



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección
Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

2019-I01-015740

INFORME N° 00051-2019-OEFA/DEAM-STEC

A : FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN
Director de Evaluación Ambiental

DE : LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS
Subdirector de la Subdirección Técnica Científica

JULIO ANDRÉS GONZALEZ ROSSEL
Coordinador de Evaluaciones Ambientales en Pesquería,
Industria y Otros

CARLOS FERNANDO GUTIERREZ ROJAS
Especialista de Evaluaciones Ambientales

ASUNTO : Evaluación ambiental en el ámbito de los centros de producción
acuícola y de las quebradas y canales que vierten al estero
Puerto Rico, en el departamento de Tumbes, 2018

CUE : 2018-01-0041
CUC : 0006-9-2018-203 / 0005-9-2018-203

REFERENCIA : Memorándum N° 1702-2018-OEFA/DSAP
Memorándum N° 0024-OEFA/DSAP-CPES

FECHA : Lima, 28 de marzo 2019

Tenemos el agrado de dirigirnos a usted para informarle lo siguiente:

1. INFORMACIÓN GENERAL

Los aspectos generales de la evaluación ambiental en el ámbito de los centros de producción acuícola y de las quebradas y canales que vierten al estero Puerto Rico, se presentan en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Datos generales de la actividad realizada

a.	Zona evaluada	Distritos y provincias Tumbes y Zarumilla, departamento Tumbes
b.	Unidades fiscalizables/ actividades económicas en la zona de estudio	Marinasol S.A., La Fragata S.A., Inversiones Silma SAC., Langostinera Tumbes S.A.C.
c.	Problemática identificada	Afectación de las comunidades hidrobiológicas (fitoplancton, zooplancton, bentos y peces) por acción de la captación de agua por las estaciones de bombeo de los centros de producción acuícola; y la alteración de la calidad de agua y sedimento de las quebradas y canales que vierten al estero Puerto Rico.
d.	La actividad se realizó en el marco de	Memorándum N° 1702-2018-OEFA/DSAP Memorándum N° 024-2018-OEFA/DSAP-CPES
e.	Periodo de ejecución	Del 26 octubre al 5 noviembre de 2018
f.	Tipo de evaluación	Evaluación ambiental que determina causalidad

Profesionales que aportaron al estudio

Tabla 1.2. Listado de profesionales

N.º	Nombre y Apellidos	Profesión	Actividad desarrollada
1	Remy Heriberto Canales Ortiz	Biólogo	Gabinete
2	Luis Ángel Aguirre Méndez	Biólogo	Campo y gabinete
3	Carlos Gutiérrez rojas	Biólogo	Campo y gabinete
4	Jessica Adela Espino Ciudad	Bióloga	Campo y gabinete
5	Ana María Cortijo Villaverde	Bióloga	Campo y gabinete
6	Rossana Cinthia Cabanillas Núñez	Bióloga	Campo y gabinete
7	Julio Andrés Monzón Anticona	Biólogo pesquero	Campo y gabinete
8	Mirian Carolina Jaimes Santiago	Bióloga	Campo y gabinete
9	Melvin Estuardo Romero León	Biólogo pesquero	Campo y gabinete
10	Joselito Luna Ortiz	Ingeniero pesquero	Campo y gabinete

2. DATOS DE LA ACTIVIDAD REALIZADA

Los parámetros y matrices evaluadas en el ámbito de los centros de producción acuícola y las quebradas y canales que vierten al estero puerto Rico se presentan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Parámetros y matrices evaluadas

Matriz evaluada	Fecha (Mes/Periodo)	Parámetros evaluados	Número de muestras analizadas	Número de puntos evaluados
Hidrobiología	26 octubre al 5 noviembre de 2018	Fitoplancton	6	(**)
		Zooplancton	37	(**)
		Bentos	80	(**)
		Peces	21	(**)
		Contenido estomacal de peces	34	(**)
		Material retenido (***)	5	(**)
Agua superficial	26 octubre al 5 noviembre de 2018	Pesticidas organoclorados, pesticidas organofosforados, nitratos, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxígeno, fosfatos, metales totales (incluye Hg), nitrógeno amoniacal, sólidos suspendidos totales y aceites y grasas	(*)	21
Sedimento	26 octubre al 5 noviembre de 2018	Materia orgánica, metales totales por ICP-MS (incluye Hg), sulfuros, análisis granulométrico y textura	(*)	22

(*) Puntos de muestreo asociados a las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal, y a los canales que vierten al estero Puerto Rico. En estos puntos solo se evaluaron las matrices de agua y sedimento.

(**) Comprende a los centros de producción acuícola, en donde solo se evaluaron las comunidades hidrobiológicas.

(***) Estuvo conformado por especies de *Rizophora mangle* «mangle rojo», *Lithopenaeus* spp. «Langostino» y *Callinectes* spp. «Jaibas».

Los parámetros que excedieron la normativa en el área de influencia de las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal que vierten sus aguas al estero Puerto Rico se presentan en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Parámetros que exceden normativa ambiental

Matriz	Cuerpo de agua	Código OEFA	Norma ambiental ¹
Agua superficial	Quebrada Pedregal	AS-QDA-01	DBO ₅ ,
		AS-QDA-02	DBO ₅ , CTT
		AS-QDA-03	DBO ₅ , CTT, AyG, OD
		AS-QDA-04	DBO ₅ , CTT, AyG, OD

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Matriz	Cuerpo de agua	Código OEFA	Norma ambiental ¹
	Quebrada Héroes del Cenepa	AS-QDA-04A	DBO ₅ , CTT, AyG, OD
		AS-CN-02	DBO ₅ , CTT, AyG, CE, OD, Mn
		AS-CN-03	DBO ₅ , CTT, CE, OD, Mn
		AS-CN-04	DBO ₅ , CTT, AyG, CE, OD
		AS-CN-06	DBO ₅ , CTT, CE, Mn
		AS-CN-08	DBO ₅ , CTT, OD
	Canales que vierten al estero Puerto Rico	AS-CN-07	DBO ₅ , CTT, AyG, OD
		AS-CN-09	DBO ₅ , CTT, OD, Mn
		AS-CN-10	DBO ₅ , CTT, OD, CE, Mn
		AS-QDA-05	CCT, OD, Mn
		AS-CN-12	CTT, OD, CE, Mn, B
		AS-CN-13	OD, CE, Mn
		AS-CN-15	CE, Mn, B
		AS-CN-16	CE, Mn, B
		AS-CN-17	CE, B
		AS-CN-18	CE, Mn, B
Sedimento	Quebrada Pedregal	AS-QDA-04A	Zn
	Quebrada Héroes del Cenepa	AS-CN-04	Hg
	Canales que vierten al estero Puerto Rico	AS-QDA-05	Cu, Pb, Zn, Hg, As ²
		AS-CN-13	Cd
		AS-CN-15	Cu, Zn

Nota: DBO₅: Demanda bioquímica de oxígeno, CTT: coliformes termotolerantes, AyG: aceites y grasas, CE: conductividad eléctrica, OD: oxígeno disuelto, Mn: manganeso, B: boro, Cu: cobre, Pb: plomo, Hg, mercurio, As: arsénico, Cd: cadmio, Zn: zinc.

¹ Agua: D.S. N° 004-2017-MINAM, Sedimento: CEQG (Canadian Environmental Quality Guidelines – Canadian, Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life – marine sediment): Guía Canadiense de Calidad Sedimentos para la protección de la vida acuática – sedimentos marinos, índices ISQG y PEL

² Excede el índice ISQG y PEL

3. PRINCIPALES CONCLUSIONES

Fitoplancton

- Bajos valores de riqueza de especies y abundancia de fitoplancton indicaron una baja calidad del agua; explicado por la remoción de los sedimentos debido a la fuerza de succión en la captación de agua. Esto se refuerza por la dominancia del grupo Cyanobacterias presente principalmente en la EB del CPA Silma, en menor grado en la EB Hualtaco del CPA Marinazul y EB del CPA La Fragata.
- Se registró la presencia de *Alexandrium* sp., un alga tóxica, que pone en evidencia áreas potenciales para la generación de floraciones algales nocivas, en la fuente principal de agua de los CPA Silma y Tumbes.

Zooplancton

- Se evidenció una afectación significativa de la captación de agua sobre la comunidad del zooplancton en los filtros instalados, posterior a la estación de

bombeo, principalmente en áreas someras (< 1 m) como en el CPA La Fragata (estero El Venado). El material retenido en los filtros posteriores al bombeo registró la mayor abundancia y riqueza de especies; siendo las larvas y post-larvas de peces, como *Centropomidae* (Robalos), *Mugilidae* (Lisas), las que destacaron por su importancia comercial, teniendo implicancias negativas sobre sus poblaciones debido a que no retornan al ecosistema del manglar.

Bentos y material retenido

- La baja abundancia y diversidad de especies del macrobentos se debería a la distancia de los puntos de captación de agua con relación a los esteros naturales, esto se hizo evidente en los CPA La Fragata e Inversiones Silma, donde se reportó ausencia de Macrobentos, y la presencia de especies oportunistas asociadas a estrés hídrico característico de los ecosistemas de manglar.
- El funcionamiento de las bombas de succión afecta a los organismos presentes en la columna de agua, entre ellos especies de importancia comercial, las cuales están siendo capturadas en distintas etapas de su desarrollo, afectando su reclutamiento. Asimismo, parte importante del material retenido en los filtros instalados, posterior a la estación de bombeo, fueron raíces, semillas, plántulas de mangle, jaibas (*Callinectes* spp.) y langostinos (*Lithopenaeus* spp.) ocasionando pérdida de biomasa que no retornará al ecosistema.

Peces

- Se registró una comunidad de peces caracterizados por una baja abundancia y riqueza de especies; asimismo, una baja representatividad de especies residentes permanentes y alta representatividad de peces omnívoros-planctívoros, lo que evidencia que la captación de agua a través del sistema de bombeo de los centros de producción evaluados, ha generado afectación en la comunidad de peces.
- Se registró que las mallas de los filtros 1 (F1) de la EB Elanza (F1: 6 x 5,5 mm CPA Marinazul) y EB Fragata (F1: 18 x 16 mm, CPA La Fragata) mostraron evidentes deficiencias al no evitar el traspaso de peces de importancia económica y ecológica como: *Centropomus unionesis* y *Centropomus* sp. (Robalos), *Dormitator latifrons* (Chalaco), *Mugil* spp. (Lisas) y *Ophichthus* cf. *remiger* (Anguila). En menor grado, ese mismo efecto se observó en la CPA Silma (F1: 6,5 x 5,8 mm), registrándose adicionalmente a *Sphoeroides annulatus* (Tamborín); y por el contrario, en la EB La Ramada (CPA Tumbes) la malla del filtro 1 (8 x 16 mm) presentó una alta efectividad en la retención de los peces, explicado por una adecuada infraestructura del sistema de captación.

Método Conesa Fernández Vitorá

- Con el método Conesa Fernández Vitorá, se identificó impactos significativos sobre las plántulas de *Rizophora mangle*, en especies de invertebrados de importancia comercial y ecológica, como *Callinectes* spp. y *Litopenaeus* spp (material retenido); especies de peces de importancia comercial, como *Centropomus unionesis* y *Centropomus* sp. (Robalos), *Pomadasys panamensis* (Roncadores), *Dormitator latifrons* (Chalaco), *Ophichthus* cf. *remiger* (Anguila) y

Sphoeroides annulatus (Tamborín), y sobre especies de importancia ecológica, como pequeños pelágicos *Lycengraulis* cf *poeyi* y *Atherinella* cf. *serrivomer*; y especies asociadas al fondo (demersales) como *Ctenogobius sagitula* y *Microgobius emblematicus*. Esto genera una afectación sobre la sostenibilidad de los recursos hidrobiológicos (importancia económica) y la funcionalidad ecológica de las especies; como producto de la captación de agua y la deficiente instalación de mallas del filtro 1.

Calidad de agua superficial

- Las aguas residuales domésticas que se generan en los AA. HH. Andrés Araujo Morán, Mafalda Lama, El Bosque y Las Malvinas se vierten a las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal, siendo así la principal fuente de coliformes termotolerantes y de aceites y grasas, provocando que, el agua de estas quebradas excede los ECA para agua en estos parámetros.
- Las altas concentraciones de boro y manganeso en el canal adyacente a los centros de producción acuícola son propias del agua salobre de los esteros, utilizada como fuente principal de agua para el cultivo de langostino que luego son vertidos a través de sus efluentes al canal en mención.

Calidad de sedimento

- Las concentraciones de cobre total (77,1mg/kg), plomo total (50mg/kg), zinc total (157 mg/Kg) y mercurio total (0,28mg/kg mg/kg) exceden los valores ISQG establecidos en la guía canadiense en el punto SED-QDA-05, asimismo, es en el único punto donde el parámetro arsénico total (22,9 mg/kg) excede el índice PEL.
- La calidad de sedimento en la quebrada Pedregal, solo presenta zinc total (157 mg/Kg) que excede la guía canadiense ISQG.
- La calidad de sedimento en la quebrada de Héroes del Cenepa, solo presenta mercurio total (0,21 mg/Kg) que excede la guía canadiense ISQG.
- El mayor porcentaje de materia orgánica y concentraciones de sulfuros se presentaron en las quebradas de Pedregal y Héroes del Cenepa, cuyos valores disminuyen en las cercanías a los canales de las langostineras.

4. RECOMENDACIONES

- Aprobar el informe de la Evaluación ambiental en el ámbito de los centros de producción acuícola y de las quebradas y canales que vierten al estero Puerto Rico, en el departamento de tumbes, 2018, en vista que cuenta con el sustento técnico requerido.
- Remitir a la Dirección de Supervisión Ambiental para los fines que se estimen convenientes.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección
Técnica Científica

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Atentamente:

[LFAJARDO]

[JGONZALEZ]

[CGUTIERREZR]

Visto este informe la Dirección de Evaluación Ambiental ha dispuesto su aprobación.

Atentamente:

[FGARCIA]



"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por el OEFA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. N° 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: <https://sistemas.oefa.gob.pe/verifica> e ingresando la siguiente clave: 02367192"



02367192



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

DEAM: DIRECCIÓN DE
EVALUACIÓN AMBIENTAL

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



Organismo
de Evaluación
y Fiscalización
Ambiental

**EVALUACIÓN AMBIENTAL EN EL ÁMBITO DE LOS CENTROS DE
PRODUCCIÓN ACUÍCOLA Y DE LAS QUEBRADAS Y CANALES QUE
VIERTEN AL ESTERO PUERTO RICO, EN EL DEPARTAMENTO DE
TUMBES**

**SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA
DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL**

2019



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

DEAM: Dirección de
Evaluación Ambiental

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Profesionales que aportaron a este documento

LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS

Subdirector de la subdirección Técnica Científica
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

JULIO ANDRÉS GONZALES ROSSEL

Coordinador de Evaluaciones Ambientales en Pesquería, Industria y Otros
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

LUIS ANGEL AGUIRRE MENDEZ

Tercero evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

JULIO ANDRÉS MONZÓN ANTICONA

Tercero evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

CARLOS FERNANDO GUTIERREZ ROJAS

Especialista de Evaluaciones Ambientales
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

REMY HERIBERTO CANALES ORTIZ

Tercero Evaluador
Subdirección Técnica Científica
Dirección de Evaluación Ambiental
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

DEAM: DIRECCIÓN DE
EVALUACIÓN AMBIENTAL

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
2	ANTECEDENTES	1
3	OBJETIVOS	3
3.1	Objetivo general	3
3.2	Objetivos específicos	3
4	ÁREA DE ESTUDIO	3
4.1	Aspectos generales del clima y las mareas en los ecosistemas de manglar	7
5	METODOLOGÍA	7
5.1	Matriz comunidades hidrobiológicas.....	8
5.1.1	Guías utilizadas para la evaluación.....	8
5.1.2	Ubicación de puntos de muestreo.....	9
5.1.3	Parámetros y métodos de análisis	12
5.1.4	Equipos utilizados.....	13
5.1.5	Aseguramiento de la calidad	13
5.1.6	Procesamiento de datos.....	13
5.2	Matriz agua superficial	20
5.2.1	Guías utilizadas para la evaluación.....	20
5.2.2	Ubicación de puntos de muestreo.....	21
5.2.3	Parámetros y métodos de análisis	22
5.2.4	Equipos utilizados.....	23
5.2.5	Aseguramiento de la calidad	23
5.2.6	Procesamiento de datos.....	23
5.2.7	Criterios de evaluación	23
5.3	Matriz sedimento.....	24
5.3.1	Guías utilizadas para la evaluación.....	24
5.3.2	Ubicación de puntos de muestreo.....	24
5.3.3	Parámetros y métodos de análisis	25
5.3.4	Equipos utilizados.....	26
5.3.5	Aseguramiento de la calidad	26
5.3.6	Procesamiento de datos.....	26
5.3.7	Criterios de evaluación	26
6	RESULTADOS	27
6.1	Comunidades hidrobiológicas.....	27
6.1.1	Fitoplancton	27
6.1.2	Zooplancton	30



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

DEAM: DIRECCIÓN DE
EVALUACIÓN AMBIENTAL

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

6.1.3	Bentos	39
6.1.4	Peces	47
6.1.5	Material retenido (MR)	57
6.1.6	Método Conesa-Fernández Vitoria	58
6.2	Calidad de agua	61
6.3	Calidad de sedimento	68
7	DISCUSIÓN	72
7.1	Comunidades hidrobiológicas	72
7.1.1	Fitoplancton	72
7.1.2	Zooplancton	75
7.1.3	Bentos	76
7.1.4	Peces	77
7.2	Método Conesa	79
7.3	Agua y sedimento	80
7.3.1	Agua	81
7.3.2	Sedimento	83
8	CONCLUSIONES	85
9	RECOMENDACIONES	87
10	ANEXOS	87
11	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFADEAM: DIRECCIÓN DE
EVALUACIÓN AMBIENTALDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 5.1.	Guías utilizadas para la evaluación de comunidades hidrobiológicas en el ámbito de los centros de producción acuícola.....	8
Tabla 5.2.	Ubicación de los puntos de muestreo en el ámbito del centro de producción acuícola Marinazul.....	10
Tabla 5.3.	Ubicación de los puntos de muestreo en el ámbito del centro de producción acuícola Inversiones Silma.....	10
Tabla 5.4.	Ubicación de los puntos de muestreo en el ámbito del centro de producción acuícola La Fragata.....	11
Tabla 5.5.	Ubicación de los puntos de muestreo en el ámbito del centro de producción acuícola Tumbes	11
Tabla 5.6.	Número de muestras de las comunidades hidrobiológicas evaluadas en cada centro de producción acuícola.	12
Tabla 5.8.	Esquema valoración cualitativa EIA; Matriz de Conesa–Fernández (2010) modificada.....	20
Tabla 5.9.	Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial asociados a áreas de cultivo y centros poblados (AA. HH. Mafalda Lama, AA. HH. El Bosque, AA. HH. Las Malvinas), en las quebradas Héroes del Cenepa y quebrada Pedregal, y los canales que vierten al estero Puerto Rico.....	21
Tabla 5.10.	Parámetros y métodos de análisis de agua superficial asociada a áreas de cultivo y centros poblados (AA. HH. Mafalda Lama, AA. HH. El Bosque, AA. HH. Las Malvinas), en las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal, y los canales que vierten al estero Puerto Rico	22
Tabla 5.11.	Guías de referencia para el muestreo de sedimentos en zonas asociadas a áreas de cultivo y centros poblados (AA. HH. Mafalda Lama, AA. HH. El Bosque, AA. HH. Las Malvinas), en las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal, y los canales que vierten al estero Puerto Rico.....	24
Tabla 5.12.	Ubicación de los puntos de muestreo asociados a áreas de cultivo y centros poblados (AA. HH. Mafalda Lama, AA. HH. El Bosque, AA. HH. Las Malvinas), en las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal, y los canales que vierten al estero Puerto Rico.....	24
Tabla 5.13.	Parámetros y métodos de análisis en el sedimento asociado a áreas de cultivo y a centros poblados (AA. HH. Mafalda Lama, AA. HH. El Bosque, AA. HH. Las Malvinas), en las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal, y los canales que vierten al estero Puerto Rico	25
Tabla 5.14.	Concentraciones de metales en sedimentos de agua dulce, según la guía canadiense (CEQG).....	27
Tabla 6.1.	Índices de diversidad alfa del ensamble de fitoplancton para las estaciones de bombeo y centros de producción acuícola.....	29
Tabla 6.2.	Índices de diversidad alfa correspondiente a la comunidad del zooplancton según la estación de bombeo (EB) y centros de producción acuícola	34
Tabla 6.3.	Aspectos ecológicos – pesqueros de las principales especies y taxones encontrados en todo el estudio	37
Tabla 6.4.	Distribución de riqueza y abundancia por Phylum en las estaciones de bombeo del CPA Marinazul	39
Tabla 6.5.	Distribución de riqueza y abundancia por Phylum en el estero La Ramada y los filtros de la EB Tumbes.....	44



Tabla 6.6.	Abundancia porcentual de la comunidad de peces considerando el filtro 1 (F1) y filtro 2 (F2) de las estaciones de bombeo Amazonas (AMA), Elanza (ELA), Hualtaco (HUA), Silma (SIL), La Fragata (FRA) y La Ramada (RAM), de los centros de producción acuícola (CPA) Marinazul, Silma, La Fragata y Tumbes.	48
Tabla 6.7.	Información sobre los aspectos ecológicos-pesqueros de las especies de la comunidad de peces	57
Tabla 6.8.	Matriz de valoración de impactos evaluada según Conesa, modificada para el análisis de los impactos por la captación de agua por sistema de bombeo en la EB Hualtaco, centro de producción acuícola Marinazul	58
Tabla 6.9.	Matriz de valoración de impactos evaluada según Conesa, modificada para el análisis de los impactos por la captación de agua por sistema de bombeo en la EB Elanza, centro de producción acuícola Marinazul	59
Tabla 6.10.	Matriz de valoración de impactos evaluada según Conesa, modificada para el análisis de los impactos por la captación de agua por sistema de bombeo en la EB Elanza, centro de producción acuícola Marinazul	59
Tabla 6.11.	Matriz de valoración de impactos evaluada según Conesa, modificada para el análisis de los impactos por la captación de agua por sistema de bombeo en la EB Silma, centro de producción acuícola Inversiones Silma.	60
Tabla 6.12.	Matriz de valoración de impactos evaluada según Conesa, modificada para el análisis de los impactos por la captación de agua por sistema de bombeo en la EB La Fragata, centro de producción acuícola La Fragata.....	60
Tabla 6.13.	Matriz de valoración de impactos, evaluada según Conesa, modificada para el análisis de los impactos por la captación de agua por sistema de bombeo en la EB La Ramada, centro de producción acuícola Tumbes.....	60
Tabla 6.14.	Parámetros analizados en los puntos de muestreo de agua superficial de las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal, y los canales que vierten al estero Puerto Rico.....	61
Tabla 6.15.	Clasificación de la clase textural del sedimento de las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal, y los canales que vierten al estero Puerto Rico.....	69
Tabla 6.16.	Parámetros en sedimento continental que excedieron el estándar de referencia.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1.	Mapa de ubicación de la zona de estudio.....	4
Figura 4.2.	Ubicación de las estaciones de bombeo Amazonas, Hualtaco y Elanza del centro de producción acuícola Marina Azul, Zarumilla.....	5
Figura 4.3.	Ubicación del centro de producción acuícola Inversiones Silma, Zarumilla.....	5
Figura 4.4.	Ubicación del centro de producción acuícola La Fragata, Zarumilla.....	6
Figura 4.5.	Ubicación del centro de producción acuícola Tumbes, Tumbes.....	7



Figura 5.1.	Esquema de la ubicación de los puntos de colecta en las estaciones de bombeo. Ubicación 1: Estero y/o canal. Ubicación 2: Poza. Ubicación 3: material retenido del filtro 3. Ubicación 4: canal de distribución hacia los estanques de cultivo de langostinos.	9
Figura 5.2.	Curvas de rarefacción. Esquema del comportamiento del ensamble de peces en un escenario de afectación por la captación de agua de los sistemas de bombeo	16
Figura 6.1.	Distribución de la riqueza de especies del ensamble de fitoplancton por phylum, para los CPA Marinazul, Silma, La Fragata y Tumbes.....	28
Figura 6.2.	Distribución de la densidad del ensamble de fitoplancton por phylum, para los CPA Marinazul, Silma, La Fragata y Tumbes.....	28
Figura 6.3.	Resultados de la ordenación comunitaria NMDS para el ensamble de fitoplancton considerando las estaciones de bombeo (EB) Amazonas (AMA), Hualtaco (HUA), Elanza (ELA), Silma (SIL), La Fragata (FRA) y La Ramada (RAM), en relación a las CPA Marinazul, Silma, La Fragata y Tumbes.	29
Figura 6.5.	Barplot apilado de la variación de la abundancia y densidad del zooplancton por phylum respecto a cada EB. a: Abundancia total encontrada en el análisis cualitativo y b: Log Densidad total encontrada en el análisis cuantitativo. Cada color representa los phyla encontrados en este estudio	32
Figura 6.6.	Barplot apilado de la comparación de la densidad de especies (organismos/m ³) respecto a las zonas de filtración (eje X) para cada EB. Se muestran las especies más frecuentes y a su vez con abundancia relativa mayor al 10 %.....	33
Figura 6.7.	Ordenamiento tipo NMDS para los puntos de muestreo correspondientes a cada EB según la comunidad de zooplancton. Los colores representan cada zona de filtración y las elipses verdes agrupan los puntos que presentaron una similaridad mayor al 80 %	35
Figura 6.8.	Ordenamiento tipo PCO para los puntos de muestreo correspondientes a cada EB según la comunidad de zooplancton. Los colores representan cada EB y las elipses verdes agrupan los puntos que presentaron una similaridad mayor al 60 %. Se sobreponen las especies que se relacionan con los EB mediante un vector mayor a 0,35 para la correlación de Spearman.....	36
Figura 6.9.	Stacked Barplot de la comparación de la abundancia promedio (organismos totales) de las especies asociadas a la columna de agua (Superficie) y las asociadas al sustrato (Fondo) con respecto a las zonas de filtración (eje X) para cada EB.....	38
Figura 6.10.	Stacked barplot de la comparación del logaritmo de la abundancia (organismos totales) de las especies consideradas de importancia comercial respecto a las zonas de filtración (eje X) para cada EB. En la leyenda: L = larvas y H = huevos.....	39
Figura 6.11.	Distribución de la riqueza (A) y abundancia (B) en el estero y los filtros de la EB Hualtaco.....	40
Figura 6.12.	Distribución de la riqueza (A) y abundancia (B) en el estero y los filtros de la EB Elanza	41
Figura 6.13.	Distribución de la riqueza (A) y abundancia (B) en el estero y los filtros de la EB Amazonas	42
Figura 6.14.	Distribución de la riqueza (A) y abundancia (B) en el estero y los filtros de la EB Bomba 1 del CPA Inversiones Silma.....	43



Figura 6.15.	Distribución de la riqueza (A) y abundancia (B) en el estero y los filtros de la EB La Fragata del CPA La Fragata.....	44
Figura 6.16.	Distribución de la riqueza (A) y abundancia (B) en el estero y los filtros de la EB La Fragata del CPA La Fragata.....	45
Figura 6.17.	Agrupamiento de los filtros según el escalamiento multidimensional no métrico.....	46
Figura 6.18.	Agrupamiento de los filtros según el escalamiento multidimensional no métrico.....	47
Figura 6.19.	Curvas de rarefacción para los puntos de muestreo entre los filtros 1 (asociados a los canales artificiales) y filtro 2 (posterior a la estación de bombeo) de las estaciones de bombeo Amazonas (AMA), Hualtaco (HUA), Elanza (ELA), en el centro de producción acuícola Marinazul.....	49
Figura 6.20.	Dendograma de similitud (UPGMA) con el índice de Jaccard de las estaciones de bombeo Amazonas (AMA), Hualtaco (HUA), Elanza (ELA), en el centro de producción acuícola Marinazul, basado en la presencia y ausencia de especies de peces.....	50
Figura 6.21.	Curvas de rarefacción para los puntos de muestreo entre los filtros 1 (asociados a los canales artificiales) y filtro 2 (posterior a la estación de bombeo) de la estación de bombeo Silma (SIL), en el centro de producción acuícola Silma.....	51
Figura 6.22.	Dendograma de similitud (UPGMA) con el índice de Jaccard de las estaciones de bombeo Silma (SIL), en el centro de producción acuícola Silma, basado en la presencia y ausencia de especies de peces.....	52
Figura 6.23.	Curvas de rarefacción para los puntos de muestreo entre los filtros 1 (asociados a los canales artificiales) y filtro 2 (posterior a la estación de bombeo) de la estación de bombeo La Fragata (FRA), en el centro de producción acuícola La Fragata.....	53
Figura 6.24.	Dendograma de similitud (UPGMA) con el índice de Jaccard de las estaciones de bombeo (EB) La Fragata (FRA), en el centro de producción acuícola La Fragata, basado en la presencia y ausencia de especies de peces.....	54
Figura 6.25.	Curvas de rarefacción para los puntos de muestreo entre los filtros 1 (asociados a los canales artificiales) y filtro 2 (posterior a la estación de bombeo) de la estación de bombeo La Ramada (RAM), en el centro de producción acuícola Tumbes.....	55
Figura 6.26.	Dendograma de similitud (UPGMA) con el índice de Jaccard de las estaciones de bombeo La Ramada (RAM), en el centro de producción acuícola La Tumbes, basado en la presencia y ausencia de especies de peces.....	56
Figura 6.27.	Cantidades del material retenido segregado en plántulas de <i>Rizophora mangle</i> , <i>Callinectes</i> spp y <i>Litopenaeus</i> spp; especies de importancia ecológica y económica en el ecosistema de manglar.....	58
Figura 6.28.	Concentraciones de oxígeno disuelto comparadas con los ECA para agua cat3:D1, a) quebrada Pedregal (GRUPO A), b) quebrada Héroes del Cenepa (GRUPO B), c) canales que vierten al estero Puerto Rico (GRUPO C).....	62
Figura 6.29.	Concentraciones de conductividad eléctrica comparadas con los ECA para agua cat3:D1, a) quebrada Pedregal (GRUPO A), b) quebrada	



	Héroes del Cenepa (GRUPO B), c) canales que vierten al estero Puerto Rico (GRUPO C)	63
Figura 6.30.	Concentraciones de DBO_5 comparados con los ECA para agua cat3:D1, a) quebrada Pedregal (GRUPO A), b) quebrada Héroes del Cenepa (GRUPO B), c) canales que vierten al estero Puerto Rico (GRUPO C).....	64
Figura 6.31.	Concentraciones de aceites y grasas comparadas con los ECA para agua cat3:D1, a) quebrada Pedregal (GRUPO A), b) quebrada Héroes del Cenepa (GRUPO B), c) canales que vierten al estero Puerto Rico (GRUPO C).....	65
Figura 6.32.	Concentraciones de coliformes termotolerantes comparadas con los ECA para agua cat3:D1, a) quebrada Pedregal (GRUPO A), b) quebrada Héroes del Cenepa (GRUPO B), c) canales que vierten al estero Puerto Rico (GRUPO C)	66
Figura 6.33.	Concentraciones de boro total comparados con los ECA para agua cat3:D1, a) quebrada Pedregal (GRUPO A), b) quebrada Héroes del Cenepa (GRUPO B), c) canales que vierten al estero Puerto Rico (GRUPO C).....	67
Figura 6.34.	Concentraciones de manganeso total comparados con los ECA para agua cat3:D1, a) quebrada Pedregal (GRUPO A), b) quebrada Héroes del Cenepa (GRUPO B), c) canales que vierten al estero Puerto Rico (GRUPO C).....	68
Figura 6.35.	Concentración de cobre total en sedimento continental en el GRUPO C.....	71
Figura 6.36.	Diagrama de cajas y bigotes de las concentraciones de cobre total en sedimento continental en los GRUPOS A, B, C	71
Figura 6.37.-	Concentración de materia orgánica y sulfuros en sedimento.....	72
Figura 6.38.	Diagrama de cajas y bigotes de la concentración en sedimento a) materia orgánica y b) sulfuros, para los en los GRUPOS A, B, C.....	72
Figura 7.3.	Esterio El Venado, EB La Fragata, centro de producción acuícola La Fragata	74
Figura 7.4.	Sistema de captación de agua: filtro 1 (estero La Ramada), estación de bombeo (arriba) y filtro 2 (abajo).....	78



1 INTRODUCCIÓN

La cuenca hidrográfica Tumbes se encuentra en el departamento del mismo nombre y comprende la parte peruana de la cuenca binacional Puyango–Tumbes, cuyo origen se encuentra en los páramos de Chilla y Cerro Negro, zona de Portovelo, donde recibe el nombre de río Pindo, en la República del Ecuador.

Este ecosistema se ubica entre las regiones biogeográficas del Mar Tropical del Pacífico y el Bosque Seco Ecuatorial (Brack, 1975). La confluencia de las aguas calientes de la corriente de El Niño y los afloramientos de los ríos Tumbes, Zarumilla, Piura y Guayas conforman un ambiente propicio para el desarrollo de una enorme riqueza hidrobiológica, constituida mayormente por moluscos, crustáceos y peces que inicialmente utilizan los esteros como refugio para culminar su crecimiento.

Los manglares tienen gran importancia tanto desde el punto de vista ecológico como el económico y social. Los pobladores relacionados con el Santuario Nacional los Manglares de Tumbes (SNLMT) realizan actividades directa o indirectamente en él, como la extracción de moluscos (concha negra, concha rayada, concha lampa, pata de burro, entre otras) y crustáceos (cangrejo y langostino).

La extensión del manglar ha disminuido significativamente, de 5964 ha en 1982 a 4541 ha en 1992, de acuerdo con lo reportado por Cuya (Onern, 1992). La notable disminución de las áreas se debe a la deforestación del manglar para el asentamiento de actividades productivas. Si bien los manglares y esteros eran intangibles legalmente, la depredación del ecosistema continuó por el incremento de la actividad langostinera, que invadió áreas importantes donde había manglares, para el establecimiento de nuevas pozas.

La mayor parte de los sedimentos arrastrados hacia la parte peruana por el río Tumbes, cauce principal de la cuenca y que desemboca en el océano Pacífico, se acumulan en los bancos existentes en la boca de su estuario, originando islas de manglares de gran importancia desde el punto de vista ecológico, económico y social, por constituir un ecosistema único en el Perú. Allí se realizan actividades extractivas de especies únicas en el país como la concha negra, la concha huequera y el cangrejo de mangle, así como actividades de turismo, agricultura y acuicultura en las áreas aledañas. Sin embargo, la agricultura y la acuicultura desarrolladas podrían estar deteriorando los manglares de Tumbes, ello debido a la expansión territorial de dichas actividades (Flores et al., 2013; INRENA, 2007), por lo que se hace necesario conocer el estado de la calidad ambiental de este ecosistema, en el área de influencia de la zona acuícola del distrito de Tumbes.

Finalmente, el informe de esta evaluación presenta los resultados de dos estudios que responden a dos problemáticas diferentes:

- Efecto de la captación de agua mediante los sistemas de bombeo sobre las comunidades hidrobiológicas asociadas al ecosistema de los manglares de Tumbes en 4 centros de producción acuícola de cultivo de langostinos, de los cuales tres se ubican en la provincia de Zarumilla y uno en la provincia de Tumbes.
- Calidad del agua y sedimento de las quebradas Pedregal y Héroes del Cenepa y de los canales que vierten al estero Puerto Rico.

2 ANTECEDENTES

Los bosques de mangle son humedales constituidos por vegetación especialmente adaptada a entornos de salinidad e inundación (Herrera et al., 2014), diversificando el



espacio y ofreciendo arribo a un gran número de especies de macro-invertebrados (Félix et al., 2011)¹.

Los manglares son pilares del ciclo de vida de una gran diversidad biológica: proveen hábitat, lugares para apareamiento y reclutamiento, así como nutrientes. Una gran variedad de peces y moluscos comerciales o no comerciales depende de los bosques costeros, sobre todo para sobrevivir su estadio juvenil. Invariablemente, cuando un bosque de mangle es talado hay una disminución de la pesca local². Asimismo, los manglares son importantes áreas de desove y de crianza para muchas especies de peces marinos. En general, las comunidades de manglares son uno de los ecosistemas más productivos del mundo³.

Entre los beneficios que proveen los manglares se encuentran su importante contribución a la cadena trófica costera, su apoyo a las pesquerías, ser zona de alimentación, refugio y crecimiento de juveniles de crustáceos y peces, incluyendo especies amenazadas, en peligro de extinción, endémicas y migratorias⁴.

La conversión de las áreas manglares a acuicultura provoca una gran cantidad de problemas. Mucha de la flora y fauna en las áreas que rodean los estanques es destruida por los grandes cambios en las condiciones de drenaje, disponibilidad de nutrientes y frecuencia de las inundaciones por mareas, así como por estar negativamente afectada por los desbordes de los estanques y canales⁵.

El zooplancton asume un gran significado ecológico dentro del ecosistema manglar y un rol vital en la cadena alimentaria. Ayuda al reciclaje de nutrientes y transfieren materia orgánica de los productores primarios a los consumidores secundarios (Krishnamurthy et al., 1995). Asimismo, los nematodos representan el 50 – 70 % del total de los animales del meiobentos en los ecosistemas de manglar. Son cruciales en la formación de detritos, reciclaje de nutrientes y flujo de energía entre las comunidades bentónicas⁶.

La acuicultura y las actividades han ocasionado problemas ambientales y conflictos sociales de gran relevancia en las zonas costeras (FAO, 2007). Se han presentado modificaciones de los hábitats en los lugares donde los acuicultores eliminan los manglares para establecer piscinas para la cría de especies de importancia económica (como camarones, langostinos y peces) y donde se instalan jaulas o corrales por encima de pastos marinos y arrecifes coralinos. Algunos efectos ambientales asociados con esta problemática son la pérdida de peces e invertebrados que se descartan de las redes por ser indeseados, la introducción de especies exóticas, el esparcimiento de parásitos y enfermedades, el uso inadecuado de químicos, la salinización del suelo y del agua y la contaminación de las zonas costeras (primavera, 2005)⁷.

Existen 25 empresas langostineras asentadas en la ZA (zona de amortiguamiento) del SNLMT (Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes) que desarrollan actividad acuícola (Produce, 2013). En la actualidad, estas empresas tienen desacuerdos con las

¹ Gestión Integral de Mares y Costas Compendio de Ensayos 2016 / 1ª Edición.

² Boletín Bimestral de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. N° 82.

³ http://www.aquatic-experts.com/ESPANOL/Habitats_Marinos_Manglares_v_Esteros_ES.html

⁴ Boletín Bimestral de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. N° 82
<https://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv82art1.pdf>

⁵ "Proyecto Estrategia Regional de Biodiversidad para los países del Trópico Andino". Convenio de Cooperación Técnica no Reembolsable ATN/JF-5887/RG CAN-BID.

⁶ Análisis de la Dimensión Social y Económica de la Relación de la Comunidad de Cumbe con el Manglar y los impactos de la Industria Camaronera.

⁷ FAO. 2007. The World's Mangroves 1980-2005: A thematic study prepared in the frameworks of the Global Forest Resources Assessment 2005. Roma 89. P.



asociaciones artesanales de extractores por el uso del territorio, los aparentes problemas de contaminación, la disminución en el volumen de recursos hidrobiológicos, entre otros⁸.

Las principales amenazas al Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes son la presencia de los centros de producción acuícola “langostineras”, que deforestan afectando el hábitat y contaminando con efluentes, la excesiva extracción de recursos naturales como conchas y cangrejos, la generación de basura en los poblados aledaños, y la contaminación por desagües domésticos y químicos de la actividad agrícola. Otras amenazas principales incluyen la deforestación del bosque y matorral adyacente a los manglares por la actividad agropecuaria, el incremento del turismo desordenado y la influencia negativa del fenómeno de El Niño, que altera patrones de los ecosistemas afectando a los manglares⁹.

La contaminación de los manglares se puede dar por acción de agroquímicos, como insecticidas y fungicidas usados en la agricultura, que drenan por las quebradas y los ríos que desembocan al manglar. Asimismo, se estima que hay aporte de metales pesados producto de la minería en Ecuador que llegan al manglar por los ríos y las quebradas que desembocan desde este país. Se requiere de mayores estudios para determinar el grado de impacto sobre el manglar generado por estas actividades¹⁰.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar las comunidades hidrobiológicas de cuatro centros de producción acuícola, y la calidad de agua y sedimento de las quebradas y canales que vierten al estero Puerto Rico, ubicados en los distritos y provincias de Zarumilla y Tumbes, departamento de Tumbes.

3.2 Objetivos específicos

Caracterizar las comunidades hidrobiológicas en el ámbito de los centros de producción acuícola de las provincias de Zarumilla y Tumbes.

Evaluar si la captación de agua y los filtros instalados en los centros de producción acuícola afectan a las comunidades hidrobiológicas del ecosistema de manglar.

Evaluar la calidad de agua superficial en el ámbito de las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal, y los canales que vierten al estero Puerto Rico.

Evaluar la calidad de sedimento en el ámbito de las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal, y los canales que vierten al estero Puerto Rico.

4 ÁREA DE ESTUDIO

En el Perú, los manglares se encuentran al noroeste del país, en el punto más austral de los manglares de la costa del Pacífico americano. Este ecosistema, se ubica entre las regiones biogeográficas del mar tropical del Pacífico, y el bosque seco Ecuatorial (Brack, 1975).

El área de estudio comprendió un espacio geográfico pequeño del SNLMT (menos de 3000 hectáreas). Se realizaron evaluaciones en cuatro langostineras, tres de ellas

⁸ Programa presupuestal por Resultados 035: Gestión Sostenible de Recursos Naturales y Diversidad Biológica.

⁹ Perfil de Área Protegida – Perú Santuario Nacional Manglares de Tumbes.

¹⁰ www.parkswatch.org/parkprofile.php?l=spa&country=per&park=mtns&page=thr

ubicadas dentro de la zona de amortiguamiento (ZA)¹¹ del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes (centros de producción agrícola Marina Azul, Silma y La Fragata) y zonas adyacentes (centro de producción agrícola Tumbes). Sin embargo, todos los centros de producción presentaron relación con el ecosistema de manglar. En la Figura 4.1 se presenta la ubicación del área de estudio.

