



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

2019-101-015511

**INFORME N° 00303-2019-OEFA/DEAM-STEC**

**A** : **FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN**  
Director de Evaluación Ambiental

**DE** : **LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS**  
Ejecutivo de la Subdirección Técnica Científica

**JULIO ANDRÉS GONZALES ROSSEL**  
Coordinador de Evaluaciones Ambientales en Pesquería, Industria y otros

**CARLOS FERNANDO GUTIÉRREZ ROJAS**  
Especialista de Evaluaciones Ambientales

**ASUNTO** : Vigilancia ambiental de la bahía de Sechura - [2019]

**CUE** : 2019-02-0017

**CÓDIGO DE ACCIÓN** : 0004-5-2019-401  
0001-9-2019-401

**REFERENCIA** : Planefa 2019

**FECHA** : Lima, 27 de noviembre de 2019

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

**1. INFORMACIÓN GENERAL**

Los aspectos generales de la vigilancia ambiental realizada en la bahía de Sechura son presentados en la Tabla 1.1.

**Tabla 1.1.** Datos generales de la actividad realizada

a.	Zona evaluada	Bahía de Sechura, departamento Piura, provincia y distrito Sechura
b.	Unidades fiscalizables en la zona de estudio o actividades económicas	Pesca industrial y acuicultura: Acuicultores Pisco S.A., Corporación Pesquera Inca S.A.C., Perupez S.A.C. y Gam Corp, S.A.C.
c.	Problemática identificada	Denuncias por afectación de la calidad ambiental debido a la actividad pesquera, acuicultura y la minería no metálica
d.	La actividad se realizó en el marco de	Planefa 2019 POI 2019 Comité de gestión y seguimiento del «Plan de Prevención y Mejoramiento de la Calidad Ambiental de la Bahía de Sechura»
e.	Tipo de evaluación	Vigilancia Ambiental
f.	Periodo de ejecución	Primer monitoreo realizado del 2 al 11 de mayo de 2019 Segundo monitoreo realizado del 4 al 12 de setiembre de 2019

**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:

**Tabla 1.2.** Listado de profesionales

N.º	Nombres y Apellidos	Profesión	Actividad desarrollada
1	Carlos Fernando Gutiérrez Rojas	Biólogo	Gabinete/campo <sup>1,2</sup>
2	Guevi Roxana Peña Neyra	Bachiller en Ingeniería Geográfica	Gabinete
3	Julio Andrés Gonzales Rossel	Ingeniero Ambiental	Gabinete
4	Luis Ángel Aguirre Méndez	Biólogo	Campo <sup>1,2</sup>
5	Julio Andrés Monzón Anticona	Biólogo Pesquero	Campo <sup>1,2</sup>
6	Remy Heriberto Canales Ortíz	Biólogo	Campo <sup>1</sup>
7	Saul Saulo Aldave Agüero	Biólogo	Campo <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Participó en el primer monitoreo

<sup>2</sup>Participó en el segundo monitoreo

## 2. DATOS DE LA ACTIVIDAD REALIZADA

Los parámetros evaluados en la vigilancia ambiental realizada en la bahía de Sechura se presentan en la Tabla 2.1 y 2.2.

**Tabla 2.1.** Parámetros evaluados

Matriz evaluada	Fecha (Mes)	Parámetros evaluados	Cantidad de estaciones
Agua de mar	Mayo	Temperatura, potencial de hidrogeno, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, fósforo total, nitritos, nitratos, coliformes termotolerantes	45
		Demanda bioquímica de oxígeno, solidos totales suspendidos	38
		Aceites y grasas	26
		Sulfuros	19
	Setiembre	Temperatura, potencial de hidrogeno, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, fósforo total, nitritos, nitratos	45
		Coliformes termotolerantes	37
		Demanda bioquímica de oxígeno, solidos totales suspendidos	38
		Aceites y grasas	26
Sedimento	Mayo	Granulometría, sulfuros, materia orgánica, metales totales + mercurio	29
	Setiembre	Metales totales + mercurio, Materia orgánica, Sulfuros	25
		Granulometría	19
Hidrobiología	Mayo	Macrobentos	27
		Megabentos	3
		Macrobentos	23
	Setiembre	Megabentos	2

Parámetros que excedieron la normativa en la bahía de Sechura, en el entorno de Acuicultores Pisco S.A., Corporación Pesquera Inca S.A.C., Perupez S.A.C. y Gam Corp, S.A.C.

