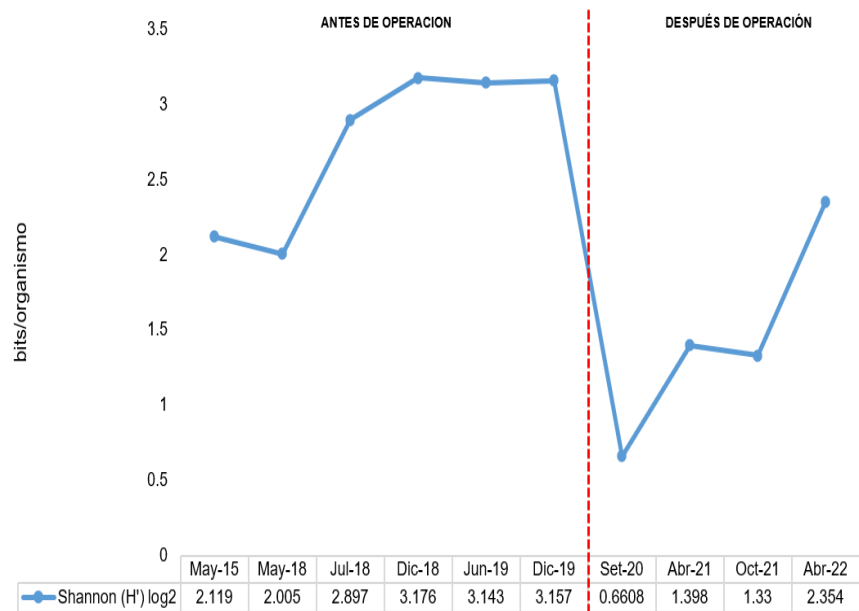


Figura 18. Índice de diversidad de Shannon (H') de especies de zooplancton por temporada de monitoreo
Fuente: Elaboración propia

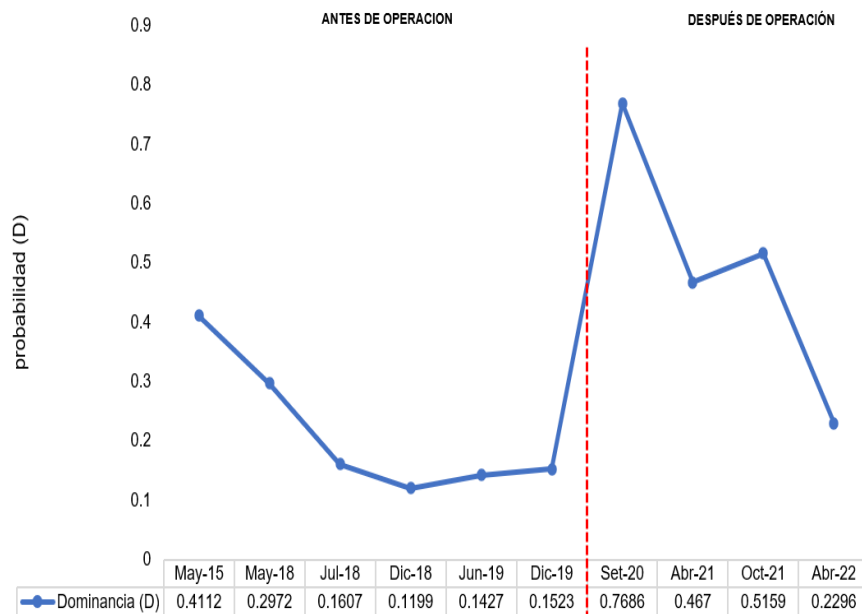


Figura 19. Índice de Simpson (D). Dominancia de especies de zooplancton por temporada de monitoreo
Fuente: Elaboración propia

En la figura 19 se expresan los resultados de la dominancia D del índice de Simpson en función a la probabilidad, el cual

presenta una relación inversa con respecto al índice de diversidad Shannon (H'), esto quiere decir de que mientras se tengan valores altos en la diversidad H' se tendrá valores bajos en el índice D.

La mayor diversidad de zooplancton se registró en la temporada diciembre 2018 con $H'=3.176$ bits/org con una dominancia $D=0.7686$ cuya densidad total fue de 6000 org/m^3 lo que significa una mayor diversidad de especies cuya dominancia es menor y que fueron representados por cuatro phylum *Annelida* (400 org/100m^3), *Arthropoda* (4000 org/100m^3), *Chordata* (1000 org/100m^3), *Cnidaria* (200 org/m^3) y *Rotifera* (400 org/100m^3) (ver tabla 15).

De igual forma, en la temporada septiembre 2020 se registró la menor diversidad de especies $H'=0.6608$ bits/org y un valor de $D= 0.7686$ lo que significa una menor diversidad de especies cuya dominancia es mayor y cuya densidad total fue de 2067 org/m^3 ; es decir, en dicha temporada solo se registraron los phylum *Arthropoda* (2000 org/100m^3) y *Mollusca* (67 org/100m^3) (ver tabla 15).

Medida de Similaridad – Zooplancton

Para una mejor visualización de los datos se agruparon las temporadas de monitoreo por colores, rojo a datos generados antes de la operación (temporadas 2015 al 2019) y verde referencia a datos generados después de la operación de la planta (temporadas 2020 al 2022).

En la figura 20, se observa que en la temporada de monitoreo de julio y diciembre del 2018 registraron un índice de similaridad alta y éstas dos temporadas con junio 2019 un índice alto de similaridad. Las temporadas mayo 2015 con mayo 2018 registraron índices de similaridad moderada. Finalmente, las abundancias entre las temporadas andes de operación (rótulo rojo) tuvieron un índice de similaridad muy baja con respecto a

las abundancias después de la operación (rótulo verde) esto corrobora lo registrado en las tablas 15, 16 y 17.

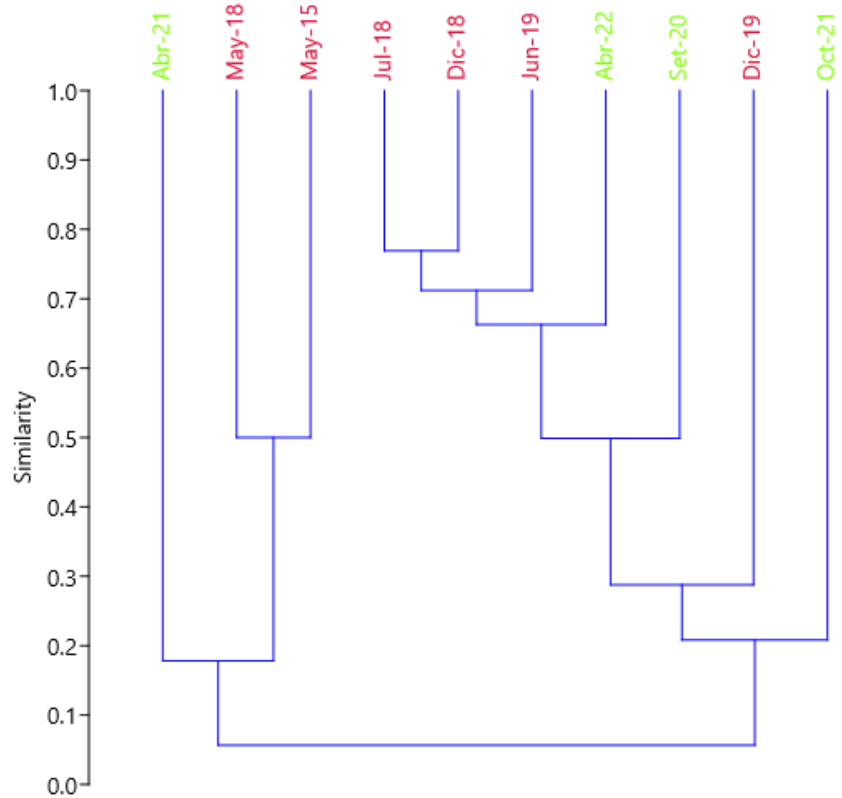


Figura 20. Índice de similaridad Bray-Curtis por temporada de monitoreo.
Fuente: Elaboración propia

Analisis multivariado del Zooplancton

Para una mejor interpretación se dividió los datos por colores rojo (antes de operación) y verde (después de operación). En la figura 21 se puede observar que las temporadas de monitoreo mayo 2015, mayo 2018 y abril 2021 registraron abundancias similares, al igual que las temporadas de julio 2018, diciembre 2018, junio 2019, diciembre 2019 (antes de la operación) con la temporada septiembre 2020 y abril 2022. Sin embargo, la temporada octubre 2021 registró la menor abundancia (ver tabla

17) razón por la cual la distancia es más larga con respecto a las demás temporadas de monitoreo.