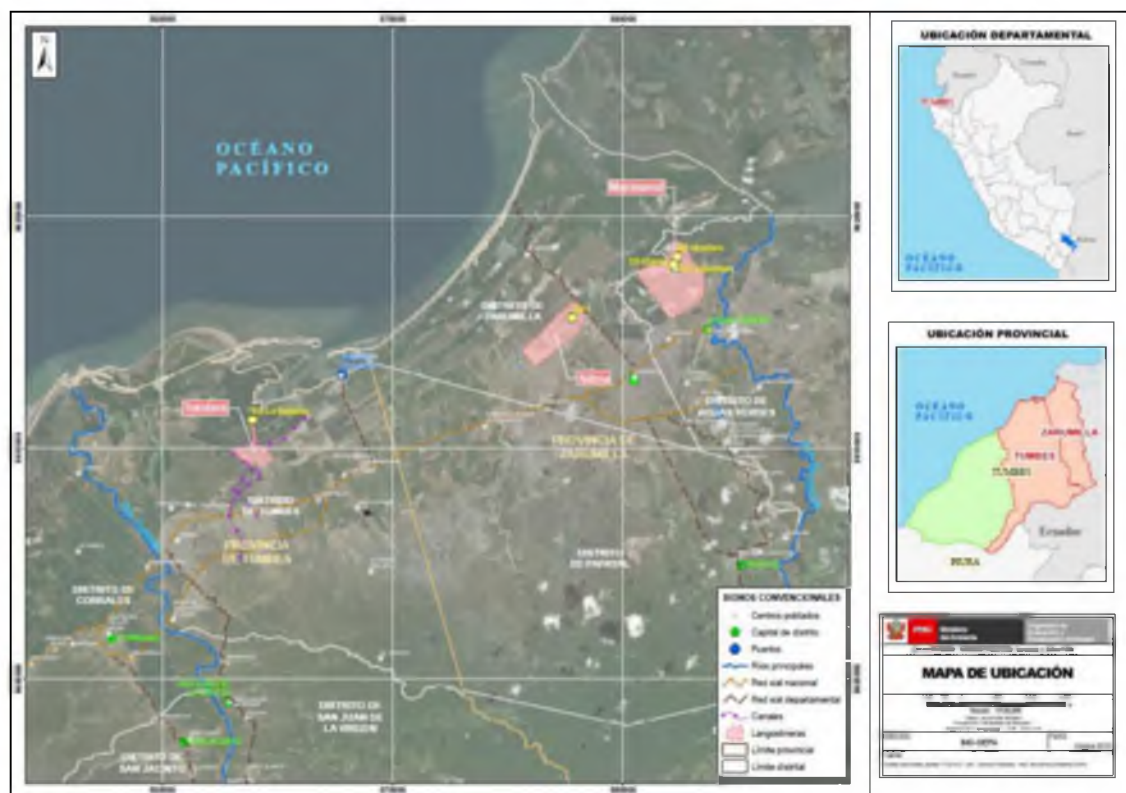


Figura 4.1. Mapa de ubicación de la zona de estudio

A continuación, se detallan los sistemas de captación de agua en cada centro de producción acuícola (en adelante, CPA); los puntos de muestreo se distribuyeron según su tipo de filtro.

CPA Marina Azul

El centro de producción acuícola lo comprenden las estaciones de bombeo (EB): Amazonas, Elnanza y Hualtaco, de la empresa Marinazul S.A.C., que se encuentra ubicada en el distrito y provincia Zarumilla, departamento Tumbes (Figura 4.2.).

¹¹

Extraído del Plan maestro SNLMT 2017-2021. ZA: Se refiere a aquellos espacios adyacentes a las ANP que, por su naturaleza y ubicación, requieren un tratamiento espacial que garantice la conservación del área natural protegida (ANP). Las actividades que se realizan en las zonas de amortiguamiento no deben poner en riesgo el cumplimiento de los fines del ANP.



Figura 4.2. Ubicación de las estaciones de bombeo Amazonas, Hualtaco y Elanza del centro de producción acuícola Marina Azul, Zarumilla.

CPA Inversiones Silma

El área de estudio comprende el centro de producción acuícola Inversiones Silma S.A.C., de 150,19 ha, ubicada en el distrito y provincia Zarumilla, departamento Tumbes (Figura 4.3); el ingreso es por la carretera Campo Amor, también conocida como el Salto, a 3,4 km del centro poblado El Bendito, en el distrito de Zarumilla.



Figura 4.3. Ubicación del centro de producción acuícola Inversiones Silma, Zarumilla.

CPA La Fragata

El área de estudio comprende la EB La Fragata, de 165 ha, ubicada en el distrito y provincia Zarumilla, departamento Tumbes (Figura 4.4), a 17,6 km de la plaza de la ciudad de Tumbes; se puede ingresar por la carretera hacia la caleta Puerto Pizarro o por el sector de El Bendito.



Figura 4.4. Ubicación del centro de producción acuícola La Fragata, Zarumilla.

CPA Tumbes

Una parte del área de estudio comprende al centro de producción acuícola Langostinera Tumbes S.A.C., de 89,9 ha, ubicada en el distrito y provincia, departamento Tumbes (Figura 4.5); el ingreso es por la Panamericana Norte, a 7,5 km desde la plaza de Tumbes, pasando el puente el Algarrobillo y en dirección al aeropuerto; luego de este ingreso se recorre aproximadamente 3 km en dirección oeste hacia la zona de las langostineras. La otra parte del área de estudio abarca el estero La Ramada y El Mocho, los cuales colindan por el oeste con la Langostinera Tumbes S.A.C. Cabe destacar que el punto de abastecimiento de agua para las estaciones de bombeo de este centro de producción acuícola se ubica en el estero La Ramada.



Figura 4.5. Ubicación del centro de producción acuícola Tumbes, Tumbes.

4.1 Aspectos generales del clima y las mareas en los ecosistemas de manglar

Los manglares de Tumbes se desarrollan en un clima semiárido, con influencia del sistema oceánico del mar tropical. Las precipitaciones anuales son generalmente inferiores a los 100 mm. La temperatura media oscila entre 22 y 27 °C. La humedad relativa media mensual se presenta entre 72 y 86 %. El periodo de lluvia se presenta entre enero y marzo, los demás meses del año corresponden al período seco; además, se dan cambios significativos durante los eventos de El Niño, ocurriendo precipitaciones abundantes (Inrena, 2007b).

Los bosques de mangle de Tumbes se distinguen, además de estar sometidos al régimen natural de mareas, por estar sujetos a una fuerte variabilidad estacional e interanual en precipitaciones y flujo de agua dulce (Inrena, 2011). Esta variabilidad influye en la intensidad y distribución del gradiente de salinidad, teniendo un rol clave en las propiedades fisicoquímicas y biogeoquímicas de los sedimentos superficiales, repercutiendo directamente sobre el ciclo de carbono y nutrientes (Kristensen et al., 2008). Asimismo, contribuye a una redistribución periódica de los sedimentos, modulando el aporte en calidad y en cantidad de la materia orgánica hacia los biotopos bentónicos (Black y Shimmield, 2003; Alongi et al., 2005a; Kristensen et al., 2008).

5 METODOLOGÍA

A continuación, se detalla las metodologías de muestreo y los análisis utilizados en:

- El componente de comunidades hidrobiológicas, en el ámbito de los centros de producción acuícola
- Los componentes de agua y sedimento, en el ámbito de las quebradas Pedregal, Héroes del Cenepa y los canales que vierten al estero Puerto Rico.

Cabe destacar, que los componentes hidrobiológicos y de agua y sedimento corresponden a estudios direccionados a determinar problemáticas diferentes dentro de este mismo

informe (estudio), los cuales se establecieron en los objetivos específicos, por lo que se deben interpretar de forma independiente.

5.1 Matriz comunidades hidrobiológicas

A continuación, se detalla la guía y los protocolos utilizados, la ubicación de puntos de muestreo, los parámetros y métodos de análisis, los equipos utilizados y el procesamiento de datos de la evaluación de comunidades hidrobiológicas (fitoplancton, zooplancton, macroinvertebrados bentónicos estuarinos, peces y contenido estomacal).

5.1.1 Guías utilizadas para la evaluación

La Tabla 5.1 presenta la guía y los protocolos donde se describen los criterios técnicos y los lineamientos generales para el muestreo de comunidades hidrobiológicas.

Tabla 5.1. Guías utilizadas para la evaluación de comunidades hidrobiológicas en el ámbito de los centros de producción acuícola

Comunidades hidrobiológicas	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal
Fitoplancton	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater Sección 10200 – F. Plankton - Sample Collection	10200	USA	American Public Health Association	Guía internacional
Zooplancton	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater Sección 10200 – G. Plankton - Sample Collection	10200	USA	American Public Health Association	Guía internacional
Zooplancton	ICES Zooplankton Methodology Manual		USA	ICES Academic Press	
Macroinvertebrados acuáticos	Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater Sección 10500 – B. Benthic macroinvertebrates - Sample Collection	10500	USA	American Public Health Association	Guía internacional
Necton (Peces)	Guía «Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: perifiton, bentos y necton (peces) en aguas continentales del Perú» - MINAM		Perú	Minam	
Peces (contenido)	Tesis: Hábitat	Pág. 21	N.E.	Universidad	N.A.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Comunidades hidrobiológicas	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal
estomacal)	tráfico y relaciones alimenticias de peces costeros en el norte del ecosistema de la corriente de Humboldt	(análisis de laboratorio)		Peruana Cayetano Heredia	

En el caso específico de la comunidad del zooplancton, se colectaron muestras a partir de la filtración del agua superficial en los sistemas de canales artificiales y/o estero (E: ubicación 1), y posterior a la captación, en la poza del filtro F2 (F2: ubicación 2), en la malla del filtro F3, denominada como material retenido (MR: ubicación 3), y en la poza del canal de distribución hacia los estanques de cultivo de langostino (F3: ubicación 4) (Figura 5.1)

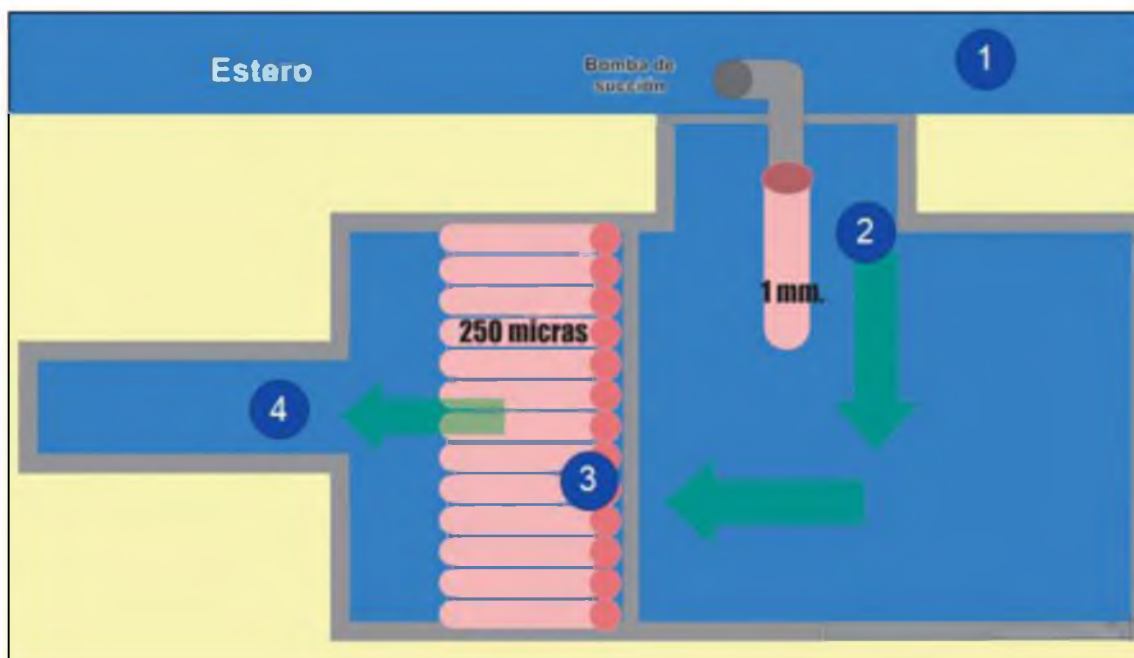


Figura 5.1. Esquema de la ubicación de los puntos de colecta en las estaciones de bombeo. Ubicación 1: Estero y/o canal. Ubicación 2: Poza. Ubicación 3: material retenido del filtro 3. Ubicación 4: canal de distribución hacia los estanques de cultivo de langostinos.

5.1.2 Ubicación de puntos de muestreo

Los puntos de muestreo fueron ubicados considerando el sistema de captación de agua de las estaciones de bombeo para cada centro de producción acuícola. Por ello, se establecieron 30 puntos de muestreo de comunidades hidrobiológicas distribuidos en cuatro administrados: CPA Marinazul, estaciones de bombeo Hualtaco (HUA), Elanza (ELA) y Amazonas (AMA) (Tabla 5.2); CPA Inversiones Silma, estación de bombeo Silma (Tabla 5.3); CPA La Fragata, estación de bombeo La Fragata (Tabla 5.4) y CPA Tumbes, estación de bombeo La Ramada (Tabla 5.5), los cuales se describen bajo el esquema de la Figura 5.1, mientras que su distribución geográfica se encuentra en los mapas del Anexo 4.

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFADEAM: DIRECCIÓN DE
EVALUACIÓN AMBIENTALDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad**Tabla 5.2.** Ubicación de los puntos de muestreo en el ámbito del centro de producción acuícola Marinazul

EB Amazonas				
N.º	Código OEFA	Coordenadas UTM WGS 84 17M		Descripción
		Este (m)	Norte (m)	
1	AMA-F1B	581981	9618163	Ubicado en el estero Zarumilla, a 500 m del área de succión de agua de la EB Amazonas, denominado como punto control
2	AMA-F1A	582256	9617778	Ubicado en el estero Zarumilla, a 3 m del área de succión de agua de la EB Amazonas
3	AMA-F2	582248	9617772	Ubicado en la poza que colecta el agua succionada y filtrada de la EB Amazonas
4	AMA-F3	582241	9617775	Ubicado en el canal de distribución, donde el agua filtrada en la EB Amazonas es derivada hacia los estanques de cultivos
EB Elanza				
5	ELA-F1B	581981	9618163	Ubicado en el estero Zarumilla, a 300 m del área de succión de agua de la EB Elanza, denominado como punto control
6	ELA-F1A	582119	9617996	Ubicado en el estero Zarumilla, en el área de succión de agua de la EB Elanza
7	ELA -F2	582166	9617942	Ubicado en la poza que colecta el agua succionada y filtrada de la EB Elanza
8	ELA -F3	582172	9617931	Ubicado en el canal de distribución, donde el agua filtrada de la EB Elanza es derivada hacia los estanques de cultivos
EB Hualtaco				
9	HUA-F1B	582230	9618413	Ubicado en el estero Zarumilla, a 200 m del área de succión de agua de la EB Hualtaco, denominado como punto control
10	HUA-F1A	582340	9618263	Ubicado en el estero Zarumilla, en el área de succión de agua de la EB Hualtaco
11	HUA-F2	582351	9618270	Ubicado en la poza que colecta el agua succionada y filtrada de la EB Hualtaco
12	HUA-F3	582352	9618288	Ubicado en el canal de distribución donde el agua filtrada de la EB Hualtaco es derivada hacia los estanques de cultivos

Tabla 5.3. Ubicación de los puntos de muestreo en el ámbito del centro de producción acuícola Inversiones Silma

N.º	Centro de Producción acuícola		Código del punto muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 17M		Descripción
	Zona	Nombre		Este (m)	Norte (m)	
1	Captación de agua	Esteros	SIL-F1A	577858	9615683	Ubicado aproximadamente a 55 m al suroeste de la estación de bombeo Silma
2	Punto de control	Esteros	SIL-F1B	577807	9615617	Ubicado aproximadamente a 200 m al noreste de la estación de bombeo B1 de Silma S.A.
3	Canal de distribución	Filtro 1	SIL-F2	577807	9615628	Ubicado a 21 m al suroeste de la estación de bombeo del centro acuícola Inversiones Silma S.A.C.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Tabla 5.4. Ubicación de los puntos de muestreo en el ámbito del centro de producción acuícola La Fragata

N.º	Centro de Producción acuícola	Código del punto muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 17M		Descripción
			Este (m)	Norte (m)	
1	La Fragata	FRA-F1A	574490	9616950	Ubicado en el estero El Venado, en el área de succión de agua de la EB La Fragata
2		FRA-F2	574520	9616945	Ubicado en la poza que recepciona el agua succionada y filtrada de la EB La Fragata
3		FRA-F3	574570	9616900	Ubicado en el canal de distribución donde el agua filtrada de la EB La Fragata es derivada hacia los estanques de cultivos
4		FRA-F1B	574227	9617100	Ubicado en el estero El Venado, a 350 m del área de succión de agua de la EB La Fragata, denominado como punto control

Tabla 5.5. Ubicación de los puntos de muestreo en el ámbito del centro de producción acuícola Tumbes

N.º	Ambiente acuático		Código del punto muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 17M		Descripción
	Zona	Nombre		Este (m)	Norte (m)	
1	Esteros	Estero La Ramada	RAM-F1A	563907	9611217	Ubicado en el estero La Ramada, aproximadamente a 3 m al noreste de la estación de bombeo La Ramada
2	Esteros		RAM-F1A01	564467	9611959	Ubicado en el estero La Ramada, aproximadamente a 1200 m al noreste de la estación de bombeo La Ramada
3	Esteros		RAM-F1A02	563980	9611331	Ubicado en el estero La Ramada, aproximadamente a 1200 m al noreste de la estación de bombeo La Ramada
4	Esteros		RAM-F1A03	563886	9611231	Ubicado en el estero La Ramada, aproximadamente a 1200 m al noreste de la estación de bombeo La Ramada
5	Esteros		RAM-F1A04	563825	9611201	Ubicado en el estero La Ramada, aproximadamente a 1200 m al noreste de la estación de bombeo La Ramada
6	Esteros		RAM-F1A05	563885	9611180	Ubicado en el estero La Ramada, aproximadamente a 1200 m al noreste de la estación de bombeo La Ramada
7	Esteros		RAM-F1A06	563762	9611391	Ubicado en el estero La Ramada, aproximadamente a 1200 m al noreste de la estación de bombeo La Ramada
8	Esteros		RAM-F1A07	564326	9611542	Ubicado en el estero La Ramada, aproximadamente a 1200 m al noreste de la estación de bombeo La Ramada
9	Esteros		RAM-F1A08	564609	9612232	Ubicado en el estero La Ramada, aproximadamente a 1200 m al noreste de la estación de bombeo La Ramada

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFADEAM: DIRECCIÓN DE
EVALUACIÓN AMBIENTALDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

N.º	Ambiente acuático		Código del punto	Coordenadas UTM WGS 84 17M		Descripción
10	Poza	Filtro F2	RAM-F2	563905	9611192	Ubicado en la poza que recepciona el agua succionada y filtrada de la EB La Ramada.
11	Canal de distribución	Filtro F3	RAM-F3	563905	9611192	Ubicado en el canal de distribución donde el agua filtrada de la EB La Ramada es derivada hacia los estanques de cultivos

En la Tabla 5.6 se describe la cantidad de muestras por comunidad evaluadas; estas son 5 en material retenido, 6 muestras en fitoplancton, 37 en zooplancton, 80 en bentos, 21 en peces y 34 en contenido estomacal.

Tabla 5.6. Número de muestras de las comunidades hidrobiológicas evaluadas en cada centro de producción acuícola.

Matriz evaluada	Cantidad de muestras					
	Marinazul S.A.			La Fragata S.A.	Langostinera Tumbes S.A.C.	Inversiones Silma S.A.
Estación bombeo	Amazonas	Elanza	Hualtaco	La Fragata	La Ramada	Silma
Material retenido (*)	1	1	2	1	0	0
Fitoplancton continental	0	1	2	1	1	1
Zooplancton continental	4	7	8	6	9	3
Bentos	8	12	11	12	28	9
Peces	3	3	4	4	3	4
Contenido estomacal de peces	2	11	6	0	0	15

(*) Estuvo conformado por las especies de *Rizophora mangle* «mangle rojo», *Lithopenaeus* spp. «langostino» y *Callinectes* spp. «jaibas».

5.1.3 Parámetros y métodos de análisis

Las comunidades hidrobiológicas con sus respectivos métodos de análisis se detallan en la Tabla 5.7.

Tabla 5.7. Comunidades hidrobiológicas analizadas en el ámbito de la evaluación ambiental de los centros de producción

N.º	Parámetro	Método de ensayo
1	Fitoplancton	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 F, items: F.2.a, F.2.b y F.2.c.1. Plankton. Phytoplankton Counting Techniques. 23rd Edition, 2017.
2	Zooplancton	Cuantitativo: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 G. Plankton. Zooplankton Counting Techniques. 23rd Edition, 2017.
		Cualitativo: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 G.1, // Part 10900. Plankton. Zooplankton Counting Techniques. Subsampling. Identification of Aquatic Organisms. 23rd Edition, 2017.
3	Macroinvertebrados bentónicos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10500 C.1,2, 22nd Ed. 2012 Benthic Macroinvertebrates Sample Processing and Analysis.



N.º	Parámetro	Método de ensayo
4	Peces	Minam, 2014

5.1.4 Equipos utilizados

Para la evaluación se utilizaron equipos y herramientas como GPS (sistema de posicionamiento global), red de fitoplancton, red WP2, draga Van Veen, *push corer*, redes de pesca y otros materiales que se detallan en el Anexo 1: reportes de campo.

5.1.5 Aseguramiento de la calidad

El aseguramiento de la calidad en la colecta de las comunidades hidrobiológicas y su posterior análisis tuvo como referencia las indicaciones descritas en la sección 5.3 (macroinvertebrados bentónicos) de la publicación «Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú».

5.1.6 Procesamiento de datos

En esta sección se describen los análisis realizados para las comunidades hidrobiológicas en composición, riqueza, abundancia e índices de diversidad alfa, en base a los reportes de identificación taxonómica; asimismo, se describen los análisis multivariados para determinar asociaciones y/o cambios específicos en los taxones de las comunidades hidrobiológicas. Para ello, se analizaron los cambios de las variables biológicas entre los filtros 1, asociados al sistema de canales artificiales (CPA Marinazul y CPA Silma) y esteros¹² (CPA La Fragata y CPA Tumbes); y filtros 2 y 3, ubicadas posterior a la estación de bombeo; para cada uno de los centros de producción acuícola (Marinazul, Silma, La Fragata y Tumbes).

Comunidades del fitoplancton, zooplancton y bentos

a) Composición taxonómica, riqueza de especies y abundancia

La clasificación taxonómica (phylum, clase, orden, familia, género y especie) de las comunidades hidrobiológicas del fitoplancton, zooplancton, bentos y peces evaluados en los centros de producción acuícola Marinazul, Inversiones Silma, La Fragata y Tumbes se presenta en el Anexo 2, reportes de resultados.

La evaluación de la riqueza y la abundancia total de plancton (fitoplancton y zooplancton) y bentos se desarrolló en base a la categoría taxonómica «especie». Para el zooplancton se realizaron gráficas de análisis cualitativo (unidad muestral: 10 min de filtración) y cuantitativo (unidad muestral: m³), siendo la abundancia (N.º individuos/10 min filtración y/o m³) y riqueza (N.º especies/10 min filtración y/o m³), respectivamente. En el fitoplancton la unidad muestral fue de organismos/L y en el bentos se empleó la abundancia y riqueza total sin considerar una unidad de muestreo (área de colecta), debido a que se emplearon diferentes métodos de colecta.

Para todas las comunidades se utilizó una base de datos Excel, en la cual se sistematizaron los nombres y números de cada especie por cada punto de muestreo,

¹²

Extraído del Plan maestro SNLMT 2017-2021. Esteros: son ecosistemas que están conformados por cuerpos de agua que penetran el litoral entre los bosques de mangle.

considerando el tipo de filtro, la estación de bombeo (EB) y el centro de producción acuícola (CPA).

b) Diversidad alfa

Para la evaluación de la diversidad de especies (diversidad alfa) se utilizó el índice de equidad de Pielou, el cual mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor se encuentra entre 0 y 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Pielou, 1975; Peet, 1974):

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}} \quad (5.1)$$

Donde:

J' es el índice de equidad de Pielou

H' = índice de diversidad de Shannon-Wiener

$H'_{\max} = \ln(S)$

S = riqueza de especies

Adicionalmente, se utilizaron los siguientes índices ecológicos:

El índice de Shannon-Wiener (H'), que expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, midiendo el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo seleccionado al azar de una colección (Moreno, 2001); tiene como fórmula:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i \quad (5.2)$$

Donde p_i , es la abundancia proporcional de la especie "i".

El índice de diversidad de Margalef (D_{MG}), que transforma la riqueza de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra (Moreno, 2001); tiene como fórmula:

$$D_{MG} = \frac{S-1}{\ln N} \quad (5.3)$$

Donde:

S = riqueza de especies

N = número total de individuos

Por último, el índice de Simpson ($1-\lambda$), que expresa diversidad de especies en una muestra (Moreno, 2001); tiene como fórmula:

$$1 - \lambda = 1 - \sum p_i^2 \quad (5.4)$$

Donde p_i , es la abundancia proporcional de la especie "i".

c) Análisis multivariados

Los análisis multivariados se realizaron con la finalidad de determinar las asociaciones y/o cambios en la composición específica de los taxones de las comunidades hidrobiológicas evaluadas: fitoplancton, zooplancton y bentos, considerando los sistemas de canales artificiales y/o estero (E: ubicación 1); y posterior a la captación, en la poza del filtro F2 (F2: ubicación 2), en la malla del filtro F3, denominada como material retenido (MR: ubicación



3) y en la poza del canal de distribución hacia los estanques de cultivo de langostino (F3: ubicación 4), descritas en el esquema de la Figura 5.1.

Análisis de las comunidades hidrobiológicas

Se realizó el análisis multivariado empleando la medida de similaridad de Bray Curtis, previa transformación con $\log(x+1)$ (Clarke & Warwick, 2001). Inicialmente, se realizó un análisis no métrico de escala multidimensional (NMDS, por sus siglas en inglés) para observar la distribución espacial en dos dimensiones de las variables consideradas dentro del análisis para los ensambles de fitoplancton, zooplancton y bentos.

Posteriormente, se realizó un análisis de coordenadas principales (PCO, por sus siglas en inglés), con la finalidad de determinar la relación entre las especies y los grupos (y/o filtros, estaciones de bombeo, administrado), empleando una correlación de Spearman, en donde se superpusieron las especies que presentaron una longitud de vector igual o mayor a 0,5.

Comunidad de peces

Análisis de datos

Debido a que se han empleado varias artes de pesca para la captura de especies se ha definido seguir el siguiente criterio de análisis de datos:

Curvas de rarefacción (Hurlbert, 1971). A través de las curvas de rarefacción de Sanders-Hurlbert se evaluó la riqueza de especies corregida por el tamaño de la muestra. Este método gráfico no se ve afectado por los diferentes métodos de colecta realizados en la evaluación (red de espera, red de arrastre o colecta directa), y es representado en el eje-x por el número de individuos y en el eje-y por el número de especies presentes en la muestra. Este método se realizó con la finalidad de observar el comportamiento de la curva, definida por la riqueza de especies y abundancia, entre los filtros 1 (asociadas al estero y/o canal) y 2 (posterior a la estación de bombeo) para cada centro de producción acuícola (Marinazul, Silma, La Fragata y Tumbes). En donde se plantea que un sistema de bombeo no genera un impacto sobre la comunidad de peces cuando la curva generada por los datos del filtro 1 es mayor a los datos del filtro 2 ($F1 > F2$), y la curva del filtro 2 sea cero ($F2 = 0$), mostrando condiciones ideales para la preservación de los individuos (Figura 5.2). Posteriormente, se empleó el índice Jaccard, conformado por datos de presencia-ausencia, con la finalidad de calcular las distancias entre los ensambles de peces registrados entre los puntos de muestreo entre los filtros 1 y 2, para cada centro de producción.

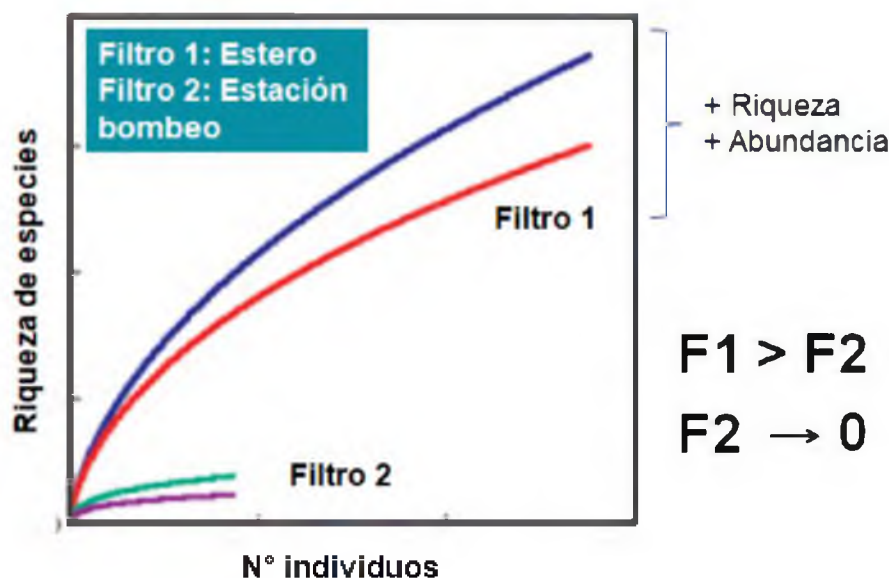


Figura 5.2. Curvas de rarefacción. Esquema del comportamiento del ensamble de peces en un escenario de afectación por la captación de agua de los sistemas de bombeo

Análisis trófico

Se colectaron los estómagos de 4 especies de peces provenientes de las capturas en los filtros 1 (asociada al estero y/o canal) y filtro 2 (posterior a la estación de bombeo): *Ctenogobius sagittula*, *Sphoeroides annulatus*, *Mugil* sp. y *Oreochromis niloticus*.

Los estómagos de los ejemplares se obtuvieron de las capturas realizadas en los puntos de muestreo de las empresas Marinazul, Inversiones Silma, La Fragata y Tumbes. A todos los organismos capturados se les extrajo el contenido estomacal, que fue analizado en el laboratorio con la ayuda de un microscopio estereoscópico (Roque, 2017). Los organismos encontrados dentro de cada estómago se identificaron hasta el mínimo taxón posible con la ayuda de claves especializadas para cada grupo: Keen (1971), Brusca (1980), Allen y Robertson (1994), Fischer et al. (1995), Hendrickx (1996), Hendrickx y Estrada (1996), Hendrickx (1997a, b) y Salazar-Vallejo (1989).

Estos resultados se usaron con la finalidad de identificar cambios en la dieta alimentaria entre las especies registradas en el filtro 1 (asociada a los sistemas de esteros y/o canales) y filtro 2 (posterior a la zona de bombeo), lo cual podría ser un indicador de posibles efectos de los sistemas de bombeo.

Aspectos ecológicos-pesqueros

Se establecieron algunos aspectos ecológicos y pesqueros de las especies de peces registradas, tales como:

-*Tipo de residencia*, establecidas por 1. Especies estuarino-dependientes (ED), donde los juveniles usan los estuarios como hábitat, 2. Especies accidentales (MA), especies marinas que accidentalmente ocurren en los estuarios, y 3. Especies residentes (ER), residen principalmente en los estuarios (Shervette et al., 2007).

-*Gremios tróficos*: establecida por 1) depredador generalista (GP), 2) carnívoro bentónico (BC), 3) omnívoro (O), 4) detritívoro (D) y 5) aquellas especies cuya dieta es desconocida (U) (Shervette et al., 2007).



-*Importancia pesquera*, se estableció una categorización en base a información local y/o estudios académicos; esta es, 1) pesca artesanal (A), en la que existe una flota pesquera; 2) autoconsumo (CL); 3) Comercio menor (M), que se expende en los mercados locales; y 4) Sin interés (SI), no presenta importancia comercial.

-*Estado de conservación*, se identificó el estatus de conservación de las diferentes especies, según la UICN.

Con la finalidad de considerar esta información en los análisis de posible afectación de la actividad productiva sobre la comunidad de peces.

Material retenido

Está conformado por los organismos de la flora y fauna mayor a 1 cm de tamaño que han sido retenidos en el filtro 2 en el sistema de bombeo, para todos los centros de producción acuícola. Se caracterizaron las especies y sus abundancias, y posteriormente se graficaron considerando las estaciones de bombeo y los centros de producción acuícola.

Indicadores de referencia para la evaluación de afectación de la actividad de bombeo de agua de los centros de producción acuícola

Con la finalidad de identificar una posible afectación sobre las comunidades hidrobiológicas evaluadas, se empleó la metodología de Conesa Fernández Vitoria (1997), la cual asigna un valor de significancia a cada factor biológico (ítem).

Esta metodología utiliza criterios que nos permiten evaluar la importancia de los impactos producidos, en este caso por la captación de agua del ecosistema del manglar por las estaciones de bombeo usadas para el cultivo de langostinos, otorgándoles un valor en una fórmula que nos dará como resultado la importancia del impacto.

• Método Conesa-Fernández Vitoria (1997)

El cálculo de los impactos ambientales se obtiene de la expresión “Índice de importancia del Impacto (IMP)”, el cual permite clasificar el impacto en sus factores característicos. El IMP se define como sigue:

$$IMP = \pm [(3 \times I) + (2 \times EX) + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC] \quad (5.5)$$

Donde:

(I) intensidad del impacto, (EX) extensión, (MO) momento o plazo de manifestación, (PE) persistencia, (RV) reversibilidad, (SI) sinergia, (AC) acumulación, (EF) efecto del impacto, (PR) periodicidad del impacto y (MC) recuperabilidad del impacto.

El signo del impacto ($\pm$) hace alusión al carácter benefactor (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones sobre distintos factores considerados.

La importancia del impacto (IMP) es la importancia del efecto de una acción sobre un factor ambiental (ítem). Así, se podrá calificar los impactos de la forma siguiente: valores entre 0 y 32 puntos se consideran como impacto bajo, valores entre 33 y 66 como impacto moderado, y los valores entre 67 y 100 como impacto significativo.

Valor (puntos)	Calificación
100 - 67	Impacto significativo

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Valor (puntos)	Calificación
66 - 33	Impacto medio
32 - 0	Impacto bajo

Fuente: Conesa Fernández Vitoria (1997)

A continuación, se describe cada una de los criterios para la formulación del IMP (Fuente: Conesa Fernández Vitoria 1997 en Florido, 2015):

Intensidad del impacto (I): se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor considerado. Rango de Intensidad.

Rango	Calificación
Baja	1
Media	2
Alta	4
Muy alta	8
Total	12

Extensión del impacto (EX): se refiere al área de influencia del impacto en relación al entorno de la actividad. Rango de Extensión.

Rango	Calificación
Puntual	1
Parcial	2
Extenso	4
Total	8

Momento o plazo de manifestación del impacto (MO): es el tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio ambiente considerado. Rango de momento o plazo de manifestación.

Rango (t = años)	Calificación
Inmediato (t = 0)	4
Corto plazo (t < 1)	4
Mediano plazo (5 > t > 1)	2
Largo plazo (t > 5)	1

Persistencia del impacto (PE): representa el tiempo que permanecería del efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado tomaría a las condiciones iniciales, previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras.

Rango (t = años)	Calificación
Fugaz (PE < 0)	1
Temporal (5 > PE > 1)	2
Permanente (PE > 5)	4

Reversibilidad del impacto (RV): significa la posibilidad de reconstrucción del factor afectado como consecuencia de la acción perturbadora, representa la posibilidad de volver

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez la acción deja de actuar sobre el medio.

Rango (t = años)	Calificación
Corto plazo ($RV < 1$)	1
Mediano Plazo ($5 > RV > 1$)	2
Irreversible ($RV > 5$)	4

Sinergia del impacto (SI): es la interdependencia entre dos o más efectos simples, siendo el mecanismo total de la manifestación de los efectos simples, inducidos por acciones que actúan simultáneamente, superior a la esperada de la manifestación de efectos cuando las acciones que la producen son independientes.

Rango	Calificación
No sinérgico	1
Sinergismo moderado	2
Altamente sinérgico	4

Acumulación del impacto (AC): es el aumento gradual de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Rango de Acumulación.

Rango	Calificación
No acumulativo	1
Acumulativo	4

Efecto del impacto (EF): se refiere a la relación causa efecto, es decir, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción.

Rango	Calificación
Primario o directo	4
Secundario	1

Periodicidad del impacto (PR): representa la regularidad de revelación del efecto, bien sea de forma cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible (efecto irregular) o constante en el tiempo (efecto continuo).

Rango	Calificación
Impredecible	1
Cíclico o recurrente	2
Constante en el tiempo	4

Recuperabilidad del impacto (MC): es la posibilidad de recuperación, total o parcial, del factor afectado como resultado de la actividad desarrollada, es decir, la posibilidad de volver a las condiciones iniciales anteriores a la acción por medio de la intervención humana, por ejemplo, introduciendo medidas correctoras.

Rango		Calificación
Totalmente recuperable	Inmediatamente	1
	A mediano plazo	2

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Rango	Calificación
Parcialmente recuperable	4
Irrecuperable	8

• Matriz de valoración de impactos

Se han establecido 7 ítems, agrupados en los componentes: entorno acuático, material retenido, megabentos y peces, con la finalidad de encontrar el grado de impacto de las actividades de captación de agua por las estaciones de bombeo sobre los ítems, los cuales comprendieron características ecológicas de las comunidades hidrobiológicas evaluadas. Los ítems se detallan en la Tabla 5.8.

Tabla 5.8. Esquema valoración cualitativa EIA; Matriz de Conesa–Fernández (2010) modificada

Componentes	Ítems	Importancia										IMP	IMP' (*)	Calificación (IMP')
		I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC			
Entorno acuático	Hábitat (peces e invertebrados)													
Material retenido	Plántulas de <i>Rizophora mangle</i>													
Megabentos	Especies importancia comercial (<i>Callinectes</i> spp y <i>Litopenaeus</i> spp)													
Peces	Especies importancia comercial													
	Especies importancia ecológica													
	Categorías conservación													
	Diversidad gremios tróficos													

El IMP (*) es una adaptación para obtener la calificación sobre 100 puntos, considerando que la sumatoria total de todos los criterios, en su más alta calificación, llega a 80 puntos. Entonces, el arreglo corresponde a:

$$IMP' = (IMP/80)*100$$

Con los resultados obtenidos se etiquetará la calificación en relación con el impacto significativo (100 - 67), el impacto medio (66 - 33) o el impacto bajo (32 - 0). La información obtenida del trabajo de campo se complementó con estudios de investigación realizados en los ecosistemas de manglar para las comunidades de peces: Chirichigno (1963), Valenzuela (2014), Shervette *et al.* (2007); comunidad del bentos: Cabanillas *et al.* (2015) y Pérez (2014); y calidad ambiental: Barreto (2010).

5.2 Matriz agua superficial

Para determinar la calidad del agua superficial, se consideraron 21 puntos de muestreo en cuerpos de agua asociados con áreas de cultivo agrícola y centros poblados.

5.2.1 Guías utilizadas para la evaluación

La toma de muestras de agua de ríos, quebradas y manantiales se realizó considerando el capítulo 6 del «Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales»: ítems 6.14 (medición de parámetros de campo), 6.15 (procedimiento para la toma de muestras), 6.16 (preservación, llenado de la cadena de custodia, almacenamiento, conservación, transporte de muestras) y 6.17 (aseguramiento de la calidad) del capítulo 6 del «Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los



Recursos Hídricos Superficiales», aprobado el 11 de enero de 2016, mediante la Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA.

5.2.2 Ubicación de puntos de muestreo

Para la ubicación de los puntos de calidad de agua superficial se consideró los siguientes criterios:

- Cercanía a centros poblados
- Presencia de efluentes domésticos
- Presencia de efluentes de los centros de producción acuícola
- Confluencia de quebradas
- Presencia de residuos sólidos
- Cercanía a áreas de desarrollo agrícola
- Zonas alejadas de las actividades antrópicas para los puntos control

De esa forma, se evaluaron las quebradas Pedregal y Héroes de Cenepa, y el estero Puerto Rico. Se muestrearon 21 puntos. La ubicación de los puntos en cada quebrada y el número de puntos evaluados se presentan en la Tabla 5.9 y en el mapa del Anexo 4.

Tabla 5.9. Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial asociados a áreas de cultivo y centros poblados (AA. HH. Mafalda Lama, AA. HH. El Bosque, AA. HH. Las Malvinas), en las quebradas Héroes del Cenepa y quebrada Pedregal, y los canales que vierten al estero Puerto Rico

N.º	Cuerpo de agua	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS84 zona 19L		Descripción de la zona
			Este (m)	Norte (m)	
1	Quebrada Pedregal	AS-QDA-01	563447	9605381	A 580 m al Oeste del AA. HH. Ciudadela Noé
2		AS-QDA-02	563147	9606556	A 1,2 km al Noroeste del punto de muestreo AS-QDA-01 y 148 m al Sureste de la Av. Mariano Santos Quiñones
3		AS-QDA-03	562926	9606957	A 464 m al Noroeste del punto de muestreo AS-QDA-02 y a una distancia de 122 m de la carretera Panamericana (puente Héroes del Cenepa)
4		AS-QDA-04	562928	9607171	A 103 m al norte del puente Héroes del Cenepa (carretera Panamericana) y a 205 m al norte del punto de muestreo AS-QDA-03
5		AS-QDA-04A	562991	9607675	A 506 m al Noroeste del punto de muestreo AS-QDA-04
6	Quebrada Héroes del Cenepa	AS-CN-01	564684	9607024	A 315 m al Sur de la carretera Panamericana
7		AS-CN-02	564612	9606960	A 99 m al Suroeste del punto de muestreo AS-CN-01
8		AS-CN-03	564337	9606716	A 355 m al Suroeste del punto de muestreo AS-CN-02
9		AS-CN-04	564074	9606897	A 325 m al Noroeste del punto de muestreo AS-CN-03
10		AS-CN-06	564041	9607089	A 189 m al Norte del punto de muestreo AS-CN-04
11	Canales que vierten en el estero	AS-CN-08	563524	9607767	A 857 m al Noroeste del punto de muestreo AS-CN-06
12		AS-CN-07	563219	9608073	A 436 m al Noroeste del punto AS-CN-08
13		AS-CN-09	563943	9608593	A 911 m al Noreste del punto de muestreo AS-CN-08
14		AS-CN-10	564178	9607767	A 863 m al Sureste del punto de muestreo



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

N.º	Cuerpo de agua	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS84 zona 19L		Descripción de la zona
			Este (m)	Norte (m)	
	Puerto Rico				AS-CN-09
15		AS-QDA-05	563613	9608766	A 377 km al Noroeste del punto de muestreo AS-CN-09
16		AS-CN-12	563807	9609287	A 725 m al Noroeste del punto de muestreo AS-CN-09
17		AS-CN-13	563041	9609897	A 968 m al Noroeste del punto de muestreo AS-CN-12
18		AS-CN-15	563471	9610050	A 461 m al Noroeste del punto de muestreo AS-CN-13
19		AS-CN-16	564000	9610135	A 535 m al Noreste del punto de muestreo AS-CN-15
20		AS-CN-17	566158	9611480	A 2.5 km al Noreste del punto de muestreo AS-CN-16
21		AS-CN-18	566191	9611482	A 32 m al Noreste del punto de muestreo AS-CN-17

5.2.3 Parámetros y métodos de análisis

Las muestras de agua fueron analizadas por laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Calidad (Inacal), quienes proporcionaron los coolers, frascos y preservantes. Los parámetros y métodos de análisis se detallan en la Tabla 5.10.

Tabla 5.10. Parámetros y métodos de análisis de agua superficial asociada a áreas de cultivo y centros poblados (AA. HH. Mafalda Lama, AA. HH. El Bosque, AA. HH. Las Malvinas), en las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal, y los canales que vierten al estero Puerto Rico

N.º	Parámetro	Método de ensayo	Descripción
1	Pesticidas organoclorados	EPA METHOD 8081 B, Rev. 2 2007	Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography
2	Pesticidas organofosforados	EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014	Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography / Mass Spectrometry (GC/MS)
3	Nitratos	EPA METHOD 300. 1 Rev. 1, 1997 (Validado), 2015	Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography
4	Coliformes termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E 1, 23rd. 2017	Multiple tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)
5	Demanda bioquímica de oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017	Biochemical Oxygen Demand: 5-DAY BOD test
6	Fosfatos	EPA METHOD 300. 1 Rev. 1, 1997 (Validado), 2015	Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography
7	Metales totales, incluye Hg	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry
9	Nitrógeno amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 F, 23rd Ed 2017	Nitrogen (Ammonia): Phenate Method
10	Sólidos suspendidos totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	Solids: Total Suspended Solids Dried at 103-105°C

N.º	Parámetro	Método de ensayo	Descripción
11	Aceites y grasas	ASTM D7066-04 (Validado), 2011	Standard Test Method for dimer/trimer of chlorotrifluoroethylene

5.2.4 Equipos utilizados

Para la evaluación se utilizaron los equipos y las herramientas (modelo, marca y serie) que se detallan en el Anexo 1, correspondiente al reporte de campo.

5.2.5 Aseguramiento de la calidad

El aseguramiento de la calidad en el muestreo consistió en 1 blanco de campo, 1 blanco viajero y 2 duplicados de metales totales; estos duplicados se tomaron con la finalidad de garantizar datos fiables y comparables. Los resultados de los parámetros de control de la calidad de sedimentos se encuentran a detalle en el Anexo 3, correspondiente al reporte de identificación taxonómica.

5.2.6 Procesamiento de datos

La evaluación de la calidad de agua superficial en los 21 puntos de muestreo corresponde a las quebradas Pedregal y Héroes del Cenepa, y a los canales cercanos al estero Puerto Rico y a las langostineras de la zona. Para una mejor presentación de los resultados y el análisis comparativo de los puntos de muestreo, se formaron 3 grupos de acuerdo a su ubicación en cada quebrada y a la cercanía dentro de una misma zona.

GRUPO A: corresponde a los puntos ubicados en la quebrada Pedregal (AS-QDA-01, AS-QDA-02, AS-QDA-03, AS-QDA-04 y AS-QDA-04A); estos puntos reciben vertimientos directos del casco urbano de Tumbes, de los AA. HH. Mafalda Lama, El Bosque y Las Malvinas, así como agua residual de uso agrícola.

GRUPO B: corresponde a los puntos ubicados en la quebrada Héroes del Cenepa (AS-CN-01, AS-CN-02, AS-CN-03, AS-CN-04, AS-CN-06 y AS-CN-08), que en la trayectoria de sus aguas se mezclan con vertimientos residuales domésticos del sistema de alcantarillado de la localidad de Andrés Araujo Morán, así como con aguas residuales agrícolas.

GRUPO C: corresponde al canal que surge de la unión de las quebradas Pedregal y Héroes del Cenepa, cercano a su vez a los centros de producción acuícola de las langostineras (AS-CN-07, AS-CN-09, AS-CN-10, AS-QDA-05, AS-CN12, AS-CN-13, AS-CN-15, AS-CN-16, AS-CN-17 y AS-CN-18). Este canal recibe el agua residual de las pozas de cultivo de los centros de producción acuícola de la zona. Para el presente informe se le denominó "canales del estero Puerto Rico".

La ubicación de los puntos de muestreo de los 3 grupos también se puede verificar en el Anexo 4.

5.2.7 Criterios de evaluación

Los cuerpos de agua evaluados no se encuentran clasificados en la Resolución Jefatural N.º 056-2018-ANA, «Clasificación de cuerpos de Agua Continentales Superficiales», por lo que se consideró el numeral 3.3 del artículo 3º del Decreto Supremo N.º 023-2009-MINAM que indica lo siguiente: Para aquellos cuerpos de agua que no se les haya asignado

categoría de acuerdo a su calidad, se considerará transitoriamente la categoría del recurso hídrico al que tributan.

5.3 Matriz sedimento

Para determinar la calidad del sedimento, se evaluaron 22 puntos de muestreo asociados a los puntos y cuerpos de agua descritos, y para su ubicación se aplicaron los mismos criterios de la matriz de agua superficial.

5.3.1 Guías utilizadas para la evaluación

En el muestreo de sedimento se emplearon las guías de referencia internacional descritas en la Tabla 5.11.

Tabla 5.11. Guías de referencia para el muestreo de sedimentos en zonas asociadas a áreas de cultivo y centros poblados (AA. HH. Mafalda Lama, AA. HH. El Bosque, AA. HH. Las Malvinas), en las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal, y los canales que vierten al estero Puerto Rico

Matriz	Autoridad emisora	País	Referencia	Año	Sección
Sedimento	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC-CCA)	México	Manual de métodos de muestreo y preservación de muestras de las sustancias prioritarias para las matrices prioritarias del PRONAME	2010	Sección 3.4
	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Colombia	Procedimiento para el muestreo de aguas y sedimentos para la determinación de metales	2011	Sección 7.3 Sección 8 Sección 9.2

5.3.2 Ubicación de puntos de muestreo

Se evaluaron las quebradas Pedregal y Héroes de Cenepa, y los canales del estero Puerto Rico. Se muestrearon 22 puntos. La ubicación de los puntos en cada quebrada y el número de puntos evaluados se presentan en la Tabla 5.12 y en el mapa del Anexo 4.

Tabla 5.12. Ubicación de los puntos de muestreo asociados a áreas de cultivo y centros poblados (AA. HH. Mafalda Lama, AA. HH. El Bosque, AA. HH. Las Malvinas), en las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal, y los canales que vierten al estero Puerto Rico

N.º	Cuerpo de agua	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS84 zona 19L		Descripción de la zona
			Este (m)	Norte (m)	
1	Quebrada Pedregal	SED-QDA-01	563447	9605381	A 580 m al Oeste del AA. HH. Ciudadela Noé
2		SED-QDA-02	563147	9606556	A 1,2 km al Noroeste del punto de muestreo AS-QDA-01 y 148 m al Sureste de la Av. Mariano Santos Quiñones
3		SED-QDA-03	562926	9606957	A 464 m al Noroeste del punto de muestreo AS-QDA-02 y a una distancia de 122 m de la carretera Panamericana (puente Héroes del Cenepa)
4		SED-QDA-03A	562889	9606794	A 173 m al Suroeste del punto de muestreo SED-QDA-03
5		SED-QDA-04	562928	9607171	A 103 m al norte del puente Héroes del Cenepa (carretera Panamericana) y a 205 m al norte del punto de muestreo AS-QDA-03 punto de muestreo AS-QDA-03
6		SED-QDA-04A	562991	9607675	A 506 m al Noroeste del punto de muestreo AS-QDA-04



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

N.º	Cuerpo de agua	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS84 zona 19L		Descripción de la zona
			Este (m)	Norte (m)	
7	Quebrada Héroes del Cenepa	SED-CN-01	564684	9607024	A 315 m al Sur de la carretera Panamericana
8		SED-CN-02	564612	9606960	A 99 m al Suroeste del punto de muestreo AS-CN-01
9		SED-CN-03	564337	9606716	A 355 m al Suroeste del punto de muestreo AS-CN-02
10		SED-CN-04	564074	9606897	A 325 m al Noroeste del punto de muestreo AS-CN-03
11		SED-CN-06	564041	9607089	A 189 m al Norte del punto de muestreo AS-CN-04
12		SED-CN-08	563524	9607767	A 857 m al Noroeste del punto de muestreo AS-CN-06
13	Canales que vierten al estero Puerto Rico	SED-CN-07	563219	9608073	A 436 m al Noroeste del punto AS-CN-08
14		SED-CN-09	563943	9608593	A 911 m al Noreste del punto de muestreo AS-CN-08
15		SED-CN-10	564178	9607767	A 863 m al Sureste del punto de muestreo AS-CN-09
16		SED-QDA-05	563613	9608766	A 377 km al Noroeste del punto de muestreo AS-CN-09
17		SED-CN-12	563807	9609287	A 725 m al Noroeste del punto de muestreo AS-CN-09
18		SED-CN-13	563041	9609897	A 968 m al Noroeste del punto de muestreo AS-CN-12
19		SED-CN-15	563471	9610050	A 461 m al Noroeste del punto de muestreo AS-CN-13
20		SED-CN-16	564000	9610135	A 535 m al Noreste del punto de muestreo AS-CN-15
21		SED-CN-17	566158	9611480	A 2,5 km al Noreste del punto de muestreo AS-CN-16
22		SED-CN-18	566191	9611482	A 32 m al Noreste del punto de muestreo AS-CN-17

5.3.3 Parámetros y métodos de análisis

Las muestras de sedimento fueron analizadas por laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Calidad (Inacal), quienes proporcionaron coolers, frascos y preservantes. Los parámetros y métodos de análisis se detallan en la Tabla 5.13.

Tabla 5.13. Parámetros y métodos de análisis en el sedimento asociado a áreas de cultivo y a centros poblados (AA. HH. Mafalda Loma, AA. HH. El Bosque, AA. HH. Las Malvinas), en las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal, y los canales que vierten al estero Puerto Rico

Requerimiento de servicio	Parámetros	Método de Análisis	Laboratorio	N.º de muestras programadas	N.º de muestras ejecutadas	Obs.
2282-2018	Materia orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000; ítem 7.1.7 AS-07. Determinación de Materia Orgánica (AS-07 Walkley y Black). (Validado) 2017	SGS del PERÚ S.A.C.	23	22	-
2283-2018	Metales	EPA 3050	ALS LS	23	22	-



Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Requerimiento de servicio	Parámetros	Método de Análisis	Laboratorio	N.º de muestras programadas	N.º de muestras ejecutadas	Obs.
	Totales por ICP-MS, incluye Hg	B:1996/EPA 6010 B: 1996 EPA 7471 B, Rev 2, February 2007	PERU SAC			
2284-2018	Sulfuros	PEC-4408 Anal. elemental	AGQ Labs	23	22	-
	Análisis granulométrico	PEC-018		23	22	-
	Textura					

5.3.4 Equipos utilizados

Para la evaluación se utilizaron los equipos y las herramientas (modelo, marca y serie) que se detallan en el Anexo 1, correspondiente al reporte de campo.

5.3.5 Aseguramiento de la calidad

El aseguramiento de la calidad en el muestreo consistió en 1 blanco de campo, 1 blanco viajero y 2 duplicados de metales totales; estos duplicados se tomaron con la finalidad de garantizar datos fiables y comparables. Los resultados de los parámetros de control de la calidad de sedimentos se encuentran a detalle en el Anexo 2, correspondiente al reporte de resultados.

5.3.6 Procesamiento de datos

La evaluación de la calidad de sedimento en los 22 puntos de muestreo se analizó siguiendo el mismo criterio de agrupamiento de agua superficial, ver sección 5.2.6.

5.3.7 Criterios de evaluación

Los resultados del muestreo de sedimentos fueron comparados con los valores de la Guía de Calidad Ambiental de Canadá – CEQG (*Canadian Environmental Quality Guidelines–Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life–Fresh Water*)¹³ considerados para sedimentos de agua dulce y porque no se cuenta con una normativa nacional.

En la Tabla 5.14 se presentan los valores de arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc establecidos en la guía canadiense. Según esta guía, cuando se presentan concentraciones por debajo de estos valores no se esperan efectos biológicos adversos: valor ISQG (*Interim Sediment Quality Guideline*); mientras que concentraciones por encima, se encuentran efectos biológicos adversos con frecuencia: valor PEL (*Probable Effect Level*).

¹³

Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life – Fresh water (Guía de calidad ambiental de Canadá para sedimentos en cuerpos de agua dulce). Disponible en: http://www.cme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/

Tabla 5.14. Concentraciones de metales en sedimentos de agua dulce, según la guía canadiense (CEQG)

Parámetro	Guía canadiense (CEQG)		
	ISQG (mg/kg)	PEL (mg/kg)	Año de publicación
Arsénico	5,9	17	1998
Cadmio	0,6	3,5	1997
Cromo	37,3	90	1998
Cobre	35,7	197	1998
Mercurio	0,17	0,486	1997
Plomo	35	91,3	1998
Zinc	123	315	1998

Fuente: *Canadian Environmental Quality Guidelines* (CEQG)

Los resultados de los parámetros evaluados fueron digitalizados y ordenados en una base de datos (Excel), los que fueron comparados con los valores ISQG y PEL de la guía descrita.

6 RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados del monitoreo realizado en 2018, en el marco de evaluación ambiental en el ámbito de los centros de producción acuícola en los distritos y provincias de Tumbes y Zarumilla; estos resultados se ordenan por componente evaluado: calidad de agua, calidad de sedimento, comunidad de macrobentos.

Para un mejor entendimiento de los resultados en cada punto de muestreo, se presenta un esquema general de las principales actividades desarrolladas en los centros de producción acuícola y su entorno; asimismo, se detalla la ubicación de los puntos de muestreo evaluados durante el monitoreo (Figura 4.2, Figura 4.3, Figura 4.4, Figura 4.5).

6.1 Comunidades hidrobiológicas

6.1.1 Fitoplancton

a) Composición taxonómica, riqueza de especies y abundancia

En el área de estudio el ensamble del fitoplancton estuvo representado por 46 especies, agrupadas en 6 phyla, 8 clases, 22 órdenes y 29 familias. El phylum Bacillariophyta registró la mayor riqueza con 33 especies, seguido por el phylum Cyanobacteria con 7 especies; mientras que los phylum Chlorophyta, Charophyta y Euglenozoa registraron la menor riqueza con una especie, cada uno. Los resultados del ensamble del fitoplancton se encuentran detallados en el Anexo 3, correspondiente al reporte final de identificación taxonómica.

En la Figura 6.1 se presentan los resultados de la riqueza de especies del ensamble de fitoplancton por estación de bombeo (EB) y centro de producción acuícola (CPA) Marinazul, Silma, La Fragata y Tumbes. Se observó que los puntos de muestreo en las EB Elanza y Hualtaco registraron la mayor riqueza, con 23 especies; mientras que en la EB La Ramada registró 14 especies.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

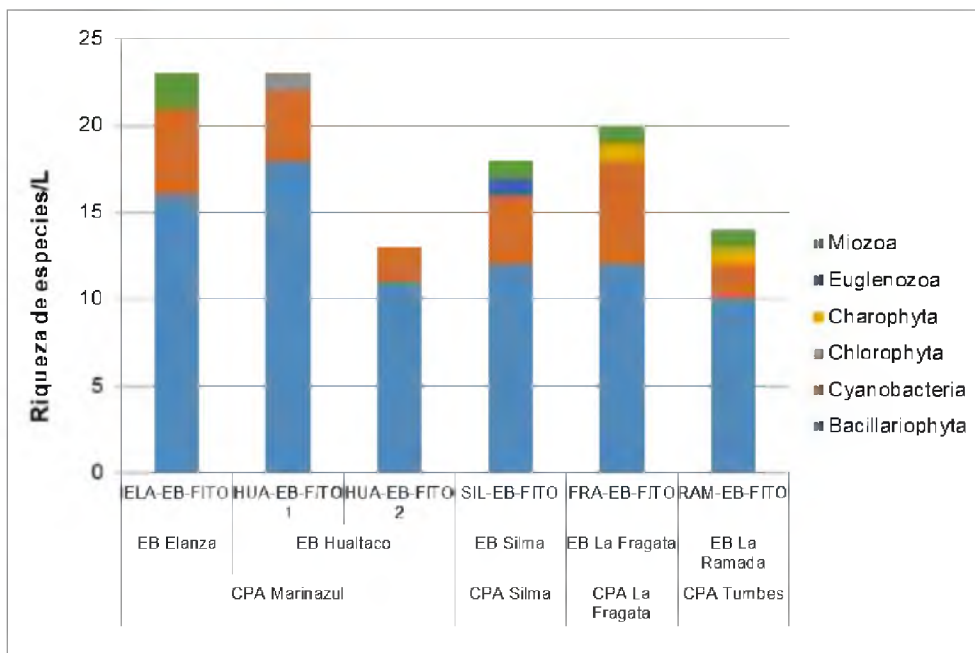


Figura 6.1. Distribución de la riqueza de especies del ensamble de fitoplancton por phylum, para los CPA Marinazul, Silma, La Fragata y Tumbes

En la Figura 6.2 se presentan los resultados de la densidad del ensamble del fitoplancton. Se observó que en la EB Elanza (CPA Marinazul) se registró la mayor densidad, con 19 800 microalgas/L; mientras que en la EB La Ramada (CPA Tumbes) registró la menor densidad, con 6400 individuos/L.

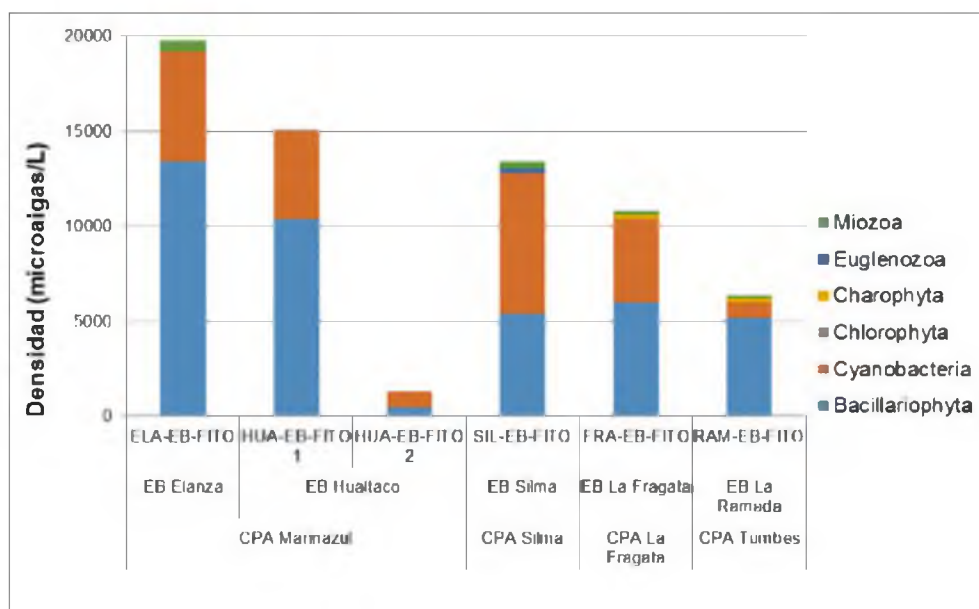


Figura 6.2. Distribución de la densidad del ensamble de fitoplancton por phylum, para los CPA Marinazul, Silma, La Fragata y Tumbes

El punto en la EB Hualtaco (HUA-EB-FITO2) registró los menores valores de riqueza y densidad, en comparación a los demás puntos, explicados por un menor volumen de agua filtrada.

b) Diversidad alfa

En la Tabla 6.1 se presentan los resultados de los índices de diversidad alfa: riqueza de especies, densidad, diversidad de Shannon-Wiener (H'), riqueza de Margalef (d), equidad de Pielou (J') y índice de Simpson ($1-D$), por estación de bombeo (EB) y CPA (Marinazul, Silma, La Fragata y Tumbes). Se observó que los puntos asociados a las EB Elanza y Hualtaco, de la CPA Marinazul, registraron los mayores valores de riqueza de especies, riqueza de Margalef y diversidad de Shannon-Wiener, los cuales se ven reflejados en altos valores del índice de Simpson (0,91); y valores moderados de la equidad de Pielou (0,87-0,88), lo que indica una buena distribución de la abundancia de microalgas.

Tabla 6.1. Índices de diversidad alfa del ensamble de fitoplancton para las estaciones de bombeo y centros de producción acuícola.

Centro de producción Acuícola	Estación de bombeo (EB)	Puntos de muestreo	Riqueza de especies	Densidad	Riqueza de Margalef (d)	Equidad de Pielou (J')	Diversidad de Shannon-Wiener (H')	Índice de Simpson ($1-D$)
Marinazul	Elanza	ELA-EB-FITO	23	19800	2,224	0,8718	3,944	0,9144
	Hualtaco	HUA-EB-FITO 1	23	15040	2,287	0,8852	4,004	0,9108
		HUA-EB-FITO 2	13	1275	1,678	0,7098	2,627	0,7126
Silma	Silma	SIL-EB-FITO	18	13400	1,789	0,8242	3,437	0,8533
La Fragata	La Fragata	FRA-EB-FITO	20	10800	2,046	0,925	3,998	0,9253
Tumbes	La Ramada	RAM-EB-FITO	14	6400	1,483	0,9068	3,452	0,8869

c) Análisis multivariados

En la Figura 6.3, el análisis de NMDS evidenció el agrupamiento del ensamble de fitoplancton para las EB Hualtaco (HUA-EB-FITO1), La Fragata y Silma, presentando una similitud del 50 %; incluso una reducción al 40 % permite el agrupamiento de la EB Elanza. El coeficiente de estrés (0,01) describe un muy buen ordenamiento del ensamble de fitoplancton.

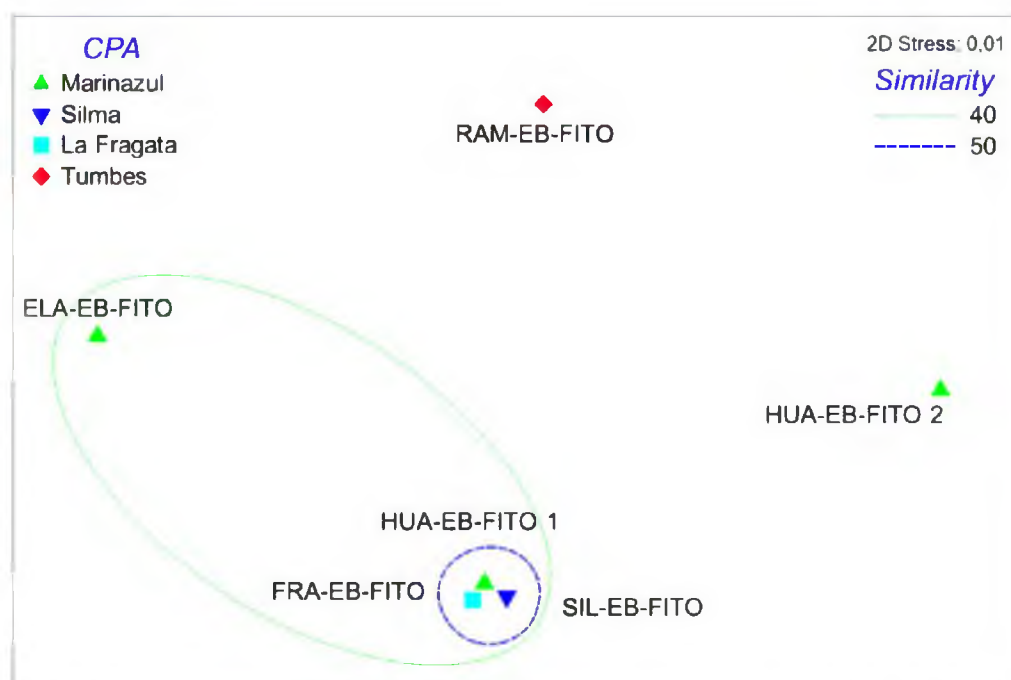


Figura 6.3. Resultados de la ordenación comunitaria NMDS para el ensamble de fitoplancton considerando las estaciones de bombeo (EB) Amazonas (AMA), Hualtaco (HUA), Elanza (ELA), Silma (SIL), La Fragata (FRA) y La Ramada (RAM), en relación a las CPA Marinazul, Silma, La Fragata y Tumbes.

En la Figura 6.4, para determinar cuáles son las especies del ensamble de microalgas que permitieron la segregación de los puntos evaluados, se realizó un análisis de coordenadas principales, identificando una relación directa entre el primer componente (PCO1) y las especie *Surirella* sp. y *Nitzschia* sp. con los puntos de muestreo HUA-EB-FITO2 y RAM-EB-FITO, los cuales presentaron bajos valores de diversidad alfa. Por otro lado, gran parte del ensamble de microalgas, como *Gyrosigma* sp., *Thalassiosira* sp., *Thalassionema* sp., presentaron una relación inversa respecto a los puntos asociados principalmente en los puntos de las EB Hualtaco, EB La Fragata y EB Elanza, en donde se registró una mayor diversidad y riqueza de especies.

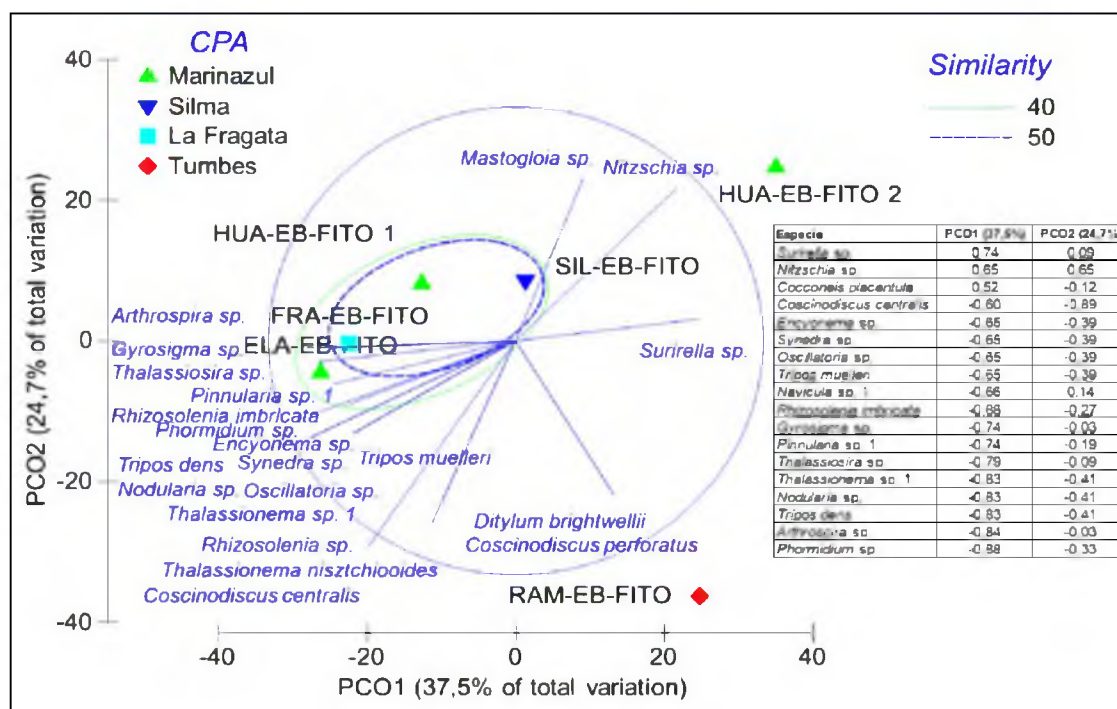


Figura 6.4. Análisis de coordenadas principales (PCO) para el ensamble de fitoplancton para las estaciones de bombeo (EB) Amazonas (AMA), Hualtaco (HUA), Elanza (ELA), Silma (SIL), La Fragata (FRA) y La Ramada (RAM), de las CPA Marinazul, Silma, La Fragata y Tumbes. Se sobreponen las especies que se relacionan con los EB mediante un vector mayor a 0,7 para la correlación de Spearman.

6.1.2 Zooplancton

a) Composición taxonómica, riqueza de especies y abundancia

En todo el muestreo se determinaron un total de 114 diferentes taxas, comprendidas en 8 phyla, 27 órdenes y 74 familias. Los resultados completos del ensamble del zooplancton se encuentran detallados en el Anexo 3, correspondiente al reporte final de identificación taxonómica.

Para el Centro de producción acuícola Marinazul S.A., las especies con mayor frecuencia relativa (FR) fueron los copépodos calanoideos *A. tonsa* y *A. erithraea* (FR=100 %), seguidos de las larvas de decápodos de la familia Ocypodidae, y los quetognatos representantes de la familia Sagittidae (FR=88 %), y el calanoideo *Parvocalanus crassirostris* y los huevos de peces del orden Perciformes (FR=82 %).

Para el CPA La Fragata S.A., las especies con mayor FR fueron los copépodos calanoideos *A. tonsa*, y los copépodos cyclopoideos *Acanthocyclops* sp. y *Hemicyclops* sp.



(FR=100 %), seguidos del copépodo calanoideo *A. erithraea*, y el cyclopoideo *Metacyclops* sp. (FR=83,3 %), y el poliqueto de la familia Syllidae (FR=66,6 %).

En el CPA Langostinera Tumbes S.A. se encontraron principalmente los copépodos calanoideos *A. tonsa*, *A. erithraea* y *Paracalanus parvus*, y las larvas de mysidáceos de la familia Mysidae (FR=100 %), también fueron frecuentes los copépodos calanoideos *P. crassirostris*, las larvas de decápodos de la familia Ocypodidae y los cladóceros *Evadne nordmanni* (FR=87,5 %).

Para el CPA Inversiones Silma S.A., las especies con mayor FR fueron los copépodos calanoideos *A. tonsa*, (FR=100 %), seguidos de los copépodos calanoideos *P. parvus* y *P. crassirostris*, como también las larvas de decápodo de la familia Ocypodidae (FR=66,6 %).

Según el muestreo realizado se obtuvieron dos enfoques para analizar la riqueza y abundancia de la comunidad del zooplancton, cualitativa y cuantitativamente.

El análisis cuantitativo permitió cuantificar el número de organismos encontrados en cada estación de bombeo (EB) (Figura 6.5a). De esta manera, se observa que la EB Hualtaco es la que presenta mayor densidad de zooplancton en comparación con el resto, y que, la EB Amazonas y Fragata mostraron las menores densidades por m³ para este muestreo.

Por su parte, el análisis cualitativo muestra que empresa presenta la mayor riqueza de especies en este muestreo. La EB Ramada presenta la mayor riqueza respecto a las demás, seguida de las EB Amazonas y Elanza. La EB Silma presentó la menor riqueza, debido principalmente a que en esta EB no se muestrearon las zonas de material retenido MR (Figura 6.5b). En ambos enfoques y para todos los administrados el phylum más representativo es Arthropoda, compuesto principalmente por copépodos.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

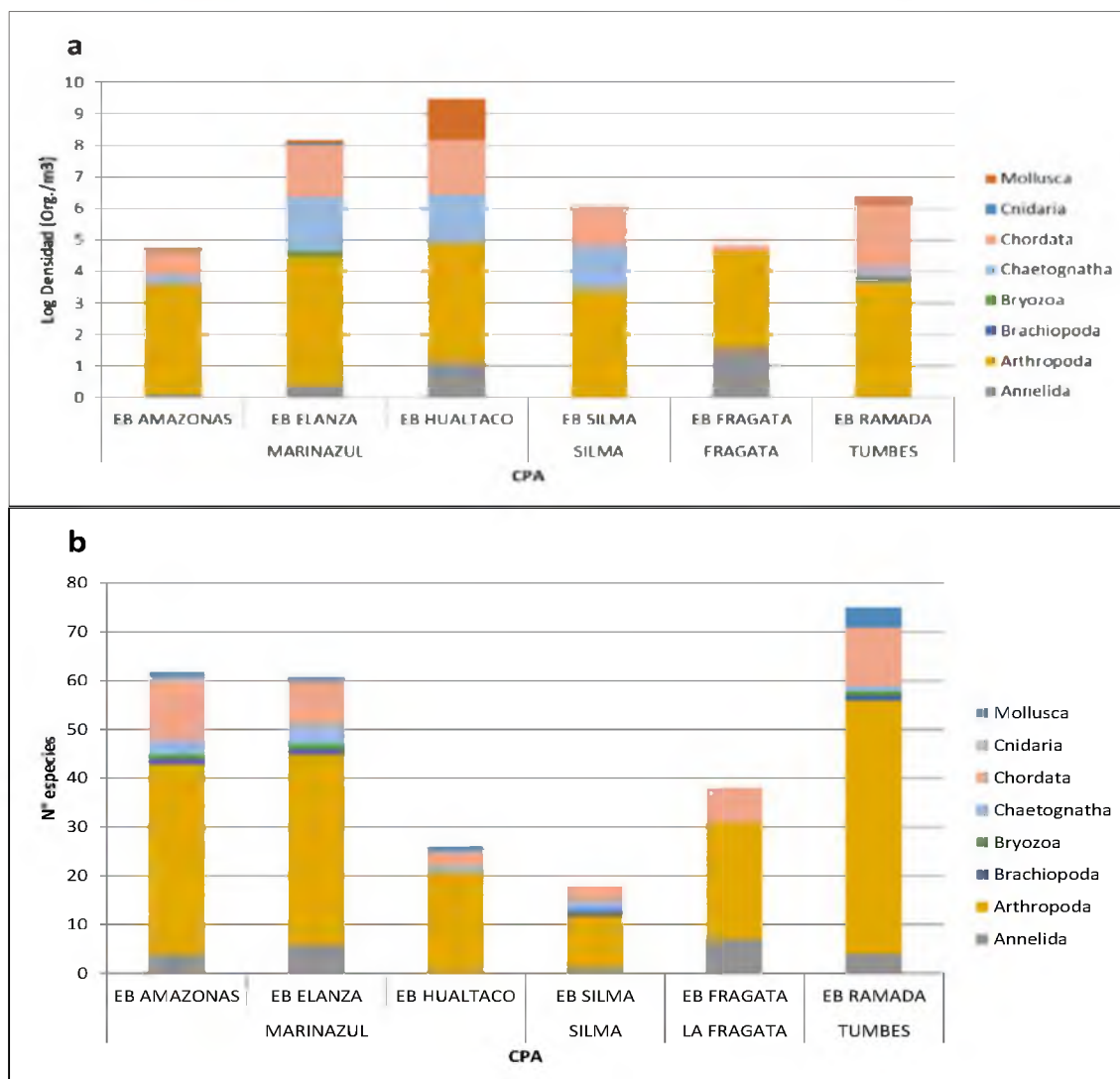


Figura 6.5. Barplot apilado de la variación de la abundancia y densidad del zooplancton por phylum respecto a cada EB. a: Abundancia total encontrada en el análisis cualitativo y b: Log Densidad total encontrada en el análisis cuantitativo. Cada color representa los phyla encontrados en este estudio

En cuanto al análisis cuantitativo, también se comparó la densidad de individuos por especie y en total para las zonas de filtración E, F2 y F3; no se consideró MR ya que no se cuenta con información del volumen filtrado para estas muestras. Se realizó un análisis global para todas las EB comparando las densidades obtenidas en la zona F3 y F2 y no se obtuvieron diferencias significativas para ninguna EB (Kruskal-Wallis chi-squared=1,1808, p-value=0,5541).

La especie más frecuente y abundante fue el copépodo calanoideo *Acartia tonsa*, con una densidad promedio de 1144 ind/m³ para todas las empresas evaluadas; excepto para el CPA La Fragata S.A., donde fue el copépodo ciclopoideo *Acanthocyclops spp.* con una densidad promedio de 310 ind/m³ (Figura 6.6).

En el CPA Marinazul, se observa que la especie con mayor densidad relativa (DR) es *A. tonsa* para todas las zonas y todos los EB (DR>50 % en todos puntos de muestreo), por lo tanto, esta especie fue considerada como referente de la eficiencia del filtro 3 (MR), teniendo como resultado que para la EB Elanza la densidad de *A. tonsa* en el F3 fue el

31,1 % de la del F2, y en la EB Hualtaco fue 47,4 %. En la EB Amazonas no se contaba con valores de densidad para el F2. En esta EB también fueron representativas las larvas de Ocypodidae (DR>10 %).

Como ya se mencionó el CPA Silma solo contó con muestreos en la zona E y F2, así que se realizó el análisis entre estas dos zonas solo para este caso. Se determinó que la densidad de *A. tonsa* en F2 representa el 43,3 % de lo encontrado en E.

Para el CPA La Fragata el análisis fue distinto ya que la especie más abundante para esta EB fue *Acanthocyclops sp.* (DR>50 % en todas las muestras excepto en E). Además, el F3 presenta una mayor densidad de esta especie que el F2 (282,7 %). En esta EB también fueron representativas las larvas de Ocypodidae, y los copépodos *Metacyclops sp.* y *Hemicyclops sp.* principalmente.

En el CPA Tumbes la especie con mayor DR fue *A. tonsa* en la zona E y F2 (DR>50 %), pero en F3 la especie dominante fue *Paracalanus parvus*. Para el caso de *A. tonsa* la densidad en F3 fue el 31,6 % de la de F2, mientras que para *P. parvus* el porcentaje fue 100 %, ya que no se registraron individuos en F2 ni en E. El copépodo calanoideo *Parvocalanus crassirostris* también fue representativo para esta EB (DR>10).

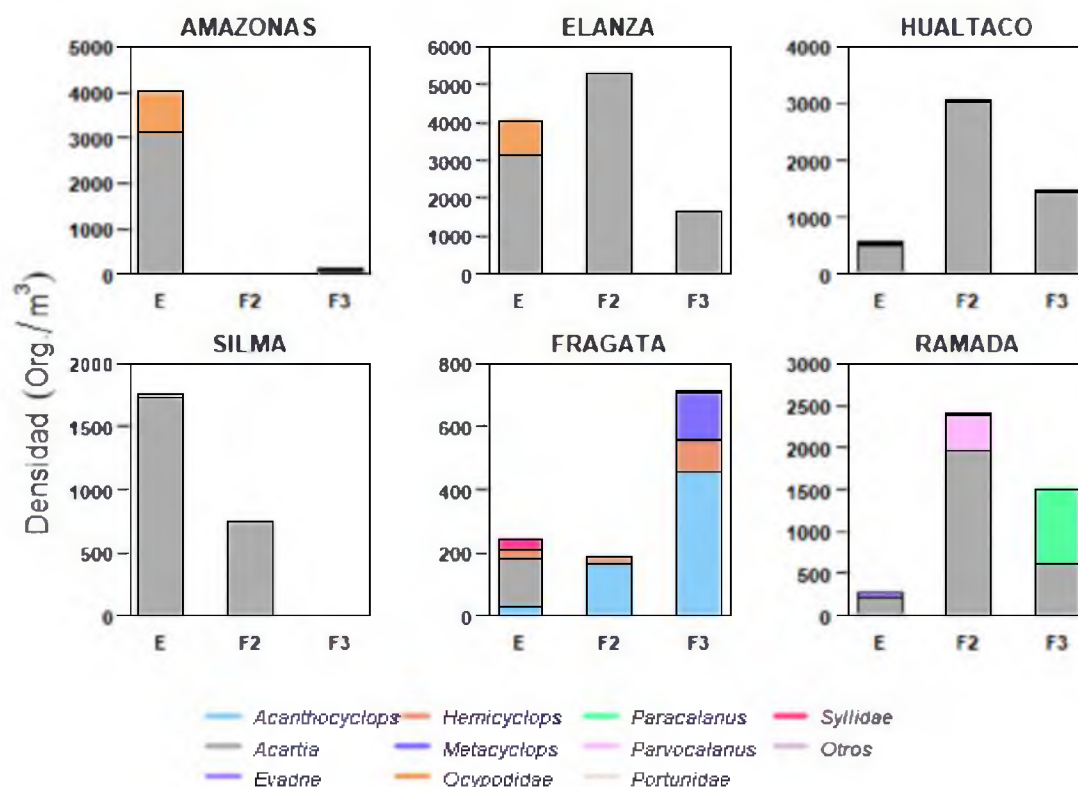


Figura 6.6. Barplot apilado de la comparación de la densidad de especies (organismos/m³) respecto a las zonas de filtración (eje X) para cada EB. Se muestran las especies más frecuentes y a su vez con abundancia relativa mayor al 10 %

b) Diversidad alfa

En la Tabla 6.2, se presentan los resultados de los índices de diversidad alfa: riqueza de especies, diversidad de Shannon-Wiener (H'), riqueza de Margalef (d), equidad de Pielou (J') e índice de Simpson ($1-D$), por filtro, estación de bombeo (EB) y Centro de Producción Acuicola (CPA).

Se observó que los puntos asociados a las EB Ramada y la EB Amazonas, registraron los mayores valores de riqueza de especies, riqueza de Margalef y diversidad de Shannon-Wiener, los cuales se ven reflejados en altos valores del índice de Simpson (0,84 y 0,77 respectivamente); y valores moderados de la distribución de la abundancia de individuos por especie (equidad de Pielou: 0,56 y 0,52 respectivamente).

Tabla 6.2. Índices de diversidad alfa correspondiente a la comunidad del zooplancton según la estación de bombeo (EB) y centros de producción acuícola

CPA	EB	FILTRO	Riqueza de especies (S)	Riqueza de Margalef (d)	Equidad de Pielou (J')	Diversidad de Shanon - Wiener (H')	Índice de Simpson (1-D)
MARINAZUL	AMAZONAS	FILTRO 2	37	3.31	0.08	0.3	0.09
MARINAZUL	AMAZONAS	FILTRO 3	38	3.81	0.11	0.38	0.12
MARINAZUL	AMAZONAS	MR	42	3.12	0.52	1.93	0.77
MARINAZUL	ELANZA	FILTRO 2	29	2.75	0.12	0.39	0.14
MARINAZUL	ELANZA	FILTRO 3	36	3.44	0.15	0.56	0.2
MARINAZUL	ELANZA	MR	48	3.73	0.41	1.6	0.55
MARINAZUL	HUALTACO	FILTRO 2	23	1.68	0.47	1.46	0.7
MARINAZUL	HUALTACO	FILTRO 3	18	2.05	0.29	0.83	0.31
MARINAZUL	HUALTACO	MR	24	1.53	0.24	0.75	0.31
LA FRAGATA	FRAGATA	FILTRO 2	18	2.36	0.25	0.71	0.34
LA FRAGATA	FRAGATA	FILTRO 3	25	2.27	0.38	1.23	0.61
LA FRAGATA	FRAGATA	MR	17	1.74	0.32	0.9	0.39
TUMBES	RAMADA	FILTRO 2	32	2.64	0.31	1.08	0.51
TUMBES	RAMADA	FILTRO 3	48	4.03	0.26	1.01	0.54
TUMBES	RAMADA	MR	42	3.78	0.56	2.09	0.84
SILMA	SILMA	FILTRO 2	18	1.56	0.11	0.32	0.12

c) Análisis multivariado

El análisis de escalamiento multidimensional no paramétrico (NMDS), a partir de las abundancias promedio, muestra una clara separación entre dos grupos de puntos de muestreo al 80 % de similitud. El primer grupo conformado únicamente con puntos de la EB Fragata, el segundo con los demás puntos de las demás EB (Figura 6.7). La prueba ANOSIM de una vía encontró diferencias significativas entre los sitios con cierto solapamiento ($p < 0,01$; $R=0,78$). El coeficiente de estrés (0,04i) describe un buen ordenamiento del ensamble de zooplancton, según Kruskal (1964).