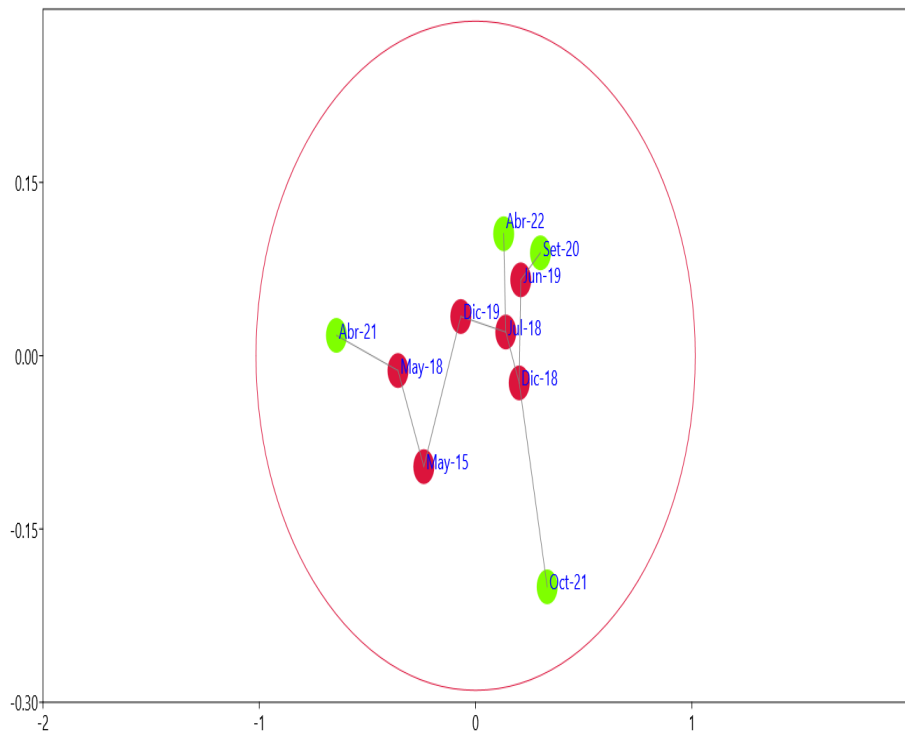


Figura 21. Análisis multivariado (MDS). Comparación abundancia de phylum de Zooplankton por temporada de monitoreo.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 22 se puede notar que las temporadas de monitoreo mayo 2015, mayo 2018 y abril 2021 fue el phylum Chordata, Arthropoda, Brachiopoda y Annelida tuvieron abundancias similares, de igual modo en mayo 2015 el phylum Mollusca y Cnidaria tuvieron abundancias similares. En tanto que el phylum Foraminífera tuvo abundancias similares entre mayo 2018 y julio 2018 en esta última temporada solo se registró el phylum Bryozoa ($200 \text{ org}/100\text{m}^3$) al igual que en la temporada diciembre 2018 solo se registró el phylum Rotífera ($400 \text{ org}/100\text{m}^3$). En la temporada abril 2022 fueron más abundantes el phylum Ciliofora ($1640 \text{ org.}/100\text{m}^3$) y Crustácea ($140 \text{ org.}/100\text{m}^3$). En junio del 2019 solo se registró el phylum Chaetognatha ($200 \text{ org.}/100\text{m}^3$).

Finalmente, en octubre 2021 solo se registraron 1,440.00 org/100m³ pertenecientes a los phylum Arthropoda (440 org./100m³), Chordata (980 org./100m³) y Cnidaria (20 org./100m³) razón por la cual el dato se encuentra muy distante con respecto a las temporadas.

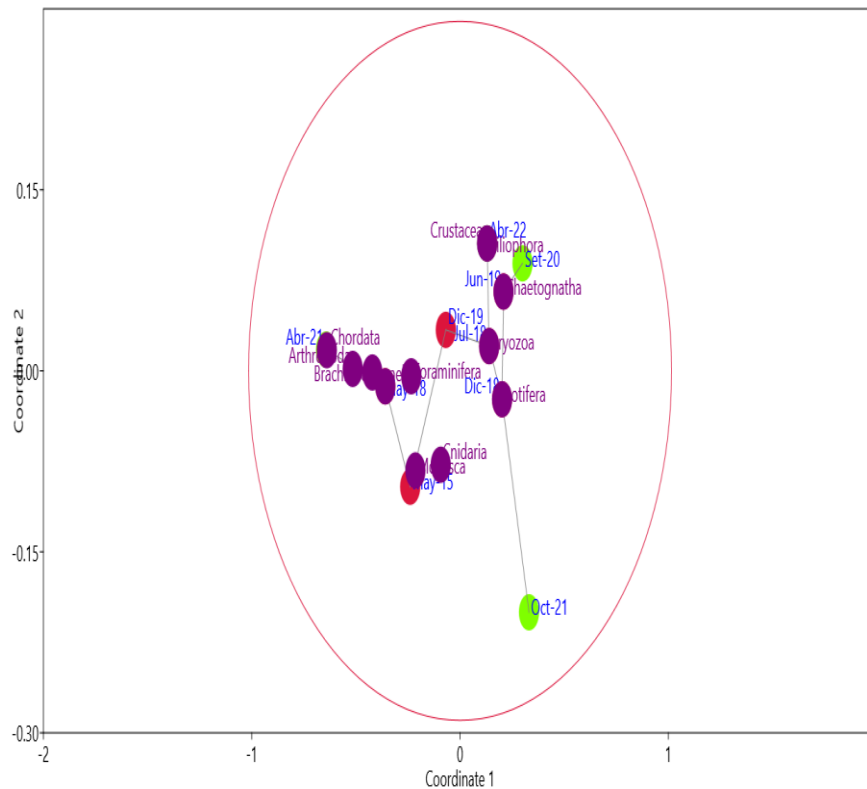


Figura 22. Análisis multivariado (MDS). Comparación phylum de Zooplancton por temporada de monitoreo.

Fuente: Elaboración propia

Análisis estadístico de Fitoplancton y Zooplancton

De acuerdo con los resultados (ver apéndice B), del total de especies registradas de fitoplancton N=156 (100%), 104 especies tuvieron una mayor cantidad de individuos antes del inicio de la operación de la planta desaladora representando el 66.7% (104/156) del total y 52 especies tuvieron una disminución cantidad de individuos después de la operación de

la planta, dicho resultado representa el 33.3% (52/156) del total registrado en todas las temporadas de monitoreo.

Del mismo modo, del total de especies registradas de zooplancton N=60 (100%), 45 especies tuvieron una mayor cantidad de individuos antes de la operación representando el 75% (45/60) del total y 15 especies tuvieron disminución en cantidad de individuos después de la operación, representando el 25% (15/60) de total registrado en todas las temporadas de monitoreo.

Dicha disminución en la cantidad de individuos de las especies de fitoplancton y zooplancton después de la operación de la planta desaladora, podría estar asociado a la influencia de otro tipo de parámetros no medidos en el presente estudio ya que el efluente final de la planta desaladora es una mezcla de la salmuera (agua de rechazo del proceso de desalación) con el agua residual tratada. Por ejemplo, la presencia de metales totales en los efluentes, entre ellos los metales pesados (Cadmio, plomo, cobre, etc.) podrían estar teniendo un efecto acumulativo en el plancton del cuerpo receptor. Del mismo modo, otros parámetros asociados a descargas de aguas residuales son los conocidos como contaminantes emergentes, entre los más conocidos se encuentran los pesticidas, antibióticos y micro plásticos cuyo impacto viene siendo estudiado en diferentes organismos acuáticos (Garzón et al., 2012). Por ello, es necesario ampliar otros parámetros de control como parte de una propuesta de normativa (LMP) para descargas de plantas desaladoras en nuestro país, tomando en cuenta estudios similares de otros países. Por otro lado, para estudios futuros y complementarios se deben incluir la influencia de las corrientes marinas presentes en la zona de monitoreo que podrían estar arrastrando contaminantes de zonas marinas cercanas en los cuales podría existir vertimiento de efluentes

clandestinos, presencia de organismos tóxicos (floraciones algales), cambios estacionales debido a fenómenos naturales, por ello se deben hacer estudios más detallados y contemplar posibles nuevos puntos de control para verificar posibles interferencias en la calidad del agua marina del cuerpo receptor.

5.2. Discusión de resultados

Los valores obtenidos en la caracterización de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los efluentes de la planta desaladora no superan los valores establecidos en el LMP para efluentes de PTAR doméstico ni al ser comparados con los LMP para efluentes de plantas desaladoras, estos resultados son similares a los obtenidos por Arain et al., 2002 quienes determinaron que los parámetros como metales pesados, pH, sólidos disueltos totales no superaron los LMP establecidos por la entidad de ese país.

Se obtuvieron valores de salinidad de 33.7 ppt, 7.3 ppt y 7.2 ppt en las temporadas de octubre 2020, octubre 2021 y abril 2022 (ver tabla 9) respectivamente similares a los obtenidos por Colchado en 2017, dichos valores se encuentran por debajo del valor umbral de 40 ppt que puede ser tolerada por organismos marinos de acuerdo con Gonzales et al. (2009); sin embargo, en la temporada abril 2021 se registró una salinidad de 57.2 ppt que podría representar un problema para el ecosistema marino de acuerdo con lo reportado por Gonzales et al. (2009) y Voutchkov et al, 2009, quienes determinaron que una concentración umbral de 40 ppt puede ser tolerada por organismos marinos y superado dicho valor puede generar afectación. Así mismo, valores de pH de 5 a 10 es adecuado, este resultado se ajusta a lo obtenido en el presente estudio cuyo valor promedio fue de 7.17 unidades de pH.

Con respecto al parámetro sólidos totales disueltos (STD) se obtuvo un valor de 58,020 mg/L en la temporada abril 2022 superando el valor LMP de 45,000 determinado por Gonzales et al, 2009, dicho valor podría implicar cambios en la fisionomía y fisiología de la fauna marina presente en el cuerpo receptor y

un aumento en la turbidez de agua impactando en la dispersión de la luz necesario para el proceso de fotosíntesis de las microalgas.

El valor promedio de oxígeno disuelto fue de 7.26 mg/L, este valor es superior a 0.82 mg/L reportado por Varas en 2016, a su vez el valor de la demanda bioquímica de oxígeno máxima fue de 11.1 mg/L en la temporada octubre 2020 y en las demás temporadas se obtuvieron valores por debajo del límite de detección (< 2mg/L); dicho valor es menor a 45.83 mg/L reportado por Varas en 2016, indicando que el efluente de la planta desaladora cumple con los LMP del sector.

Con respecto al análisis de coliformes termotolerantes se obtuvieron valores inferiores a los límites de detección del método empleado (< 1.8 NMP/100ml) dicho resultado corrobora un adecuado tratamiento del efluente ya que no supera el valor establecido en el LMP para efluentes (10000 NMP/100ml), dicho valor no tiene efecto negativo en la calidad de las playas al ser transportado por la corriente marina, el cual es mucho menor al valor de 280 NMP/100ml descrito por Varas en 2018.