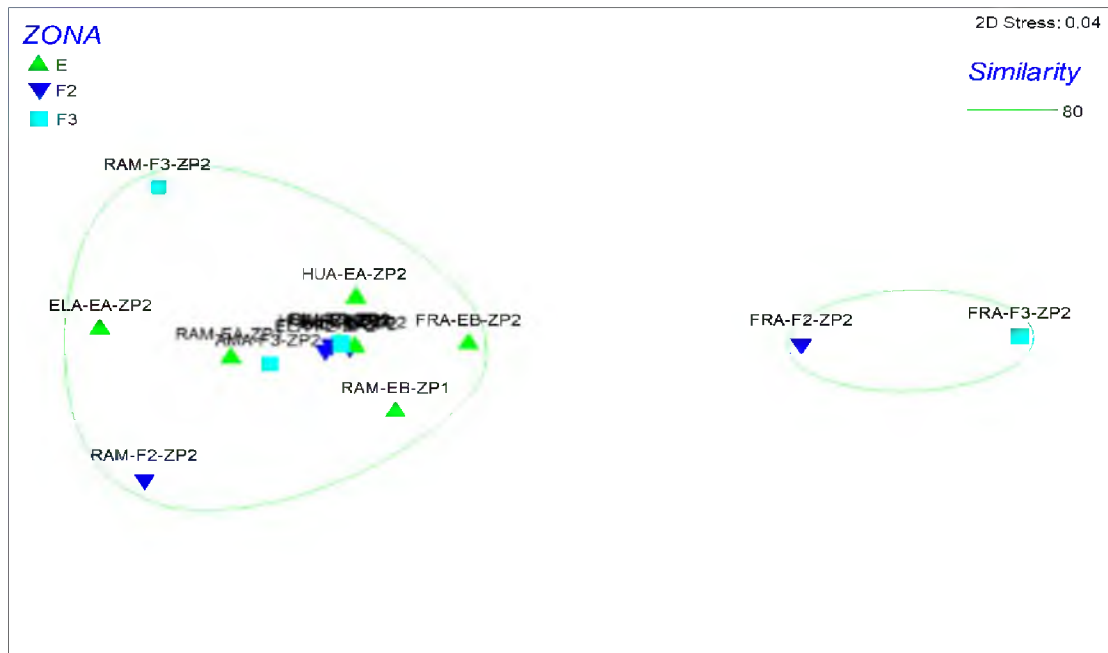


Figura 6.7. Ordenamiento tipo NMDS para los puntos de muestreo correspondientes a cada EB según la comunidad de zooplancton. Los colores representan cada zona de filtración y las elipses verdes agrupan los puntos que presentaron una similitud mayor al 80 %

Por otro lado, si se considera como factor qué zona de filtración hace referencia cada punto (E, verde; F2, azul; F3, celeste y MR, amarillo; Figura 6.7) entonces no existe diferenciación a nivel de este factor, como muestra la figura ($p < 0,39$; $R = 0,04$). Esto, acorde a los análisis previos, confirmaría que no existe una clara diferenciación entre lo obtenido en F3 respecto a F2, para ninguna EB de este estudio.

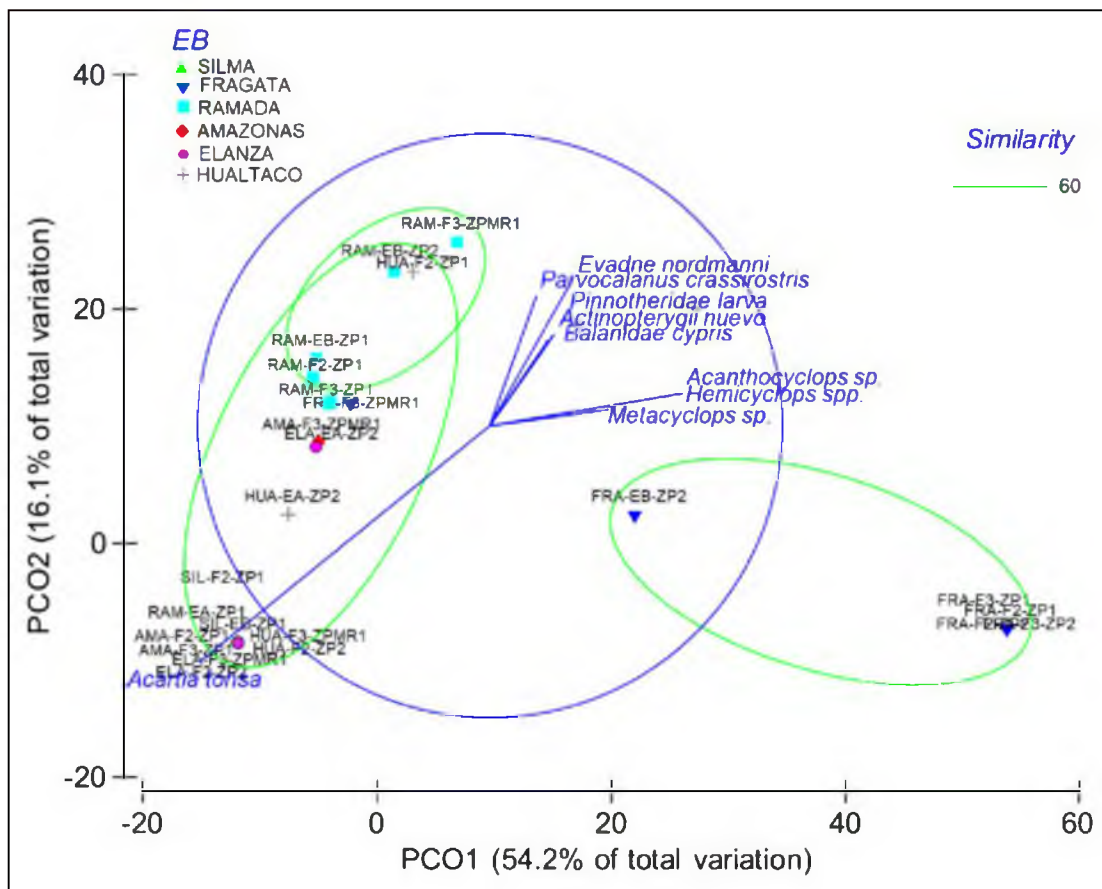


Figura 6.8. Ordenamiento tipo PCO para los puntos de muestreo correspondientes a cada EB según la comunidad de zooplancton. Los colores representan cada EB y las elipses verdes agrupan los puntos que presentaron una similitud mayor al 60 %. Se sobreponen las especies que se relacionan con los EB mediante un vector mayor a 0,35 para la correlación de Spearman

Para determinar cuáles son las especies del ensamble de zooplancton que permitieron la segregación de los puntos evaluados, se realizó un análisis de coordenadas principales identificando una relación negativa entre y la especie *A. tonsa* y la primera coordenada (PCO1 asociado a puntos de baja diversidad y a hábitat de fondo) con una correlación de Spearman de -0,35. En cambio las especies de los géneros *Acanthocyclops*, *Hemicyclops* y *Metacyclops* presentan una relación positiva (Spearman: 0,66, 0,66 y 0,4 respectivamente) con esa misma coordenada (Figura 6.8).

d) Aspectos ecológicos

Como parte del análisis del posible efecto ecológico – pesquero de las bombas de succión sobre la comunidad del plancton se han utilizado rasgos funcionales de las principales especies encontradas en este estudio, basados en la literatura especializada (Boltovskoy, 1999; Kiorboe, 2011) (Tabla 6.3).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Tabla 6.3. Aspectos ecológicos – pesqueros de las principales especies y taxones encontrados en todo el estudio

Taxa	Importancia Comercial	Permanencia en el plancton	Tipo de alimentación	Hábitat Asociado
Penaeidae larva	ICD	Meroplancton	Filtrador	Superficie
Achiridae larva	ICP	Ictioplancton	Filtrador	Superficie
Actinopterygii huevo	ICP	Ictioplancton	Filtrador	Superficie
<i>Anchoa nasus</i>	ICP	Ictioplancton	Filtrador	Superficie
<i>Atherinella sp.</i>	ICP	Ictioplancton	Filtrador	Superficie
Atherinidae larva	ICP	Ictioplancton	Filtrador	Superficie
Bivalvo larva	ICP	Meroplancton	Filtrador	Superficie
Blenniidae larva	ICP	Ictioplancton	Filtrador	Superficie
<i>Callinectes sp.</i>	ICP	Meroplancton	Filtrador	Superficie
Centropomidae larva	ICP	Ictioplancton	Filtrador	Superficie
Cichlidae larva	ICP	Ictioplancton	Filtrador	Superficie
Clupeidae larva	ICP	Ictioplancton	Filtrador	Superficie
Eleotridae larva	ICP	Ictioplancton	Filtrador	Superficie
<i>Engraulis ringens</i> huevos y larvas	ICP	Ictioplancton	Filtrador	Superficie
Gobiidae larva	ICP	Ictioplancton	Filtrador	Superficie
Haemulidae larva	ICP	Ictioplancton	Filtrador	Superficie
<i>Larimus sp.</i>	ICP	Ictioplancton	Filtrador	Superficie
<i>Mugil sp.</i>	ICP	Ictioplancton	Filtrador	Superficie
Ocypodidae larva	ICP	Meroplancton	Filtrador	Superficie
Perciformes huevos y larvas	ICP	Ictioplancton	Filtrador	Superficie
Portunidae larva	ICP	Meroplancton	Filtrador	Superficie
Tetraodontidae larva	ICP	Ictioplancton	Filtrador	Superficie
Actinopterygii huevo	ICP	Ictioplancton	Filtrador	Superficie
Ocypodidae larva	ICP	Meroplancton	Filtrador	Superficie
Perciformes huevo	ICP	Ictioplancton	Filtrador	Superficie
Portunidae larva	ICP	Meroplancton	Filtrador	Superficie
<i>Acanthocyclops sp.</i>	SI	Holoplancton	Depredador	Fondo
<i>Acartia erithraea</i>	SI	Holoplancton	Filtrador	Superficie
<i>Acartia tonsa</i>	SI	Holoplancton	Filtrador	Superficie
Balanidae cypris	SI	Meroplancton	Filtrador	Superficie
<i>Ditrichocorycaeus sp.</i>	SI	Holoplancton	Depredador	Superficie
<i>Evadne nordmanni</i>	SI	Holoplancton	Suspensívoro	Superficie
<i>Hemicyclops spp.</i>	SI	Holoplancton	Depredador	Fondo
<i>Metacyclops sp.</i>	SI	Holoplancton	Depredador	Fondo
<i>Paracalanus parvus</i>	SI	Holoplancton	Filtrador	Superficie
<i>Parvocalanus crassirostris</i>	SI	Holoplancton	Filtrador	Superficie
Pinnotheridae larva	SI	Meroplancton	Filtrador	Superficie
Syllidae Larva	SI	Meroplancton	Filtrador	Superficie

Como parte del análisis cualitativo se evaluó si existe algún efecto de la filtración en el hábitat del zooplancton, tomándose en cuenta las especies asociadas a la columna de agua (superficie) y las asociadas al sustrato (fondo) (Figura 6.9).

En el CPA Marinazul se encontraron altos valores de abundancia relativa ($AR > 50\%$) para las especies asociadas a superficie y las especies de fondo tuvieron poca representación para todas las zonas de filtración. Los mismos resultados se obtuvieron para las CPA Silma y La Ramada.

En cambio, en la CPA La Fragata, F2 y F3 tuvieron mayor representación de especies asociadas al fondo ($AR > 50\%$), aunque en MR las especies superficiales tuvieron una abundancia mayor luego de todo el ciclo de bombeo.

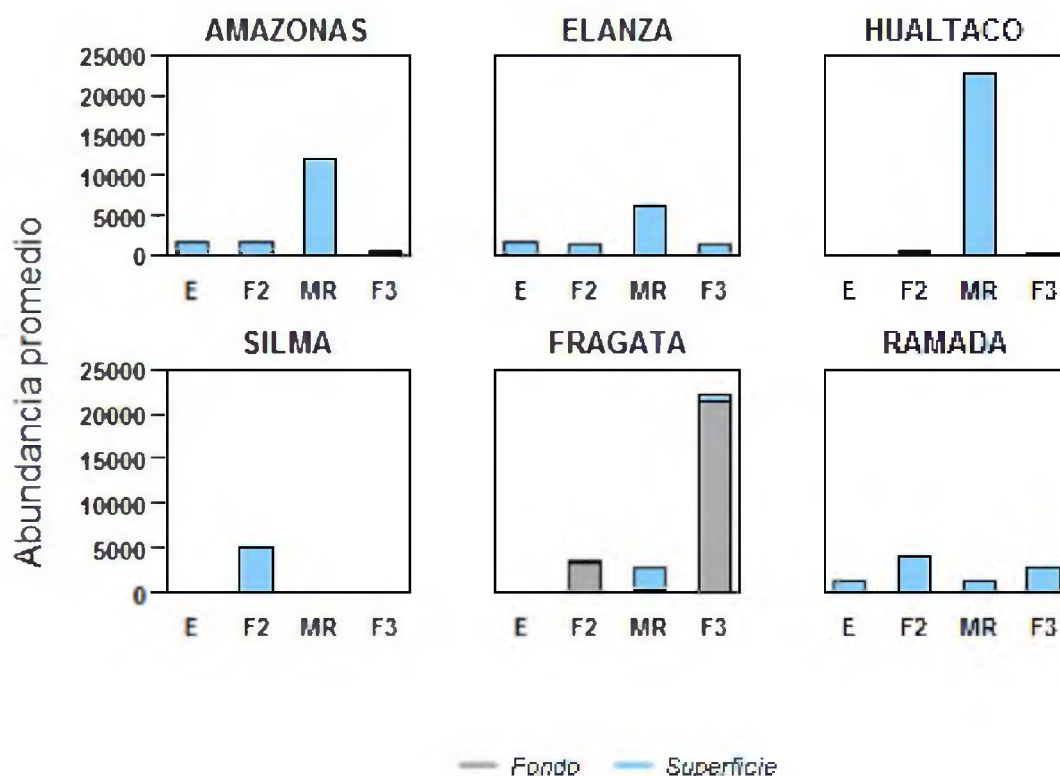


Figura 6.9. Stacked Barplot de la comparación de la abundancia promedio (organismos totales) de las especies asociadas a la columna de agua (Superficie) y las asociadas al sustrato (Fondo) con respecto a las zonas de filtración (eje X) para cada EB.

También se evaluó el posible efecto de las bombas en las especies de importancia comercial presentes en la comunidad del zooplancton para el presente estudio (Figura 6.10). Las larvas de langostino de la familia Pennaeidae son el único taxón que se ha considerado con importancia comercial propiamente dicha, ya que, son capturados por los pobladores de la zona, para ser engordados y vendidos (Llanos et al. 1998). En cambio, los demás taxones en este análisis (ver leyenda de la Figura 6.10), son considerados de importancia comercial potencial (ICP), ya que están conformados por huevos y/o larvas de familias que contienen especies de importancia comercial (Tabla 6.3).

Las principales abundancias de las larvas de Pennaeidae se presentaron en todas las EB, aunque tuvieron poca representación en la EB Fragata, mientras que los organismos con ICP se encontraron proporcionalmente entre las zonas de filtración para todas las EB, sin mostrar dominancia de su abundancia relativa entre ellos. Cabe resaltar que no se observó diferencia aparente entre lo encontrado en el F3 con el F2.

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

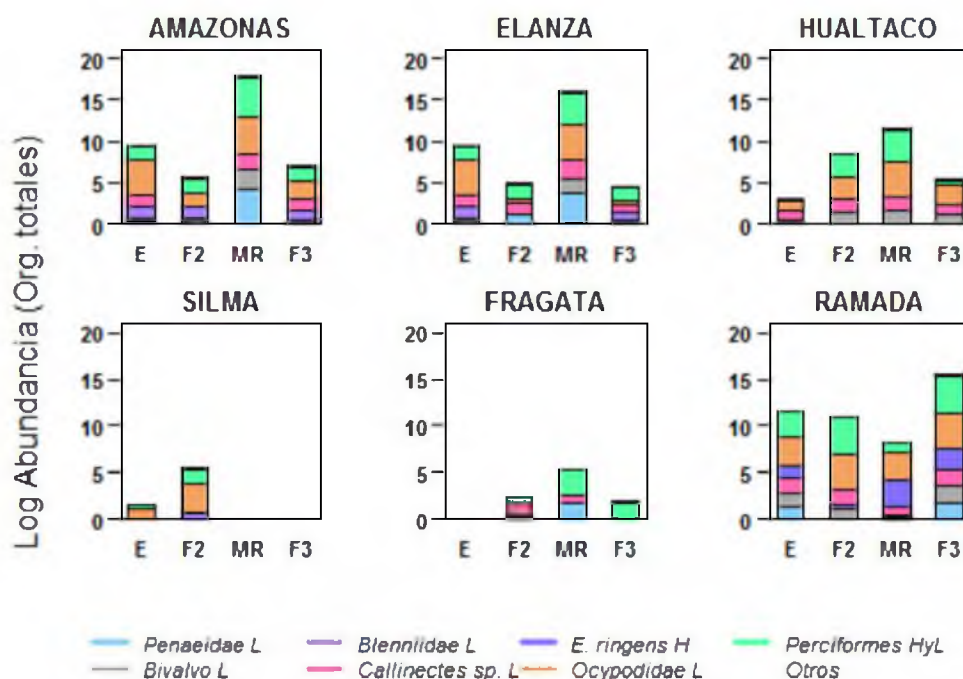


Figura 6.10. Stacked barplot de la comparación del logaritmo de la abundancia (organismos totales) de las especies consideradas de importancia comercial respecto a las zonas de filtración (eje X) para cada EB. En la leyenda: L = larvas y H = huevos.

6.1.3 Bentos

a) Composición taxonómica, riqueza de especies y abundancia

CPA Marinazul

En las tres estaciones de bombeo analizadas en el CPA Marinazul, se colectó un total de 807 individuos, los cuales estuvieron distribuidos en siete phyla, ocho clases, 19 órdenes, 38 familias, 41 géneros y 66 especies. Los phyla más diversos fueron Annelida y Arthropoda, con un total de 24 y 27 especies. Al mismo tiempo estos filos fueron los más abundantes con 134 y 617 individuos respectivamente. Los resultados completos del ensamble del bentos se encuentran detallados en el Anexo 3, correspondiente al reporte de identificación taxonómica.

En la Tabla 6.4 se presenta la distribución por phylum de riqueza y abundancia en el entorno de las estaciones de bombeo del centro de producción acuícola Marinazul. La EB Hualtaco presentó la mayor riqueza y abundancia, con 39 especies y 408 individuos respectivamente; seguida de la EB Elanza, que presentó 149 individuos distribuidas en 39 especies; por último, la EB Amazonas presentó 250 individuos distribuidos en 35 especies.

Tabla 6.4. Distribución de riqueza y abundancia por Phylum en las estaciones de bombeo del CPA Marinazul

Phylum	EB Amazonas		EB Elanza		EB Hualtaco		Total	
	Riqueza	Abundancia	Riqueza	Abundancia	Riqueza	Abundancia	Riqueza	Abundancia
Annelida	12	30	15	60	10	44	24	134
Arthropoda	17	208	13	63	21	346	27	617
Chordata	1	5	1	9	1	10	1	24
Cnidaria	1	2	0	0	0	0	1	2

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Phylum	EB Amazonas		EB Elanza		EB Hualtaco		Total	
	Riqueza	Abundancia	Riqueza	Abundancia	Riqueza	Abundancia	Riqueza	Abundancia
Echinodermata	1	1	1	1	0	0	1	2
Hemichordata	0	0	0	0	1	2	1	2
Mollusca	3	4	9	16	6	6	11	26
Total	35	250	39	149	39	408	66	807

• EB Hualtaco

En la Figura 6.11 se observa la distribución del macrobentos en los esteros y el material retenido en los filtros de la EB Hualtaco. En el estero, el punto control presentó una menor diversidad, pero mayor abundancia que el punto ubicado en el entorno inmediato a la bomba. El material retenido en el filtro 2 estuvo compuesto por 12 especies con una abundancia de 73 individuos. El material retenido en el filtro 3 estuvo conformado por 15 especies y una abundancia de 260 individuos. Los resultados completos del ensamble del bentos se encuentran detallados en el Anexo 3, correspondiente al reporte final de identificación taxonómica.

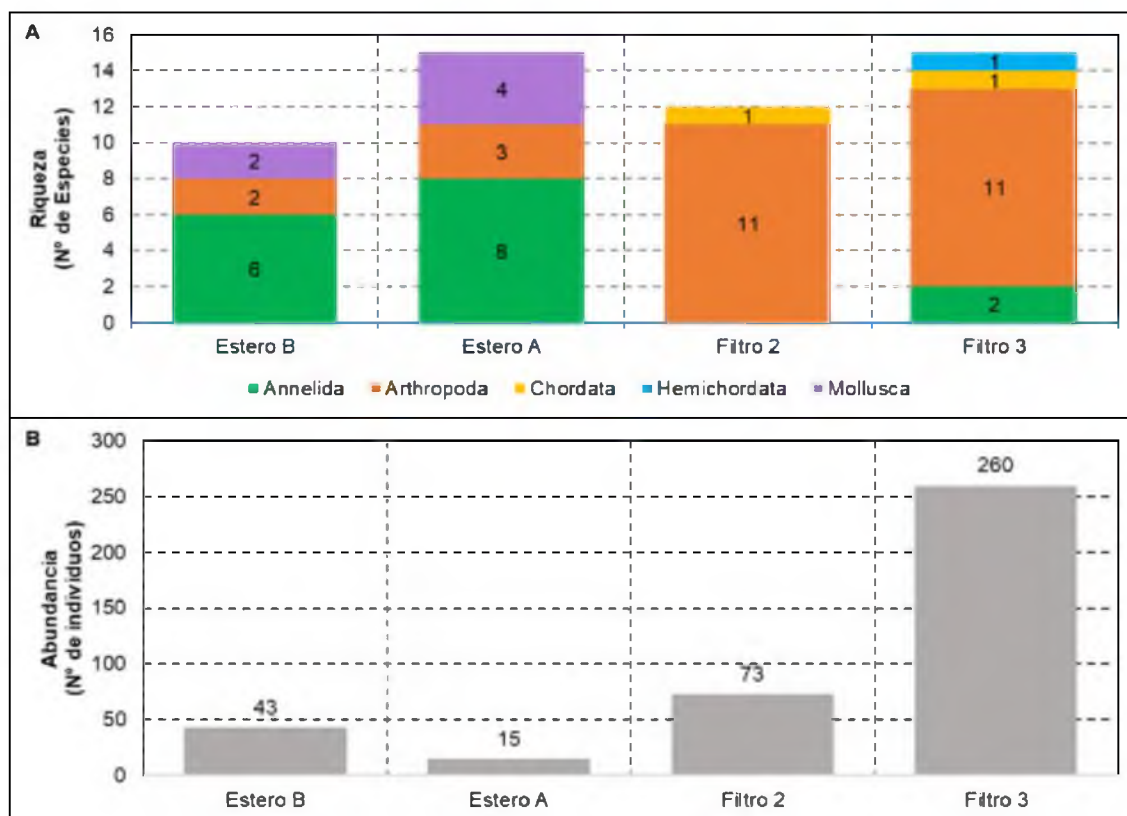


Figura 6.11. Distribución de la riqueza (A) y abundancia (B) en el estero y los filtros de la EB Hualtaco

En la EB Hualtaco, el poliqueto *Chaetozone* sp. estuvo presente en los puntos del estero y en el material retenido del filtro 3. El crustáceo *Uca* sp. estuvo presente en los puntos del estero y en el material retenido en el filtro 2, asimismo, el crustáceo *Pennaeus* cf. *vannamei* (juvenil) estuvo presente en el punto cercano a la bomba del estero y en el material retenido en el filtro 2 y el filtro 3.

En el material retenido en el filtro 2 destacó el crustáceo *Penaeus* cf. *stylirostris*, debido a que fue el taxón dominante en este filtro (40 individuos)). Por otro lado, en el filtro 3 dominó el isópodo *Excirolana* sp. con 184 individuos.

• EB Elanza

En la Figura 6.12 se observa la distribución del macrobentos en los esteros y el material retenido en los filtros de la EB Elanza. En el estero, el punto control presentó una mayor diversidad y abundancia, que el punto ubicado en el entorno inmediato a la bomba. El material retenido en el filtro 2 estuvo compuesto por 11 especies con una abundancia de 34 individuos. El material retenido en el filtro 3 estuvo conformado por 10 especies y una abundancia de 27 individuos. Los resultados completos del ensamble del bentos se encuentran detallados en el Anexo 3, correspondiente al reporte de identificación taxonómica.

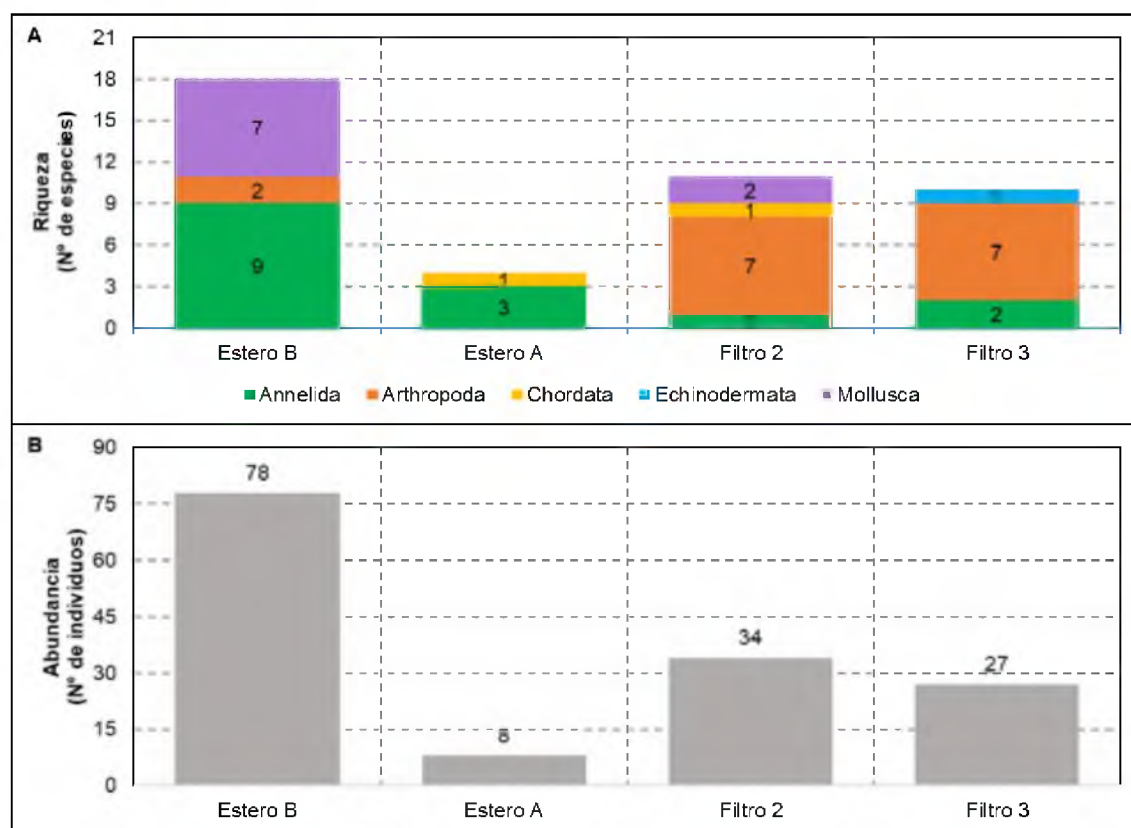


Figura 6.12. Distribución de la riqueza (A) y abundancia (B) en el estero y los filtros de la EB Elanza

En esta estación de bombeo no se encontró organismos del estero que hayan sido retenidos en el filtro 2 o el filtro 3. Sin embargo, debido a su abundancia destacan los oligoquetos (4 individuos) y el poliqueto *Owenia* sp. (25 individuos). En el filtro 2 se observó la dominancia de juveniles de peces no determinados (8 individuos) y el crustáceo *Callinectes toxotes*. Por último, en el filtro 3 destacó la presencia de *Pennamei* cf. *vannamei* (juvenil) con 12 individuos.

• EB Amazonas

En la Figura 6.13 se observa la distribución del macrobentos en los esteros y el material retenido en los filtros de la EB Amazonas. En el estero, el punto control presentó una

mayor diversidad y abundancia (18 especies y 78 individuos), que el punto ubicado en el entorno inmediato a la bomba (12 especies y 28 individuos). El material retenido en el filtro 2 estuvo compuesto por 12 especies con una abundancia de 31 individuos. El material retenido en el filtro 3 estuvo conformado por 18 especies y una abundancia de 165 individuos. Los resultados completos del ensamble del bentos se encuentran detallados en el Anexo 3, correspondiente al reporte de identificación taxonómica.

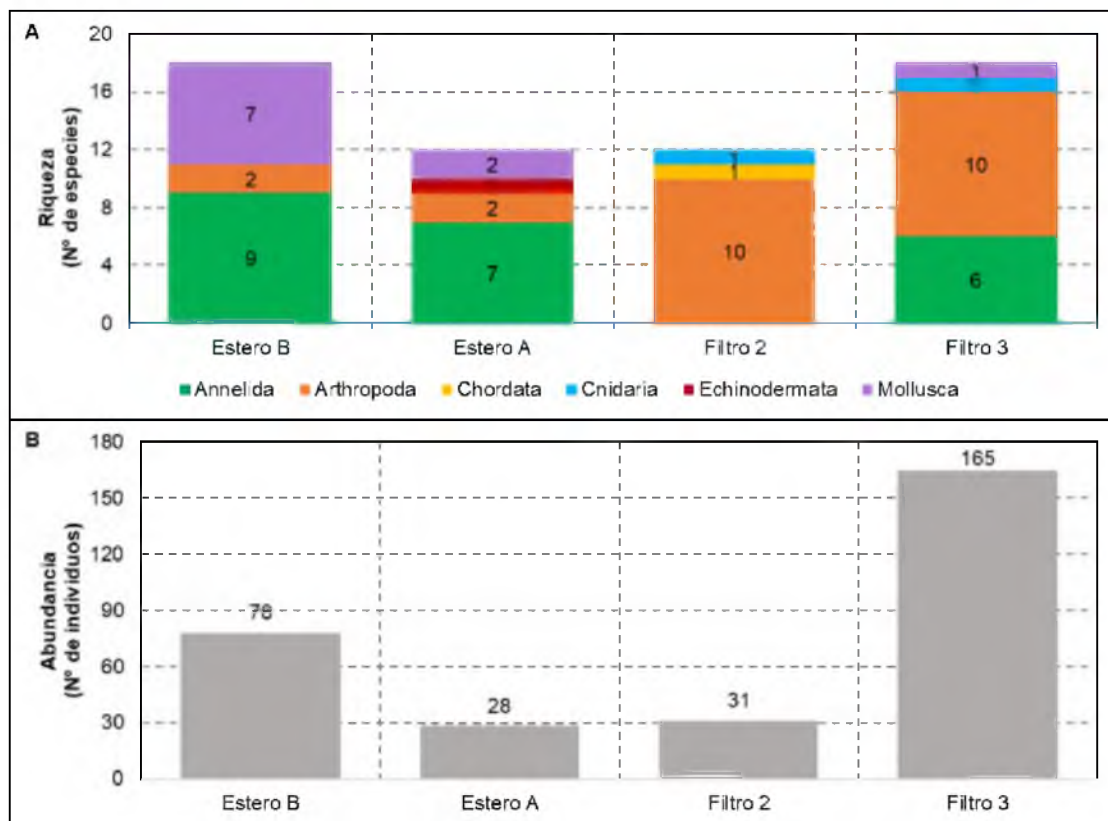


Figura 6.13. Distribución de la riqueza (A) y abundancia (B) en el estero y los filtros de la EB Amazonas

En esta estación de bombeo el isópodo *Excirolana* sp. estuvo presente en el punto del estero cercano a la bomba y en el material retenido del filtro 2 y el filtro 3.

Debido a su abundancia destacan los poliquetos *Owenia* sp. (25 individuos) y *Capitella capitata* 89 individuos). En el filtro 2 se observó la dominancia de juveniles de peces no determinados (8 individuos) y el crustáceo *Gonoipsis pulchra*. Por último, en el filtro 3 destacó la presencia de *Pennaeus* cf. *vannamei* (juvenil), con 97 individuos.

CPA Silma

En la EB Bomba 1, del CPA Inversiones Silma, se colectó un total de 4854 individuos, los cuales estuvieron distribuidos en cuatro phyla, seis clases, seis órdenes, 11 familias 10 géneros y 17 especies. El phylum más diverso y abundante fue Arthropoda, con una riqueza de 11 especies y una abundancia de 4822 individuos. Los resultados completos del ensamble del bentos se encuentran detallados en el Anexo 3, correspondiente al reporte de identificación taxonómica.

En la Figura 6.14 se observa la distribución del macrobentos en los esteros y el material retenido en los filtros de la EB Bomba 1. En el estero, el punto control presentó 6

individuos y una riqueza de dos especies. El punto ubicado en el estero, en el entorno de la estación de bombeo presentó solo dos individuos y dos especies. Se precisa que en esta estación de bombeo solo se observó un tipo de filtro que provenía de las pozas de la bomba de succión y en el material retenido en este filtro se observó un total de 4846 individuos distribuidos en 14 especies.

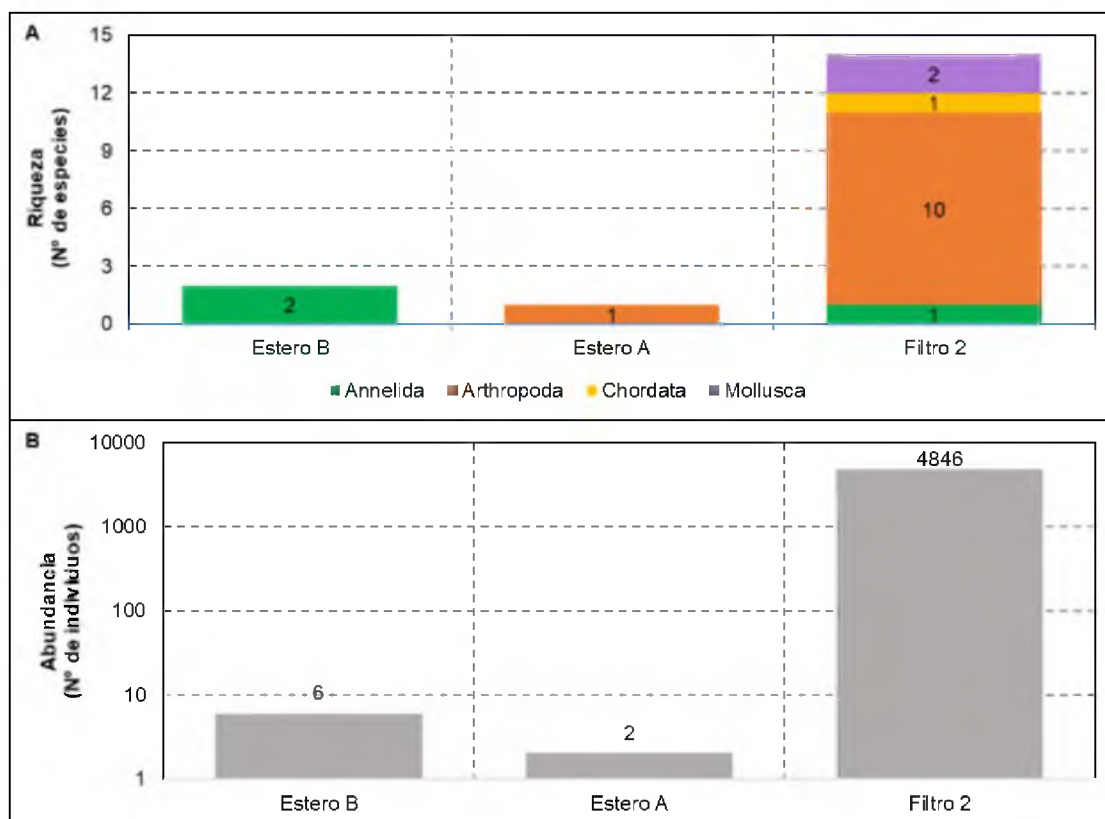


Figura 6.14. Distribución de la riqueza (A) y abundancia (B) en el estero y los filtros de la EB Bomba 1 del CPA Inversiones Silma

En esta estación de bombeo no se encontró organismos del estero que hayan sido retenidos en el filtro 2. En el punto control del estero solo se encontró anélidos (oligochaeta y *Capitella capitata*), mientras que en el estero, cerca de la bomba, se encontró solo al crustáceo *Uca* sp. En el filtro 2 destacó la abundancia del anfípodo *Hadzoidea* con 4577 individuos.

CPA La Fragata

En la EB La Fragata, del CPA La Fragata, se colectó un total de 364 individuos, los cuales estuvieron distribuidos en cinco phyla, seis clases, ocho órdenes, 19 familias 18 géneros y 35 especies. El phylum más diverso y abundante fue Arthropoda, con una riqueza de 20 especies y una abundancia de 200 individuos. Los resultados completos del ensamble del bentos se encuentran detallados en el Anexo 3, correspondiente al reporte de identificación taxonómica.

En la Figura 6.15 se observa la distribución del macrobentos en los esteros y el material retenido en los filtros de la EB La Fragata. En el estero, el punto control solo se observó al poliqueto *Mediomastus branchiferus* que presentó 4 individuos. El punto ubicado en el estero, en el entorno de la estación de bombeo no presentó ningún organismo en las muestras analizadas. En el filtro 2 se observaron 37 individuos distribuidos en cinco

especies. Finalmente, en el filtro 3 se observó un total de 323 individuos distribuidos en 31 especies

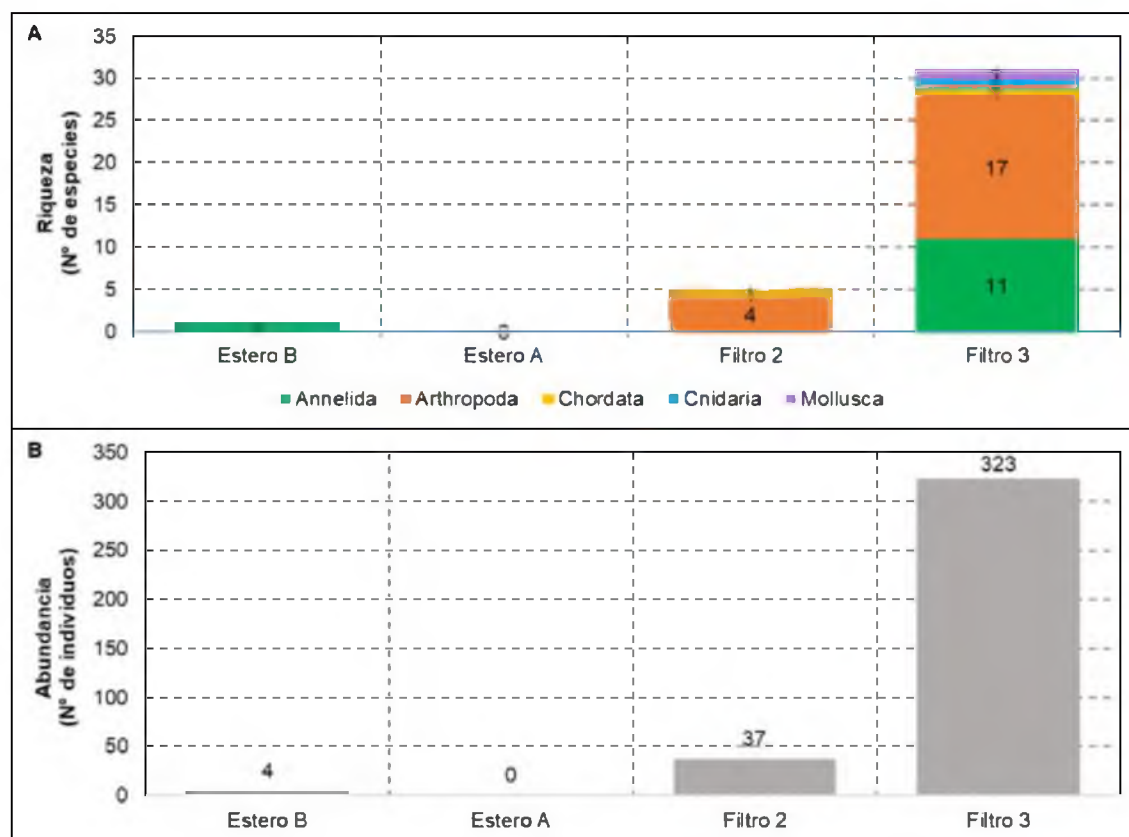


Figura 6.15. Distribución de la riqueza (A) y abundancia (B) en el estero y los filtros de la EB La Fragata del CPA La Fragata

En esta estación de bombeo no se encontró organismos del estero que hayan sido retenidos en el filtro 2. En el punto control del estero solo se encontró al poliqueto *Mediomastus branchiferus*. En el filtro 2 destacó la presencia de *Penaeus* cf. *Stylostris*, con 24 individuo. En el filtro 3 destacó la presencia del cnidario no determinado de la clase Actiniaria, con 121 individuos.

CPA Tumbes

En la EB Tumbes, del CPA Langostinera Tumbes, se colectó un total de 4088 individuos, los cuales estuvieron distribuidos en nueve phyla, 11 clases, 25 órdenes, 43 familias 44 géneros y 82 especies. El phylum más diverso fue Mollusca, seguido de Annelida, con 30 y 28 especies respectivamente; el phylum con la mayor abundancia fue Arthropoda, con 3535 individuos (Tabla 6.5). Los resultados completos del ensamble del bentos se encuentran detallados en el Anexo 3, correspondiente al reporte de identificación taxonómica.

Tabla 6.5. Distribución de riqueza y abundancia por Phylum en el estero La Ramada y los filtros de la EB Tumbes

Phylum	Esteros		Filtro 2		Filtro 3		Total	
	Riqueza	Abundancia	Riqueza	Abundancia	Riqueza	Abundancia	Riqueza	Abundancia
Annelida	23	127	4	13	5	5	28	145
Arthropoda	1	1	11	2341	10	1193	16	3535
Brachiopoda	0	0	2	16	1	17	2	33
Chordata	0	0	1	34	1	39	1	73

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Phylum	Esteros		Filtro 2		Filtro 3		Total	
	Riqueza	Abundancia	Riqueza	Abundancia	Riqueza	Abundancia	Riqueza	Abundancia
Cnidaria	0	0	1	16	0	0	1	16
Echinodermata	2	11	0	0	0	0	2	11
Hemichordata	1	58	0	0	0	0	1	58
Mollusca	23	114	9	22	6	79	30	215
Nemertea	1	2	0	0	0	0	1	2
Total	51	313	28	2442	23	1333	82	4088

En la Figura 6.16 se observa la distribución del macrobentos en los esteros y el material retenido en los filtros de la EB Tumbes. En el estero, la riqueza varió entre 4 y 25 especies mientras que la abundancia varió entre 17 y 65 individuos. En el filtro 2 se observaron 2442 individuos y una riqueza de 28 especies. Finalmente, en el filtro 3 se observó un total de 1333 individuos distribuidos en 23 especies

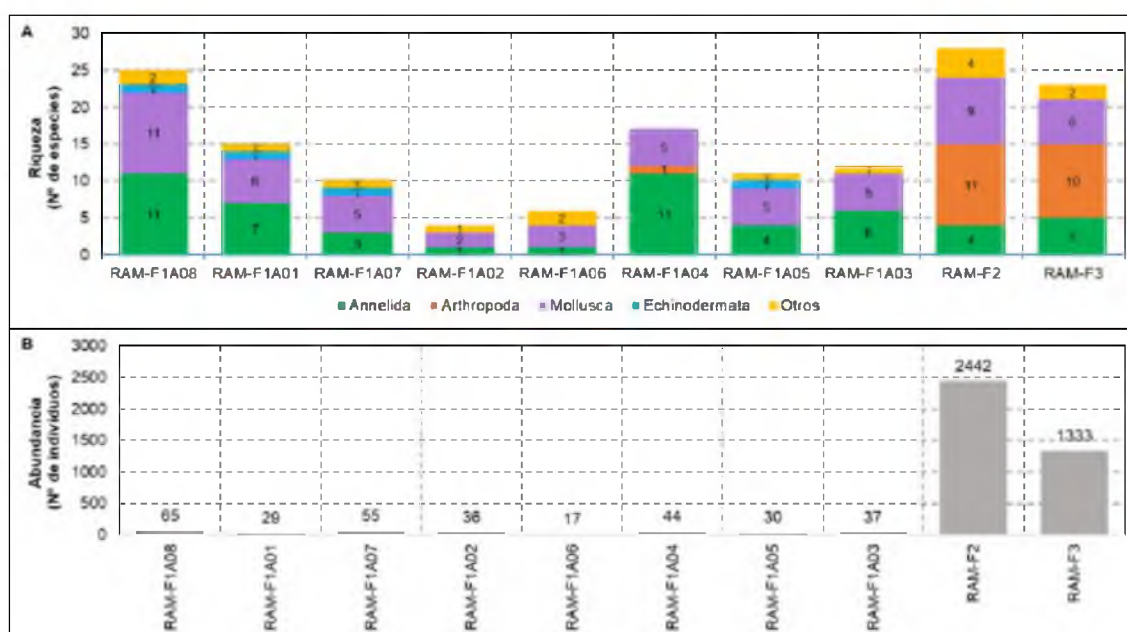


Figura 6.16. Distribución de la riqueza (A) y abundancia (B) en el estero y los filtros de la EB La Fragata del CPA La Fragata

En esta estación de bombeo los poliquetos *Notomastus hemipodus*, *Diopatra chiliensis* y *Owenia* sp. y los moluscos *Tellina* sp.1, *Polymesoda* sp., *Petricola* sp., *Detracia* sp. y *Nassarius* sp. estuvieron presentes en el estero y en el filtro 2; solo el Bivalvo *Sphenia fragilis* se encontró en el estero y en los filtros 2 y 3.

En el estero destacan el hemicordado no determinado y el poliqueto *Hemipodia simplex* quienes presentaron las mayores abundancias (58 y 33 individuos respectivamente). En el filtro 2 y el filtro 3 destacó la presencia de larvas *Mysis* no determinadas con 2153 y 1094 individuos respectivamente.

b) Diversidad alfa

No aplica, debido a que no está definido por una sola unidad muestral.

c) Análisis multivariados

En la Figura 6.17, se muestra el escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), en base al índice de similitud de Bray Curtis, calculado de la matriz de abundancias de los

organismos colectados en los esteros y retenidos en los filtros de los centros de producción acuícola. En esta figura se observa el ordenamiento de los puntos evaluados.

Para representar los resultados de forma más didáctica se utilizó como factor la ubicación en el estero o el tipo de filtro. Los triángulos invertidos color azul representan las muestras colectadas en el estero fuera del filtro 1 (muestras control). Los triángulos color verde representan las muestras colectadas en el estero, dentro del filtro 1 (previo a las bombas de succión). Los cuadrados color celeste representan el material retenido en el filtro 2 y por último los rombos color rojo representan el material retenido en el filtro 3.

Se observa la formación de los siguientes grupos: el primero conformado por los puntos de muestreo ubicados en el estero La Ramada. El segundo grupo está conformado por los puntos ubicados en los esteros artificiales asociados a las EB Hualtaco, Amazonas y Elanza del CPA Marinazul. El tercer grupo está conformado por los puntos ubicados en el estero El Venado (La Fragata) y el estero artificial asociado a Inversiones Silma. El cuarto grupo está conformado por el filtro 2 de los CPA Marinazul y La Fragata. El quinto grupo está conformado por el filtro 3 de las EB del CPA Marinazul. El sexto grupo está conformado por los filtros 2 y 3 del CPA Langostinera Tumbes.

Se precisa que las muestras correspondientes al filtro 2 de Inversiones Silma y el filtro 3 de La Fragata no se asociaron a ningún grupo.

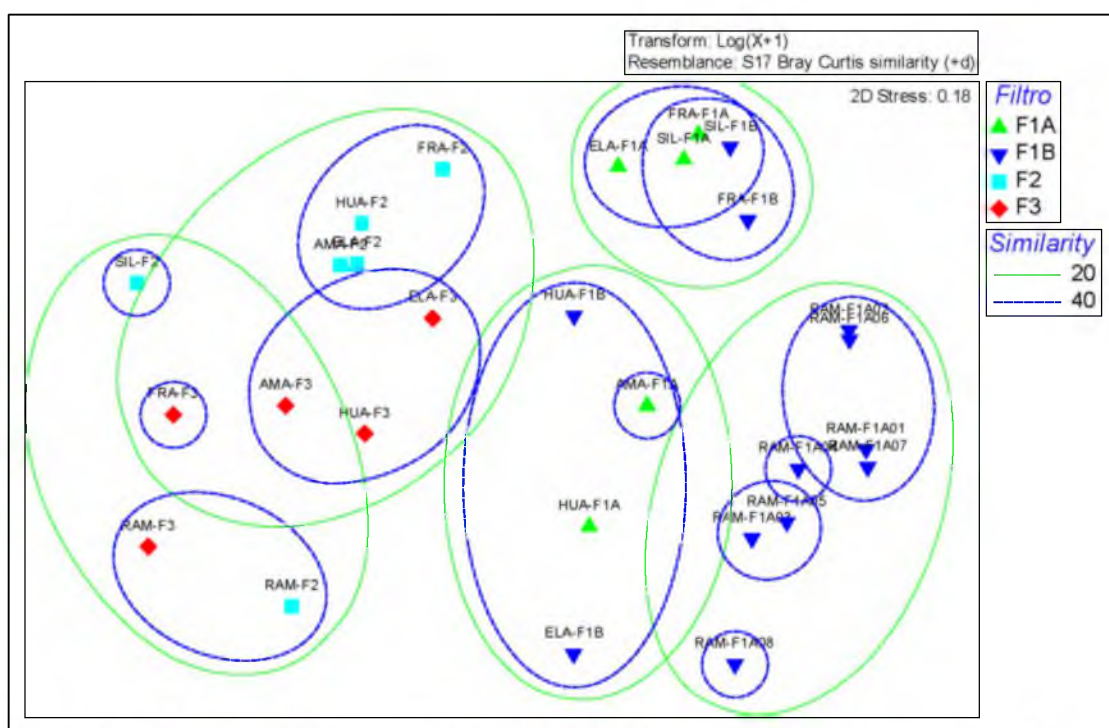


Figura 6.17. Agrupamiento de los filtros según el escalamiento multidimensional no métrico

Para determinar el ordenamiento de los puntos y cuáles son las especies relacionadas al mismo, se realizó el análisis de coordenadas principales. El factor para la representación de los puntos el mismo que se utilizó para el NMDS. Adicionalmente se muestran las especies con una correlación de Spearman mayor a 0,5.

Los moluscos *Tagelus* sp., *Nuculana* sp., *Nassarius* sp., *Caecum* sp., Bivalvo no determinado B, los poliquetos *Prionospio* sp., *Hemipodia simplex* y el Hemichordata no

determinado estuvieron asociados a los puntos ubicados en el estero La Ramada, al punto control de la EB Elanza.

El poliqueto *Capitella capitata* estuvo relacionado a las agrupaciones conformadas por las muestras colectadas en el estero artificial de inversiones Silma y en el estero El Venado asociado al CPA La Fragata.

Los crustáceos *Penaeus* cf. *Stylirostris*, *Callinectes toxotes*, *Penaeus* cf. *vannamei*, *Brachyura* no determinado, *Goniopsis pulchra* y larvas en estadio Mysis no determinadas, así como juveniles no determinados de peces (Osteichthyes) estuvieron asociados a la formación de grupos correspondiente al material retenido. Con una mayor tendencia hacia el filtro 2 del CPA Marinazul (Figura 6.18).

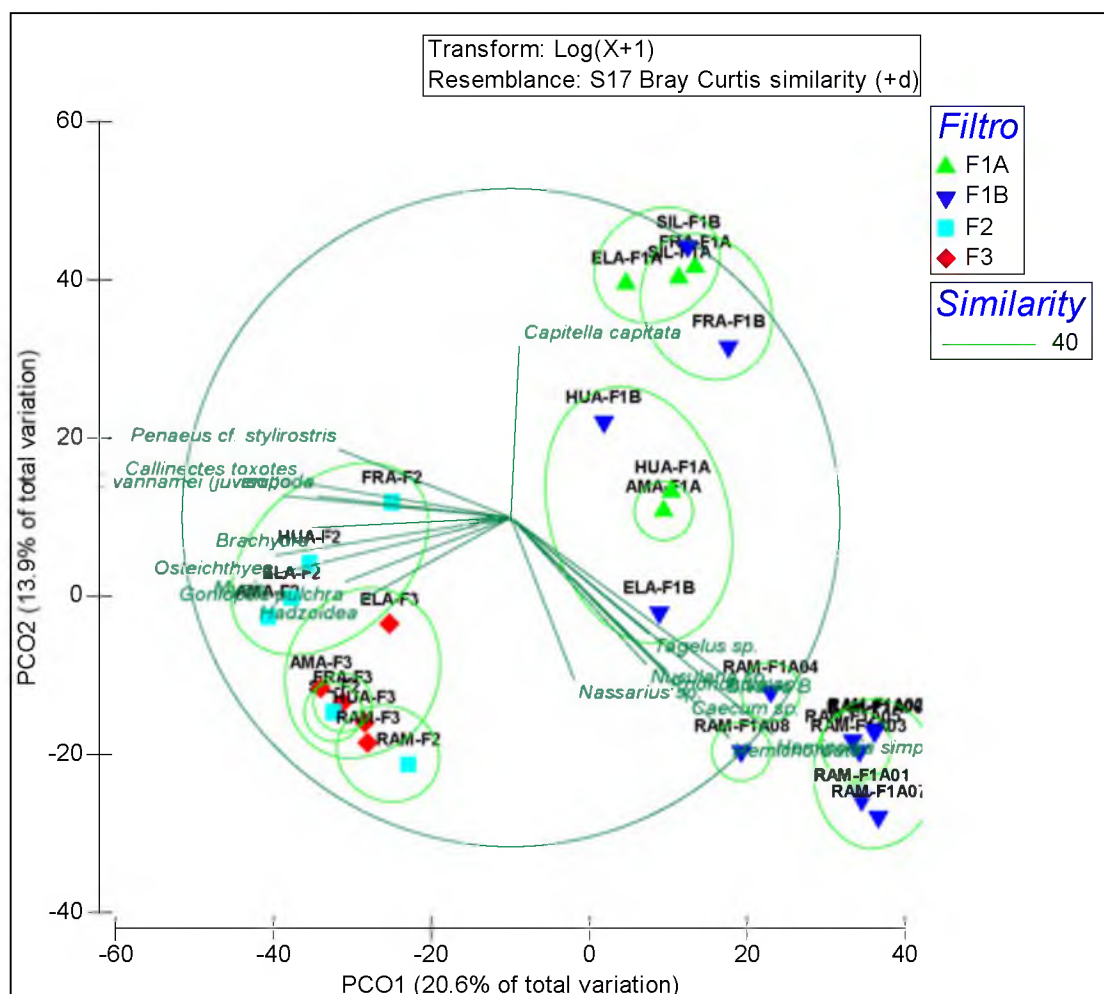


Figura 6.18. Agrupamiento de los filtros según el escalamiento multidimensional no métrico

6.1.4 Peces

a) Composición taxonómica

Se capturó una abundancia total de 208 peces. El ordenamiento sistemático de la comunidad de peces comprendió 12 órdenes, 16 familias, 17 géneros y 18 especies. Las familias predominantes fueron Centropomidae y Gobiidae con un total de 2 géneros y 2 especies, cada una. La familia Atherinopsidae se destacó por su abundancia (33 individuos) siendo más representativa en la empresa Tumbes; a su vez, las familias

Centropomidae (*Centropomus unionensis*) y Gobiidae (*Ctenogobius sagittula*), aunque en menor abundancia relativa (%), también presentaron valores importantes. En la Tabla 6.6 se presenta el ordenamiento sistemático de los peces recolectados para todas las empresas langostineras evaluadas. Los resultados completos de la comunidad de peces se encuentran detallados en el Anexo 3, correspondiente al reporte de identificación taxonómica.

Tabla 6.6. Abundancia porcentual de la comunidad de peces considerando el filtro 1 (F1) y filtro 2 (F2) de las estaciones de bombeo Amazonas (AMA), Elanza (ELA), Hualtaco (HUA), Silma (SIL), La Fragata (FRA) y La Ramada (RAM), de los centros de producción acuícola (CPA) Marinazul, Silma, La Fragata y Tumbes.

Orden	Familia	Especie	CPA Marinazul						CPA Silma		CPA La Fragata		CPA Tumbes	
			AMA-F1 (A+B)	AMA-F2	ELA-F1 (A+B)	ELA-F2	HUA-F1 (A+B)	HUA-F2	SIL-F1	SIL-F2	FRA-F1	FRA-F2	RAM-F1	RAM-F2
Pleuronectiformes	Achiridae	<i>Achirus mazatlanus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Batrachoidiformes	Batrachoididae	<i>Daector dovii</i>	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil sp.</i>	4.2	0.0	33.3	0.0	76.5	0.0	0.0	0.0	0.0	15.6	1.9	0.0
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Gambusia affinis</i>	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	60.0	15.6	0.0	0.0
Siluriformes	Ariidae	<i>Aniopsis sp.</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cichliformes	Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	0.0	0.0	0.0	33.3	5.9	12.5	0.0	0.0	20.0	34.4	0.0	0.0
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Lycengraulis cf. poeyi</i>	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.3	20.0	6.3	13.5	0.0
Atheriniformes	Atherinopsidae	<i>Atherinella cf. semivomer</i>	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0
Anguilliformes	Ophichthidae	<i>Ophichthus cf. remiger</i>	31.3	0.0	0.0	33.3	0.0	0.0	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Belontiiformes	Hemirhamphidae	<i>Hyporhamphus sp.</i>	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.2	0.0
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Sphaeroides annulatus</i>	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	14.3	0.0	18.8	0.0	0.0
Perciformes	Eleotridae	<i>Domitator latifrons</i>	6.3	0.0	66.7	33.3	11.8	0.0	50.0	42.9	0.0	3.1	1.9	0.0
Perciformes	Gobiidae	<i>Ctenogobius sagittula</i>	14.6	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Perciformes	Gobiidae	<i>Microgobius emblematicus</i>	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	57.7	0.0
Perciformes	Centropomidae	<i>Centropomus unionensis</i>	0.0	25.0	0.0	0.0	0.0	87.5	0.0	28.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Perciformes	Centropomidae	<i>Centropomus sp.</i>	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Perciformes	Gerreidae	<i>Gerres cinereus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0
Perciformes	Haemulidae	<i>Pomadasys panamensis</i>	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

b) Variación del ensamble de peces en relación a los filtros F1 y F2.

CPA Marinazul

Las curvas de rarefacción muestran que el ensamble de peces en las estaciones de bombeo Amazonas (AMA), Elanza (ELA) y Hualtaco (HUA) están caracterizados por una baja riqueza de especies, principalmente en los puntos ELAF1B, HUAF1B y HUAF2ICT1. El punto AMA-F1A estuvo mejor representado (ES=6), lo cual indicaría una mayor riqueza de especies antes de la estación de bombeo; las especies *C. unionensis* y *C. sagittula* fueron las especies dominantes. Posteriormente, en el filtro 2 se observó una reducción de la riqueza de especies, en donde *Lycengraulis cf. poeyi* fue más representativa, teniendo un comportamiento similar al punto AMA-F1A.

Este patrón de una mayor riqueza en el filtro 1 y una reducción en el filtro 2 también fue observado en la EB Hualtaco, en donde, *Mugil spp.* (HUA-F1A) y *Ophichthus cf. remiger* (HUA-F2ICT1) fueron las especies más representativas, respectivamente. Un comportamiento inverso fue descrito en la estación Elanza, en donde el filtro 2 presentó una mayor riqueza de especies (Figura 6.19).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

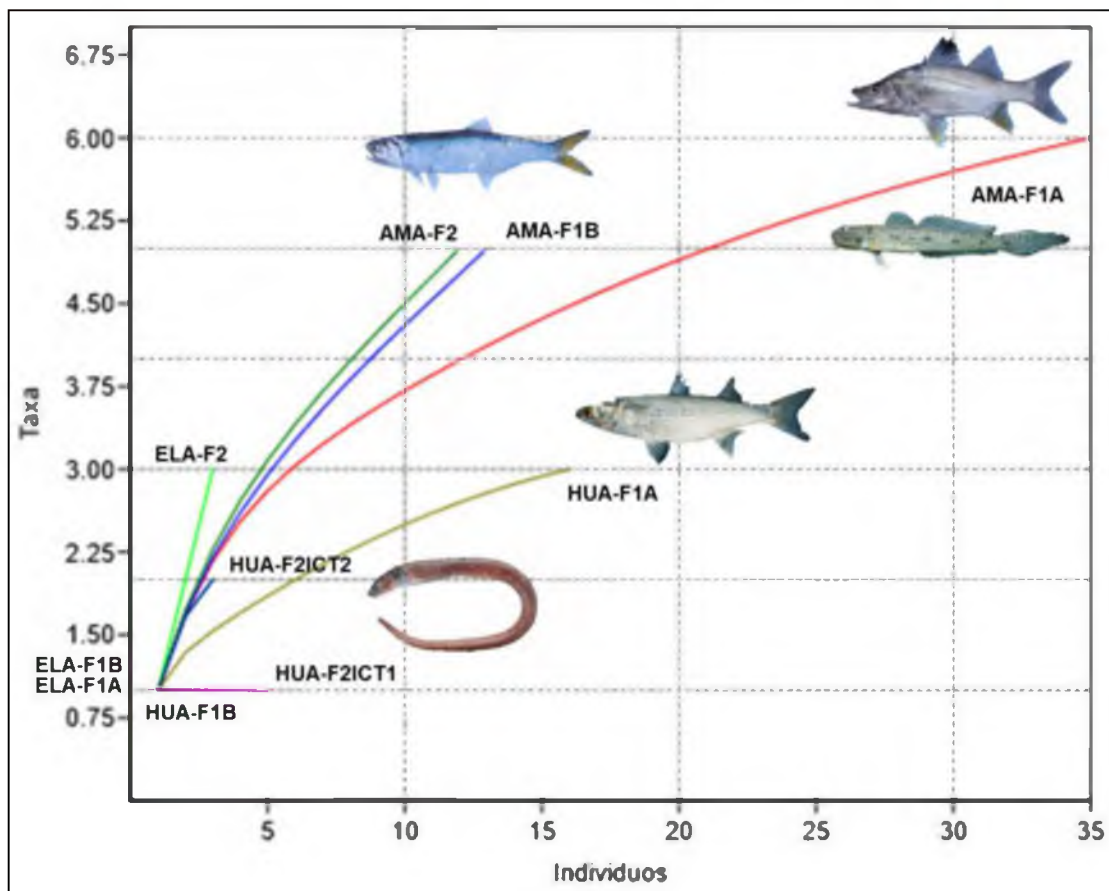


Figura 6.19. Curvas de rarefacción para los puntos de muestreo entre los filtros 1 (asociados a los canales artificiales) y filtro 2 (posterior a la estación de bombeo) de las estaciones de bombeo Amazonas (AMA), Hualtaco (HUA), Elanza (ELA), en el centro de producción acuícola Marinazul

El análisis de conglomerados muestra un ensamble altamente heterogéneo, siendo los valores de similaridad de especies muy bajo. Únicamente el agrupamiento de los puntos del filtro 2 de las estaciones de Hualtaco (HUA-F2ICT1 y HUA-F2ICT2) y Elanza (ELA-F1A y ELA-F1B) registraron una similaridad del 40 % (Figura 6.20).

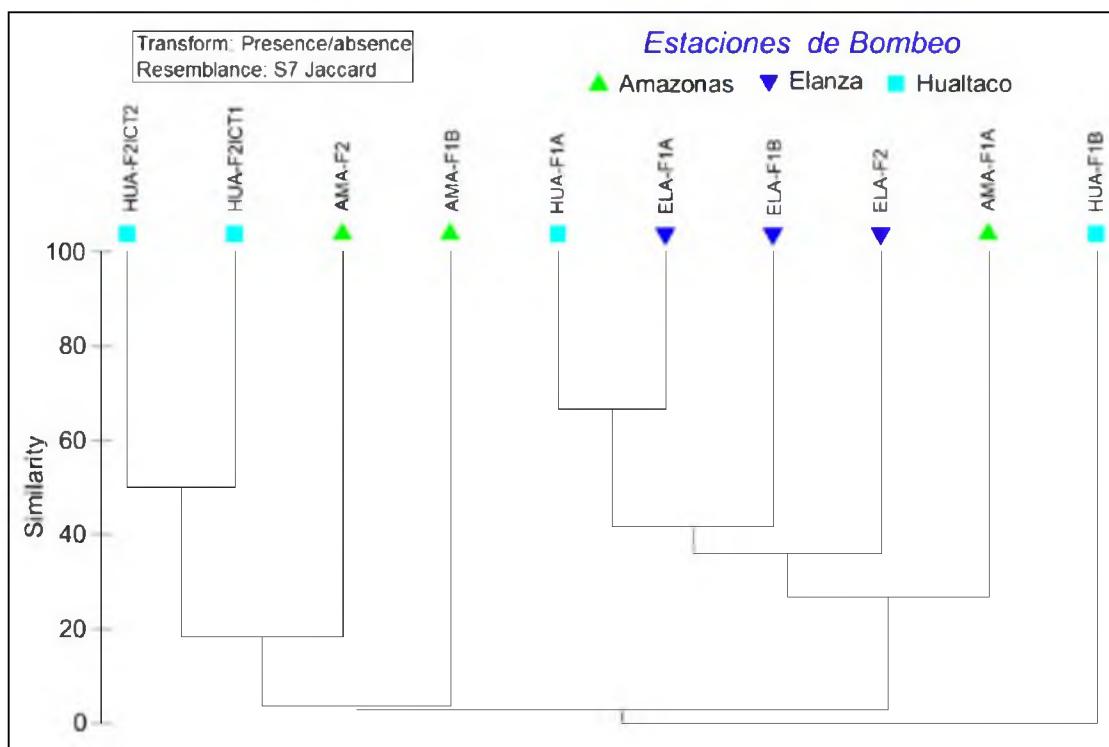


Figura 6.20. Dendrograma de similitud (UPGMA) con el índice de Jaccard de las estaciones de bombeo Amazonas (AMA), Hualtaco (HUA), Elanza (ELA), en el centro de producción acuícola Marinazul, basado en la presencia y ausencia de especies de peces

CPA SILMA

Las curvas de rarefacción muestran que el ensamble de peces en los puntos evaluados asociados a la EB Silma está caracterizado por una baja riqueza de especies. El punto SIL-F1A presenta una mayor abundancia de individuos, lo cual explica las diferencias entre los puntos. Se destaca que la especie *Oreochromis niloticus* estuvo presente en todos los puntos, a excepción SIL-F2ICT1, en donde no se registró captura (Figura 6.21).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

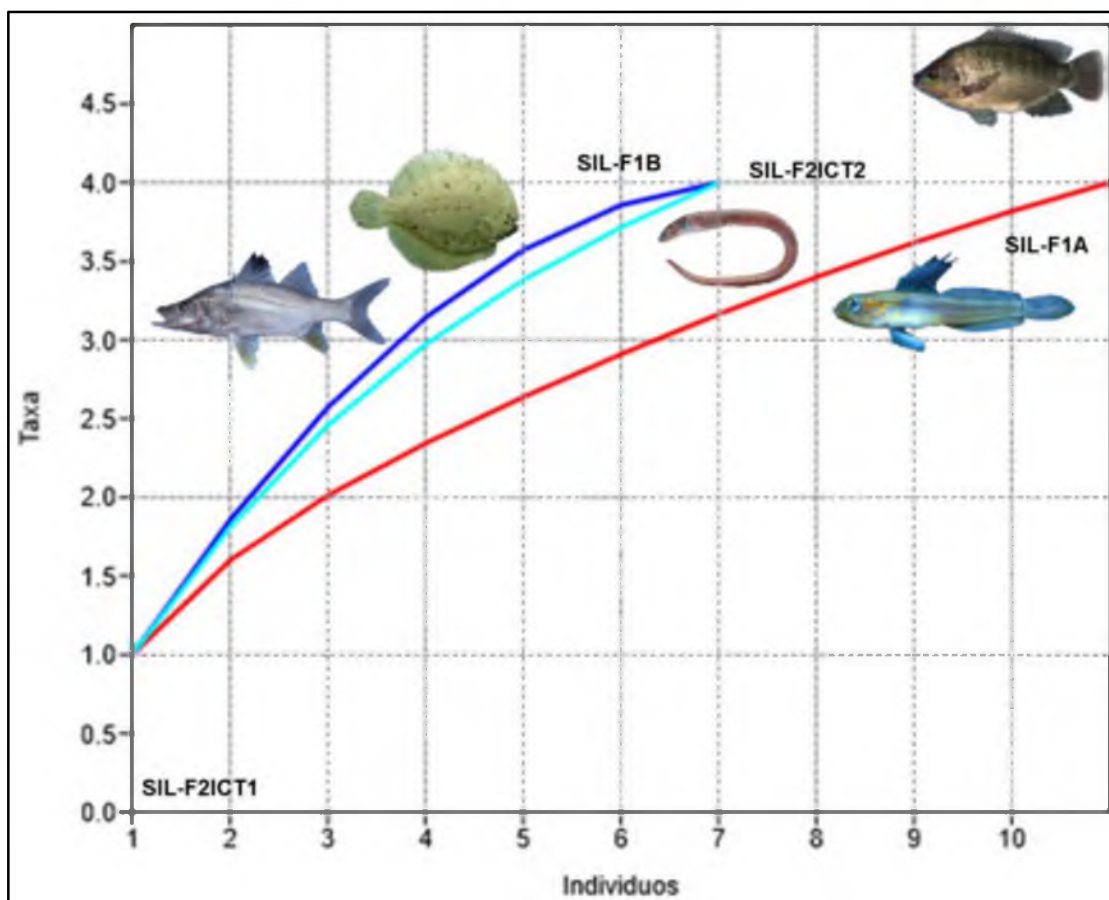


Figura 6.21. Curvas de rarefacción para los puntos de muestreo entre los filtros 1 (asociados a los canales artificiales) y filtro 2 (posterior a la estación de bombeo) de la estación de bombeo Silma (SIL), en el centro de producción acuícola Silma

El análisis de conglomerados, a pesar de mantener una tendencia similar entre los puntos SIL-F1B y SL-F2ICT2, muestra una separación en la conformación del ensamble de peces, explicado por un bajo porcentaje de similaridad ($< 20\%$) (Figura 6.22).

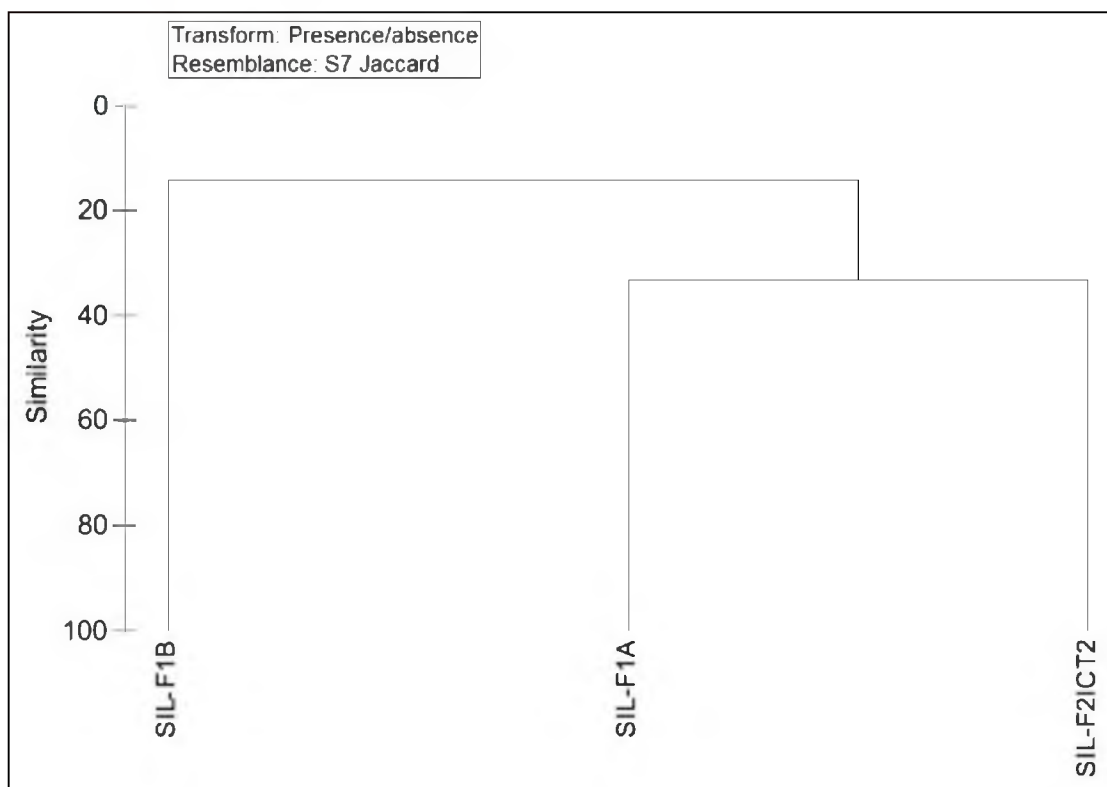


Figura 6.22. Dendrograma de similitud (UPGMA) con el índice de Jaccard de las estaciones de bombeo Silma (SIL), en el centro de producción acuícola Silma, basado en la presencia y ausencia de especies de peces

CPA La Fragata

Las curvas de rarefacción muestran que el ensamble de peces en las estaciones de bombeo La Fragata (FRA) está caracterizado por una baja riqueza de especies, principalmente en el punto FRA-F2ICT3. En tanto, el punto FRA-F2ICT1 estuvo mejor representado, con una mayor riqueza de especies (6 especies), siendo las especies *Dormitator latifrons* y *Mugil* spp., fueron las especies dominantes. Asimismo, este comportamiento fue semejante a lo descrito en la EB Elanza; considerando que el filtro 1 (FRA-F1A) registró una baja riqueza de especies, siendo *Gambusia affinis* la especie más representativa (Figura 6.23).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

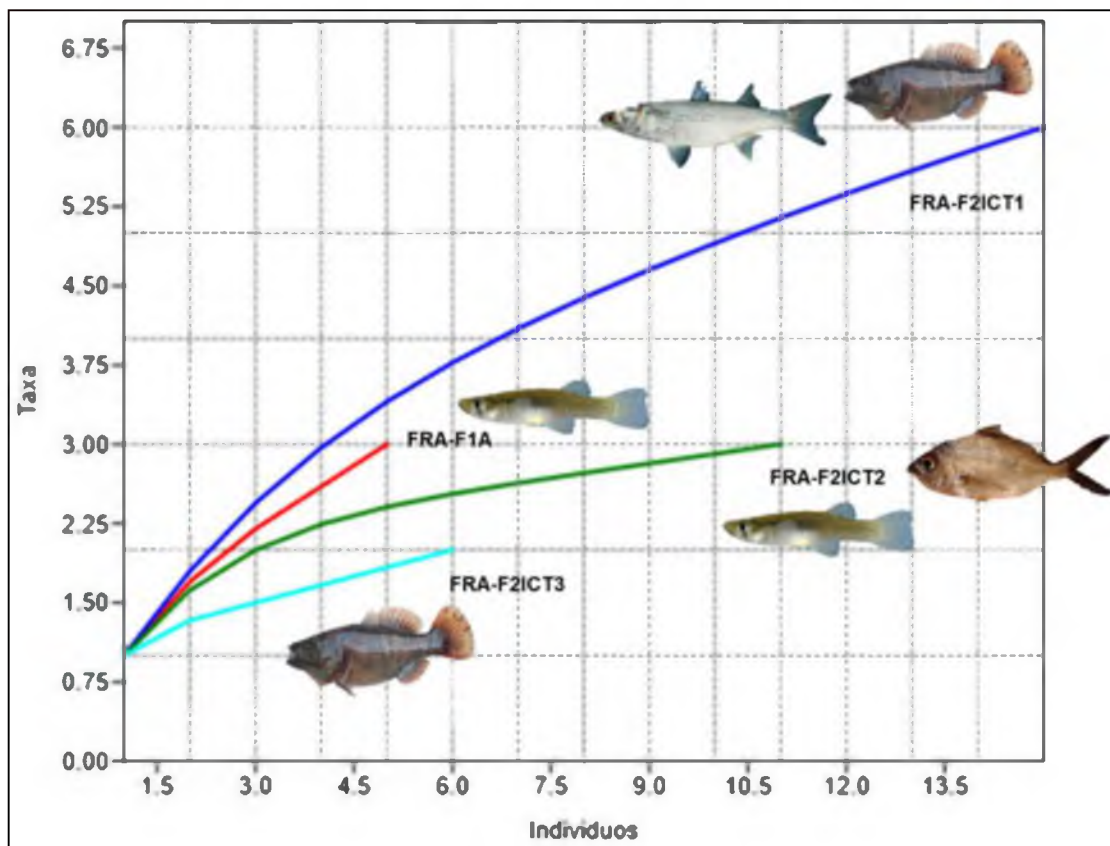


Figura 6.23. Curvas de rarefacción para los puntos de muestreo entre los filtros 1 (asociados a los canales artificiales) y filtro 2 (posterior a la estación de bombeo) de la estación de bombeo La Fragata (FRA), en el centro de producción acuícola La Fragata

El análisis de conglomerados muestra un agrupamiento entre los puntos FRA-F2ICT1 y FRA-F1A, evidenciando que el ensamble de peces presenta una similaridad del 50 %. A diferencia del punto FRA-F2ICT3, que se separa debido a que está conformado por un ensamble con una baja similaridad (25 %) (Figura 6.24).

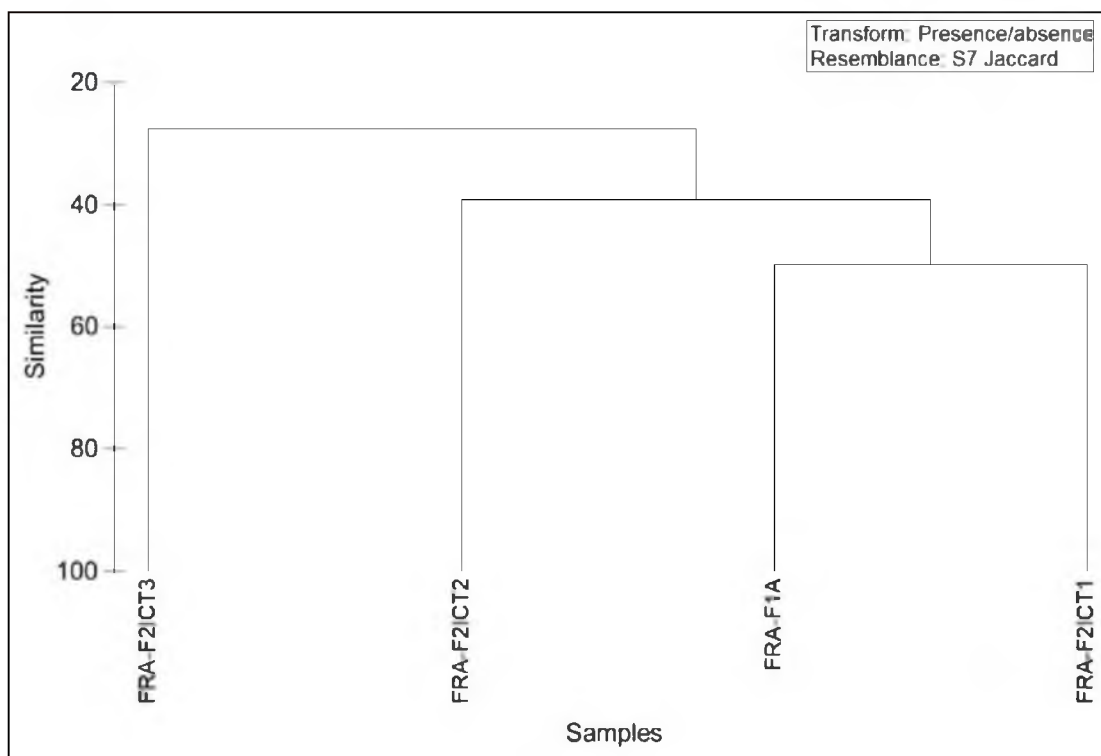


Figura 6.24. Dendrograma de similitud (UPGMA) con el índice de Jaccard de las estaciones de bombeo (EB) La Fragata (FRA), en el centro de producción acuícola La Fragata, basado en la presencia y ausencia de especies de peces

CPA Tumbes

Las curvas de rarefacción muestran que el ensamble de peces en las estaciones de bombeo La Ramada (RAM) está caracterizado por una baja riqueza de especies, principalmente en el punto RAM-F1A01. El punto RAM-F1A03 registró la mayor riqueza, siendo *C. sagittula* la especie más representativa. En ambos puntos se muestra que el ensamble de peces no ha alcanzado un equilibrio. Por el contrario, el punto RAM-F1A02 mostró una tendencia a la estabilidad, dada por la baja riqueza y alta abundancia de *Atherinella cf. serrivomer*. Adicionalmente, no se registró ninguna captura en el filtro 2 (Figura 6.25).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

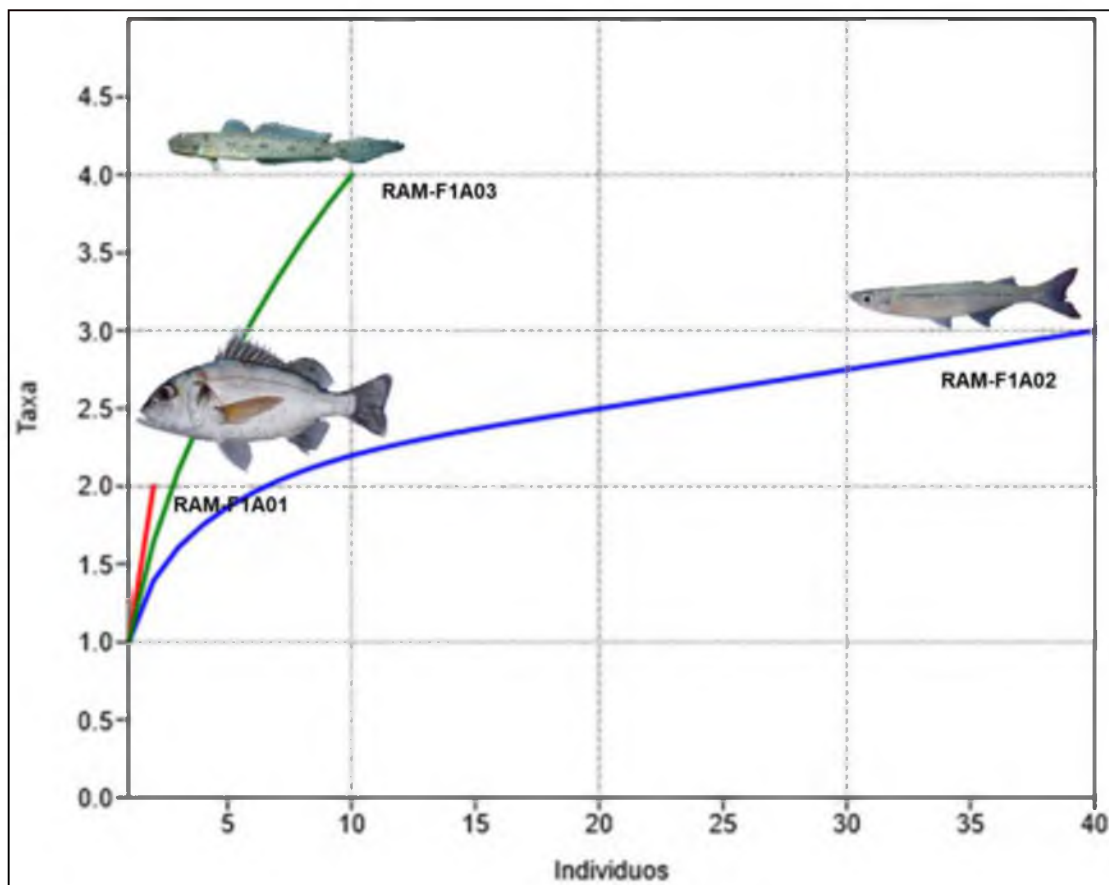


Figura 6.25. Curvas de rarefacción para los puntos de muestreo entre los filtros 1 (asociados a los canales artificiales) y filtro 2 (posterior a la estación de bombeo) de la estación de bombeo La Ramada (RAM), en el centro de producción acuícola Tumbes

El análisis de conglomerados muestra un agrupamiento entre los puntos RAM-F1A02 y RAM-F1A03, representados por una similitud del 40 % (Figura 6.26).

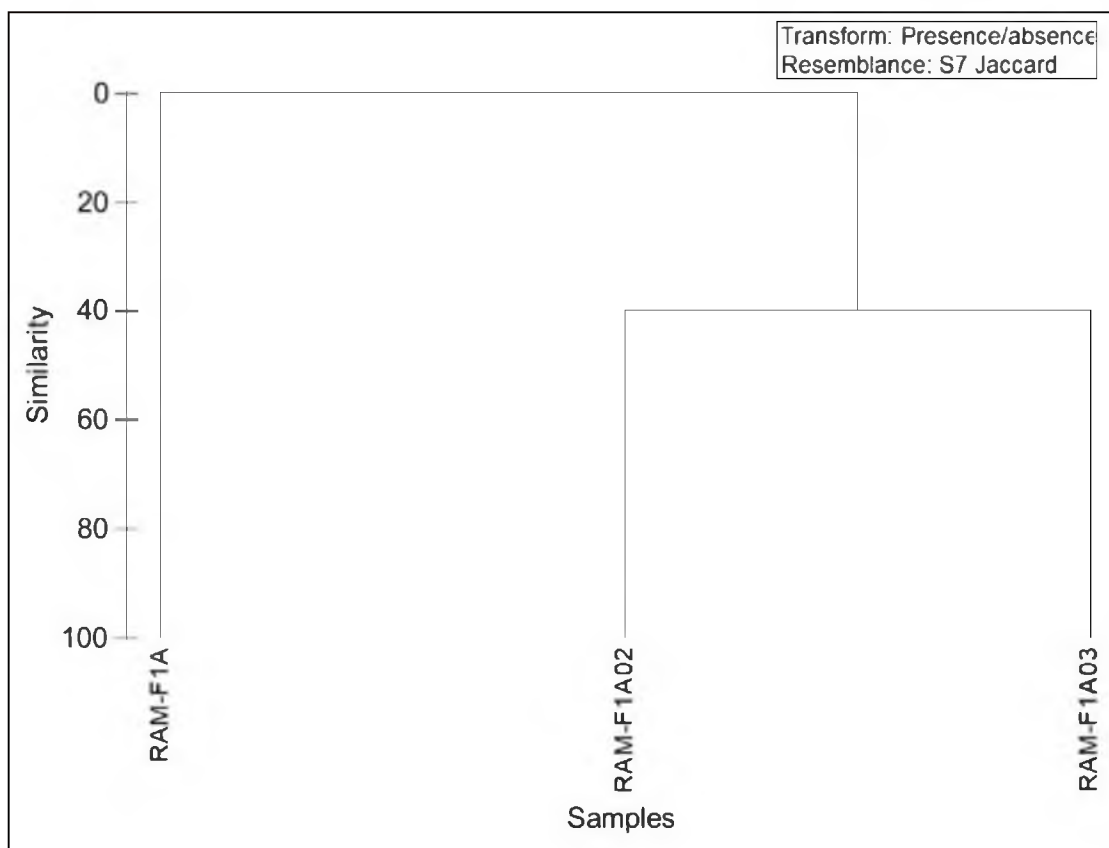


Figura 6.26. Dendrograma de similitud (UPGMA) con el índice de Jaccard de las estaciones de bombeo La Ramada (RAM), en el centro de producción acuícola La Tumbes, basado en la presencia y ausencia de especies de peces

c) Análisis de contenido estomacal (análisis de la dieta)

Con la finalidad de registrar cambios en la dieta entre los filtros 1 (asociada al estero) y 2 (posterior a la estación de bombeo), se analizaron 24 estómagos de la especie *O. niloticus*, correspondientes a las CPA Silma (14 estómagos) y CPA Marinazul (10 estómagos). Los resultados completos del análisis de contenido estomacal se encuentran detallados en el Anexo 3, correspondiente al reporte final de identificación taxonómica.