La composición de fitoplancton en el cuerpo receptor durante todas las temporadas de monitoreo (2015 al 2022) estuvo compuesta 155 especies agrupadas en 6 phylum compuestas por *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*, *Euglenozoa*, *Miozoa*, *Katablepharidophyta* y *Ochrophyta* respectivamente. Se obtuvo como resultado el phylum *Bacillariophyta* fue el más abundante con un total de 88 especies (ver apéndice B) valor ligeramente mayor a lo reportado por Ruiz en 2017 quien registró 86 especies de *Bacillariophyta*. De manera similar, la composición de phylum siguió a lo reportado por Ana et al. (2022), quienes reportaron una densidad total de 560 cel./L, entre las que se destacan las *Bacillariophyceae*, *Dinophyceae*, *Cyanophyceae*, *Euglenophyceae* y *Chlorophyceae* como las más abundantes; sin embargo, en la presente investigación se registraron una densidad total de 109,569,662 cel./L entre todos los phylum registrados.

La abundancia relativa registrada para el phylum Chlorophyta fue de 17.4% y 9.8 % antes y después de la operación de planta, resultados en promedio mayores a los obtenidos por Tumialán en 2017 con 12%, debido a que en el presente estudio abarcó un mayor periodo de tiempo. De igual forma, Tumialán en 2017 reportó una composición del 53% phylum Bacillariophyta, valor cercano a lo registrado en el presente estudio antes de la operación de planta (58.9%) y un valor menor a 88.3% registrado después de la operación de planta.

Se estudiaron los principales índices de diversidad con el objetivo de establecer su variación antes y después de la operación de planta, la mayor diversidad fue registrada en mayo de 2015 con $H' = 3.14$ bits/cel y abril 2022 con $H' = 3.15$ bits/cel., resultado mayor a $H' = 2.25$ bits/cel. reportado por Cruz (2017). De igual modo, Parrales (2022) reportó un índice de diversidad de 3.4 bits/cel en una estación de muestreo el año 2015 con una densidad total de 701.137 cel./L., densidad menor a lo registrado en la presente investigación para el mismo año de estudio que fue de 34,089,360 cel./L.; sin embargo, es importante mencionar que en el presente estudio las abundancias obtenidas por cada estación de monitoreo, nivel de muestreo y zona de muestro, fueron sumadas para obtener densidades totales por temporada de monitoreo.

Se registraron índices de diversidad de 2.22 y 2.55 bits/cel., en septiembre 2020 y abril 2021 después de la operación de planta (inicio de vertido del efluente), resultado similares a 2.61 y 2.13 bits/cel. reportado por Silva (2022) en julio y junio en año 2021 en aguas marinas que reciben descargas de aguas residuales.

En cuanto a la composición del zooplancton se registraron un total de 60 especies agrupadas en 12 phylum: *Arthropoda*, *Annelida*, *Mollusca*, *Chordata*, *Foraminifera*, *Cnidaria*, *Rotifera*, *Brachiopoda*, *Bryozoa*, *Chaetognatha*, *Ciliophora* y *Crustacea* de los cuales 10 fueron registrados antes y después de operación de planta y solo 2 fueron registrados únicamente después de la operación de planta (*Ciliophora* y *Crustácea*) (ver tabla 13). Resultado menor a lo reportado por Donet (2018), quien registró en total 166 especies en dos

ecosistemas marinos que se distribuyeron en 11 phylum: *Foraminífera*, *Arthropoda*, *Chordata*, *Annelida*, *Mollusca*, *Brachiopoda*, *Briozoa*, *Chaetognatha*, *Cnidaria*, *Ctenophora* y *Phoronida*, cuya densidad total fue de 3,330,600 org/100m³; sin embargo, en el presente estudio se registró una densidad total de 2,414,494 org/100m³ que fue mayor, dicho resultado puede deberse a que se realizó la suma de densidades de todas las temporadas de monitoreo pero no se registró una mayor diversidad de especies. Con respecto al índice de diversidad Donet reportó un índice de 2.82 y 2.20 bits/org en la temporada de julio para cada estación, en el presente estudio se obtuvo resultado ligeramente mayor en el mismo mes (julio 2018) cuyo valor fue de 2.897 bits/org.

El mayor phylum registrado antes de la operación fue Arthropoda (35 especies) con una densidad de 415,077 org/100m³ (93.27%) con la especie *Acartia tonsa (adulto)* como las abundante del total registrado antes de operación, y la mayor densidad registrada después de la operación de planta fue el phylum Chordata con una densidad de 1,199,120 org/100 m³ (60.88%) con la especie *Oikopleura (Vexillaria) sp. (adulto)* del total, seguida del phylum Arthropoda con 754,480 org/m³ representa el 38.31% del total (ver tabla 13), dichos resultados son menores lo reportado por Natividad (2021), quien registró que el phylum Arthropoda (82 especies) fue el más abundante con una densidad máxima de 62,526,47 org./m³ seguido del phylum Chordata 2764,76 org./m³; sin embargo, si bien la cantidad de especies registradas es menor en el presente estudio, las densidades (org/m³) son mayores debido a que se sumaron los totales agrupándolos en antes de operación (temporadas del 2015 al 2019) y después de operación (temporadas 2020 al 2022).

Conclusiones

En el presente trabajo de investigación se evaluó la calidad de los efluentes y cuerpo receptor de la planta desaladora, así como también la diversidad hidrobiológica de fitoplancton y zooplancton del cuerpo receptor marino en las temporadas comprendidas de mayo 2015 hasta abril 2022.

Se comprobó que la calidad fisicoquímica y microbiológica del efluente y cuerpo receptor de la planta desalinizadora cumplen con los parámetros establecidos en la normativa ambiental vigente; por lo cual, no se logró establecer una relación de impacto de dichos parámetros analizados sobre la diversidad hidrobiológica.

Se determinó estadísticamente que hubo un cambio (impacto) significativo en la diversidad hidrobiológica asociado al número de especies de fitoplancton, hubo una disminución en la cantidad de individuos de 52 especies después de la operación de planta y para zooplancton de un total de 60 especies hubo un cambio en 15 especies cuyo número de individuos fue menor después de la operación de planta.

El cambio en la diversidad hidrobiológica podría estar asociado a otro tipo de efluentes o contaminantes no identificados en la zona de influencia directa o indirecta. Estos contaminantes pueden ser metales pesados, antibióticos, pesticidas, micro plásticos conocidos en la actualidad como contaminantes emergentes y que la normativa ambiental peruana no contempla como parámetros de control, cuyo estudio se debe ampliar para estimar el nivel de impacto en la diversidad de ecosistemas marinos. Asu vez, dichos contaminantes pueden estar siendo arrastradas y acumuladas por las corrientes marinas en los sedimentos del fondo marino, en las columnas de agua y en el mismo plancton afectando negativamente la diversidad biológica de organismos influenciado por la misma geografía del litoral marino cuyas playas son tranquilas de poco oleaje facilitando de esa manera la acumulación en el tiempo de diversos contaminantes que podrían tener también efectos negativos en los organismos presentes en el cuerpo receptor.

Recomendaciones

En futuras investigaciones de impactos ambientales asociados a descargas de plantas desaladoras es necesario incluir el estudio del plancton como indicador complementario a los modelos matemáticos más usados.

Estudiar los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e hidrobiológicos a fin de establecer los niveles de relación entre ellos.

Estudiar la influencia de los contaminantes emergentes presentes en las descargas de plantas desaladoras y efluentes de PTAR doméstica con el objetivo de determinar posibles impactos sobre ecosistemas marinos.

Establecer modelos biológicos (bioindicadores) para un mejor entendimiento de la dispersión de contaminantes en el mar.

Ampliar los estudios para crear líneas de investigación ambiental relacionados a descargas de efluentes de plantas desaladoras y su impacto en la ecología de comunidades biológicas, debido a que se planea la construcción de nuevas plantas desaladoras a lo largo del litoral de la costa peruana.

Establecer científica y técnicamente los parámetros de control en los límites máximos permisibles de efluentes de plantas desaladoras en base a estudios biológicos con especies representativas de cada zona marina y de acuerdo con la clasificación del cuerpo receptor.

Referencias Bibliográficas

- Alayo, Marianella, & Iannacone, José. (2002). Ensayos ecotoxicológicos con petróleo crudo, diesel 2 y diesel 6 con dos subespecies de *Brachionus plicatilis* müller 1786 (rotífera: monogononta). Guyana (Concepción). <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382002000100007>
- Ana, C., García-Alzate, C., & Gutiérrez-Moreno, L. C. (2022). Fitoplancton de la zona litoral del departamento del Atlántico, Colombia. *Intropica*, Preprint-Preprint.
- Anderson D. M., S. F. E. Boerlage & M. B. Dixon (Eds). 2017. Harmful Algal Blooms (HABs) and Desalination: A Guide to Impacts, Monitoring and Management. IOC Manuals and Guides No.78. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. Paris. 538 p.
- Antonio Ruiz Mateo (2007). Los vertidos al mar de las plantas desaladoras. https://www.miteco.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_AM/AM_2007_62_51_57.pdf
- Anufrieva, Elena. (2015). Do copepods inhabit hypersaline waters worldwide? A short review and discussion. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. 33. <https://acortar.link/p3OBan>
- APHA-AWWA-WEF. 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd Edition. Part 10200.
- Arain, R & Baig, K. Shahzad & Hamoud, A. (2002). Desalination Plant Effluents Analysis. https://www.researchgate.net/publication/272827907_Desalination_Plant_Effluents_Analysis
- Arias, F. (2006). El proyecto de investigación: Introducción a la investigación científica (5ta ed.). Caracas, Venezuela: Editorial Episteme, C.A.
- Baylon. M., Roa, K., Libio, T., Tapia, L., Jara, E., Macedo, D., Salvatierra, A., Dextre, A. (2018) Evaluación de la diversidad de algas fitoplanctónicas como bioindicadores de calidad del agua en lagunas alto andinas del departamento de pasco Perú. *Ecología Aplicada*, 17 (1) pp21-29. <https://dx.doi.org/10.21704/rea.v17i1.1180>