En el CPA Silma, en el filtro 1, se analizaron los estómagos de 8 individuos, y solo se registró 1 ítem-presa, correspondiente a Ampeliscidae (1 estómago). Sin embargo, los residuos orgánicos no identificados (RONI) fueron altamente representativos (87,5 %). En el filtro 2, el ítem RONI representó el 100 % (6 estómagos).

En la EB Elanza, del CPA Marinazul, en el filtro 1, se analizaron los estómagos de 8 individuos, y solo se encontró 1 ítem-presa, correspondiente a *Uca* sp. (1 estómago). Sin embargo, los residuos orgánicos no identificados (RONI) fueron altamente representativos (60 %). En el filtro 2, el ítem RONI representó el 100 % (4 estómagos).

d) Aspectos ecológicos-pesqueros

En relación a la residencia, se determinó que el ensamble de peces estuvo conformado por una mayor cantidad de especies residentes estuarinas (ER) en todos los CPA, siendo la CPA Marinazul en donde se registró una alta representatividad (60 %), dentro de las que destacan *C. sagittula*. En tanto, el gremio trófico, los omnívoros fueron altamente

dominantes en todos los CPA, destacando entre ellos a *C. unionensis* (CPA Marinazul), *O. niloticus* (CPA Silma), *G. cinereus* (CPA La Fragata) y *A. cf. serrivomer* (CPA Tumbes), lo que evidencia una pobre diversidad trófica en todos los centros de producción acuícola.

Respecto a la importancia pesquera, se registró que el 43 % de las especies que conforman el ensamble de peces en cada CPA correspondió a SI (sin interés comercial). En tanto, en la CPA Marinazul presentó 4 especies, para la pesca de autoconsumo (CL) y de comercio menor (M); en las demás CPA estos grupos presentaron valores bajos (< 3 especies).

El estado de conservación, según la IUCN, define a todas las especies, con excepción de *O. niloticus* por ser una especie exótica, en la categoría *Least Concern* (LC), es decir son especies de “menor preocupación”. Esta categoría podría fundamentarse en los vacíos de información de las poblaciones de peces (Tabla 6.7).

Tabla 6.7. Información sobre los aspectos ecológicos-pesqueros de las especies de la comunidad de peces

Orden	Familia	Especie	Tipo de residencia	Dieta	Importancia pesquera	Categoría de conservación (IUCN)
Pleuronectiformes	Achiridae	<i>Achirus mazatlanus</i>	ER	O	SI	LC
Batrachoidiformes	Batrachoididae	<i>Daector dowi</i>	ER	U-BC	SI	LC
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil sp.</i>	ED	D	M	LC
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Gambusia affinis</i>	ER	U-D	SI	LC
Siluriformes	Ariidae	<i>Ariopsis sp.</i>	ER	U-D	M	LC
Cichliformes	Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	ER	O	CL	-
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Lycengraulis cf. poeyi</i>	ER	O	SI	LC
Atheriniformes	Atherinopsidae	<i>Atherinella cf. serrivomer</i>	ER	O	SI	LC
Anguilliformes	Ophichthidae	<i>Ophichthus cf. remiger</i>	ED	GP	A	LC
Beloniformes	Hemiramphidae	<i>Hyporhamphus sp.</i>	-	-	SI	LC
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Sphoeroides annulatus</i>	ED	GP	CL	LC
Perciformes	Eleotridae	<i>Dormitator latifrons</i>	ER	U-D	CL	LC
Perciformes	Gobiidae	<i>Ctenogobius sagittula</i>	ER	U-O	SI	LC
Perciformes	Gobiidae	<i>Microgobius emblematicus</i>	ER	U-O	SI	LC
Perciformes	Centropomidae	<i>Centropomus unionensis</i>	ED	U-O	M	LC
Perciformes	Centropomidae	<i>Centropomus sp.</i>	ED	U-O	M	LC
Perciformes	Gerreidae	<i>Gerres cinereus</i>	ED	O	CL	LC
Perciformes	Haemulidae	<i>Pomadasys panamensis</i>	ED	U-BC	M	LC

6.1.5 Material retenido (MR)

Se registró principalmente plántulas de «mangle rojo» *R. mangle*, «cangrejos jaiba» *Callinectes* spp. y «langostinos» *Litopenaeus* spp, siendo los centros de producción acuícola Marinazul, EB Amazonas, y La Fragata en donde las cantidades de retención fueron mayores a 20 plántulas (Figura 6.27). Estos valores están altamente relacionados con el tiempo de funcionamiento de la bomba.

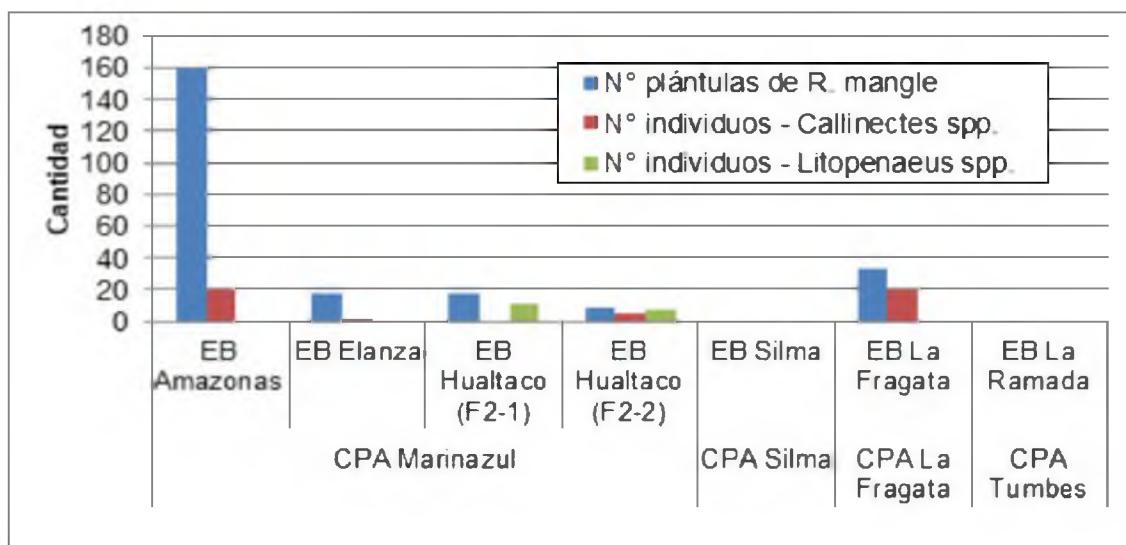


Figura 6.27. Cantidades del material retenido segregado en plántulas de *Rizophora mangle*, *Callinectes* spp y *Litopenaeus* spp; especies de importancia ecológica y económica en el ecosistema de manglar

6.1.6 Método Conesa-Fernández Vitoria

CPA Marinazul

a) Estación de bombeo Hualtaco

Conforme la metodología de valorización de impactos propuesta para esta evaluación, se evidenció que de los 7 ítems analizados (Tabla 6.8), tres de estos se calificaron como impactos significativos: plántulas de *R. mangle*, especies de importancia comercial del megabentos y especies de importancia ecológica de la comunidad de peces. Se calificaron como impacto medio: hábitat del entorno acuático, especies de importancia comercial en la componente peces, categorías de conservación y diversidad de gremios tróficos.

Tabla 6.8. Matriz de valoración de impactos evaluada según Conesa, modificada para el análisis de los impactos por la captación de agua por sistema de bombeo en la EB Hualtaco, centro de producción acuícola Marinazul

Componentes	Ítems	Importancia										IMP	IMP'	Calificación (IMP')
		I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC			
Entorno acuático	Hábitat (peces e invertebrados)	12	4	4	2	2	4	4	1	2	4	39	49	Medio
Material retenido	Plántulas de <i>Rizophora mangle</i>	24	8	4	2	2	4	4	4	2	2	56	70	Significativo
Megabentos	Especies importancia comercial (<i>Callinectes</i> spp y <i>Litopenaeus</i> spp.)	24	8	4	2	2	4	4	4	2	2	56	70	Significativo
Peces	Especies impotancia comercial	12	8	4	4	2	4	4	4	2	4	48	60	Medio
	Especies impotancia ecológica	24	8	4	2	2	4	4	4	2	4	58	73	Significativo
	Categorías conservación	12	4	4	2	2	4	4	1	2	4	39	49	Medio
	Diversidad gremios tróficos	12	4	4	2	2	4	4	4	2	4	42	53	Medio

b) Estación de bombeo Elanza

Conforme la metodología de valorización de impactos propuesta para esta evaluación, se evidenció que de los 7 ítems analizados (Tabla 6.9), dos de estos calificaron como impactos significativos: plántulas de *R. mangle* y especies de importancia comercial de la comunidad de peces. Se calificaron como impacto medio: hábitat del entorno acuático, especies de importancia comercial del megabentos, especies de importancia ecológica en la componente peces, categorías de conservación y diversidad de gremios.

Tabla 6.9. Matriz de valoración de impactos evaluada según Conesa, modificada para el análisis de los impactos por la captación de agua por sistema de bombeo en la EB Elanza, centro de producción acuícola Marinazul

Componentes	Ítems	Importancia										IMP	IMP'	Calificación
		I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC			
Entorno acuático	Hábitat (peces e invertebrados)	12	4	4	2	2	4	4	1	2	4	39	49	Medio
Material retenido	Plántulas de <i>Rizophora mangle</i>	24	8	4	2	2	4	4	4	2	2	56	70	Significativo
Megabentos	Especies importancia comercial (<i>Callinectes</i> spp y <i>Litopenaeus</i> spp.)	12	8	4	2	2	4	4	4	2	2	44	55	Medio
Peces	Especies importancia comercial	24	8	4	2	2	4	4	1	2	4	55	69	Significativo
	Especies importancia ecológica	12	8	4	2	2	4	4	1	2	4	43	54	Medio
	Categorías conservación	6	4	4	2	2	4	4	1	2	4	33	41	Medio
	Diversidad gremios tróficos	12	4	4	2	2	4	4	1	2	4	39	49	Medio

c) Estación de bombeo Amazonas

En esta estación se determinaron 4 ítems que calificaron como impactos significativos: plántulas de *R. mangle*, especies de importancia comercial del megabentos, especies de importancia comercial de la comunidad de peces y especies de importancia ecológica de la comunidad de peces. Por otro lado, se calificaron como impacto medio: hábitat del entorno acuático en la componente peces, categorías de conservación y diversidad de gremios tróficos (Tabla 6.10).

Tabla 6.10. Matriz de valoración de impactos evaluada según Conesa, modificada para el análisis de los impactos por la captación de agua por sistema de bombeo en la EB Elanza, centro de producción acuícola Marinazul

Componentes	Ítems	Importancia										IMP	IMP'	Calificación
		I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC			
Entorno acuático	Hábitat (peces e invertebrados)	12	4	4	2	2	4	4	1	2	4	39	49	Medio
Material retenido	Plántulas de <i>Rizophora mangle</i>	24	8	4	2	2	4	4	4	2	2	56	70	Significativo
Megabentos	Especies importancia comercial (<i>Callinectes</i> spp y <i>Litopenaeus</i> spp.)	24	8	4	2	2	4	4	4	2	2	56	70	Significativo
Peces	Especies importancia comercial	24	8	4	2	2	4	4	1	2	4	55	69	Significativo
	Especies importancia ecológica	24	8	4	2	2	4	4	1	2	4	55	69	Significativo
	Categorías conservación	6	4	4	2	2	4	4	1	2	4	33	41	Medio
	Diversidad gremios tróficos	12	4	4	2	2	4	4	1	2	4	39	49	Medio

CPA Silma

En este CPA se determinaron 2 ítems que calificaron como impactos significativos: especies de importancia comercial y ecológica de la comunidad de peces. Por otro lado, se calificaron como impacto medio: hábitat del entorno acuático, categorías de conservación en la componente peces y diversidad de gremios tróficos. Finalmente, como impacto bajo: plántulas de *R. mangle* y especies de importancia comercial del megabentos (Tabla 6.11).

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Tabla 6.11. Matriz de valoración de impactos evaluada según Conesa, modificada para el análisis de los impactos por la captación de agua por sistema de bombeo en la EB Silma, centro de producción acuícola Inversiones Silma.

Componentes	Ítems	Importancia											IMP	IMP'	Calificación
		I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC				
Entorno acuático	Hábitat (peces e invertebrados)	3	4	4	4	2	4	4	1	2	4	32	40	Medio	
Material retenido	Plántulas de <i>Rizophora mangle</i>	3	2	4	1	2	2	4	1	1	4	24	30	Bajo	
Megabentos	Especies importancia comercial (<i>Callinectes</i> spp y <i>Litopenaeus</i> spp.)	3	2	4	1	2	2	4	1	1	2	22	28	Bajo	
Peces	Especies importancia comercial	24	4	4	4	2	4	4	4	2	2	54	68	Significativo	
	Especies importancia ecológica	24	8	4	4	2	4	4	4	2	2	58	73	Significativo	
	Categorías conservación	6	4	4	4	2	4	4	1	2	2	33	41	Medio	
	Diversidad gremios tróficos	12	4	4	4	2	4	4	1	2	2	39	49	Medio	

CPA La Fragata

En este CPA se determinaron 3 ítems que calificaron como impactos significativos: hábitat del entorno acuático, plántulas de *R. mangle* y especies de importancia comercial de la comunidad de peces. Se calificaron como impacto medio: especies de importancia comercial del megabentos, especies de importancia ecológica en la componente peces, categorías de conservación y diversidad de gremios tróficos (Tabla 6.12).

Tabla 6.12. Matriz de valoración de impactos evaluada según Conesa, modificada para el análisis de los impactos por la captación de agua por sistema de bombeo en la EB La Fragata, centro de producción acuícola La Fragata

Componentes	Ítems	Importancia											IMP	IMP'	Calificación (IMP')
		I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC				
Entorno acuático	Hábitat (peces e invertebrados)	24	8	4	2	4	4	4	1	1	2	54	68	Significativo	
Material retenido	Plántulas de <i>Rizophora mangle</i>	24	8	4	4	4	4	4	1	2	2	57	71	Significativo	
Megabentos	Especies importancia comercial (<i>Callinectes</i> spp y <i>Litopenaeus</i> spp.)	12	8	4	4	2	4	4	1	2	2	43	54	Medio	
Peces	Especies impotancia comercial	24	8	4	4	2	4	4	1	2	4	57	71	Significativo	
	Especies impotancia ecológica	12	8	4	4	2	4	4	1	2	2	43	54	Medio	
	Categorías conservación	12	1	4	2	2	4	4	1	2	4	36	45	Medio	
	Diversidad gremios tróficos	12	8	4	2	2	4	4	1	2	4	43	54	Medio	

CPA Tumbes

En este CPA, todos los ítems analizados calificaron como impacto medio (Tabla 6.13).

Tabla 6.13. Matriz de valoración de impactos, evaluada según Conesa, modificada para el análisis de los impactos por la captación de agua por sistema de bombeo en la EB La Ramada, centro de producción acuícola Tumbes

Componentes	Ítems	Importancia											IMP	IMP'	Calificación (IMP')
		I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC				
Entorno acuático	Hábitat (peces e invertebrados)	12	8	4	2	2	4	4	1	1	2	40	50	Medio	
Material retenido	Plántulas de <i>Rizophora mangle</i>	3	8	4	1	1	4	4	1	2	1	29	36	Medio	
Megabentos	Especies importancia comercial (<i>Callinectes</i> spp y <i>Litopenaeus</i> spp.)	3	8	4	1	1	4	4	1	2	2	30	38	Medio	
Peces	Especies importancia comercial	6	4	4	2	1	4	4	1	2	4	32	40	Medio	
	Especies importancia ecológica	6	4	4	2	1	4	4	1	2	2	30	38	Medio	
	Categorías conservación	6	4	4	2	1	4	4	1	2	4	32	40	Medio	
	Diversidad gremios tróficos	6	4	4	2	1	4	4	1	2	4	32	40	Medio	

6.2 Calidad de agua

Los resultados muestran la existencia de 7 parámetros (oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, demanda bioquímica de oxígeno, aceites y grasas, coliformes termotolerantes, boro y manganeso) que excedieron las concentraciones establecidas en los ECA para agua categoría 3 – D1: Riego de vegetales – Agua para riego restringido (en adelante, Cat3:D1), la cual fue comparada referencialmente al no estar categorizada dichas quebradas por la ANA (Tabla 6.14).

Tabla 6.14. Parámetros analizados en los puntos de muestreo de agua superficial de las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal, y los canales que vierten al estero Puerto Rico

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Parámetros que excedieron los ECA para agua (D.S. N.º 004-2017-MINAM)	Categoría y subcategoría de comparación
Quebrada Pedregal (GRUPO A)	AS-QDA-01	DBO ₅	Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, subcategoría D1: riego de vegetales – agua para riego restringido
	AS-QDA-02	DBO ₅ , CTT	
	AS-QDA-03	OD, DBO ₅ , AyG, CTT	
	AS-QDA-04	OD, DBO ₅ , AyG, CTT	
	AS-QDA-04A	OD, DBO ₅ , AyG, CTT	
Quebrada Héroes del Cenepa (GRUPO B)	AS-CN-01	—	
	AS-CN-02	OD, CE, Mn, DBO ₅ , AyG, CTT	
	AS-CN-03	OD, CE, Mn, DBO ₅ , CTT	
	AS-CN-04	OD, CE, DBO ₅ , AyG, CTT	
	AS-CN-06	OD, CE, Mn, DBO ₅ , CTT	
	AS-CN-08	OD, DBO ₅ , CTT	
Canales que vierten al estero Puerto Rico (GRUPO C)	AS-CN-07	OD, DBO ₅ , AyG, CTT	
	AS-CN-09	OD, Mn, DBO ₅ , CTT	
	AS-CN-10	OD, CE, Mn, DBO ₅ , CTT	
	AS-QDA-05	OD, Mn, CTT	
	AS-CN-12	OD, CE, B, Mn, CTT	
	AS-CN-13	OD, CE, Mn	
	AS-CN-15	CE, B, Mn	
	AS-CN-16	CE, B, Mn	
	AS-CN-17	CE, B	
	AS-CN-18	CE, B, Mn	

Nota: OD: oxígeno disuelto, CE: conductividad eléctrica, DBO₅: demanda bioquímica de oxígeno, CTT: coliformes termotolerantes, Mn: manganeso, B: boro, AyG: aceites y grasas

A continuación, se presentan los resultados de los parámetros que excedieron los ECA para agua en algunos de los puntos evaluados. Los resultados de todos los parámetros en cada punto de muestreo se pueden verificar en la sistematización y en los informes de ensayo de laboratorio (Anexo 3, correspondiente al reporte de resultados de laboratorio).

Oxígeno disuelto (OD)

Las concentraciones de oxígeno disuelto en el GRUPO A muestran que los puntos AS-QDA-03, AS-QDA-04 y AS-QDA-04A estuvieron por debajo del valor establecido en el ECA para agua cat3:D1 (≥ 4 mg/L). La concentración más baja se encontró en el punto AS-QDA-03, con 0,21 mg/L (Figura 6.28a).

En el caso del GRUPO B, los puntos que estuvieron por debajo del valor del ECA para oxígeno disuelto fueron AS-CN-02, AS-CN-03, AS-CN-04 y AS-CN-08. La concentración más baja se encontró en el punto AS-CN-04, con 0,01 mg/L (Figura 6.28b).

En el GRUPO C, los puntos que estuvieron por debajo del valor del ECA fueron AS-CN-07, AS-CN-09, AS-CN-10, AS-QDA-05, AS-CN-12 y AS-CN-13. La concentración más baja se encontró en el punto AS-CN-09, con 0,11 mg/L (Figura 6.28c).

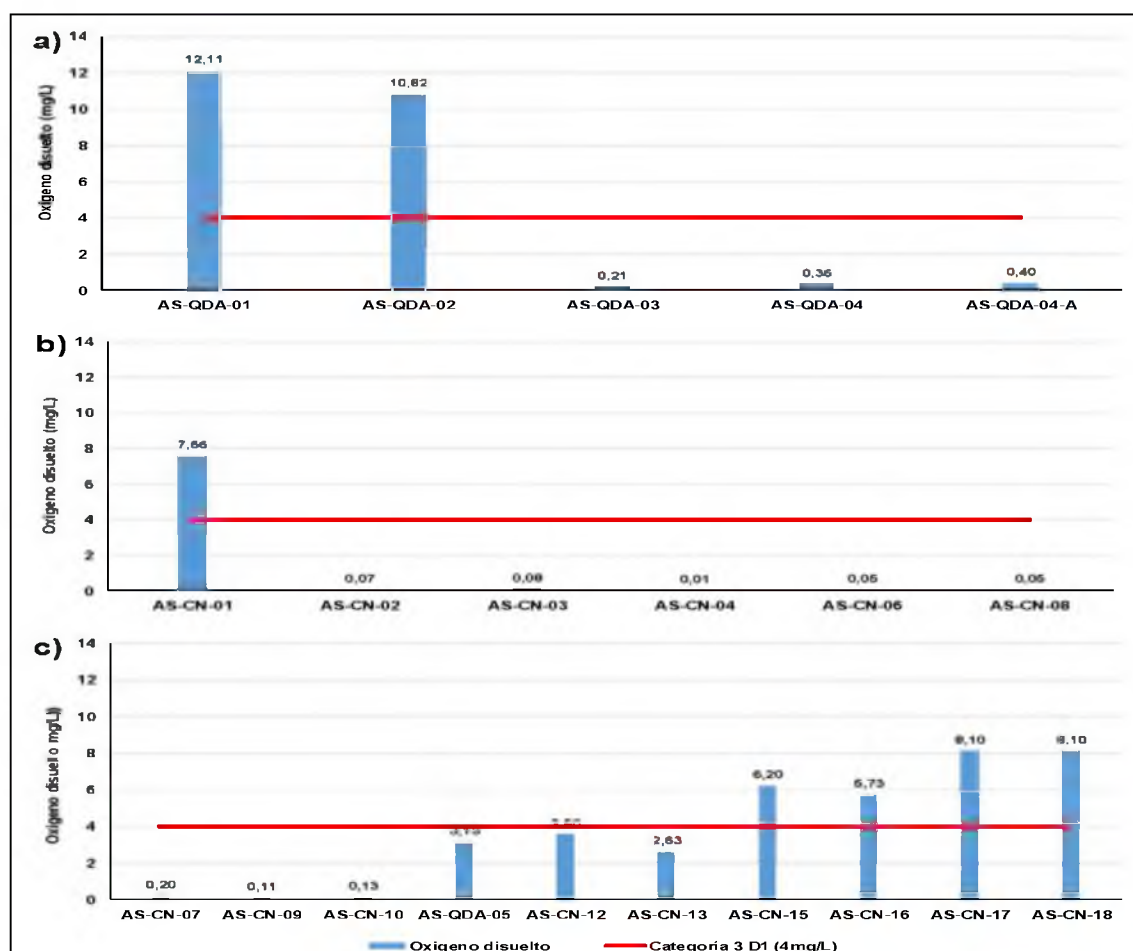


Figura 6.28. Concentraciones de oxígeno disuelto comparadas con los ECA para agua cat3:D1, a) quebrada Pedregal (GRUPO A), b) quebrada Héroes del Cenepa (GRUPO B), c) canales que vierten al estero Puerto Rico (GRUPO C)

Conductividad eléctrica (CE)

Los resultados de la conductividad eléctrica en el GRUPO A muestran que todos los puntos cumplen referencialmente con el valor estándar establecido en el ECA para agua cat3:D1 (2500 μ S/cm) (Figura 6.29a).

En el caso del GRUPO B, los puntos AS-CN-02, AS-CN-03, AS-CN-04 y AS-CN-06 excedieron este mismo valor. La concentración más elevada se registró en el punto AS-CN-08, con 2840 μ S/cm (Figura 6.29b).

Respecto al GRUPO C, los puntos AS-CN-10, AS-CN-12, AS-CN-13, AS-CN-15, AS-CN-16, AS-CN-17 y AS-CN-18 excedieron el valor del ECA. La concentración más elevada se encontró en el punto AS-CN-17, con 51000 μ S/cm (Figura 6.29c).

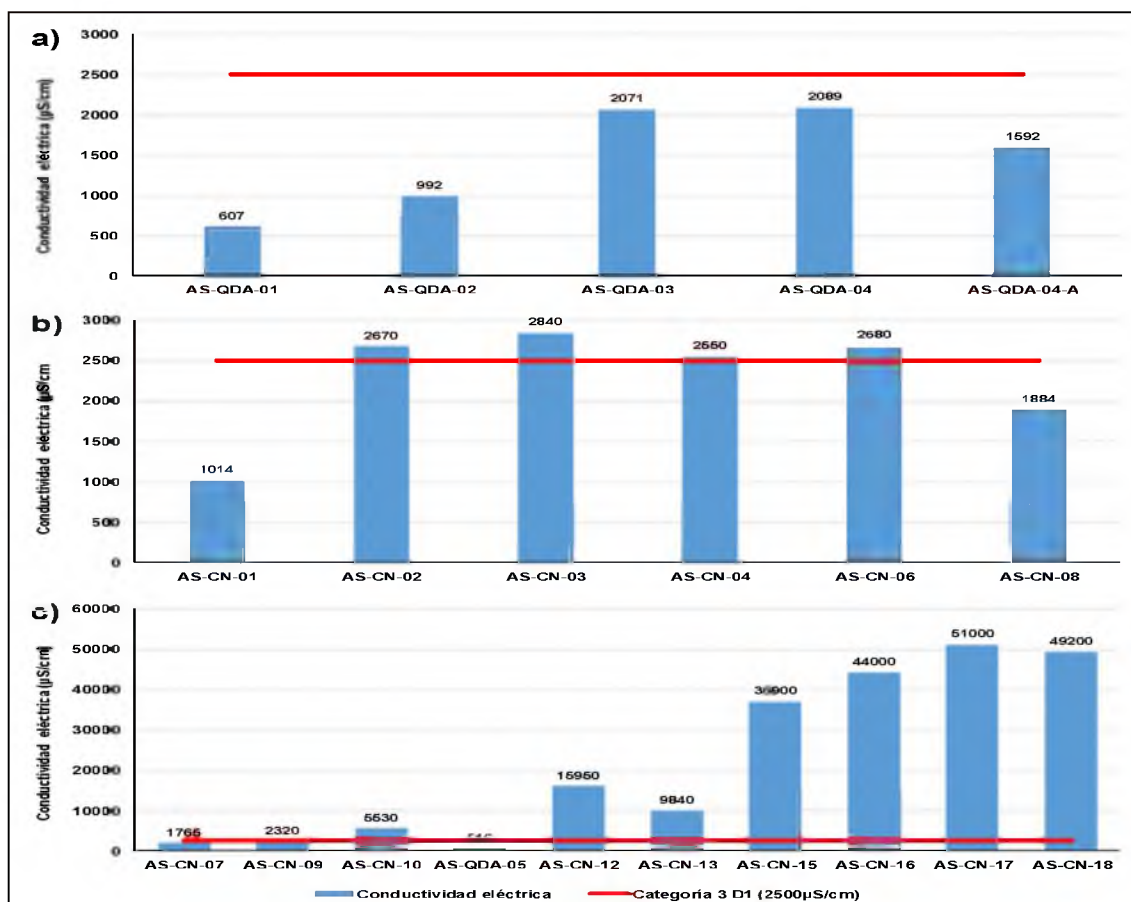


Figura 6.29. Concentraciones de conductividad eléctrica comparadas con los ECA para agua cat3:D1, a) quebrada Pedregal (GRUPO A), b) quebrada Héroes del Cenepa (GRUPO B), c) canales que vierten al estero Puerto Rico (GRUPO C)

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Las concentraciones del GRUPO A muestran que todos los puntos de muestreo (AS-QDA-01, AS-QDA-02, AS-QDA-03, AS-QDA-04A y AS-QDA-04) presentaron concentraciones que excedieron el valor de los ECA para agua Cat3:D1 (15 mg/L); cabe resaltar que el valor más elevado se registró en el punto AS-QDA-04 (397 mg/L), el cual recibe aguas residuales domésticas de los AA. HH. Mafalda Lama, El Bosque y las Malvinas (Figura 6.30a).

En el caso del GRUPO B, el punto AS-CN-01 fue el único que presentó una concentración (3 mg/L) que no excedió el valor de los ECA para agua Cat3:D1, en comparación con los demás de este grupo que sí lo hicieron. La máxima concentración se registró en el punto AS-CN-04, con 681mg/L, el cual se ubica a la salida de efluente de aguas residuales domésticas (cámara de bombeo) del AA.HH. Pedro Ruiz Gallo (Figura 6.30b).

En el GRUPO C, los puntos de muestreo AS-CN-07, AS-CN-09 y AS-CN-10 presentaron valores que excedieron el valor de los ECA; estos puntos se encuentran cercanos a los canales del estero Puerto Rico (Figura 6.30c).

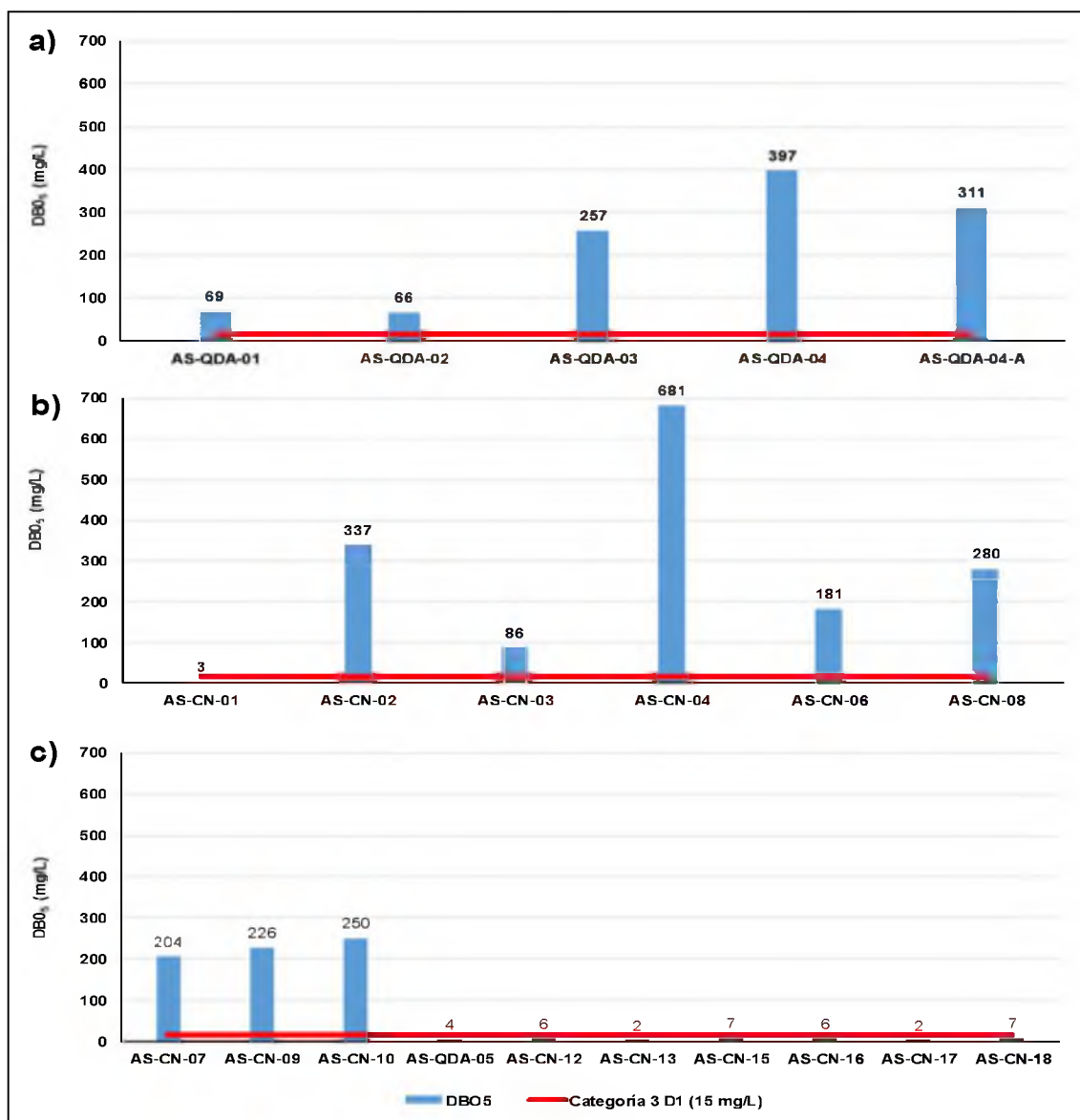


Figura 6.30. Concentraciones de DBO₅ comparados con los ECA para agua cat3:D1, a) quebrada Pedregal (GRUPO A), b) quebrada Héroes del Cenepa (GRUPO B), c) canales que vierten al estero Puerto Rico (GRUPO C)

Aceites y grasas

Las concentraciones de aceites y grasas en el GRUPO A muestran que los puntos de muestreo AS-QDA-03, AS-QDA-04 y AS-QDA-04A excedieron el valor ECA para agua Cat3:D1 (5 mg/L), registrándose el máximo valor en el punto AS-QDA-03, con 27,39 mg/L. En estos mismos puntos se registraron los mayores valores de demanda bioquímica de oxígeno (Figura 6.31a).

En el caso del GRUPO B, los puntos que excedieron el valor ECA para agua Cat3:D1 (5 mg/L) fueron AS-CN-02, con 5,185 mg/L; y AS-CN-04, con 32,45 mg/L; este último es mayor que los valores de los puntos del grupo a (Figura 6.31b). Cabe precisar que el punto AS-CN-04 es un vertimiento de agua residual doméstica (cámara de bombeo de aguas residuales) ubicado en el AA.HH. Pedro Ruiz Gallo; además, este valor (aceites y grasas)

tiene relación con los valores de coliformes termotolerantes y demanda bioquímica de oxígeno, que también superaron el valor del ECA.

Para el GRUPO C, solo el punto AS-CN-07 excedió la misma normativa: este punto se ubica al inicio de la unión de las quebradas Pedregal y Héroes del Cenepa (Figura 6.31c).

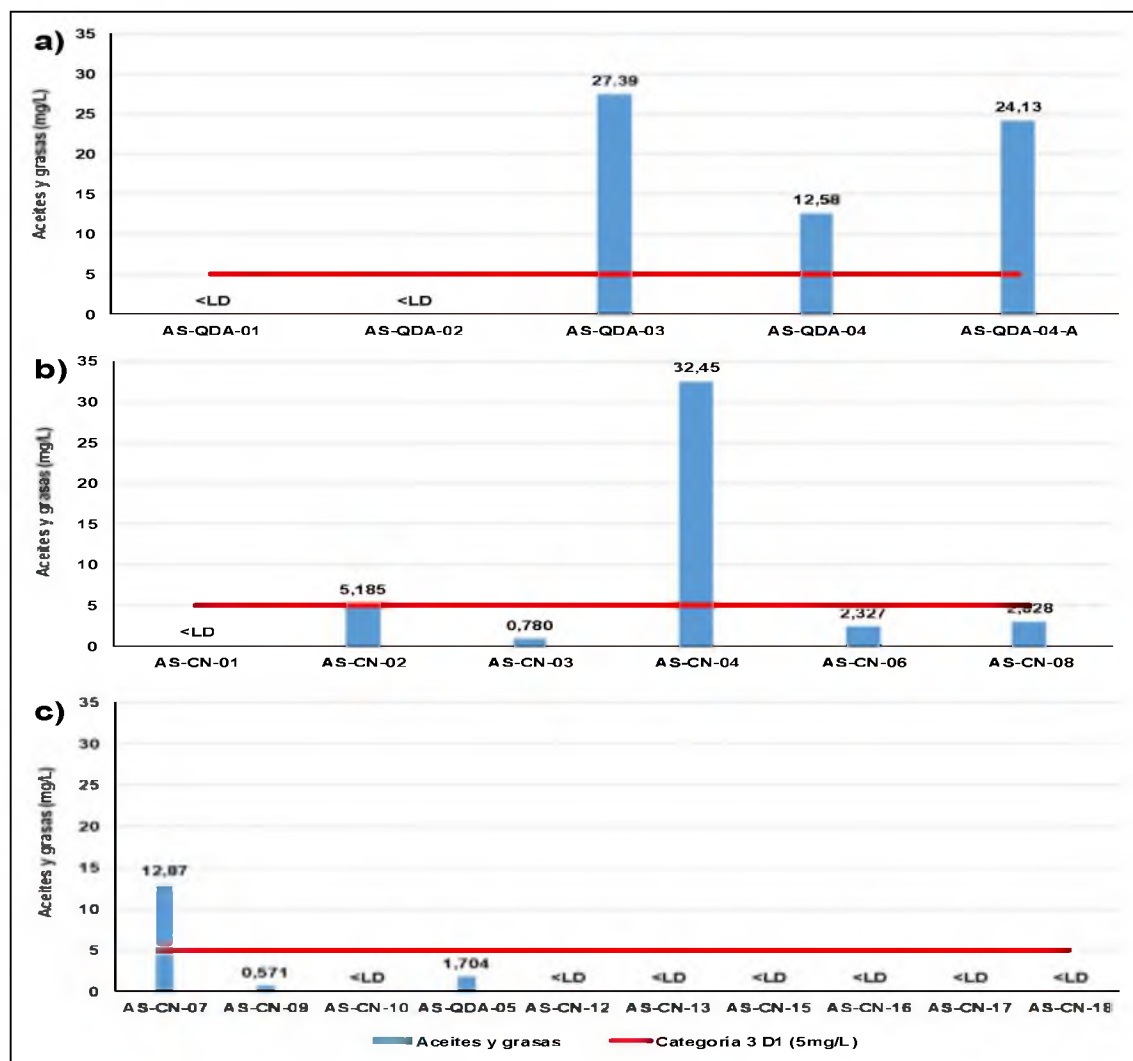


Figura 6.31. Concentraciones de aceites y grasas comparadas con los ECA para agua cat3:D1, a) quebrada Pedregal (GRUPO A), b) quebrada Héroes del Cenepa (GRUPO B), c) canales que vierten al estero Puerto Rico (GRUPO C)

Coliformes termotolerantes

Los puntos de muestreo del GRUPO A, a excepción del punto AS-QDA-01, excedieron el valor de los ECA para agua cat3:D1 (2000 NMP/100 mL). El punto que presentó el mayor valor fue AS-QDA-03, con 22 000 000 NMP/100 mL; seguido de los puntos AS-QDA-04, con 11 000 000 NMP/100 mL; y AS-QDA-04A, con 7 900 000 NMP/100mL. Estos puntos reciben los efluentes de las aguas residuales domésticas de los AA. HH. ubicados en ambos lados de la quebrada (Figura 6.32a).

En el caso del GRUPO B, a excepción del punto AS-CN-01, todos los puntos excedieron el valor de la misma normativa, registrándose el mayor valor en el punto AS-CN-04, con 28 000 000 NMP/100 mL, seguido de los puntos AS-CN-02, AS-CN-06 y AS-CN-08, todos con

una concentración de 17 000 000 NMP/100 mL; se debe tener en cuenta que el punto AS-CN-04 se ubica frente a la descarga de la cámara de bombeo de aguas residuales domésticas del AA. HH. Pedro Ruiz Gallo (Figura 6.32b).

Por otro lado, en el GRUPO C, los puntos que excedieron el valor del ECA para agua cat3:D1 fueron AS-CN-07, con 17 000 000 NMP/100 mL; AS-CN-09, con 17 00 000 NMP/100 mL; AS-CN-10, con 1 100 000 NMP/100mL; AS-QDA-05, con 110 000 NMP/100mL; y AS-CN-12, con 46 000 NMP/100mL (Figura 6.32c).

Los valores reportados para los tres grupos (A, B y C) tienen relación directa con los valores obtenidos de DBO₅, esto debido a presencia de aguas residuales domésticas y de la alta concentración de materia orgánica.

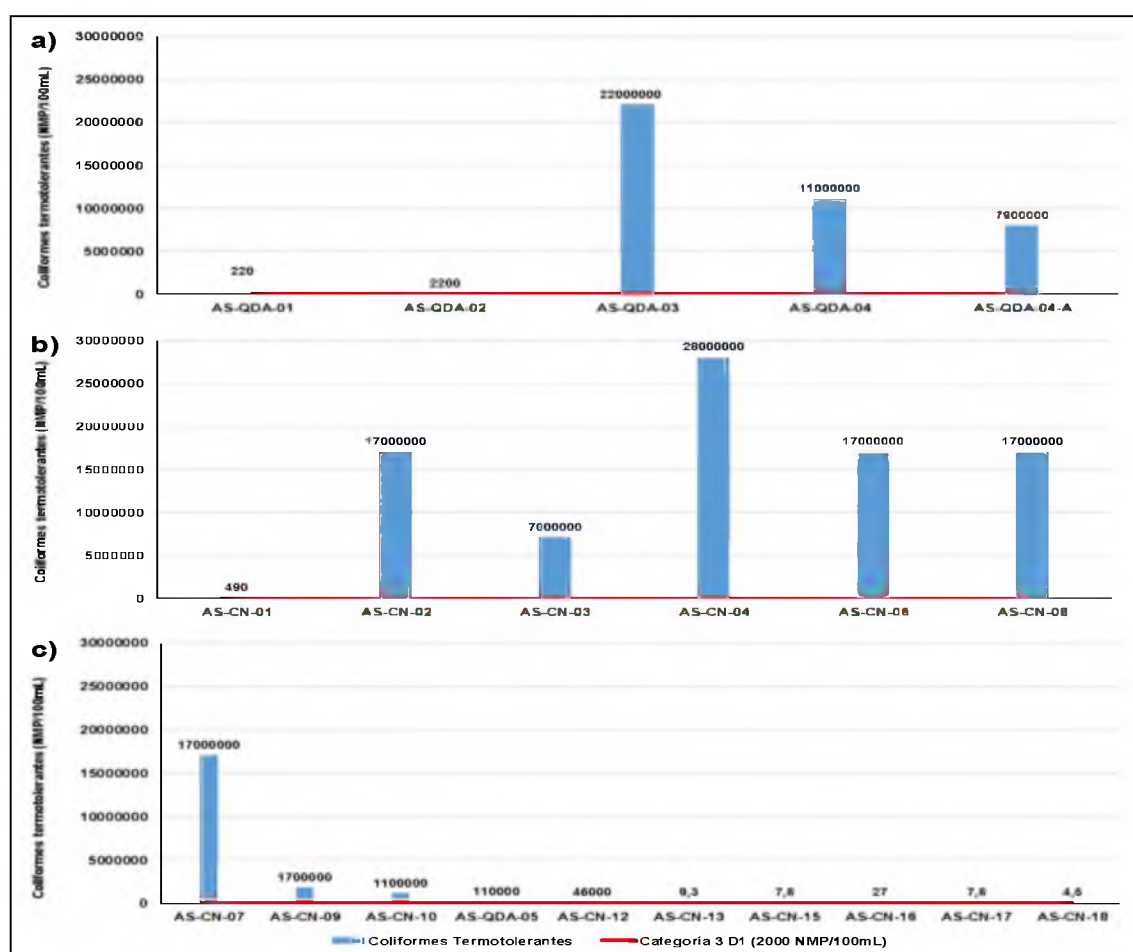


Figura 6.32. Concentraciones de coliformes termotolerantes comparadas con los ECA para agua cat3:D1, a) quebrada Pedregal (GRUPO A), b) quebrada Héroes del Cenepa (GRUPO B), c) canales que vierten al estero Puerto Rico (GRUPO C)

Boro

Las concentraciones de boro en los GRUPOS A y B no excedieron el valor para el ECA para agua cat3:D1 (1 mg/L). En el GRUPO C, los puntos AS-CN-12, AS-CN-15, AS-CN-16, AS-CN-17 y AS-CN-18 excedieron esta normativa; en tanto, las concentración más elevadas se registraron en el punto AS-CN-17, con 4,564 mg/L. En general, se notó un incremento en las concentraciones de boro hacia los puntos que reciben las aguas residuales de las langostineras (Figura 6.33).