- Bloom S. 1981. Similarity Indices in Community Studies: Potential Pitfalls. *Marine Ecology Progress Series* 5: 125-128. <https://acortar.link/Qv11ue>
- Burstein-Roda, Tania. (2018). Reflexiones sobre la gestión de los recursos hídricos y la salud pública en el Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 297-303. <https://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3641>
- Caron, D. A., M. E. Garneau, E. Seubert, M. D. Howard, L. Darjany, A. Schnetzer, I. Cetinić, G. Filteau, P. Lauri, B. Jones & S. Trussell. 2010. Harmful Algae and their Potential Impacts on Desalination Operations off Southern California. *Water Res.* Vol. 44(2):385-416.
- Cerdá, E., & Quiroga, S. (2020). Cambio climático y recursos hídricos ¿Que dicen los organismos internacionales? Documento de Trabajo, 16.
- Colchado, J. P. Fitoplancton costero del puerto de Chicama (Provincia de Ascope), La Libertad. Universidad nacional de Trujillo, 2017. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/14345>
- Conde Porcuna, J.M., Ramos, E., & Morales, R., (2004). El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lénticos. *Ecosistemas*, XIII (2),0. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54013203>
- Darwish, MA., H. K. Abdulrahim, A. S. Hassan & B. Shomar. 2016b. Reverse Osmosis Desalination System and Algal Blooms Part II: Seawater Intake Technologies. *Desalination and Water Treatment*. Vol 57(54): 25881-25917.
- De la Lanza, E.G., Hernández, P.S., Carbajal, P.J.L., 2000. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores), 1ra. ed. Plaza y Valdés, S.A. de C.V., México.
- Díaz, R. G., & Lara-González, M. A. (2017) Contaminación ambiental y biodiversidad de fitoplancton en el Lago Cajititlán. <https://acortar.link/CKsvFa>
- Donet Cordova, K. N. (2018). Composición y abundancia de zooplancton en el ecosistema marino de Cerro Negro y El Brujo-La Libertad 2017.
- FAO. 2005. Biotoxinas Marinas. Dirección de Nutrición. FAO Food and Nutrition Paper 80. Roma. 292 p.
- FAO/WHO. 2016. Technical Paper on Toxicity Equivalency Factors for Marine Biotoxins Associated with Bivalve Molluscs. Rome. 108 p

- Fray Valencia, Anabel (2021). Microalgas como bioindicadores de contaminación en las zonas de Punta Carnero Salinas y escollera La Libertad de la provincia de Santa Elena. La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias del Mar. 33p. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6588>
- García Cerezo, M. (2009). Fundamentos de biología básica. Universidad Jaime I. <https://cutt.ly/YKOSjgb>
- Giraldo Mendoza, Alfredo Edgardo. (2015). La suficiencia taxonómica como herramienta para el monitoreo de artrópodos epígeos: una primera aproximación en el desierto costero peruano. *Ecología Aplicada*, 14(2), 147-156. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162015000200007&lng=es&tlng=es.
- González E., & Dévora I., Germán E., & Ponce F., Nora E. (2012). Técnicas para desalinizar agua de mar y su desarrollo en México. *Ra Ximhai*, 8 (2.),57-68. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46123333006>
- González E., R. (2009). Funcionamiento y contaminación generada por plantas desalinizadoras ubicadas en las zonas del mar de Cortés y mar Caribe: un estudio para el desarrollo de normatividad ambiental acuática. *Revista Latinoamericana De Recursos Naturales*, 5(2), 186-197. Recuperado a partir de <http://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/171>
- González E., R. (2009). Funcionamiento y contaminación generada por plantas desalinizadoras ubicadas en las zonas del mar de Cortés y mar Caribe: un estudio para el desarrollo de normatividad ambiental acuática. *Revista Latinoamericana De Recursos Naturales*, 5(2), 186-197. <http://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/171>
- Gutierrez E., Suárez M., E., Gutiérrez M., Silva M., Granados R., Garfías T., 2008. Cladocera y Copepoda de las aguas continentales de México. Guía ilustrada. Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, México.
- Gutiérrez-Aguirre, Martha & Cervantes, Adrián. (2008). Cladóceros y copépodos dulceacuícolas. *Biodiversidad Acuática de la Isla de Cozumel*. 121-149. <https://acortar.link/ay0ASS>
- Hallegraeff, G. M., D. M. Anderson & A. D. Cembella (Eds.). 2004. Manual on Harmful Marine Microalgae. Volume 11 of Monographs on Oceanographic Methodology. UNESCO Publishing. Paris. 793 p.

- Hasle, G.R & E. E. Syvertsen. 1996. Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, Inc. 585 p.
- Hernandez-Sampieri, R., Fernandez-Collado, C., & Baptista-Lucio, M. del P. (2010). Metodología de la investigación (5ta ed.). México, D.F.: McGraw-HILL / Interamericana Editores, S.A. DE C.V.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, M. del P. (2014). Metodología de la investigación (6ta ed.). México D.F.: McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. DE C.V
- J. Jaime Sadhwani, Jose M. Veza, Carmelo Santana. (2005). Case studies on environmental impact of seawater desalination. Desalination, Volume 185, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.02.072>
- Jones E., Manzoor Q., Michelle T.H. van Vliet, Vladimir S., Seong-mu K. (2019), The state of desalination and brine production: A global outlook, Science of The Total Environment. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.076>.
- Ley N° 28611. Ley General del Ambiente. 13 octubre, 2005.
- López Geta, J.A.; Mejías Moreno, M. (2000). Las aguas salobres. Una alternativa al abastecimiento en regiones semiáridas. Los acuíferos costeros y las desaladoras. <https://aguas.igme.es/igme/publica/pdfs/artycon21.pdf>
- López, C., Leira , M., Valle , R., & Moyá , G. (2016). El fitoplancton como indicador de calidad de masas de agua muy modificadas en el DMA. El lago artificial de As Pontes (A Coruña. España). Nova Acta Científica Compostelana (Bioxología). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5925457>
- Lu, Z., & Xu, L. (2013). Freezing desalination process. <http://www.desware.net/sample-chapters/d04/d08-063.pdf>
- Magurran, A. E., 2004, Measuring biological diversity, Blackwell Science Ltd. Oxford, UK. 256 p.
- Magurran, A.E. (1968). Ecological diversity and its measurement. Princeton Uversity Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Marc Rosen, Aida Farsi. Desalination technologies and their working principles, Editor(s): Marc Rosen, Aida Farsi, *Sustainable Energy Technologies for Seawater Desalination*, Academic Press, 2022, Pages 45-106. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99872-7.00009-7>.

- Mendoza Y. (2016). Especies de zooplancton presentes en agua contaminada con arsénico en Matehuala, San Luis Potosí, Mexico. Tesis para optar el grado de maestra en Geociencias Aplicadas. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.
<http://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1010/458>
- Meriem Benaissa, Omar Rouane-Hacene, Zitouni Boutiba, Dominique Habib, Marielle E. Guibbolini-Sabatier, Christine Risso-De Faverney, (2020). Ecotoxicological effects assessment of brine discharge from desalination reverse osmosis plant in Algeria (Southwestern Mediterranean), Regional Studies in Marine Science, Volume 39.
<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101407>.
- Mier, M. del P., Ibáñez, R., Ortiz Uribe, I., & Rivero Martínez, M. J. (2004). Electrodiálisis con membranas bipolares.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1066023>
- Morán, B., & Hidalgo, A. (2018). Impactos ambientales en la Bahía Puerto Pizarro. Manglar, 13(2), 43-51. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2016.015>
- Natividad Hilares, K. R. (2021). Variabilidad de alta frecuencia del zooplancton en la estación fija Callao (Cantolao) en el 2017.
- Neuparth. F. Costa. O and Costa. M.H. (2002). Effects of temperature and salinity on life history of the marine Amphipod Gammarus Locusta. Implications for ecological testing. Ecotoxicology 11, pp 61-73.
- Nikolay Voutchkov (2009) Salinity tolerance evaluation methodology for desalination plant discharge, Desalination and Water Treatment, 1:1-3, 68-74.
<https://doi.org/10.5004/dwt.2009.126>
- Norma Técnica Peruana NTP 214.242 (2012). CALIDAD DE AGUA. Clasificación de la matriz agua para ensayos de laboratorio. <https://cutt.ly/9KOSOT0>
- Núñez, Irama, González-Gaudiano, Édgar, & Barahona, Ana. (2003). La biodiversidad: historia y contexto de un concepto. Interciencia, 28(7), 387-393. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000700006&lng=es&tlng=es.
- Obregón, X. V. (2022). Diversidad fitoplanctónica como bioindicador de la calidad de los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018 [Tesis de

- licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/30572>
- Palomar Herrero, P., & Losada Rodríguez, Í. (2008). Desalinización de agua marina en España: aspectos a considerar en el diseño del sistema de vertido para protección del medio marino. <http://hdl.handle.net/10902/2104>
- Parrales, A., & Ariel, J. (2022). Análisis de la densidad y diversidad del fitoplancton en las estaciones fijas de La Libertad y Esmeraldas, durante el periodo 2013-2015 (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2022.).
- Pinilla Agudelo, Gabriel. (1998). Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Compilación bibliográfica. <https://acortar.link/xnJeoD>
- Piscoya Campos, E. A. J. (2022). Influencia de factores fisicoquímicos en la distribución vertical del piconanoplancton en la Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO) del norte de Chile: La influencia relativa del bajo pH/bajo O₂. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/9830>
- Rodríguez Miranda, J.P., García Ubaque, C.A, & Pardo Pinzón, J. (2015). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.4.a03>
- Ruiz Fernandez, A. M. O. (2018). Diversidad fitoplanctónica en el ecosistema marino de Cerro Negro y Chérrepe, La Libertad-Perú 2017. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/108533>
- Ruiz Lachira, K.Y (2017). Fitoplancton Superficial en la caleta los Órganos- Talara. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1025>
- Silva Mascote, S. M. (2022). Variabilidad de fitoplancton en aguas residuales de la playa Chipipe, Salinas 2021 (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2022).
- Sola I., Domingo Z., Adoración C., Fernández Y., Torquemada, J. A. Carretero D., Del Pilar Y., Sanchez J.I., Review of the management of brine discharges in Spain, Ocean & Coastal Management, Volume 196, 2020,105301, ISSN 0964-5691, <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105301>
- Tamayo & Tamayo, M. (2003). El proceso de la investigación científica (4ta ed.). México, D.F: Editorial Limusa S.A.