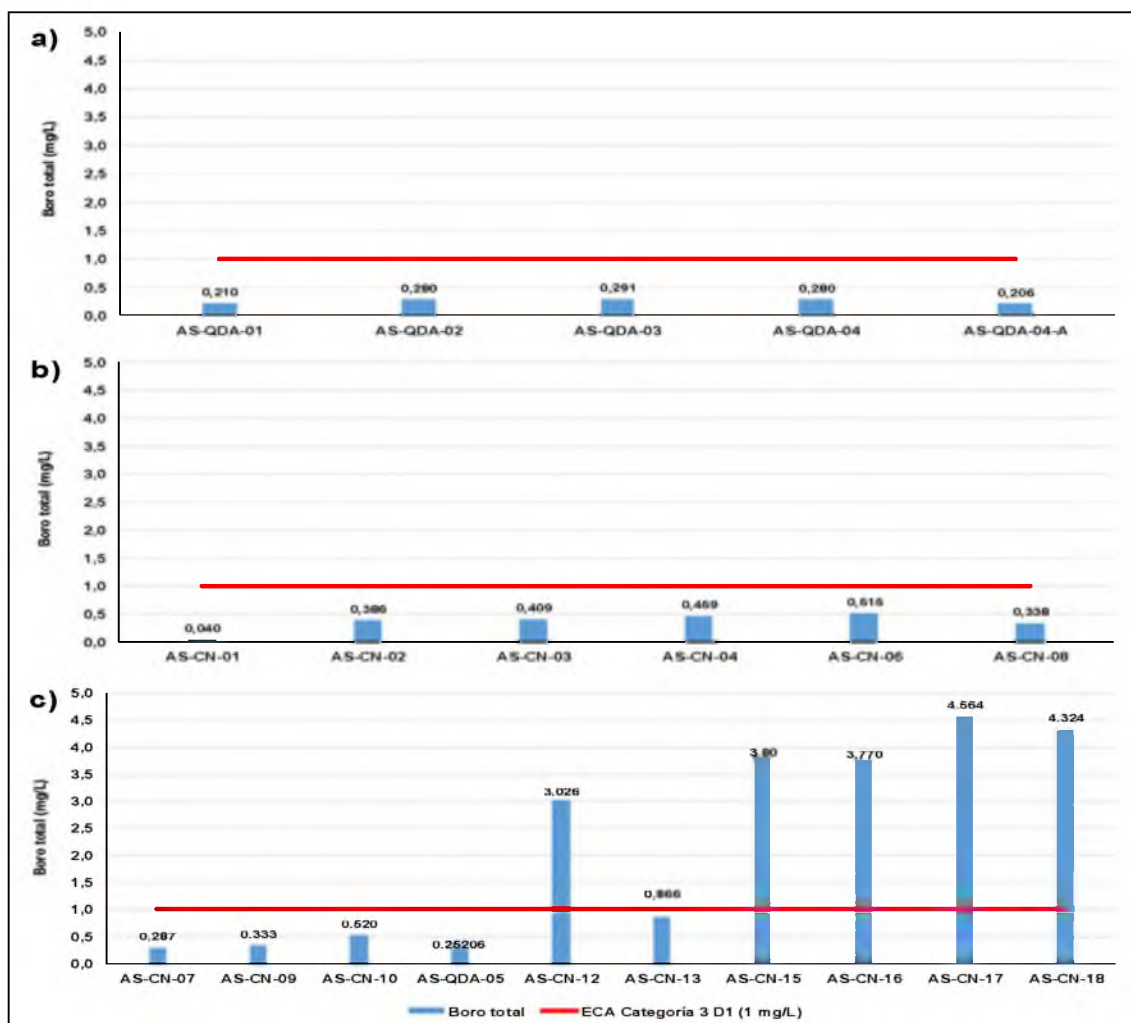


Figura 6.33. Concentraciones de boro total comparados con los ECA para agua cat3:D1, a) quebrada Pedregal (GRUPO A), b) quebrada Héroes del Cenepa (GRUPO B), c) canales que vierten al estero Puerto Rico (GRUPO C)

Manganeso

En el GRUPO A, ningún punto de muestreo excedió el valor de manganeso total del ECA para agua cat3 D1 (0,2 mg/L).

En el caso de los puntos del GRUPO B, los puntos AS-CN-02, AS-CN-03 y AS-CN-06 excedieron referencialmente la misma normativa; la concentración más elevada se registró en el punto AS-CN-02, con 0,32794 mg/L (Figura 6.34b).

Finalmente, en el GRUPO C, los puntos de muestreo AS-CN-09, AS-CN-10, AS-QDA-05, AS-CN12, AS-CN-13, AS-CN-15, AS-CN-16 y AS-CN-18 excedieron el valor de los ECA para agua cat3:D3 (0,2 mg/L); registrándose la máxima concentración en el punto AS-CN-12, con 0,46265 mg/L. En general, este grupo presenta la mayor cantidad de puntos que exceden la normativa (Figura 6.34c).

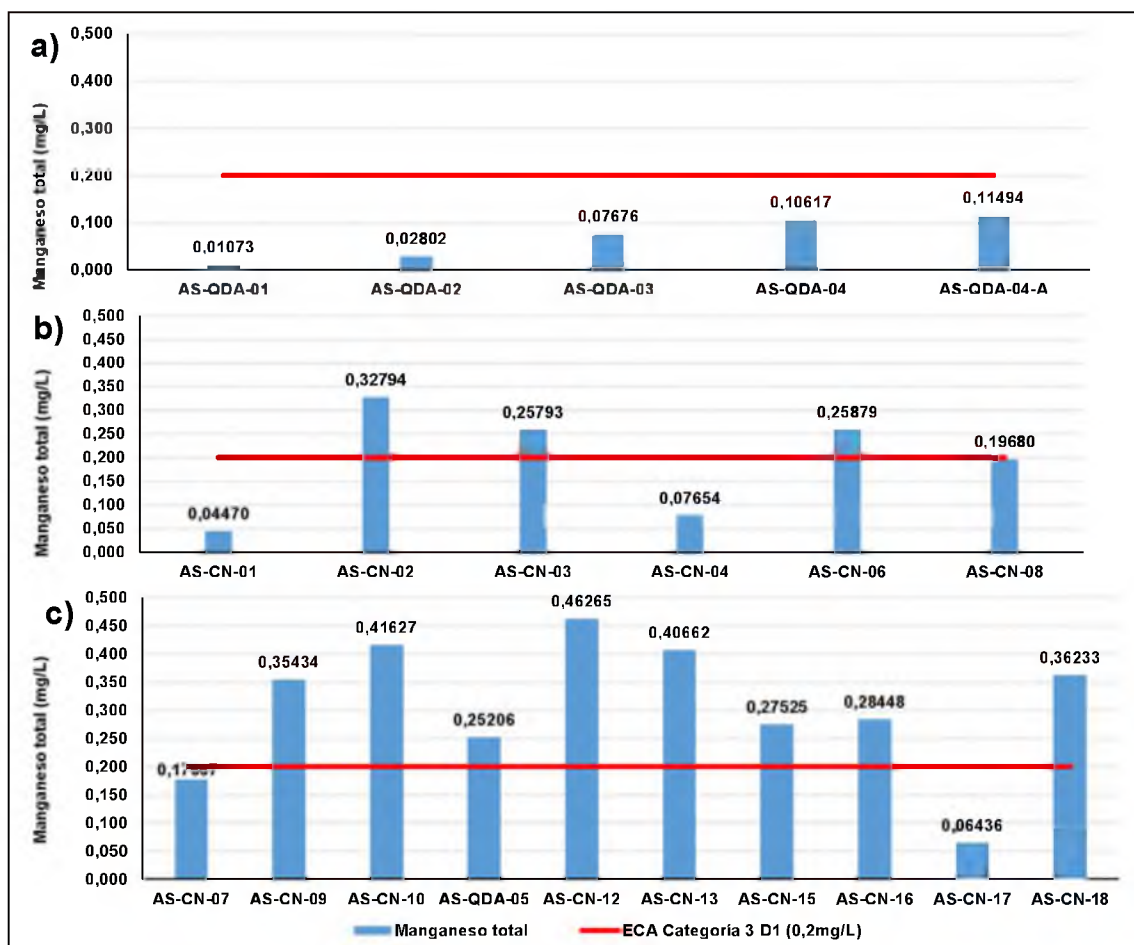


Figura 6.34. Concentraciones de manganeso total comparados con los ECA para agua cat3:D1, a) quebrada Pedregal (GRUPO A), b) quebrada Héroes del Cenepa (GRUPO B), c) canales que vierten al estero Puerto Rico (GRUPO C)

6.3 Calidad de sedimento

Análisis de textura

Los resultados del porcentaje de arena, arcilla y limo obtenidos del análisis granulométrico fueron usados para determinar la clase textural siguiendo la metodología utilizada por el laboratorio, con el fin de verificar si existe correspondencia entre la textura y los parámetros ambientales. La tabla 6-2 muestra que los sedimentos de los puntos evaluados se encuentran principalmente asociados con arena, limo y arcilla; obteniéndose así 8 clases texturales, siendo la predominante la franco-arenoso, con 9 puntos de muestreo; seguida de arenoso, con 5 puntos de muestreo; franco-arcilla-arenoso, con 2 puntos; arenosa, con 2 puntos de muestreo; y franco arcilloso, areno-francosa, arenoso y arena, con un punto de muestreo cada una.

Según estos datos, los puntos de muestreo presentar texturas muy variables, siendo la clase textural franco-arenoso la predominante. Esto podría indicar que la variabilidad de los parámetros ambientales respondería a otras condiciones, antes que a la textura (Tabla 6.15).

Tabla 6.15. Clasificación de la clase textural del sedimento de las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal, y los canales que vierten al estero Puerto Rico

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Arcilla	Arena	Limo	Clase textural
Quebrada Pedregal (GRUPO A)	SED-QDA-01	10	70	20	Franco arenoso
	SED-QDA-02	10	70	20	Franco arenoso
	SED-QDA-03	0	95	5	Arenoso
	SED-QDA-03A	5	90	5	Arenoso
	SED-QDA-04	0	95	5	Arenoso
	SED-QDA-04A	0	95	5	Arenoso
Héroes del Cenepa (GRUPO B)	SED-CN-01	0	95	5	Arena
	SED-CN-02	5	85	10	Areno francosa
	SED-CN-03	15	70	15	Franco arenoso
	SED-CN-04	10	75	15	Franco arenoso
	SED-CN-06	15	70	15	Franco arenoso
	SED-CN-08	10	80	10	Franco arenoso
Canales que vierten al estero Puerto Rico (GRUPO C)	SED-CN-07	10	80	10	Franco arenoso
	SED-CN-09	5	90	5	Arenosa
	SED-CN-10	35	35	30	Franco arcilloso
	SED-QDA-05	20	60	20	Franco-arcilla-arenoso
	SED-CN-12	5	85	10	Areno francosa
	SED-CN-13	15	70	15	Franco arenoso
	SED-CN-15	20	65	15	Franco-arcilla-arenoso
	SED-CN-16	5	90	5	Arenosa
	SED-CN-17	10	75	15	Franco arenoso
	SED-CN-18	5	90	5	Arenoso

A continuación, se presenta el análisis de los resultados de los parámetros de calidad de sedimento según lo descrito en la metodología. Cabe mencionar que solo se presentan los resultados de los parámetros que exceden la normativa de comparación. La lista completa de los parámetros y la comparación con la normativa se presentan en la sistematización de resultados (Anexo 2: reporte de resultados).

Metales totales

La Tabla 6.16 presenta los puntos de muestreo que excedieron los valores de metales totales arsénico, cobre, plomo, zinc, mercurio y cadmio establecidos en la norma canadiense ISQG.

Tabla 6.16. Parámetros en sedimento continental que excedieron el estándar de referencia

Cuerpo de agua	Código de punto de muestreo	Parámetros que exceden el estándar de referencia		Número de parámetros que excedieron por punto	
		ISQG	PEL	ISQG	PEL
Quebrada Pedregal (GRUPO A)	SED-QDA-04A	Zn	—	1	0
Quebrada Héroes del Cenepa (GRUPO B)	SED-CN-04	Hg	—	1	0
Canales que vierten al estero Puerto Rico (GRUPO C)	SED-QDA-05	Cu, Pb, Zn, Hg	As	4	1
	SED-CN-13	Cd	—	1	0
	SED-CN-15	Cu, Zn	—	2	0

— No presenta parámetros que excedan la norma

As: arsénico, Cu: cobre, Cd: cadmio, Pb: plomo, Zn: zinc, Hg: mercurio

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFADEAM: DIRECCIÓN DE
EVALUACIÓN AMBIENTALDecenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad**Arsénico total**

La concentración de arsénico total en el punto AS-QDA-05 (22,9 mg/Kg) es el único valor que sobrepasa el valor ISQG (5,9 mg/kg PS) y el valor PEL (17 mg/Kg) de la guía canadiense; Este punto se encuentra en el GRUPO C. Los valores en los demás puntos se encuentran por debajo del límite de detección.

Cadmio total

La concentración de cadmio total solo excede en el SED-CN-13 (2,2 mg/KG) el valor ISQG (0,6 mg/kg) de la guía canadiense. Este punto se encuentra en el GRUPO C.

Plomo total

Con respecto al plomo, el único punto que sobrepasa la concentración del valor ISQG (35 mg/Kg) de la guía canadiense fue el SED-QDA-05 (50 mg/Kg), que pertenece al GRUPO C, en los canales cercanos a la actividad de acuicultura. En los demás puntos de los GRUPOS A y B, los valores se encuentran por debajo del límite de detección del método de ensayo.

Mercurio total

El mercurio excedió el valor de ISQG (0,17 mg/Kg) de la guía canadiense únicamente en los puntos SED-QDA-05 (0,28 mg/Kg) y SED-CN-04 (0,21 mg/Kg) (puntos relacionados con los canales de langostineras y quebrada Héroes del Cenepa). En los demás puntos los valores se encuentran por debajo del límite de detección del método de ensayo.

Zinc total

Los puntos que excedieron el zinc total del valor ISQG (123 mg/kg PS) de la norma canadiense son los puntos SED-QDA-04A (123,8 mg/kg) del GRUPO A y los puntos SED-QDA-05 (157 mg/Kg) y SED-CN-15 (139,8 mg/Kg) del GRUPO C; estos últimos están relacionados con los canales de cercanos a la actividad de acuicultura y presentan valores mayores en comparación con el GRUPO A (quebrada Pedregal).

Cobre total

La Figura 6.35 muestra los valores de arsénico total en los puntos AS-QDA-05 (77,1 mg/Kg) y AS-CN-15 (51,3 mg/Kg) que excedieron el valor ISQG (35,7 mg/kg) de la guía canadiense; estos puntos corresponden a los canales de las langostineras (GRUPO C). Asimismo, se observa que ningún punto excede el valor PEL (197 mg/kg) de esta guía.

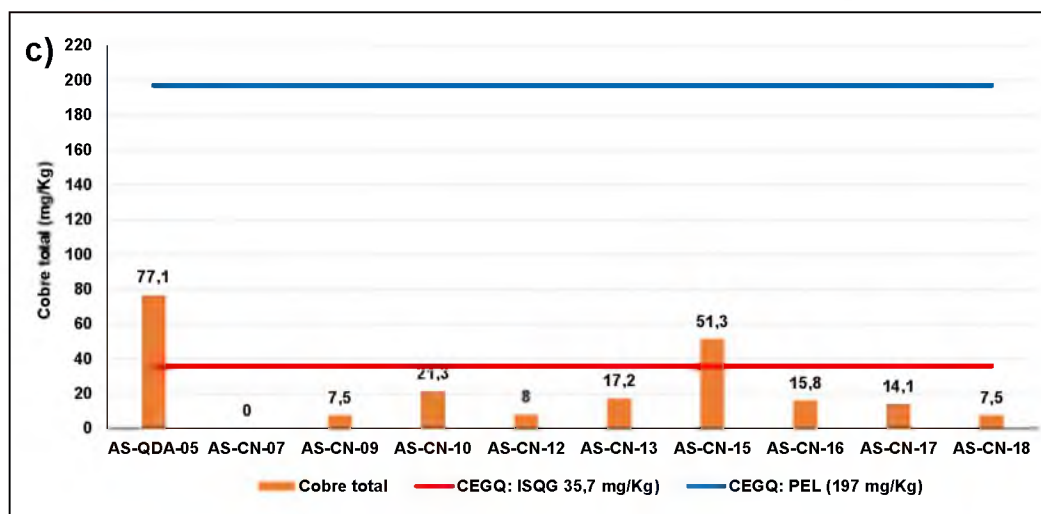


Figura 6.35. Concentración de cobre total en sedimento continental en el GRUPO C

De acuerdo a la Figura 6.36, los puntos correspondientes a los canales de la langostineras (grupo c) muestran valores ligeramente más elevados de cobre total que los demás grupos.

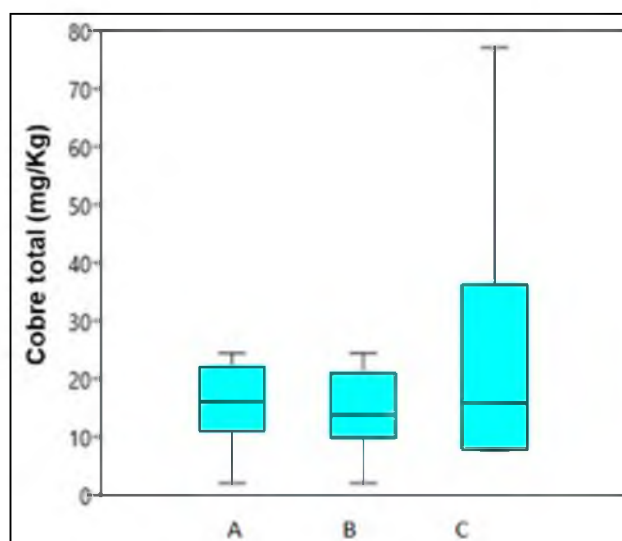


Figura 6.36. Diagrama de cajas y bigotes de las concentraciones de cobre total en sedimento continental en los GRUPOS A, B, C

a) Materia orgánica y sulfuros

La Figura 6.37 muestra el porcentaje de materia orgánica en sedimento de los puntos de muestreo, comparado con el valor de sulfuros. De acuerdo con dicha figura, los máximos valores de materia orgánica y sulfuros se presentan en el punto SED-QDA-03A, el cual es un canal que recibe las aguas residuales de desagües y que desemboca en la quebrada Pedregal. En este punto se evidenció escasa agua de color negro y olor fuerte, así como presencia de residuos sólidos en sus alrededores. En el punto SED-CN-06, ubicado a la altura del puente Héroes del Cenepa, también se registró valores de materia orgánica y sulfuros relativamente altos, presentando aguas de color negro y olores fuertes, al igual que en los otros puntos, se evidenció presencia de viviendas y de residuos sólidos.

El diagrama de cajas y bigotes del porcentaje de materia orgánica en los tres grupos muestra una mayor mediana y un mayor rango intercuartílico en el GRUPO A (quebrada Pedregal). En este diagrama se observa al punto SED-QDA-03A fuera de la mediana por presentar el un valor atípico (Figura 6.38a). Asimismo, en el diagrama de cajas y bigotes de sulfuros se observa una mayor mediana en el GRUPO B (quebrada Pedregal).

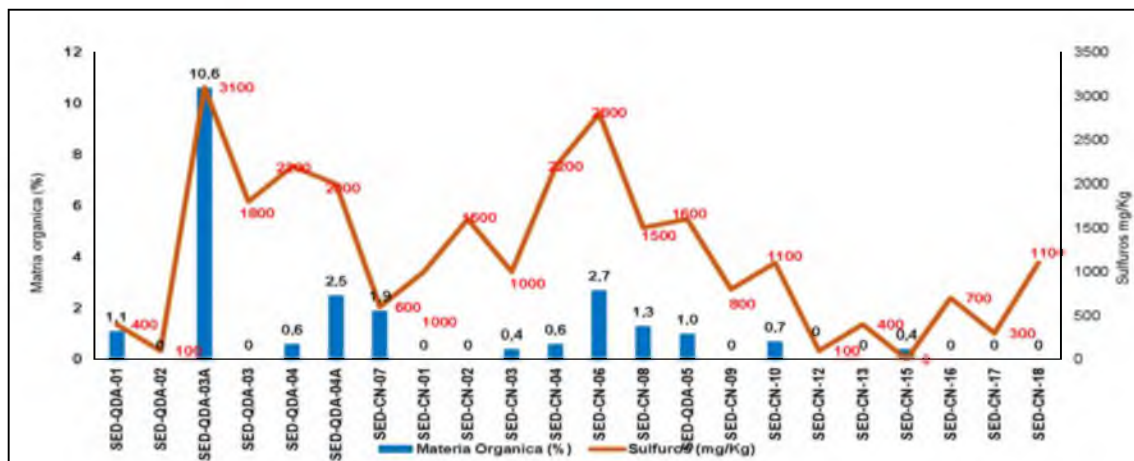


Figura 6.37.-Concentración de materia orgánica y sulfuros en sedimento

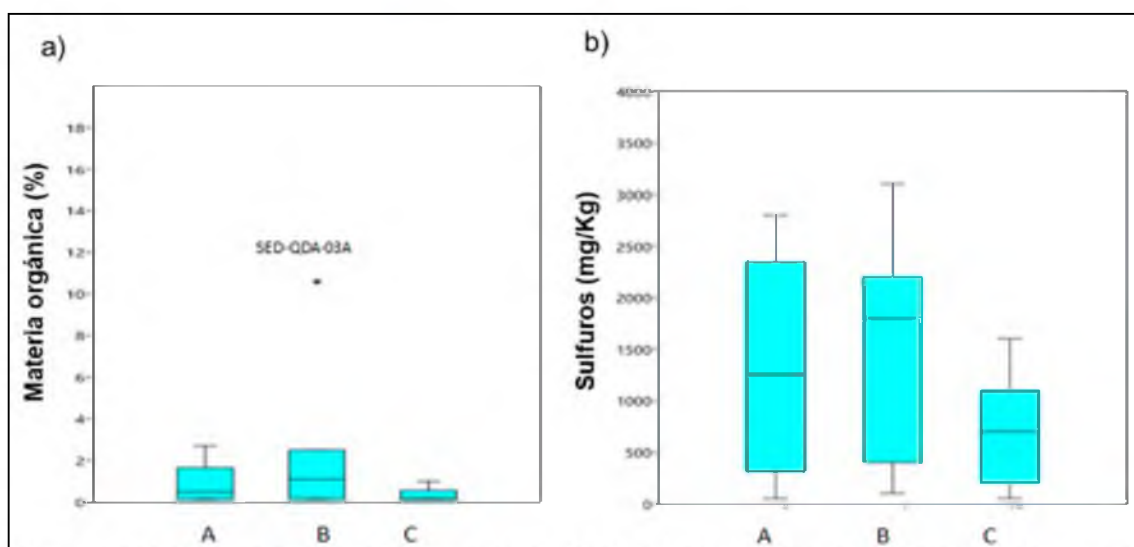


Figura 6.38. Diagrama de cajas y bigotes de la concentración en sedimento a) materia orgánica y b) sulfuros, para los en los GRUPOS A, B, C

7 DISCUSIÓN

7.1 Comunidades hidrobiológicas

7.1.1 Fitoplancton

El fitoplancton se considera un indicador biológico sensible que responde al estrés antropogénico (Coutinho *et al.*, 2012). El cultivo de langostino, como actividad antrópica, puede contribuir al aporte de nutrientes en los ecosistemas adyacentes mediante la liberación de efluentes cargados con nitrógeno y fósforo (Naylor *et al.*, 1998), hacia los

cuerpos de agua adyacentes, donde se realizan otras actividades como pesca, extracción de mariscos, captación de agua para los sistemas de cultivos de langostinos.

Para todos los centros de producción acuícola evaluados, el phylum Bacillariophyta (diatomeas) fue el grupo más representativo en abundancia y riqueza de especies, presentando un comportamiento similar a otros estudios asociados a sistemas de cultivos de langostinos, como en Bangladesh (Islam *et al.*, 2004), Malasia (Saifullah *et al.*, 2016) y Brasil (Casé *et al.*, 2008 & Cavalcanti *et al.*, 2018). Asimismo, algunos estudios reportan que las diatomeas cuando representan más del 80 % del fitoplancton total se asocian a una buena calidad de agua (Eskinazi-Leca *et al.*, 2000); una característica identificada para el estero La Ramada.

Por otro lado, al igual que en otras regiones costeras del mundo, debido a los procesos de eutrofización, se genera una disminución del ensamble de las diatomeas; siendo los dinoflagelados y cianobacterias, las microalgas más resistentes en esas condiciones (Sanders *et al.*, 1987; Yusoff *et al.*, 2002). Esto podría ser causado por el agotamiento del sílice, ya que las aguas residuales domésticas son relativamente pobres en sílice, lo que lleva a la disminución y/o eliminación de diatomeas de las comunidades de fitoplancton (Ryther y Officer, 1981). Este estudio ha reportado, valores de abundancia cercanos entre las Bacillariophyta y Cyanobacterias; incluso este último grupo presentó una mayor dominancia en la EB Hualtaco (CPA Marinazul) (Figura 7.1) y la EB Silma (CPA Silma) (Figura 7.2); aunque en la EB La Fragata (CPA La Fragata) (Figura 7.3) se observó una leve diferencia.

Este comportamiento se debe a que las Cyanobacterias están más adaptadas a la baja transparencia del agua y promueven la turbidez, favoreciendo sus propias ventajas competitivas (Scheffer *et al.*, 1997). Además, con un mayor tiempo de permanencia del agua aumentan la probabilidad de dominación en sistemas acuáticos tropicales poco profundos (Scheffer *et al.*, 1997). Este hecho podría estar relacionado a que los sistemas acuáticos *in situ*, presentaron una coloración lechosa, con alta turbiedad; y en el caso de EB Silma y EB Hualtaco correspondieron a canales artificiales poco profundos en marea baja (< 0,5 m) (foto), las cuales han favorecido el desarrollo del ensamble de Cyanobacterias.



Figura 7.1. Canal artificial Hualtaco, EB Hualtaco, Centro de producción acuícola Marinazul



Figura 7.2. Canal artificial EB Silma, centro de producción acuícola Inversiones Silma



Figura 7.3. Estero El Venado, EB La Fragata, centro de producción acuícola La Fragata

Otro aspecto es la presencia de especies del phylum Miozoa (Dinoflagelados), como *Alexandrium* sp., la cual se ha reportado como formadora de floraciones algales nocivas (FANs) (Tango *et al.*, 2004). Si bien sus densidades fueron muy bajas (<400 microalgas/L); debe ser considerado como un indicador de la calidad del agua empleada para la captación hacia los estanques de cultivo, pues se ha descrito que para la especie *A. minutum* ocurre en aguas semicerradas, como lagunas costeras, y en puertos (Delgado *et al.*, 1990; Giacobbe *et al.*, 1996), en sistemas estuarinos (Lim *et al.*, 2004) y estanques de cultivo de langostinos (Matsuoka *et al.*, 1997 Yoshida *et al.*, 2000; en Yoshida *et al.*, 2001); como los descritos en este estudio.

Por otro lado, se han registrado densidades muy bajas de la comunidad del fitoplancton en comparación a otras áreas asociadas a cultivos de langostinos (Boyd, 1990); lo cual puede ser un factor limitante para organismos ramoneadores que emplean como fuente de alimento. Este hecho podría tener relación, y ser uno de los factores, entre la baja densidad de fitoplancton y la alta densidad de pequeños peces pelágicos registrada en la EB La Ramada. Estos resultados son importantes para entender los efectos de la captación de agua en la estructura del fitoplancton y las redes de alimentación en los cuerpos de agua asociados.

7.1.2 Zooplancton

La alta productividad del ecosistema de manglar siempre ha estado vinculada a su red alimentaria en gran parte basada en detritos, siendo este hábitat considerado como la principal fuente de carbono para los consumidores acuáticos (Cronin 1975; Lugo & Snedaker 1974). El hábitat estuarino ha sido considerado como un área rica en zooplancton, cumpliendo el rol de oasis alimenticio y lugar de cría para una gran variedad de peces e invertebrados (Robertson & Duke 1987).

La composición de especies de la comunidad del zooplancton para las diferentes estaciones de bombeo (EB), muestra una clara predominancia tanto en abundancia como en riqueza de especies del grupo Copepoda. Este patrón no solo es observado en zonas estuarinas, sino recurrente en hábitats marinos de zonas costeras y oceánicas (Ayón *et al.*, 2008).

La especie dominante *A. tonsa* también ha sido reportada en otras áreas de cultivo similares, debido a su gran adaptabilidad y capacidad oportunista (Cajas *et al.*, 2000; Cardozo, Bersano & Amaral, 2013); siendo dominante en todas las estaciones de bombeo, y adicionalmente en la EB La Fragata, se registró el copépodo cyclopoideo *Acanthocyclops sp.*, que también fue altamente representativo (Cajas *et al.*, 2000). Este hecho puede explicarse debido a que el muestreo realizado en el estero El Venado, fue superficial, siendo el hábitat natural de *A. tonsa*, a diferencia de *Acanthocyclops sp.* que se encuentra asociado al fondo de la columna de agua (Miracle, M. 2015). Por lo cual, se puede asumir que la bomba de succión de la EB La Fragata si bien tiene un efecto sobre toda la columna de agua, el efecto se hace más significativo en el fondo; teniendo implicancia incluso sobre estadios de post-larvas de poliquetos de las familias Syllidae, Hesionidae, Sabellidae y sobre copépodos cyclopoideos, tales como *Metacyclops sp.*; siendo un factor importante la baja profundidad del estero (< 1 m).

El registro de huevos, larvas y juveniles de peces, como material retenido en el filtro 3 con mallas de 200 a 300 μm (Anexo 1, correspondiente al reporte de campo) describe la necesidad de evitar el ingreso de potenciales depredadores de larvas de langostino en los estanques de cultivo (Hendrickx *et al.*, 1996); además de ser una posible fuente de vectores de virus y otros patógenos. Se registraron post-larvas de las familias Centropomidae y Mugilidae quienes constituyen una de las pesquerías más importantes del área. Hendrickx *et al.*, (1996) mencionan que por el tamaño de las mallas de los filtros de las estaciones de bombeo y tomando en cuenta el tamaño de las larvas de peces es posible que éstas puedan entrar al estanque de cultivo.

Se ha registrado el ingreso de ictioplancton a las pozas de cultivo en todas las EB analizadas, a pesar de que la mayor cantidad de este queda atrapado como material retenido, siendo las EB Elanza, Amazonas y Ramada las que presentaron los mayores reportes (AR>5 %), debe tenerse en cuenta que las cantidades aquí reportadas corresponde a solo un ciclo de bombeo en cada EB, así que, las cantidades acumuladas y la variación estacional de la reproducción de peces podrían ser mayores. Según Valenzuela *et al.* 2004, las cantidades de larvas captadas por las bombas dependen directamente de la producción de estos en los esteros, esto explicaría el mayor impacto de las CPA Marinazul y Tumbes, ya que se encuentran directamente asociadas a esteros naturales.



7.1.3 Bentos

En relación a los esteros, se observó como patrón general en todos los CPA evaluados, mayor diversidad del phylum Annelida; destacando también el phylum mollusca en el CPA Langostinera Tumbes. En los esteros relacionados a los CPA Inversiones Silma y La Fragata se observó una diversidad baja (0 a 2 especies) en comparación con lo determinado en los CPA Marinazul (de 4 a 18 especies) y Langostinera Tumbes (4 a 25 especies). Sin embargo, es necesario mencionar que un estudio anterior determinó valores de riqueza mayores, alcanzando valores de 20 a 39 especies evaluando solo el ensamble de poliquetos (Cabanillas, Advíncula, & Gutiérrez, 2016).

El material retenido en los filtros ubicados en las estaciones de bombeo de los CPA, presentó una mayor riqueza en el phylum Arthropoda en todas las unidades evaluadas. Además, El CPA que presentó el mayor número de especies en el material retenido en el filtro 2 fue Langostinera Tumbes y el CPA que presentó el mayor número de especies en el filtro 3 fue La Fragata.

Es importante considerar la distancia a la cual se ubican los CPA respecto a los esteros naturales. En el caso de Langostinera Tumbes, esta se conecta directamente con el estero natural La Ramada, y en el caso de Marinazul, sus esteros artificiales se ubican cerca del estero natural Zarumilla. Por el contrario, Inversiones Silma se encuentra a más de 3 km de los esteros naturales. Esta condición se vio reflejada en los resultados obtenidos pues se encontró una mayor riqueza de organismos bentónicos en los CPA Langostinera Tumbes y Marinazul.

Al respecto, el canal La Ramada es un estero natural en el cual se realiza una activa extracción de recursos hidrobiológicos, entre los que destacan los artrópodos y los moluscos bivalvos (Inrena, 2007; Marin, 2013). Por otro lado, el estero Zarumilla se ubica en el Santuario Nacional los Manglares de Tumbes, donde se encuentra una gran diversidad de especies (Takahashi & Martínez, 2015), esta condición influiría en la abundancia y riqueza del material retenido en los filtros.

Respecto a los análisis de ordenamiento se observó un comportamiento distintivo de tres grupos de especies. Por un lado, *Tagelus* sp., *Nuculana* sp., *Nassarius* sp., *Caecum* sp., Bivalvo No determinado B, *Prionospio* sp., *Hemipodia simplex* y el Hemichordata no determinado estuvieron asociados a los puntos ubicados en el estero La Ramada y a los esteros ubicados en el CPA Marinazul. Al respecto, los moluscos y los poliquetos forman parte importante de la comunidad bentónica en los manglares los cuales se encuentran en los esteros (Advíncula, 2017; Cabanillas et al., 2016; Zvonareva & Kantor, 2016) o como *fouling* asociado a las raíces del mangle (Vilardy & Polan, 2002).

El poliqueto *Capitella capitata* estuvo relacionado a los esteros de los CPA La Fragata e Inversiones Silma. Diferentes estudios señalan que la familia capitellidae se encuentra relacionada con zonas de descomposición de materia orgánica en ambientes intermareales de manglares tropicales y templados (Metcalf & Glasby, 2008; Morales, 2012; Nordhaus, Hadipudjana, Janssen, & Pamungkas, 2009), evidenciando una condición deteriorada para estos esteros.

Respecto al material retenido en los filtros de las estaciones de bombeo en los CPA evaluados, se observó la asociación de *Penaeus* cf. *stylirostris*, *Callinectes toxotes*, *Penaeus* cf. *vannamei*, Brachyura (larvas megalopa) no determinado, *Goniopsis pulchra*, larvas en estadio Mysis no determinadas, así como juveniles no determinados de peces (Osteichthyes). Al respecto, los langostinos, sus larvas (mysis), las jaivas nadadoras y los



peces, se encuentran relacionados a la columna de agua, por lo que con el accionar de las bombas de succión serían absorbidos y quedarían retenidos en los filtros.

Respecto a *Brachyura* (megalopa), se ha determinado en especies del género *Ucides* que las larvas zoea permanecen fuera del estuario por un periodo de tres o cuatro semanas, luego pasan al estado megalopa y re-invasen el estuario, permaneciendo en los esteros hasta que encuentran las condiciones adecuadas (Diele, 2000; Simith & Diele, 2008), lo que las haría susceptibles a ser succionadas por el accionar de las bombas, quedando retenidas en los filtros.

7.1.4 Peces

Los ecosistemas de manglar soportan funciones ecológicas esenciales actuando como filtros de materiales derivados de la tierra y proporcionando nutrientes a las redes alimentarias (Sasekumar *et al.*, 1992; Twilley *et al.*, 1996; Twilley, 1998). Por ello, la pérdida significativa de hábitat dentro de los ecosistemas de manglar tiene importantes consecuencias ecológicas reflejadas en la biota acuática, siendo más conspicua en la comunidad de peces (Valiela *et al.*, 2001; Whitfield y Elliott, 2002).

Cuando se comparó la comunidad de peces en todos los centros de producción acuícola (Marinazul, Inversiones Silma, La Fragata y Tumbes), la EB Amazonas, CPA Marinazul (AMA-F1A) registró la mayor riqueza de especies. Este resultado podría ser explicado por la proximidad al Santuario Natural de los Manglares de Tumbes (SNLMT); permitiendo un posiblemente efecto de difusión o *spillover* de la biomasa concentrada hacia las zonas adyacentes (Castellanos-Galindo & Krumme, 2014); sin embargo, para las EB Hualtaco y EB Elanza, siendo esta última asociada al estero Algarrobo, registraron valores bajos de riqueza de especies; asumiendo que además de las variables naturales como cambios en el régimen de las mareas, distancia de los esteros, también podrían ser porque forman parte de un sistema de canales artificiales para la captación de agua. Estos canales artificiales presentan una baja o inexistente cobertura vegetal, principalmente de *R. mangle*, haciendo que la heterogeneidad de hábitats sea baja y por ende una baja riqueza de especies; manteniendo similares características con la comunidad de peces con la CPA Silma.

Asimismo, la tendencia de una baja riqueza, fue también evidente en las EB La Fragata (CPA La Fragata) y EB La Ramada (CPA Tumbes), con la diferencia que estas áreas estuvieron adyacentes a los esteros El Venado y La Ramada; este última se encuentra fuera de la zona de amortiguamiento (ZA) del SNLMT, y a la vez está influenciada por las descargas de efluentes provenientes de áreas agrícolas y centros poblados (e.g. urbanización Andrés Araujo Morán).

En razón de los sistemas de captación de agua para los diferentes administrados, las características de la riqueza de especies también presentaron cambios entre los sistemas de filtro 1, asociados al cuerpo de agua, y filtro 2, posterior a la estación de bombeo. Para el caso de la empresa Marinazul, en la EB Hualtaco la funcionalidad del filtro 1 ha sido efectiva respecto a las estaciones de Amazonas y Elanza; en donde los valores de riqueza y abundancia fueron mayores en el filtro 2. Este hecho puede estar relacionado también a la falta de mantenimiento del filtro 1 (deterioro por la exposición a ramas y efecto de mareas).

En la CPA Silma, también se describió una baja efectividad del filtro 1, manteniendo similares valores de riqueza especies con el filtro 2. Sin embargo, la composición de especies varió ligeramente. Este hecho puede estar relacionado a que especies filtradoras, que usualmente son más pequeñas, tales como *C. sagittula*, podrían estar pasando

fácilmente por el filtro 1 (con una luz de malla más grande). Un comportamiento semejante se describió en la EB La Fragata, de la empresa La Fragata S.A, aunque en esta área los valores de riqueza fueron mayores en el filtro 2 (FRA-F2ICT1); y la especie *Gambusia affinis* fue representativa en ambos filtros (F1 y F2).

Por el contrario, un esquema en donde la efectividad del filtro 1 fue alta, se registró en la EB La Ramada, CPA Tumbes, en donde la riqueza y abundancia fue alta y en el filtro 2, fue nula. Este evento, podría tener relación con las estructura para direccionar el flujo de agua y posterior bombeo (Figura 7.4); haciendo más eficaz la retención del ensamble de peces; y con ello, reducir la afectación sobre la comunidad de peces.



Figura 7.4. Sistema de captación de agua: filtro 1 (estero La Ramada), estación de bombeo (arriba) y filtro 2 (abajo)

Lo obtenido por las curvas de rarefacción, refleja una comunidad de peces altamente heterogénea, de baja riqueza de especies y altas dominancias de pequeños pelágicos. En ese sentido, se ha descrito que este método gráfico se ajusta para describir los patrones espaciales observados en comunidades biológicas donde se ha distinguido por presentar una baja riqueza específica (Wade, 1972).

Se ha descrito que la pérdida de hábitats, ha alterado la capacidad de “nursery” de los sistemas estuarinos, para proporcionar refugio en los estadios juveniles de las especies de peces (Harrison & Whitfield, 2004), registrándose principalmente a *Ophichthus cf. remiger* y *Centropomus unionensis*, como especies que cumplen con esa característica; y adicionalmente, son objeto de pesca presentando un alto valor económico en el área de estudio.

Por otro lado, en relación los hábitos alimenticios, de las 18 especies identificadas para todos los CPA, se documentó que 9 especies consumen una combinación de fuentes de alimentos planctónicos y bentónicos (ver Tabla 6-10). Asimismo, las dos especies con las abundancias relativas más altas en la evaluación fueron *Atherinella cf. serrivomer* (EB La Ramada) y *C. sagitula* (EB Amazonas), caracterizadas como omnívoras, que aunque las dietas de estas especies no están documentadas; otras especies de la familia



Atherinopsidae de zonas tropicales y templadas consumen plancton durante el día y pueden cambiar a fuentes de alimento bentónicos durante la noche (Casseiro *et al.*, 2003). Estos resultados describen una comunidad de peces con una baja diversidad de las categorías alimentarias, siendo otro aspecto ecológico que podría sustentar un alto grado de estrés de los sistemas acuáticos evaluados asociados los CPA, en donde la fuerza de succión de la captación de agua podría estar teniendo implicancias sobre la disponibilidad de alimento.

Por último, de las 18 especies colectadas, 10 fueron registradas como residentes permanentes del ecosistema de manglar. Sin embargo, estos resultados están muy por debajo de lo registrado en los estudios de Luque *et al.*, (2007) y Chirichigno (1963), con 83 especies en total. Estos resultados tienen relación con la pérdida de hábitats, la cual tiende a la reducción de la densidad poblacional y a la pérdida de diversidad y riqueza de muchas especies asociadas a los sistemas de manglar (Alongi, 2002).

7.2 Método Conesa

CPA Marinazul

Los sistemas de captación de agua (EB Hualtaco, EB Amazonas y EB Elanza) están conformados por canales artificiales, los cuales están conectados con el estero El Algarrobo, que forman parte de la zona de amortiguamiento (ZA) del Santuario Nacional Los manglares de Tumbes (SNLMT). Esta particularidad hace que los efectos de la captación sean evidentes, sobretodo en la comunidad de peces, en especial sobre especies de importancia ecológica y comercial. Estos resultados se refuerzan debido a que en el actual plan maestro del SNLMT menciona un descenso en las poblaciones de varias especies de peces (entre el 25-75 %), como Cachema (*Cynoscion analis*), Corvina (*Cilus gilberti*), Chula (*Menticirrhus paitensis*), Robalo (*Centropomus unionensis*, *Centropomus* spp.), Roncador (*Pomadasys panamensis*), Lisa (*Mugil* spp.), Cherelas (*C. squamipinnis*) y Polla (*Umbrina xanti*) (Inrena, 2007b, Plan Maestro SNLMT 2017-2021), registrando varias de estas especies en las áreas evaluadas. Si bien los resultados corresponden a un solo evento de muestreo, se pone en evidencia que la actividad de captación podría tener consecuencias, incluso sobre los programas de protección de estos recursos. Asimismo, considerando que dentro del material retenido por la fuerza de succión se ha registrado plántulas de *R. mangle* (Mangle rojo) y de especies de invertebrados, como *Callinectes* spp y *Litopenaeus* spp., también descritos como recursos de importancia económica en el plan maestro del SNLMT.

Se ha reportado que la cobertura de bosques de mangle es un factor influyente sobre la abundancia de peces debido a que incrementa los nutrientes, favoreciendo la productividad primaria y secundaria; y con ello, la disponibilidad de alimento (Benke, 2010); por tal motivo se estaría afectado los procesos de colonización y repoblamiento de nuevas áreas de cobertura de mangle.

CPA Silma

El sistema de captación de agua corresponde a un canal artificial. Sin embargo, se ha registrado que está afectando significativamente a especies de importancia ecológica y comercial. Este hecho se podría explicar por la ineficiencia del filtro 1. En un escenario diferente, de mejores condiciones de la malla, estas especies podrían tener la probabilidad de regresar a los sistemas de canales naturales y/o estuarinos; y mantener las poblaciones en el tiempo (sustentabilidad).

CPA La Fragata

El estero El venado, por ser un estero de pequeñas dimensiones y de baja profundidad (<1 m), estaría expuesto a presentar recurrentes procesos de resuspensión de material particulado, generando un incremento de nutrientes en la columna de agua como producto de una difusión pasiva proveniente del sedimento (Yucra, 2015). Si bien en la época seca, es en donde los eventos de resuspensión son más estables, la succión de agua podría estar ejerciendo ese efecto sobre el sedimento; y podría explicar las altas dominancias de grupos del fitoplancton como Bacillariophyta y Cyanobacterias, estas últimas presentan mejor adaptación a condiciones de turbidez del agua, una característica que fue identificada *in situ* en el estero.

Por otro lado, se registró la retención de plántulas de *R. mangle* y *Litopenaeus* spp; que si bien ambos ítems presentaron bajas abundancias; podrían ser consecuencia de efectos acumulativos.

Tanto las características del hábitat y estero El venado podrían tener relación con la baja riqueza y abundancia de la comunidad de peces; haciéndose más evidente debido a una baja eficiencia del filtro 1 (permite el traspaso de individuos al filtro 2), viéndose perjudicadas las poblaciones de peces y macroinvertebrados.

CPA Tumbes

El hecho de haber registrado solo impactos medios en el estero La Ramada se debe a que la captación de agua por la estación de bombeo no estaría afectando significativamente sobre las comunidades hidrobiológicas evaluadas, estando posiblemente relacionado a una abundante cobertura vegetal (bosques principalmente de *R. mangle*), la cual permite una mayor heterogeneidad y complejidad de los hábitats. Sin embargo, al haber registrado una alta dominancia de pequeños pelágicos, evidencia una pobre riqueza de especies y diversidad trófica del ensamble de peces.

7.3 Agua superficial y sedimento

Es importante señalar que en casi la toda la costa provincial de Tumbes hasta llegar al Santuario Nacional los Manglares de Tumbes se encuentran unidades productivas de campos de cultivo de langostinos, con una área de producción de 2862,77 ha. Estas actividades generan en su desarrollo nutrientes, materia orgánica y sólidos sedimentables y en suspensión, que son vertidos a los esteros sin previo tratamiento.

Los esteros son impactados desde su origen, y en su recorrido, sus aguas son bombeadas hacia los estanques de cultivo de langostinos; sin embargo, los esteros también se convierten en el receptor de los desechos de diversas fuentes de contaminación, como la agricultura y las aguas residuales domésticas. De la misma forma, los canales de marea de los manglares de Tumbes, también reciben contaminantes al modificar los flujos de agua con la creación de canales, que impactan y finalmente van a parar al ecosistema marino sin previo tratamiento para disminuir los impactos ambientales (Morán, 2017).

El ecosistema de manglares de Tumbes está fuertemente afectado por la variabilidad climática asociada al fenómeno El Niño, particularmente, mediante las fuertes crecidas de los ríos que cambian la biogeoquímica del manglar y afectan el ecosistema. Estas crecidas aportan grandes cantidades de nutrientes y sedimento que colman los canales, lo que reduce el hábitat de la biota acuática y la muerte significativa de conchas negras durante estos fenómenos (El Niño). Los efectos descritos se observaron particularmente durante el evento en 1982-1983 (Takahashi y Martínez, 2015).

7.3.1 Agua superficial

Las aguas de las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal, en su recorrido hacia los canales de la zona de las langostineras, reciben aportes de contaminantes de las actividades productivas como la agricultura, ganadería y acuicultura, las cuales se mezclan con las aguas residuales domésticas de la población del casco urbano de Tumbes.

Durante el monitoreo, los parámetros de campo oxígeno disuelto (mg/L) y conductividad eléctrica (uS/cm) excedieron el ECA-Agua categoría 3-D1¹⁴, en algunos puntos de muestreo de los GRUPOS A, B y C. Los puntos de muestreo del GRUPO A y B reciben aportes de vertimientos de aguas servidas de uso domésticos, y en su recorrido, reciben también aportes de aguas de origen agrícola de diferentes drenes de canales; sin embargo, los puntos del GRUPO C, asociados a las actividades del cultivo de langostino, se mezclan con aguas de drenaje de las pozas de cultivo y las aguas del mangle en su estado más natural, presentando las más altas concentraciones de conductividad eléctrica, debido al ingreso agua de mar en las mareas de altas.

La oxidación microbiana o mineralización de la materia orgánica es una de las principales reacciones que ocurren en los cuerpos naturales de agua y constituye una de las demandas de oxígeno, ejercida por los microorganismos heterotróficos, que hay que cuantificar. Esencialmente, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) es una medida de la cantidad de oxígeno utilizada por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas, en un período de cinco días y a 20 °C (Raffo y Ruiz, 2014).

Las bajas concentraciones de oxígeno disuelto en los puntos de muestreo de los GRUPOS A y B nos muestran una intensa actividad biológica en la degradación de los compuestos orgánicos e inorgánicos presente en el agua, debido a los vertimientos de aguas residuales domésticas hacia las aguas de las quebrada Héroes del Cenepa y Pedregal. No obstante, los puntos de muestreo AS-CN-15, AS-CN-16, AS-CN-17 y AS-CN-18, del GRUPO C (cercanos a las langostineras), presentan valores de oxígeno disuelto que cumplen con el ECA-Agua, cat3:D1 (≥ 4 mg/L), lo cual se debe a que estas se mezclan con aguas de las actividades de los centros de producción acuícola y al ingreso de aguas del manglar en mareas altas, sobre todo en los puntos cercanos a los canales de marea. Esto concuerda con Imarpe (2007), quien reporta 4,20 mg/L en el canal de Puerto Rico; 4,51 mg/L en El Bendito; y 5,66 mg/L en el Algarrobo.

El parámetro estrechamente ligado al oxígeno disuelto es la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), que permite medir la cantidad de materia orgánica en un cuerpo receptor. De esta manera, en los puntos que reciben descargas de origen orgánico, se observa un descenso brusco en la concentración de oxígeno disuelto en el agua y una alta demanda de DBO₅, lo que es un indicador de contaminación, como el provocado por las aguas residuales domésticas.

Las concentraciones más altas de DBO₅ en los puntos de muestreo de los GRUPOS A y B nos indica que sus aguas son altamente susceptibles a la contaminación fecal, debido a que son utilizadas como vertedero de las poblaciones del casco urbano de Tumbes y de otras actividades. Esto coincide con la alta DBO₅ registrada en estos puntos, que incumplen el valor ECA-Agua cat3:D1 (15 mg/L). En ese mismo sentido, en los puntos de muestreo del GRUPO C, donde el oxígeno disuelto cumple con el ECA (AS-CN-15, AS-CN-16, AS-CN-17, AS-CN-18) el valor de la DBO₅ no excede el valor ECA.

Las aguas naturales pueden contener materias grasas procedentes de la descomposición del plancton o de formas superiores de vida acuática. La mayoría de los aceites y grasas son insolubles en el agua, pero pueden ser emulsionados o saponificados por álcalis, detergentes y otros productos químicos, lo cual hace que se forme una película o mancha aceitosa. En la mayoría de puntos de los GRUPOS A y B, se registraron valores que superaron el valor ECA-Agua cat3:D1 (5mg/L), lo cual tiene relación directa con los valores obtenidos de oxígeno disuelto, puesto que altas concentraciones de aceite y grasas en la capa superficial del agua interfiere con la disolución y transferencia del oxígeno, contribuyendo con la contaminación de las aguas generada por los canales de marea y los canales cercanos a las actividades acuícolas (langostineras). Los valores de aceites y grasas se deberían a la descarga directa de los vertimientos de aguas residuales domésticas no tratadas de los AA. HH. Andrés Araujo Morán (quebrada Héroes del Cenepa), y Mafalda Lamas, El Bosque y Las Malvinas (quebrada Pedregal). Por otro lado, a excepción del punto AS-CN-07, ninguno de los otros puntos de muestreo del GRUPO C incumple con el ECA-Agua para esta categoría (cat3:D1).

El número de organismos de coliformes termotolerantes en los excrementos humanos es muy grande; su presencia en el agua se considera un índice evidente de la ocurrencia de polución fecal y, por tanto, de contaminación con organismos patógenos, aunque no solamente provienen de los excrementos humanos, sino también pueden originarse en animales de sangre caliente, animales de sangre fría y en el suelo. Por lo tanto, la presencia de coliformes en aguas superficiales indica contaminación proveniente de residuos humanos, animales o erosión del suelo separadamente, o de una combinación de las tres fuentes (Nebel, y Wright 1999).

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) reconoce que los organismos del grupo coliformes son un buen indicador microbiano de la calidad del agua, debido principalmente a que son fáciles de detectar y enumerar en el agua.

Una de las fuentes de contaminación de las aguas de las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal son principalmente los vertimientos directos del sistema de alcantarillado de la localidad de Andrés Araujo Morán al cauce de la quebrada Héroes del Cenepa (GRUPO A), así como el vertimiento de aguas servidas de uso doméstico al cauce de la quebrada Pedregal (GRUPO B), cercano al casco urbano de Tumbes en los AA. HH. Mafalda Lama, El Bosque y Las Malvinas. Otra fuente de contaminación sería la generada por actividad agrícola y pecuaria, la que finalmente llegaría a mezclarse con aguas de las descargas de pozas de cultivo (langostinos) y con las mareas que ingresan por los canales. Esto concuerda con lo reportado por la Administración Local del Agua de Tumbes (ALA-Tumbes), quien identificó fuentes de contaminación en las aguas del río Tumbes; estas son, 17 descargas de aguas residuales domésticas, 5 descargas de aguas residuales de origen agrícola, 2 descargas de actividades acuícolas y 4 correspondientes a chancherías (Gobierno Regional de Tumbes, 2017).

Durante el 2018 se registraron valores de coliformes termotolerantes que excedieron el valor límite (1000 NMP/100mL) del ECA-Agua cat3:D1. En los puntos de muestreo de los GRUPOS A y B se presentaron los valores más altos, siendo los puntos AS-CN-03 y AS-QDA-04 en los que la carga contaminante fue notoriamente elevada, ya que estos presentan características indicadoras de contaminación fecal (altas temperaturas, fuerte olor y aguas de color negro), la cual está relacionada con los vertimientos de origen doméstico. En los puntos de muestreo del GRUPO C, que en su recorrido llegan a mezclarse con aguas de los canales de los esteros y con las aguas de las descargas de las pozas de cultivo (langostineras), en 5 de ellos (AS-CN-07, AS-CN-09, AS-CN-10, AS-QDA-05, AS-CN-12) se presentan valores por encima del ECA-Agua cat3:D1, encontrándose el valor más elevado en el punto AS-CN-09 (17 00 000 NMP/mL). Los demás puntos (AS-CN-13, AS-CN-15, AS-CN-16, AS-CN-17 y AS-CN-18) presentaron valores por debajo del valor



estándar ECA-Agua, lo que concuerda con lo reportado en el agua de estero de Puerto Pizarro por Morán (2016). Esta menor concentración de coliformes en esta zona puede ser como consecuencia de la dilución provocada por las descargas de agua de las pozas de los CPA, y por tratarse de agua de estuario que podría no favorecer el incremento de este parámetro microbiológico.

Con respecto a los valores reportados para metales totales, solo los parámetros manganeso y boro superaron el ECA-Agua cat3:D1. El boro llega a la corteza terrestre a través de diferentes vías: la precipitación atmosférica, la actividad geológica y el vulcanismo; se utiliza el boro en la fabricación de productos químicos agrícolas y agentes de control de plagas; otra fuente secundaria que introducen boro en el suelo es el agua de lluvia, el agua de mar, también puede provenir de la actividad humana, la fertilización con boro y la utilización de aguas residuales ricas con este elemento que dan problemas de toxicidad (Walter, 2016). El parámetro boro excedió el valor ECA-Agua cat3:D1 (1 mg/L) en cinco puntos de muestreo del GRUPO C, siendo el valor más alto en el punto AS-CN-17 (4,564 mg/L); esto estaría asociado con las actividades de acuicultura (influencia del estero); ya que los puntos de muestreo de los GRUPOS A y B no excedieron este valor del ECA-Agua.

El manganeso (Mn) es uno de los elementos más abundantes de la corteza terrestre, se encuentra en el agua, los sedimentos, las rocas y los procesos biológicos, al menos un centenar de minerales contienen manganeso siendo los más importantes los óxidos, los carbonatados y el silicato; algunas sales de manganeso se utilizan como fertilizantes (Walter, 2016).

En los GRUPOS B y C se registraron valores que superaron el valor establecido en el ECA-Agua categoría cat3:D1 (0,2 mg/L). En relación con el GRUPO C, a excepción de los puntos AS-CN-07 y AS-CN-17, los otros ocho puntos superaron el valor estándar ECA-Agua, estando el máximo valor en el punto AS-CN-12 (0,46265 mg/L); mientras que en el GRUPO B, cuatro de seis puntos superaron este estándar, estando el máximo valor en el punto AS-CN-02 (0,32794 mg/L). En general, las concentraciones fueron más elevadas en el GRUPO C que en los demás puntos de muestreo. Estos resultados estarían asociados con la mezcla de aguas de los canales de regadío y con las aguas procedentes de los canales de mareas de las langostineras.

7.3.2 Sedimento

Los sedimentos proporcionan una indicación temporalmente integrada de las condiciones de los ambientes acuáticos y pueden actuar como el mayor reservorio de metales (Caccia et al, 2003).

El transporte de los sedimentos es según el tamaño de partícula, cuanto más pequeña es la partícula, más fácilmente puede ser transportada por las corrientes; en consecuencia, la arena no se dispersará a mayores distancias, respecto al limo (Garrison, 2012).

Con respecto a la granulometría en los puntos de las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal, y los canales cercanos a las langostineras (GRUPOS A, B y C), predomina la fracción la arena, seguida del limo y la arcilla. Con respecto a la clase textural, predomina la franco arenoso, encontrándose esta en mayor proporción en los canales de las quebrada Héroes del Cenepa, luego le sigue la clase textural arenoso, en los puntos de muestreo de la quebrada Pedregal. El cambio textural en estos puntos se podría atribuir principalmente a las descargas de los vertimientos de aguas residuales domésticas y a los drenajes de las pozas de cultivo de langostinos que realizan durante su recambio de aguas.

Otro aspecto muy importante son los porcentajes de materia orgánica y la concentración de sulfuros presentes en el sedimento continental de las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal, y los canales cercanos a la actividad acuícola (langostineras). En el análisis sedimentológico se mostró que el punto de muestreo SED-QDA-03A (quebrada Pedregal) presentó los máximos valores tanto de sulfuros (3100 mg/Kg) como de materia orgánica (10,6 %), probablemente porque su origen en los aportes de los vertimientos de agua residual doméstica de los AA. HH. Mafalda Lama, El Bosque y Las Malvinas, que llegan a los canales y luego a la quebrada Pedregal. Asimismo, los puntos SED-QDA-04 y SED-QDA-04A (quebrada Pedregal) presentan también valores elevados en sulfuros.

En la quebrada Héroes del Cenepa, se presentaron valores elevados en materia orgánica (2,7 %) y sulfuros (2800 mg/kg) en el punto SED-CN-06, el cual recibe aguas sin tratamiento del sistema de alcantarillado de la localidad Andrés Araujo Morán; lo mismo que sucedería en el punto SED-CN-08 (ambos parámetros presentaron valores elevados).

Sin embargo, en los puntos de muestreo antes de los canales de actividad acuícola, el porcentaje de materia orgánica disminuye, presentándose el mayor porcentaje en el punto SED-CN-10 (0,7 %), manteniéndose aún una concentración de sulfuro elevado (1100 mg/Kg). Sin embargo, Imarpe (2007) reporta en los canales Algarrobo y Puerto Rico concentraciones de materia orgánica de 3,28 % y 3,73 %, esta condición significaría que la materia orgánica se puede acumular de manera heterogénea dentro de un mismo sistema de canales, generando áreas de mayor y menor acumulación de materia orgánica.

En general, se puede ver que la materia orgánica es mayor en las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal, por lo que existe una disminución conforme se acercan a los canales de las langostineras.

En cuanto a los metales totales en sedimento, se presentan distintas condiciones; en el caso de arsénico, el único punto que excedió los valores ISQG Y PEL de la guía canadiense fue el SED-QDA-05 (22,9 mg/Kg).

Asimismo, este mismo punto excedió los valores ISQG de los metales Cu, Pb, Zn y Hg de la guía canadiense. El Cu y el Zn ingresarían por escorrentía a los ambientes acuáticos; estos tienen fuerte afinidad por fracciones de hierro, óxido de manganeso y materia orgánica, dependiendo su influencia en la vida acuática por diversos procesos físico-químicos. La distribución de las mayores concentraciones de algunos metales en este punto, y teniendo en cuenta el alcance de la materia orgánica, las principales fuentes de contaminantes inorgánicos como arsénico, plomo, zinc y mercurio serían las descargas de los vertimientos de aguas residuales y agrícolas.

En el punto SED-CN-13, solo el metal cadmio (2,2 mg/Kg) excedió el valor ISQG de la guía canadiense. Este punto se encuentra en la intersección de dos canales, entre la Langostinera Tumbes SAC y la empresa Ccoral S.A.

En el punto de muestreo SED-CN-15, los metales Cu (51,3 mg/Kg) y Zn (139,8 mg/Kg) excedieron el valor ISQG de la guía canadiense. En el punto SED-QDA-04 (123,8 mg/Kg), solo el zinc excedió el valor ISQG de la guía canadiense; este punto se encuentra influenciado por aguas de la quebrada Pedregal, la cual sería una posible fuente de contaminación.

La concentración de mercurio que excedió el valor ISQG de la guía canadiense se presentó en el punto SED-CN-04 (0,21 mg/Kg), en la quebrada Héroes del Cenepa. Este sería un valor atípico y puntual en la zona, puesto que solo se presentan concentraciones en un solo punto.

8 CONCLUSIONES

Comunidades hidrobiológicas

Fitoplancton

- Bajos valores de riqueza de especies y abundancia de fitoplancton indicaron una baja calidad del agua; explicado por la remoción de los sedimentos debido a la fuerza de succión en la captación de agua. Esto se refuerza por la dominancia del grupo Cyanobacterias presente principalmente en la EB del CPA Silma, en menor grado en la EB Hualtaco del CPA Marinazul y EB del CPA La Fragata.
- Se registró la presencia de *Alexandrium* sp., un alga tóxica, que pone en evidencia áreas potenciales para la generación de floraciones algales nocivas, en la fuente principal de agua de los CPA Silma y Tumbes.

Zooplancton

- Se evidenció una afectación significativa de la captación de agua sobre la comunidad del zooplancton en los filtros instalados, posterior a la estación de bombeo, principalmente en áreas someras (< 1 m) como en el CPA La Fragata (estero El Venado). El material retenido en los filtros posteriores al bombeo registró la mayor abundancia y riqueza de especies; siendo las larvas y post-larvas de peces, como Centropomidae (Robalos), Mugilidae (Lisas), las que destacaron por su importancia comercial, teniendo implicancias negativas sobre sus poblaciones debido a que no retornan al ecosistema del manglar.

Bentos y material retenido

- La baja abundancia y diversidad de especies del macrobentos se debería a la distancia de los puntos de captación de agua con relación a los esteros naturales, esto se hizo evidente en los CPA La Fragata e Inversiones Silma, donde se reportó ausencia de Macrobentos, y la presencia de especies oportunistas asociadas a estrés hídrico característico de los ecosistemas de manglar.
- El funcionamiento de las bombas de succión afecta a los organismos presentes en la columna de agua, entre ellos especies de importancia comercial, las cuales están siendo capturadas en distintas etapas de su desarrollo, afectando su reclutamiento. Asimismo, parte importante del material retenido en los filtros instalados, posterior a la estación de bombeo, fueron raíces, semillas, plántulas de mangle, jaibas (*Callinectes* spp.) y langostinos (*Lithopenaeus* spp.) ocasionando pérdida de biomasa que no retornará al ecosistema.

Peces

- Se registró una comunidad de peces caracterizados por una baja abundancia y riqueza de especies; asimismo, una baja representatividad de especies residentes permanentes y alta representatividad de peces omnívoros-planctívoros, lo que evidencia que la captación de agua a través del sistema de bombeo de los centros de producción evaluados, ha generado afectación en la comunidad de peces.
- Se registró que las mallas de los filtros 1 (F1) de la EB Elanza (F1: 6 x 5,5 mm CPA Marinazul) y EB Fragata (F1: 18 x 16 mm, CPA La Fragata) mostraron evidentes deficiencias al no evitar el traspaso de peces de importancia económica y ecológica

como: *Centropomus unionesis* y *Centropomus* sp. (Robalos), *Dormitator latifrons* (Chalaco), *Mugil* spp. (Lisas) y *Ophichthus* cf. *remiger* (Anguila). En menor grado, ese mismo efecto se observó en la CPA Silma (F1: 6,5 x 5,8 mm), registrándose adicionalmente a *Sphoeroides annulatus* (Tamborín); y por el contrario, en la EB La Ramada (CPA Tumbes) la malla del filtro 1 (8 x 16 mm) presentó una alta efectividad en la retención de los peces, explicado por una adecuada infraestructura del sistema de captación.

Método Conesa Fernández Vitora

- Con el método Conesa Fernández Vitora, se identificó impactos significativos sobre las plántulas de *Rizophora mangle*, en especies de invertebrados de importancia comercial y ecológica, como *Callinectes* spp. y *Litopenaeus* spp (material retenido); especies de peces de importancia comercial, como *Centropomus unionesis* y *Centropomus* sp. (Robalos), *Pomadasys panamensis* (Roncadores), *Dormitator latifrons* (Chalaco), *Ophichthus* cf. *remiger* (Anguila) y *Sphoeroides annulatus* (Tamborín), y sobre especies de importancia ecológica, como pequeños pelágicos *Lycengraulis* cf. *poeyi* y *Atherinella* cf. *serrivomer*; y especies asociadas al fondo (demersales) como *Ctenogobius sagitula* y *Microgobius emblematicus*. Esto genera una afectación sobre la sostenibilidad de los recursos hidrobiológicos (importancia económica) y la funcionalidad ecológica de las especies; como producto de la captación de agua y la deficiente instalación de mallas del filtro 1.

Calidad de agua superficial

- Las aguas residuales domésticas que se generan en los AA. HH. Andrés Araujo Morán, Mafalda Lama, El Bosque y Las Malvinas se vierten a las quebradas Héroes del Cenepa y Pedregal, siendo así la principal fuente de coliformes termotolerantes y de aceites y grasas, provocando que, el agua de estas quebradas excede los ECA para agua en estos parámetros.
- Las altas concentraciones de boro y manganeso en el canal adyacente a los centros de producción acuícola son propias del agua salobre de los esteros, utilizada como fuente principal de agua para el cultivo de langostino que luego son vertidos a través de sus efluentes al canal en mención.

Calidad de sedimento

- Las concentraciones de cobre total (77,1mg/kg), plomo total (50mg/kg), zinc total (157 mg/Kg) y mercurio total (0,28mg/kg mg/kg) exceden los valores ISQG establecidos en la guía canadiense en el punto SED-QDA-05, asimismo, es en el único punto donde el parámetro arsénico total (22,9 mg/kg) excede el índice PEL.
- La calidad de sedimento en la quebrada Pedregal, solo presenta zinc total (157 mg/Kg) que excede la guía canadiense ISQG.
- La calidad de sedimento en la quebrada de Héroes del Cenepa, solo presenta mercurio total (0,21 mg/Kg) que excede la guía canadiense ISQG.
- El mayor porcentaje de materia orgánica y concentraciones de sulfuros se presentaron en las quebradas de Pedregal y Héroes del Cenepa, cuyos valores disminuyen en las cercanías a los canales de las langostineras.



9 RECOMENDACIONES

- Implementar una infraestructura adecuada, compuesta con brazos de concreto, u otras estructuras que permitan una eficiente instalación de la malla del filtro 1.
- Emplear para el filtro 1 una malla que se adapte a las condiciones de cuerpo de agua del centro de producción acuícola con la finalidad de mitigar el paso de la biota acuática como peces, invertebrados y otros. Estas mallas deben presentar una altura por encima del nivel de mareas de sicigias (altamarea), también conocidas como «Mareas de aguaje»¹⁵. Asimismo, es necesario supervisar de manera periódica el estado de las mallas, alertando sobre los deterioros significativos para el mantenimiento y/o reemplazo preventivo.
- Implementar una infraestructura que facilite el retorno hacia los sistemas de canales y/o esteros del ecosistema de manglar de organismos retenidos en los filtros posterior al bombeo (filtros 2 y 3), fuera del alcance de los sistemas de captación de agua, a fin de asegurar la sostenibilidad de los recursos de importancia ecológica y comercial.

10 ANEXOS

Anexo 1	:	Reporte de campo
Anexo 2	:	Reporte de resultados
Anexo 3	:	Reporte de identificación taxonómica
Anexo 4	:	Mapas de ubicación de puntos de muestreo

11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Advincula, O. (2017). Variación temporal de la estructura comunitaria de la infauna macrobentónica en los bancos del cangrejo *Ucides occidentalis* (Ortman, 1987), en los manglares del río Zarumilla, Tumbes, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Alongi, D.M., (2002). Present state and future of the world's mangrove forests. *Environmental Conservation* 29 (3), 331-349.
- Ayón, P., Ciales-Hernandez, M., Schwamborn, R., and Hirche, H. (2008). Zooplankton Research off Peru: A Review. *Progress in Oceanography* 79, (2-4): 238-55. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0079661108001778> (December 30, 2013).
- Barreto, J. (2010). Evaluación de la calidad del agua de la Bahía Puerto Pizarro en el sector del estero Puerto Rico, cuerpo receptor de las Langostineras de la Localidad de Puerto Pizarro, Distrito de Tumbes. (Tesis de grado). Facultad de Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Benke AC. (2010). Secondary production. *Nature Edu Knowl* 8: 1-5.

¹⁵ Cuando la luna y el sol están en línea y se suman sus atracciones, como en Luna Nueva o Luna Llena, ocurren las mareas de primavera, denominadas también vivas o de sicigias, donde la amplitud de la marea y el nivel del mar aumentan, por lo regular estas mareas son conocidas en el ámbito del ecosistema de manglar de Tumbes como «Mareas de Aguaje». Extraído de Flores *et al.*, (2013). Informe Técnico Especial - Identificación de Servicios Ecosistémicos en el Santuario Nacional los Manglares de Tumbes.

- Bermejo, L. and. Cruz G. (2007). Determination del contenido de metales pesados en los suelos cultivados con Arroz-margen izquierda del rio Tumbes. Universidad Nacional de Tumbes. Perú.
- Beveridge, M., Phillips, M., and Macintosh D. (1997). Aquaculture and the environment: the supply of and the demand for environmental goods and services by Asian aquaculture and the implications for sustainability. *Aquaculture Research* 28:797–807.
- Boyd, C. (1990). Water Quality in Ponds for Aquaculture. Auburn University, Auburn AL, USA.
- Bauer, W., Abreu, P., and Poersch, L. (2017). "Plankton and Water Quality Variability in an Estuary before and after the Shrimp Farming Effluents: Possible Impacts and Regeneration." *Brazilian Journal of Oceanography* 65(3): 495–508.
- Boltovskoy, D. (1999). *South Atlantic Zooplankton, Volume 1*. Backhuys. http://books.google.com.pe/books/about/South_Atlantic_zooplankton.html?id=LCEVAQAIAAJ&pgis=1 (August 6, 2014).
- Cabanillas, R., Advíncula, O., & Gutiérrez, C. (2016). Diversidad de Polychaeta (Annelida) en el intermareal de los esteros del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 23(2), 117–126. <https://doi.org/10.15381/rpb.v23i2.12383>
- Cajas, L., Prado, M., Coello, D. & Cajas, J. (2000). "Fitoplancton Y Mesozooplancton En Piscinas Camaroneras En La Costa Ecuatoriana Durante El Evento Del Síndrome de La Mancha Blanca." *Boletín especial INP*: 60–89.
- Cardozo, A., Bersano, J. and Amaral, W. (2013). "Composition, Density and Biomass of Zooplankton in Culture Ponds of Litopenaeus Vannamei (DECAPODA: PENAEIDAE) in Southern Brazil." *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology* 11(1): 13.
- Cronin, L. (1975). *Estuarine Research. Volume I, Chemistry, Biology, and the Estuarine System*. Academic Press, Inc.
- Casé, M., Eskinazi E., Neumann, S., Eskinazi, E., Schwamborn, R. & Travassos de Moraes Junior, A. (2008). Plankton community as an indicator of water quality in tropical shrimp culture ponds. *Marine Pollution Bulletin* 56 ,1343–1352.
- Cassemiro, F.A.S., Hahn, N.S., Rangel, T. (2003). Diet and trophic ecomorphology of the silverside, *Odontesthes bonariensis*, of the Salto Caxias reservoir, Rio Iguaçu, Paraná, Brazil. *Neotropical Ichthyology* 1, 127-131.
- Castellanos-Galindo, G. and Krumme, U. (2013). Tidal, diel and seasonal effects on intertidal mangrove fish in a high-rainfall area of the Tropical Eastern Pacific. *Mar Ecol Prog Ser*. Vol. 494: 249–265.
- Chirichigno, N. (1963). Estudio de la Fauna Ictiológica de los Esteros y parte baja de los ríos del Dto. de Tumbes (Perú). *Serv. Div- Sci*. 22: 1-87.
- Clarke, K. R. and Warwick, R. M. (2001). Change in Marine Communities: An



Approach to Statistical Analysis and Interpretation. Plymouth Marine Laboratory, UK.

- Coutinho, T., Brito, A., Pereira, P., Gonçalves, A. and Teresa, M. (2012). Phytoplankton tool for water quality assessment in semi-enclosed coastal lagoons: Open vs closed regimes. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, v. 110; 134- 146.
- Diele, K. (2000). Life History and Population Structure of the Exploited Mangrove Crab *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Brachyura) in the Caeté Estuary , North Brazil, 2.
- Dierberg, F. and Kiattisimkul, E. (1996). Issues, impacts and implications of shrimp aquaculture in Thailand. *Environmental Management* 20:649–666.
- Eskinazi-Leca, E., Koenig, M. and Silva-Cunha, M. (2000). O fitoplancton: estrutura e produtividade. In: Barros, H.M., Eskinazi-Leca, E., Macedo, S.J., Lima, T. (Eds.), *Gerenciamento participativo de estuários e manguezais*. Universitaria UFPE, Recife, pp. 67–74, 252p.
- Flores D., Céspedes L. & Martinez, A. (2013). Informe Técnico Especial - Identificación de Servicios Ecosistémicos en el Santuario Nacional los Manglares de Tumbes. Programa Presupuestal por Resultados 035: Gestión Sostenible de Recursos Naturales y Diversidad Biológica. Instituto Geofísico del Perú (IGP).
- Florido, B. (2015). Evaluación del impacto ambiental en la construcción de la doble calzada Girardot-Ibagué sobre la avifauna del municipio de Ibagué – Tolima. Tesis de Maestría. Pontificia Universidad Javeriana.
- Garrison, T. (2012). *Essentials of Oceanography*. Canada: Cengage Learning. p107.
- Gobierno Regional de Tumbes (2017). Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental-PLANEFA 2018.
- Goldberg, R (1997). Shrimp aquaculture. *Environment* 39:37–39.
- Hamilton, S. (2011). "The Impact of Shrimp Farming on Mangrove Ecosystems and Local Livelihoods Along the Pacific Coast of Ecuador." *The Agila Digital Community: Dissertations* 656.
- Harrison, T.D., and Whitfield, A.K., (2004). A multi-metric fish index to assess the environmental condition of estuaries. *Journal of Fish Biology* 65, 683-710.
- Hendrickx, M., Salgado-Barragán, J. and Meda-Martínez, M.A (1996). "Abundance and Diversity of Macrofauna (Fish and Decapod Crustaceans) in *Penaeus Vannamei* Culture Ponds in Western Mexico." *Aquaculture* 143(1): 61–73. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0044848695012338> (March 15, 2019).
- Instituto Nacional de Recursos Naturales, 2007a. Informe Nacional–Perú, 2007. Del Sistema de Áreas Naturales Protegidas por el Estado Peruano (Sinanpe). Perú: Inrena, UICN, WCPA, PDRS-GTZ.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales, 2007b. Plan Maestro del Santuario



Nacional Los Manglares de Tumbes 2007-2011. Perú: Inrena.

- Instituto del Mar del Perú. (2013). Calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos de la Región Tumbes. 2007 (Vol. 40, Numeros 3-4).
- Kiorboe, T. (2011). How Zooplankton Feed Mechanisms Traits and Trade-Offs. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* 86: 311–39. https://www.researchgate.net/publication/45493365_How_zooplankton_feed_Mechanisms_traits_and_trade-offs.
- Lazo, J. P. (2000). Conocimiento Actual Y Nuevas Perspectivas En El Desarrollo de Dietas Para Larvas de Peces Marinos.1. 300–312.
- Llanos, J. et al., (1998). *Evaluación de La Abundancia Y Distribución de Postlarvas de Langostinos En El Litoral Del Departamento de Tumbes, Durante 1995*. IMARPE. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe:8080/handle/123456789/1267> (March 12, 2019).
- Lugo, A. E., and Snedaker, S. C. (1974). "The Ecology of Mangroves." *Annual Review of Ecology and Systematics* 5(1): 39–64. <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.es.05.110174.000351> (March 15, 2019).
- Marin, P. (2013). Evaluación de concha negra (*Anadara tuberculosa* y *Anadara similis*) en los manglares de puerto pizarro, Tumbes - Perú, mediante un modelo de biomasa dinámica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- McKinnon, A. D., Trott, L. A., Alongi, D. M., and Davidson, A. (2002). Water column production and nutrient characteristics in mangrove creeks receiving shrimp farm effluent. *Aquaculture Research* 33:1–19.
- Metcalfe, K. N., and Glasby, C. J. (2008). Diversity of Polychaeta (Annelida) and other worm taxa in mangrove habitats of Darwin Harbour, northern Australia, 59, 70–82. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2007.06.002>.
- Morales, J. de D. (2012). Diversidad y abundancia de macroinvertebrados en manglares naturales y restaurados del noroeste de Ecuador(Tesis de Grado inédita). Departameneto Colegio de Ciencias Biologicas y Ambientales.Universidad San Francisco de Quito.
- Morán, B. (2017). Evaluación de Impactos Ambientales en la Bahía Puerto Pizarro de la Región Tumbes 2014. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Tumbes.
- Naylor, R.L., Goldberg, R.J., Mooney, H., Beveridge, M., Clay, J., Folke, C., Kautsky, N., Lubchenco, J., Primavera, J., and Williams, M. (1998). Nature's subsidies to shrimp and salmon farming. *Science* 282, 883–884.
- Nebel, B. & Wrigth, R. (1999). Ciencias Ambientales. Ecología y desarrollo sostenible- Sexta Edición. Editorial Mexicana. México. 698p.
- Nordhaus, I., Hadipudjana, F. A., Janssen, R., and Pamungkas, J. (2009). Spatio-temporal variation of macrobenthic communities in the mangrove-fringed Segara Anakan lagoon, Indonesia, affected by anthropogenic activities. *Regional Environmental Change*, 9(4), 291–313. <https://doi.org/10.1007/s10113-009-0097-5>.

- Primavera, J. H. (1997). Socio-economic impacts of shrimp culture. *Aquaculture Research* 28:815–827.
- Raffo, E. & Ruiz, L. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industria* (2014)I, 17(1):71-80 (2014). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Rodríguez, J., Valencia, A., Crespo, D., & López, M. (2010). La Camarinicultura y la Sustentabilidad del Golfo de California. <http://www.México,programa>, Golfo de California.
- Robertson, A. I., and Duke. N. C. (1987). Mangroves as Nursery Sites: Comparisons of the Abundance and Species Composition of Fish and Crustaceans in Mangroves and Other Nearshore Habitats in Tropical Australia. *Marine Biology* 96(2): 193–205. <http://link.springer.com/10.1007/BF00427019> (December 28, 2018).
- Ryther, J.H., Officer, C.B., (1981). Impact of nutrient enrichment on water uses. In: Neilson, B.J., Cronin, L.E. (Eds.), *Estuaries and Nutrients*. Humana Press Inc., Totawa NJ, USA, pp. 247–262.
- Saifullah, A., Hena, M., Mohd, H., Halimah, A. & Bhuiyan. A. (2016). Phytoplankton in tropical mangrove estuaries: role and interdependency, *Forest Science and Technology*, 12:2, 104-113
- Sanders, J.G., Cibik, S.J., D’Ella, C.F., and Boynth, W.R. (1987). Nutrient enrichment studies in a coastal plain estuary: changes in phytoplankton species composition. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 44, 83–90.
- Sasekumar, A., Chong, V.C., Leh, M.U., and D’Cruz, R. (1992). Mangroves as a habitat for fish and prawns. *Hydrobiologia* 247, 195-207.
- Scheffer, M., Rinaldi, S., Gragnani, A., Mur, L.R., and Van Nes, E.H. (1997). On the dominance of filamentous cyanobacteria in shallow, turbid lakes. *Ecology* 78 (1), 272–282.
- Shervette, V.R., Aguirre, W.E. Blacio, E., Cevallos, R., Gonzalez, M., Pozo, F., and Gelwick, F. (2007). Fish communities of a disturbed mangrove wetland and an adjacent tidal river in Palmar, Ecuador. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 72, 115-128.
- Smith, D. J. B., and Diele, K. (2008). Metamorphosis of mangrove crab megalopae, *Ucides cordatus* (Ocypodidae): Effects of interspecific versus intraspecific settlement cues, 362, 101–107. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2008.06.005>.
- Takahashi, K., & Martínez, A. (2015). Informe técnico final del proyecto: “Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes , Perú.” LimA.
- Tango, P., Butler, W. and Wazniak, C. Assessment of Harmful algal bloom species in the Maryland Coastal Bays. In *Maryland’s Coastal Bays: Ecosystem Health Assessment*; Chapter 7.2; Maryland Department of Natural Resources, Tidewater Ecosystem Assessment: Annapolis, MD, USA, (2004); pp. 11–27
- Tango, P.; Butler, W., and Wazniak, C. Analysis of phytoplankton populations in the Maryland Coastal Bays. In *Maryland’s Coastal Bays: Ecosystem Health Assessment*; Chapter 8.1; Maryland Department of Natural Resources, Tidewater Ecosystem Assessment: Annapolis, MD, USA, (2004); pp. 2–34.



- Twilley, R.R., Snedaker, S.C., Yáñez-Arancibia, A., and Medina, E. (1996). Biodiversity and ecosystem processes in tropical estuaries: perspectives of mangrove ecosystems. In: Mooney, H.A., Cushman, J.H., Medina, E., Sala, O.E., Schulze, E.D. (Eds.), *Functional Roles of Biodiversity: A Global Perspective*. John Wiley & Sons Ltd, pp. 327-370.
- Twilley, R.R., (1998). Mangrove wetlands. In: Messina, M.G., Conner, W.H. (Eds.), *Southern Forested Wetlands: Ecology and Management*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, pp. 445-473.
- Valenzuela, S. (2014). Ictiofauna y estado de conservación de la cuenca del río Tumbes (Tumbes). (Tesis de Biólogo). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Recuperado de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/cybertesis/3887/Valenzuela_rs.pdf?sequence=1.
- Valenzuela, W., López, J.A & Aragón, E.A. (2004). Impacto Del Cultivo de Camarón Por Succión de Larvas de Peces Y Camarón Mediante El Bombeo de Granjas Acuícolas En Navachiste, Sinaloa Impact of the Shrimp Aquaculture by Suction of Fish and Shrimp Larvae by Pumping in the Aquaculture Farms. *Hidrobiológica* 14(2): 105–12. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972004000200003 (October 14, 2018).
- Valiela, I., Bowen, J.L., York, J.K. (2001). Mangrove forests: one of the world's threatened major tropical environments. *Bioscience* 51 (10), 807-815.
- Vilarly, S., & Polan, J. (2002). Mollusc fauna of the mangrove root-fouling community at the Colombian Archipelago of San Andrés and Old Providence, (1988), 273–282.
- Wade, B. (1972). A description of a highly diverse soft-bottom community in Kingston Harbor, Jamaica. *Marine Biology*, 13: 57-69.
- Walter, P. (2016). Presencia de boro en las aguas de riego del valle Calchaquí variable limitante para la producción agrícola y el desarrollo. (Tesis grado). Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta, Argentina.
- Whitfield, A.K., and Elliott, M., (2002). Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries e a review of progress and some suggestions for the future. *Journal of Fish Biology* 61 (Supl. A), 229-250.
- Yoshida, M. & Ogata, T. & Thuoc, Chu & Matsuoka, Kazumi & Fukuyo, Yasuwo & Chu Hoi, Nguyen & Kodama, Masaaki. (2001). The first finding of toxic dinoflagellate *Alexandrium minutum* in Vietnam. *Fisheries Science*. 66. 177 - 179.
- Yucra, H. (2015). Estructura comunitaria de diatomeas en una gradiente de salinidad en los periodos seco (2012) y lluvioso (2013), en el Santuario Nacional los Manglares de Tumbes, Perú. Universidad Cayetano Heredia, Lima-Perú.
- Zvonareva, S., & Kantor, Y. (2016). Checklist of gastropod molluscs in mangroves of Khanh Hoa province, Vietnam, 4162(3), 401–437.



"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por el OEFA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. N° 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: <https://sistemas.oefa.gob.pe/verifica> e ingresando la siguiente clave: 09720279"



09720279