- UNESCO, 2006. La Cultura del Agua. Lecciones de la América Indígena. Ramón Vargas (autor). Serie Agua y Cultura del PHI-LAC, N° 1. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000192168.locale=es>
- Valdez M., Carlos Gerardo, Guzmán L., Marco Antonio, Valdés G., Arcadio, Forougbakhch P., Rahim, Alvarado V., Marco Antonio, & Rocha E., Alejandra. (2018). Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México. *Revista de Biología Tropical*, 66 (4), 1674-1682. <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i4.32135>
- Varas Ponce, L. L. (2016). Impacto de la emisión de efluentes líquidos de la industria pesquera en el mar de puerto malabrigo, distrito de rázuri, ascope-2015. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/1808>
- Vargas Torres, JA (2008). Evaluación del impacto ambiental del efluente submarino del proyecto Provisur utilizando el modelo Cormix. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12792>
- Vázquez, G. Castro, G. González I. Pérez, R. y Castro, T. 2006. Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. *ContactoS* 60, pp. 41-48. <https://acortar.link/z8J8L3>
- Zapata, O. A. (2005). ¿Cómo encontrar un tema y construir un tema de investigación? *Innovación Educativa*, 5(29), 37–45. <https://goo.gl/PjhiBY>

Anexos

Anexo A: Matriz de Consistencia

Título: ESTUDIO DEL IMPACTO DE LOS EFLUENTES DE UNA PLANTA DESALINIZADORA DE AGUA SOBRE LA DIVERSIDAD HIDROBIOLÓGICA DEL CUERPO RECEPTOR								
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	ITEMS	CRITERIOS DE VALORACIÓN		
General	Objetivos	General	V1: Efluentes de plantas desalinizadas	Características Físicoquímicas	pH, Sólidos suspendidos totales (SST), Temperatura, Sólidos Totales Disueltos (STD), Demanda Bioquímica de Oxígeno, fósforo total, nitrito, Aniones (cloruro, sulfato), oxígeno disuelto, salinidad, sólidos suspendidos fijos, Conductividad	Nominal		
¿Cuál será el impacto de los efluentes de una planta desalinizadora de agua sobre la diversidad hidrobiológica del cuerpo receptor?	Determinar el impacto de los efluentes de una planta desalinizadora de agua sobre la diversidad hidrobiológica del cuerpo receptor.	Los efluentes de plantas desalinizadas generan un impacto negativo en la diversidad biológica del cuerpo receptor.			Características microbiológicas		Coliformes totales	Nominal
							Coliformes fecales (termotolerantes)	Nominal
Específicos	Específicos	Específicos						
¿Qué características físicoquímicas y microbiológicas presenta el cuerpo receptor antes y después del vertimiento de los efluentes de	Analizar las características físicoquímicas y microbiológicas que presenta el cuerpo receptor de los efluentes.	Los efluentes de las plantas desalinizadas vertidos al cuerpo receptor generan un cambio en las características físicoquímicas y						

una planta desalinizadora?		microbiológicas del cuerpo receptor.				
¿Cuál es la variación que se presenta en la diversidad hidrobiológica del cuerpo receptor antes, durante y después de la puesta en marcha de la planta desalinizadora?	Comparar los resultados del estudio de la diversidad hidrobiológica en el cuerpo receptor antes, y después de la puesta en marcha de la planta desalinizadora.	La diversidad hidrobiológica del cuerpo receptor ha disminuido desde el funcionamiento de la planta desalinizadora	V2: Diversidad hidrobiológica del cuerpo receptor	Fitoplancton	Probits/organismo	Nominal
¿Cuál es el nivel de impacto del efluente sobre la diversidad hidrobiológica del cuerpo receptor?	Estimar el nivel de impacto del efluente sobre la diversidad hidrobiológica del cuerpo receptor.	Existe un impacto significativo de los efluentes sobre la diversidad hidrobiológica del cuerpo receptor.		Zooplancton	Probits/organismo	Nominal
METODOLÓGIA						
Método	- Cuantitativo - Explicativo.					
Tipo o alcance	- Planta Provisur, av. Panamericana sur km 52 Lote J2, Santa María del Mar, Lima, Perú.					
Diseño	- Experimental					
Población	- La diversidad hidrobiológica del cuerpo receptor de los efluentes de la planta desalinizadora.					
Muestra	- La diversidad hidrobiológica representada por Zooplancton y fitoplancton.					

Anexo B: Análisis estadístico de datos

Fitoplancton

Prueba de normalidad

Se planteó las siguientes hipótesis de normalidad

H0: El número de especies de fitoplancton antes y después de operación tienen una distribución normal

Ha: El número de especies fitoplancton antes y después de operación no tienen una distribución normal

Nivel de significancia: NC: 0.95 ; $\alpha=0.05$

Resultado:

Tabla 18

Prueba de normalidad fitoplancton

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
fito_antes	,456	156	,000	,225	156	,000
fito_despues	,449	156	,000	,267	156	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Conclusión:

Se rechaza H0 dado que el p valor (0.000) de acuerdo con la prueba Kolmogorov-Smirnov en fitoplancton antes y después es $p < 0.05$; por lo tanto, el número de especies de fitoplancton antes y después de la operación no presentan una distribución normal y se aplicó la estadística no paramétrica para comparar los datos de fitoplancton antes y después de la operación de la planta.

Comparación del número de individuos de cada especie

Se usó el estadístico no paramétrico Wilcoxon, para lo cual se planteó la siguiente prueba de hipótesis:

H0: El número de especies de fitoplancton antes y después son iguales

Ha: El número de especies de fitoplancton antes y después no son iguales.

Resultado:

Tabla 19*Estadísticos descriptivos fitoplancton*

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
fito_antes	156	499747,7564	2305766,76449	,00	19247760,00
fito_despues	156	202621,8718	822906,20955	,00	6454008,00

Tabla 20*Prueba de los rangos con signos de Wilcoxon fitoplancton*

	N	Rango promedio	Suma de rangos
Rangos negativos	52 ^a	86,82	4514,50
Rangos positivos	104 ^b	74,34	7731,50
Empates	0 ^c		
Total	156		

a. fito_antes < fito_despues

b. fito_antes > fito_despues

c. fito_antes = fito_despues

Tabla 21*Estadísticos de contraste fitoplancton*

	fito_antes - fito_despues
Z	-2,846 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	,004

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

Conclusión:

Se rechaza H_0 dado que el p valor (0.004) es menor a 0.05. Por lo tanto, el número de las especies de fitoplancton antes y después no son iguales

De acuerdo la diferencia de rangos con signos se puede mencionar que del total de especies de fitoplancton (N=156), 104 especies tuvieron una mayor cantidad antes de la operación, 52 especies tuvieron una disminución cantidad de individuos después de la operación.

Zooplancton

Prueba de normalidad

Se planteó las siguientes hipótesis de normalidad

H0: El número de especies de Zooplancton antes y después de operación tienen una distribución normal

Ha: El número de especies Zooplancton antes y después de operación no tienen una distribución normal

Nivel de significancia: NC: 0.95 ; $\alpha=0.05$

Resultado:

Tabla 22

Prueba de normalidad fitoplancton

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Zoo_antes	,390	60	,000	,305	60	,000
Zoo_despues	,486	60	,000	,195	60	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Conclusión:

Se rechaza H0 dado que el p valor (0.000) de acuerdo con la prueba Kolmogórov-Smirnov en zooplancton antes y después es $p < 0.05$; por lo tanto, el número de especies de zooplancton antes y después de la operación no presentan una distribución normal y se aplicó la estadística no paramétrica para comparar los datos de fitoplancton antes y después de la operación de la planta

Comparación del número de individuos de cada especie

Se usó el estadístico no paramétrico Wilcoxon, para lo cual se planteó la siguiente prueba de hipótesis:

H0: El número de especies de zooplancton antes y después son iguales

Ha: El número de especies de zooplancton antes y después no son iguales

Resultado:

Tabla 23*Estadísticos descriptivos de zooplancton*

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Zoo_antes	60	7416,7833	25992,74296	,00	154240,00
Zoo_despues	60	32824,7833	171038,89573	,00	1194120,00

Tabla 24*Prueba de los rangos con signos de Wilcoxon fitoplancton*

	N	Rango promedio	Suma de rangos
Rangos negativos	15 ^a	33,53	503,00
Rangos positivos	45 ^b	29,49	1327,00
Empates	0 ^c		
Total	60		

a. Zoo_antes < Zoo_despues

b. Zoo_antes > Zoo_despues

c. Zoo_antes = Zoo_despues

Tabla 25*Estadísticos de contraste zooplancton*

	Zoo_antes - Zoo_despues
Z	-3,034 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	,002

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

Conclusión:

Se rechaza H_0 dado que el p valor (0.002) es menor a 0.05. Por lo tanto, el número de las especies de fitoplancton antes y después no son iguales; por ende, hubo un cambio significativo en su composición. De acuerdo la diferencia de rangos con signos se puede mencionar que del total de especies de zooplancton (N=60), 45 especies tuvieron una mayor cantidad de individuos antes de la operación, 15 especies tuvieron disminución en cantidad de individuos después de la operación.

Anexo C: Matriz de Datos Fitoplancton

Filo	Clase	Orden	Familia	Genero y Especie	May-15	May-18	Jul-18	Dic-18	Jun-19	Dic-19	Total_ANTES	Set-20	Abr-21	Oct-21	Abr-22	Total_DE SPUES
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Achnanthes	Cocconeidae	<i>Cocconeis</i> sp.	80	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Cylindrotheca closterium</i>	80	0	0	3440	960	1840	6320	5423060	0	13000	12000	5448060
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp.	4200	0	0	0	0	0	4200	0	0	9000	0	9000
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia longissima</i>	3214600	0	0	0	0	0	3214600	0	0	6000	0	6000
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Fragilariopsis dolius</i>	3600	0	0	1200	400	0	5200	0	0	0	2001	2001
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	268560	0	0	0	0	4400	272960	0	0	4400	1000	45000
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	11400	5600	2200	192000
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Pseudonitzschia pungens</i>	5089680	0	720	160	2680	3200	5096440	141500	0	0	4500	186500
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Synedra</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	10000
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Licmophoraceae	<i>Licmophora abbreviata</i>	800	0	0	320	0	160	1280	0	0	0	1000	1000
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Amphiprora</i> sp.	104840	5980	480	7090	160	2320	120870	2289000	0	0	170030	2459030
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Gyrosigma</i> sp.	0	160	80	320	2400	0	2960	1840	0	0	0	1840
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Haslea</i> sp.	560	0	0	0	0	0	560	0	0	0	1000	1000
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp.	15160	0	0	0	0	0	15160	0	1000	1600	0	17000
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pleurosigma mataceae	<i>Pleurosigma</i> sp.	45160	3020	2400	1120	7440	7870	67010	7480	6000	1100	0	24480
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Trachyneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	2200	1100	1200	45000
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhabdonematales	Grammatophoraceae	<i>Grammatophora marina</i>	160	0	0	0	0	0	160	0	0	1000	1000	2000
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhabdonematales	Grammatophoraceae	<i>Grammatophora angulosa</i>	0	0	0	640	0	1840	2480	0	0	0	0	0
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Rhaphonoidales	Asterionellopsidaceae	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	480	0	0	0	0	0	480	0	0	2290	0	229000
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Surirellales	Entomonoidaceae	<i>Entomonoides alata</i>	2786720	2510	0	0	0	24920	2836760	0	0	1100	4	11004
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Thalassionematales	Thalassionemataceae	<i>Liloma pacificum</i>	160	0	0	0	0	0	160	0	0	0	11007	11007
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Thalassionematales	Thalassionemataceae	<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3000	4000	0	34000
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Thalassionematales	Thalassionemataceae	<i>Thalassionema nitzschoides</i>	1676080	37540	18260	2400	30210	4880	1769370	5920	1100	2100	13007	50927
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Thalassionematales	Thalassionemataceae	<i>Thalassionema bacillare</i>	699800	0	0	0	0	0	699800	0	0	0	0	0
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Thalassiosphaerales	Catenulaceae	<i>Amphora</i> sp.	9639840	1120	160	0	0	0	9641120	0	0	0	0	0
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Thalassiosphaerales	Catenulaceae	<i>Amphora</i> spp.	0	0	0	0	80	3360	3440	1100	0	0	0	1100
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Asterolamprales	Asterolampraceae	<i>Asteromphalus heptactis</i>	1880	0	0	0	0	0	1880	0	0	0	0	0
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Corethrales	Corethraceae	<i>Corethron hystrix</i>	0	0	560	0	0	0	560	0	0	0	0	0
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Coscinodiscales	Hemidiscaceae	<i>Actinocyclus</i> spp.	0	1560	3720	880	3680	1520	11360	3260	0	0	0	3260
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Coscinodiscales	Hemidiscaceae	<i>Actinocyclus</i> sp.	28280	0	0	0	0	0	28280	0	0	0	0	0
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Coscinodiscales	Helopeltaeae	<i>Actinopterychus senarius</i>	6280	0	2460	0	880	4160	13780	0	0	0	0	0
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Coscinodiscales	Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus centralis</i>	0	0	120	740	0	2300	3160	4610	1000	0	0	5610
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Coscinodiscales	Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus granii</i>	1920	4860	0	1600	1760	0	10140	2820	0	0	0	2820
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Coscinodiscales	Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus perforatus</i>	10720	13470	680	48740	8720	2520	84850	13160	0	0	0	13160

Bacillario phyta	Coscinodi scophyceae	Coscino discales	Coscinodi scaceae	<i>Coscinodiscus radiatus</i>	400	0	0	0	0	0	400	0	1000	1000	0	2000
Bacillario phyta	Coscinodi scophyceae	Coscino discales	Coscinodi scaceae	<i>Coscinodiscus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1100 1	11001
Bacillario phyta	Coscinodi scophyceae	Paraliales	Paralacae	<i>Paralia sulcata</i>	160	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0
Bacillario phyta	Coscinodi scophyceae	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Dactylosolen mediterraneus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3000	0	3000
Bacillario phyta	Coscinodi scophyceae	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Dactylosolen fragilissimus</i>	560	0	0	3840	480	2640	31280	0	0	6000	0	60000
Bacillario phyta	Coscinodi scophyceae	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Detonula pumila</i>	9520	0	0	0	0	0	9520	0	0	4000	6002	46002
Bacillario phyta	Coscinodi scophyceae	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Guinardia delicatula</i>	1280	1560	0	0	1920	1924 3000	192477 60	2504	0	0	0	25040
Bacillario phyta	Coscinodi scophyceae	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Neocalyptrella robusta</i>	960	0	200	160	400	0	1720	0	1000	0	0	1000
Bacillario phyta	Coscinodi scophyceae	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Dactylosolen fragilissimus</i>	0	0	0	0	0	4320	4320	0	0	0	0	0
Bacillario phyta	Coscinodi scophyceae	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Rhizosolenia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1640 000	6000	0	1646000
Bacillario phyta	Coscinodi scophyceae	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Sundstroemia setigera</i>	10520	0	0	0	0	0	10520	0	0	0	0	0
Bacillario phyta	Coscinodi scophyceae	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Rhizosolenia styliformis</i>	108120	0	0	0	0	0	108120	0	0	0	0	0
Bacillario phyta	Coscinodi scophyceae	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Rhizosolenia imbricata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1300	0	13000
Bacillario phyta	Coscinodi scophyceae	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Rhizosolenia chunii</i>	37520	560	0	880	0	0	38960	0	0	0	0	0
Bacillario phyta	Coscinodi scophyceae	Stephanopyxales	Stephanopyxidaceae	<i>Eupyxidula turris</i>	2240	0	0	0	0	2320	4560	0	0	0	0	0
Bacillario phyta	Mediophyceae	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros affinis</i>	38720	1161	1176	0	400	3431	96800	0	3000	0	0	30000
Bacillario phyta	Mediophyceae	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros centralis</i>	0	0	0	0	4880	0	4880	0	0	0	0	0
Bacillario phyta	Mediophyceae	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros costatus</i>	18720	0	0	0	0	0	18720	0	0	0	0	0
Bacillario phyta	Mediophyceae	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros constrictus</i>	30080	0	0	0	0	4290	34370	0	0	1070	00	107000
Bacillario phyta	Mediophyceae	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros compressus</i>	2080	6020	1356	0	0	0	21660	0	0	0	0	0
Bacillario phyta	Mediophyceae	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros conconvicomis</i>	160	0	0	0	0	0	160	0	0	1100	0	11000
Bacillario phyta	Mediophyceae	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	2640	0	1072	480	240	0	110610	0	6980	1520	2700	877000
Bacillario phyta	Mediophyceae	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros danicus</i>	800	0	0	0	0	4053	41330	0	0	0	0	0
Bacillario phyta	Mediophyceae	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros decipiens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2000	2000	0	22000
Bacillario phyta	Mediophyceae	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros debilis</i>	141440	0	3021	0	0	0	171650	0	6000	2600	0	32000
Bacillario phyta	Mediophyceae	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros didymus</i>	254560	0	0	0	0	0	254560	0	3500	3500	0	70000
Bacillario phyta	Mediophyceae	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	20080	0	3720	0	0	0	23800	0	1419	5000	0	1469000
Bacillario phyta	Mediophyceae	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros peruvianus</i>	1280	0	0	0	0	0	1280	0	0	0	0	0
Bacillario phyta	Mediophyceae	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros rostratus</i>	1680	0	0	0	0	0	1680	0	0	0	0	0
Bacillario phyta	Mediophyceae	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros radicans</i>	320	0	0	0	0	0	320	0	0	0	0	0
Bacillario phyta	Mediophyceae	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros sp.</i>	5640	0	0	0	0	0	5640	0	0	6435	1900	6454008
Bacillario phyta	Mediophyceae	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros socialis</i>	29200	0	0	0	0	0	29200	0	0	9800	0	98000
Bacillario phyta	Mediophyceae	Chaetocerotales	Leptocylindraceae	<i>Leptocylindrus minimus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2000	0	2000
Bacillario phyta	Mediophyceae	Chaetocerotales	Leptocylindraceae	<i>Dactylosolen mediterraneus</i>	3240	0	0	0	0	0	3240	0	0	0	0	0
Bacillario phyta	Mediophyceae	Chaetocerotales	Leptocylindraceae	<i>Leptocylindrus danicus</i>	74440	9640	0	1760	5840	0	91680	0	2794	3100	8702	2912023
Bacillario phyta	Mediophyceae	Eupodiales	Odontellaceae	<i>Odontella aurita</i>	160	0	80	640	0	0	880	320	0	0	0	320
Bacillario phyta	Mediophyceae	Hemiaulales	Hemiaulaceae	<i>Cerataulina pelagica</i>	161200	0	0	0	0	0	161200	2426	0	0	0	2426068

Bacillario phyta	Mediophyc eae	Hemiaul ales	Hemiaula ceae	<i>Eucampia zodiacus</i>	42880	1600	0	480	0	2560	47520	5374 80	3900 0	3800 0	0	614480
Bacillario phyta	Mediophyc eae	Hemiaul ales	Hemiaula ceae	<i>Neomoelleria cornuta</i>	3400	0	0	0	0	0	3400	0	1100 0	0	0	11000
Bacillario phyta	Mediophyc eae	Hemiaul ales	Hemiaula ceae	<i>Hemiaulus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1900 1	19001
Bacillario phyta	Mediophyc eae	Hemiaul ales	Hemiaula ceae	<i>Hemiaulus sinensis</i>	8600	0	0	0	0	0	8600	0	0	0	0	0
Bacillario phyta	Mediophyc eae	Lithodes miales	Lithodes miaceae	<i>Ditylum brightwellii</i>	80	0	80	0	0	480	640	0	0	2000 0	0	20000
Bacillario phyta	Mediophyc eae	Lithodes miales	Lithodes miaceae	<i>Lithodesmium undulatum</i>	28640	880	720	240	560	0	31040	2080	4200 0	1700 0	0	61080
Bacillario phyta	Mediophyc eae	Proboscia ales	Proboscia ceae	<i>Proboscia alata</i>	12560	0	0	0	0	400	12960	0	0	0	0	0
Bacillario phyta	Mediophyc eae	Stephanodiscals	Stephanodiscaceae	<i>Cycbotella sp.</i>	0	0	0	400	4000	0	4400	0	0	0	0	0
Bacillario phyta	Mediophyc eae	Thalassiosirales	Skeletonemataceae	<i>Skeletonema costatum</i>	246400	640	0	0	0	7200	254240	0	1731 000	1320 00	2700 0	1890000
Bacillario phyta	Mediophyc eae	Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Planktoniella sol</i>	33200	0	2340	0	320	1520	37380	0	0	0	0	0
Bacillario phyta	Mediophyc eae	Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira sp.</i>	160	0	0	0	0	0	160	0	0	0	1400 2	14002
Bacillario phyta	Mediophyc eae	Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira spp.</i>	0	0	0	0	960	1210 0	13060	0	0	0	0	0
Bacillario phyta	Mediophyc eae	Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira angustellineata</i>	978000	0	0	0	0	0	978000	0	0	0	0	0
Bacillario phyta	Mediophyc eae	Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira gravida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	1510 00	0	155000
Bacillario phyta	Mediophyc eae	Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira gravida</i>	7680	0	0	0	0	0	7680	0	0	0	0	0
Bacillario phyta	Mediophyc eae	Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira subtilis</i>	0	0	0	0	0	4471 0	44710	0	0	5000	0	5000
Bacillario phyta	Mediophyc eae	Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira angulata</i>	0	1391 0	1640	8610	640	1440 0	39200	2760	0	0	0	2760
Chlorodendrophyta	Chlorodendrophyceae	No Determinado	No Determinado	Chlorodendrodrals	7,356,000.00	1,491 ,800. 00	919 ,000. 00	0.00	1,127 ,000. 00	2,677 ,000. 00	13,570 ,800. 00	3,109 ,000. 00	0	0	0	3109000
Euglenozoa	Euglenophyceae	Eutreptiida	Eutreptiidae	Eutreptiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	9000	1000	3200 5	42005
Euglenozoa	Euglenophyceae	Eutreptiida	Eutreptiidae	<i>Eutreptia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	1000
Euglenozoa	Euglenophyceae	Eutreptiida	Eutreptiidae	<i>Eutreptiella sp.</i>	13400	0	0	0	0	0	13400	0	1300 0	1000	0	14000
Euglenozoa	Euglenophyceae	Eutreptiida	Eutreptiidae	<i>Eutreptiella gymnastica</i>	0	160	0	1223 0000	6223 0	1192 80	124116 70	0	0	0	0	0
Katablepharidophyta	Katablepharidophyceae	Katablephariales	Katablepharidaceae	<i>Leucocryptos marina</i>	312000	0	0	0	0	0	312000	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Amphidiniiales	Amphidiniaceae	<i>Amphidinium sp.</i>	1200	0	0	0	0	0	1200	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Dinophysales	Dinophysaceae	<i>Dinophysis acuminata</i>	4640	3040	160	320	0	480	8640	0	0	1000	0	1000
Miozoa	Dinophyceae	Dinophysales	Dinophysaceae	<i>Dinophysis tripos</i>	400	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Dinophysales	Dinophysaceae	<i>Dinophysis caudata</i>	7440	0	120	0	0	0	7560	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Dinophysales	Oxyphysaceae	<i>Phalacroma rotundatum</i>	840	0	0	0	0	0	840	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Dinophysales	Oxyphysaceae	<i>Phalacroma oxytoxoides</i>	8080	1660	0	1120	0	80	10940	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Gonyaulacales	Ceratiales	<i>Tripos sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	1000
Miozoa	Dinophyceae	Gonyaulacales	Ceratiales	<i>Tripos azoricum</i>	480	0	0	0	0	0	480	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Gonyaulacales	Ceratiales	<i>Tripos intermedius</i>	240	0	0	1860	0	0	2100	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Gonyaulacales	Ceratiales	<i>Tripos dens</i>	5360	0	0	800	0	0	6160	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Gonyaulacales	Ceratiales	<i>Tripos furca</i>	22600	120	1400	9360	80	2800	36360	8560	0	0	1400 0	22560
Miozoa	Dinophyceae	Gonyaulacales	Ceratiales	<i>Tripos lusus</i>	1680	80	0	0	0	0	1760	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Gonyaulacales	Ceratiales	<i>Tripos longipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	1000
Miozoa	Dinophyceae	Gonyaulacales	Ceratiales	<i>Tripos muelleri</i>	1560	1260	160	0	160	1210	4350	4800	0	3000	0	7800
Miozoa	Dinophyceae	Gonyaulacales	Ceratiales	<i>Tripos massiliensis</i>	1600	0	0	0	0	0	1600	0	3000	1000	0	4000
Miozoa	Dinophyceae	Gonyaulacales	Lingulodiniaceae	<i>Amyxax triacantha</i>	800	0	0	0	0	0	800	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Gonyaulacales	Gonyaulacaceae	<i>Gonyaulax polygramma</i>	2160	0	0	880	0	240	3280	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Gonyaulacales	Gonyaulacaceae	<i>Gonyaulax spinifera</i>	2640	0	0	0	0	0	2640	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Gonyaulacales	Pyrocystaceae	<i>Pyrocystus horologium</i>	0	0	0	0	0	480	480	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Gonyaulacales	No Determinado	Gonyaulacales	400	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Gymnodiniiales	Gymnodiniaceae	<i>Akashiwo sanguinea</i>	720	0	0	640	0	0	1360	0	0	0	0	0

Miozoa	Dinophyceae	Gymnodinales	Gymnodiniaceae	<i>Gymnodinium lohmannii</i>	0	400	0	2400	80	1920	4800	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Gymnodinales	Gymnodiniaceae	<i>Gymnodinium sp.</i>	0	0	3000	78950	1200	123340	206490	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Gymnodinales	No Determinado	Gymnodinales	46360	0	0	0	0	0	46360	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Gymnodinales	Gyrodiniaceae	<i>Gyrodinium sp.</i>	36280	0	0	0	0	0	36280	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Gymnodinales	Polykrikiaceae	<i>Polykrikos sp.</i>	5120	0	0	0	0	0	5120	0	0	1000	0	1000
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Diptopelta asymmetrica</i>	0	0	0	0	0	0	0	1000	4000	0	0	5000
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Preperidinium meunieri</i>	3040	2640	0	560	1600	5600	13440	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Podolampadaceae	<i>Podolampas palmipes</i>	320	0	0	0	0	0	320	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium conicoides</i>	0	0	0	0	0	160	160	400	0	0	0	400
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium conicum</i>	80	420	0	0	0	0	500	0	0	2000	0	2000
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium claudicans</i>	80	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium crassipes</i>	0	680	0	0	0	0	680	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium depressum</i>	11520	0	0	0	0	2860	14380	160	0	0	0	160
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium excentricum</i>	880	460	0	0	160	0	1500	480	0	0	0	480
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium granii</i>	200	780	0	0	0	0	980	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium leonis</i>	1120	760	0	0	0	0	1880	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Archaeperidinium minutum</i>	26040	2100	0	1040	0	1600	30780	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium mendiolae</i>	6520	0	0	0	0	0	6520	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium obtusum</i>	3900	340	0	0	0	400	4540	0	0	2000	0	2000
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium oblongum</i>	480	0	0	0	0	0	480	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium oceanicum</i>	0	1080	0	0	0	120	1200	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium longispinum</i>	1080	0	0	0	0	0	1080	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium pellicidum</i>	199120	0	0	0	0	12500	211620	0	0	10000	0	10000
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium pentagonum</i>	0	0	0	320	0	0	320	160	0	0	0	160
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium peruvianum</i>	560	2960	0	720	0	0	4240	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium subinermis</i>	0	0	0	0	320	1280	1600	560	0	0	0	560
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium steinii</i>	0	2100	440	0	0	1280	3820	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium sp.</i>	600	0	0	0	0	0	600	0	0	0	4005	4005
Miozoa	Dinophyceae	Prorocentrales	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum cordatum</i>	0	0	0	0	0	199040	199040	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Prorocentrales	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum gracile</i>	24440	0	0	0	160	122290	146890	1600	32000	10000	0	43600
Miozoa	Dinophyceae	Prorocentrales	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum lima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	1000
Miozoa	Dinophyceae	Prorocentrales	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum micans</i>	0	3740	0	0	0	80	3820	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Prorocentrales	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum minimum</i>	240	3127900	640	0	0	0	3128780	0	1000	0	0	1000
Miozoa	Dinophyceae	Prorocentrales	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum triestinum</i>	0	1429960	5600	0	0	0	1435560	0	0	0	0	0
Miozoa	Dinophyceae	Thoracosphaerales	Thoracosphaeraeae	<i>Scrippsiella acuminata</i>	46320	80	0	0	0	240	46640	0	2000	3000	0	5000
Miozoa	Noctilucae	Noctilucales	Protodiniaceae	<i>Pronoctiluca sp.</i>	80	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0
Ochrophyta	Dictyochyceae	Dictyochales	Dictyochaceae	<i>Dictyocha sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2000	2000
Ochrophyta	Dictyochyceae	Dictyochales	Dictyochaceae	<i>Dictyocha fibula</i>	3600	3900	1240	7200	9500	1920	27360	56664	6000	3000	340034	405698
Ochrophyta	Raphidophyceae	Chattonellales	Chattonellaceae	<i>Heterosigma akashiwo</i>	0	0	0	30000	0	0	30000	0	0	0	0	0
Ochrophyta	Dictyochyceae	Dictyochales	Dictyochaceae	<i>Octactis octonaria</i>	8280	3380	720	0	1640	80	14100	0	0	0	0	0
Densidad Total (Cel./ L)					34089360	622050	1133680	12452310	1284140	22780110	77960650	14069882	8708000	7937000	894130	31609012

Fuente: Elaboración propia

Matriz de Datos Zooplancton

Fila	Clase	Orden	Familia	Genero y Especie	Estadio	May-15	May-18	Jul-18	Dic-18	Jun-19	Dic-19	Set-20	Abr-21	Oct-21	Abr-22
Annelida	No determinado	No determinado	No determinado	Annelida		0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
Annelida	Polychaeta	No determinado	Magelonidae	<i>Magelona</i> sp. (larva)	Larva	0	0	0	0	0	0	0	2000	0	0
Annelida	Polychaeta	No determinado	No determinado	Polychaeta ND (larva)	Larva	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	0
Annelida	Polychaeta	Phyllodoctida	Sigalionidae	Sigalionidae (larva)	Larva	12 24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Phyllodoctida	Lopadorrhynchidae	<i>Pelagobia longicirrata</i> (adulto)	Adulto	0	0	0	0	0	14 00	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Spionida	Spionidae	Spionidae (larva)	Larva	34 10	400	40 0	40 0	0	24 00	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Spionida	Spionidae	<i>Paraprionospio pinnata</i> (adulto)	Adulto	0	0	0	0	0	12 00	0	0	0	0
Annelida	Polychaeta	Phyllodoctida	Hesionidae	Hesionidae (larva)	Larva	0	0	0	0	0	0	0	2000	0	0
Arthropoda	Copepoda	Calanoida	Acartiidae	<i>Acartia</i> sp. (adulto)	Adulto	16 33 5	0	0	0	0	0	0	0	6 0	0
Arthropoda	Copepoda	Calanoida	Acartiidae	<i>Acartia tonsa</i> (adulto)	Adulto	69 84 0	778 00	14 00	80 0	0	44 00	18 00	0	0	23 80
Arthropoda	Copepoda	Calanoida	Acartiidae	<i>Acartia tonsa</i> (copepodito)	Copepodito	0	746 00	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Copepoda	Calanoida	Centropagidae	<i>Centropages brachiatus</i> (adulto)	Adulto	66 2	0	0	0	0	80 0	0	8400 0	3 2 0	0
Arthropoda	Copepoda	Calanoida	Calanidae	<i>Calanus</i> sp. (adulto)	Adulto	0	200	0	0	0	0	0	5940 00	0	0
Arthropoda	Copepoda	Calanoida	Calanidae	<i>Calanus chilensis</i> (adulto)	Adulto	0	0	0	0	20 0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Copepoda	Calanoida	Paracalanidae	<i>Paracalanus parvus</i> (adulto)	Adulto	96 4	400	10 00	40 0	20 0	82 00	0	0	0	0
Arthropoda	Copepoda	Calanoida	Paracalanidae	<i>Paracalanus parvus</i> (copepodito)	Copepodito	0	120 0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Copepoda	Calanoida	Euchaetidae	<i>Euchaeta</i> sp. (adulto)	Adulto	0	0	0	0	0	0	0	0	6 0	0
Arthropoda	Copepoda	Cyclopoida	Oithonidae	<i>Oithona</i> sp. (adulto)	Adulto	0	200	18 00	0	20 0	0	0	0	0	22 0
Arthropoda	Copepoda	Cyclopoida	Oithonidae	<i>Oithona</i> sp. (copepodito)	Copepodito	0	400	0	10 00	60 0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Copepoda	Cyclopoida	Oithonidae	<i>Oithona setigera</i> (adulto)	Adulto	0	0	0	0	40 0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Copepoda	Cyclopoida	Oithonidae	<i>Oithona plumifera</i> (adulto)	Adulto	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Copepoda	Cyclopoida	Clausidiidae	<i>Hemicyclops</i> sp. (adulto)	Adulto	23 00	200	20 0	0	0	34 00	0	0	0	0

Arthropoda	Copepoda	Cyclopoida	Sapphirinidae	<i>Sapphirina</i> sp. (adulto)	Adulto	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Copepoda	Cyclopoida	Oithonidae	<i>Oithona nana</i> (adulto)	Adulto	154	3200	1000	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Copepoda	Cyclopoida	Oithonidae	<i>Oithona nana</i> (copepodito)	Copepodito	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Copepoda	Cyclopoida	Oncaeidae	<i>Oncaea</i> sp. (adulto)	Adulto	0	0	0	0	200	0	0	0	0	0
Arthropoda	Copepoda	Cyclopoida	Oncaeidae	<i>Oncaea venusta</i> (adulto)	Adulto	0	0	0	600	400	1000	0	0	0	0
Arthropoda	Copepoda	Harpacticoida	Tachidiidae	<i>Euterpina acutifrons</i> (adulto)	Adulto	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Copepoda	No determinado	No determinado	Copepoda (nauplio)	Nauplio	0	113000	0	400	400	0	0	0	0	2200
Arthropoda	Copepoda	No determinado	No determinado	Copepoda (copepodito)	Copepodito	0	0	200	0	0	0	0	0	0	1160
Arthropoda	Thecostraca	Balanomorpha	Balanidae	Balanidae (cypris)	Cypris	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Thecostraca	Balanomorpha	Balanidae	Balanidae (nauplio)	Nauplio	3866	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Ostracoda	No determinado	No determinado	Ostracoda (adulto)	Adulto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
Arthropoda	Copepoda	Calanoida	Euchaetidae	<i>Euchaeta marina</i> (adulto)	Adulto	0	0	0	0	0	0	0	6800	0	0
Arthropoda	Branchiopoda	Onychopoda	Podonidae	<i>Pleopis polyphemoides</i> (adulto)	Adulto	394	0	0	0	0	1800	0	0	0	0
Arthropoda	Malacostraca	Euphausiacea	Euphausiidae	Euphausiidae (caliopsis)	Caliopsis	172	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Atelecyclidae	Atelecyclidae (mysis)	Mysis	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Atelecyclidae	Atelecyclidae (zoea)	Zoea	692	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Pinnotheridae	Pinnotheridae (mysis)	Mysis	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Pinnotheridae	Pinnotheridae (zoea)	Zoea	817	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Thecostraca	No determinado	No determinado	Thecostraca (Cirripedia) (nauplio)	Nauplio	0	12000	0	800	1200	0	200	0	0	0
Arthropoda	Thecostraca	No determinado	No determinado	Thecostraca (Cirripedia) (cipris)	Cipris	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0
Arthropoda	Thecostraca	No determinado	No determinado	Thecostraca (Cirripedia) (adulto)	Adulto	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	0
Brachiopoda	Lingulata	Lingulida	Discinidae	<i>Discinisc lamellosa</i> (larva)	Larva	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0
Bryozoa	Gymnolemata	Cheilostomatida	Membraniporidae	<i>Membranipora</i> sp.	Larva	0	0	200	0	0	0	0	0	0	0
Chaetognatha	Sagittoides	Aphragmophora	Sagittidae	<i>Sagitta</i> sp. (adulto)	Adulto	0	0	0	0	200	0	0	0	0	0
Chordata	Actinopterygii	Clupeiformes	Engraulidae	Engraulidae (huevo)	Huevo	0	0	0	0	0	0	0	4000	980	20
Chordata	Actinopterygii	Clupeiformes	Engraulidae	<i>Engraulis</i> sp. (huevo)	Huevo	708	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Chordata	Actinopterygii	Atheriniformes	Atherinopsidae	<i>Odontesthes sp.</i> (huevo)	Huevo	226	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chordata	Appendicularia	Copelata	Oikopleuridae	<i>Oikopleura (Vexillaria) dioica</i> (adulto)	Adulto	0	0	600	0	0	0	0	0	0	0
Chordata	Appendicularia	Copelata	Oikopleuridae	<i>Oikopleura (Vexillaria) sp.</i> (adulto)	Adulto	1675	2600	0	1000	0	800	0	1194000	0	120
Ciliophora	Oligotrichea	Choreotrichida	Ptychocylidae	<i>Favella sp.</i>	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1640
Cnidaria	Hydrozoa	Leptothecata	Campanulariidae	<i>Obelia sp.</i> (adulto)	Adulto	460	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cnidaria	Hydrozoa	Anthomedusae	No determinado	Anthomedusae (adulto)	Adulto	0	0	0	200	0	0	0	0	0	0
Cnidaria	Hydrozoa	No determinado	No determinado	Hydrozoa (larva)	Larva	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
Crustacea	Thecostraca	Balanomorpha	Balanidae	Balanidae (larva nauplio)	Larva nauplio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140
Foraminifera	No determinado	No determinado	No determinado	Foraminifera (adulto)	Adulto	0	600	200	0	0	0	0	0	0	0
Mollusca	Gastropoda	No determinado	No determinado	Gastropoda (larva)	Larva	8178	0	0	0	200	600	67	0	0	0
Mollusca	Bivalvia	No determinado	No determinado	Bivalvia (larva)	Larva	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotifera	No determinado	No determinado	No determinado	Rotifera (adulto)	Adulto	0	0	0	400	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Anexo D: Glosario de términos

- **EIA(d):** Estudio de Impacto Ambiental Detallado
- **STD:** Sólidos totales disueltos
- **CTT:** Coliformes termotolerantes.
- **Salmuera:** Efluente con elevado contenido de sales.
- **Plancton:** Organismos acuáticos con movilidad o escasa movilidad. Integrada por el zooplancton y fitoplancton.
- **PROVISUR:** Proyecto de “Provisión de Servicios de Agua y Saneamiento a los Distritos del Sur de Lima”
- **AWDEA:** Autoridad de Agua y Electricidad de Abu Dhabi.
- **ANA:** Autoridad Nacional del Agua.
- **LMP:** Límite Máximo Permisible.
- **ECA:** Estándar de Calidad de Agua.
- **MINAM:** Ministerio del Ambiente.