**Tabla 2.2.** Parámetros que exceden normativa ambiental

Matriz	Cuerpo de agua	Código OEFA	Norma ambiental	
			Vigente <sup>1,2</sup>	
			Mayo	Setiembre
Agua de mar	Mar de la bahía de Sechura	BSech4(S)	-	Fósforo total
		BSech4(F)	Oxígeno disuelto	Fósforo total
		BSech1(S)	-	Fósforo total
		BSech1(F)	Oxígeno disuelto	Fósforo total
		BSech2(S)	-	Fósforo total
		BSech2(F)	Oxígeno disuelto	Fósforo total
		BSech3(S)	-	Fósforo total
		BSech3(F)	Oxígeno disuelto	Fósforo total
		PPEZ-4(S)	-	Fósforo total
		PPEZ-4(F)	-	Fósforo total
		DEM1(S)	-	Fósforo total

**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	
			Vigente <sup>1, 2</sup>	
			Mayo	Setiembre
		DEM1(F)	-	Fósforo total
		CCT(S)	-	Fósforo total
		CCT(F)	-	Fósforo total
		CO6(S)	-	Fósforo total
		CO6(F)	-	Fósforo total
		CO5(S)	-	Fósforo total
		CO5(F)	-	Fósforo total
		CO4(S)	-	Fósforo total
		CO4(F)	-	Fósforo total
		CO7(S)	-	Fósforo total
		CO7(F)	-	Fósforo total
		CO3(S)	-	Fósforo total
		CO3(F)	-	Fósforo total
		CO2(S)	-	Fósforo total
		CO2(F)	-	Fósforo total
		CO6(S)	-	Fósforo total
		CO6(F)	-	Fósforo total
		PLAYA2	Coliformes termotolerantes	-
		Sedimento	Bahía de Sechura	BSech4
BSech1	Cadmio (ISQG)			Cadmio (PEL)
BSech2	Cadmio (ISQG)			Cadmio (ISQG)
BSech3	Cadmio (ISQG)			Cadmio (ISQG)
CO1	Cadmio (PEL)			Cadmio (PEL), cromo (PEL), cobre (ISQG), zinc (ISQG)
CO2	Cadmio (PEL), cromo (ISQG)			Cadmio (PEL), cromo (ISQG)
CO3	Cadmio (ISQG)			Cadmio (PEL)
CO4	Cadmio (ISQG)			Cadmio (PEL)
CO5	Cadmio (ISQG), cromo (ISQG)			Cadmio (PEL), cromo (ISQG)
CO6	Arsénico (ISQG), cadmio (PEL), cromo (ISQG)			Cadmio (PEL), cromo (ISQG), cobre (ISQG)
CO7	Cadmio (ISQG)	Cadmio (PEL)		

(1) Agua de Mar: Estándares de Calidad Ambiental para Agua, aprobado mediante el D. S. N.° 010-2010-MINAM.

(2) Sedimento: Canadian Environmental Quality Guidelines – CEQG

### 3. ANTECEDENTES

La bahía de Sechura se encuentra ubicada en el departamento Piura y se caracteriza por su alta productividad hidrobiológica, debido a la existencia de zonas de surgencia, que dan mayor disponibilidad de nutrientes al ambiente marino, favoreciendo el desarrollo de los organismos que conforman el plancton. Además, la existencia de depósitos de fosfatos al sur, hacen que esta sea un importante centro para el desarrollo productivo y económico de la región, emplazándose en los alrededores empresas dedicadas a la explotación de estos recursos, influyendo en las condiciones normales del ambiente (Imarpe, 2007).

En el año 2014, se creó la Comisión Multisectorial de carácter temporal encargada de elaborar y proponer el «Plan de Prevención y Mejoramiento de la Calidad Ambiental de la Bahía de Sechura» (en adelante, CMBS). En la actualidad, el Comité de Gestión y Seguimiento del mencionado plan (en adelante, CGSS) es el encargado de su ejecución.

Como miembro de este comité, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) asumió el compromiso de realizar dos evaluaciones anuales del año 2017 al 2021, en el entorno de la bahía, y en cumplimiento de lo antes mencionado se han realizado acciones de evaluación y vigilancia.



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

Durante el año 2017 se realizó la evaluación ambiental complementaria en la bahía de Sechura mediante dos monitoreos realizados durante marzo y agosto, es así que, mediante los informes N.º 0063-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA, N.º 0074-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA y N.º 0051-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAPIO se presentaron los resultados de la evaluación realizada durante el 2017 en la bahía de Sechura. Donde se determinó que los parámetros en agua de mar: pH, aceites y grasas, sólidos totales suspendidos, demanda química de oxígeno, aluminio, boro, cobre, hierro, fósforo y sedimentos: arsénico, cadmio, cromo excedieron los valores establecidos en la normativa de comparación.

Durante el año 2018 se realizó la evaluación ambiental en la bahía de Sechura mediante dos monitoreos realizados durante abril y agosto, es así que, mediante los informes N.º 311-2018-OEFA/DEAM-STEC, N.º 350-2018-OEFA/DEAM-STEC y N.º 368-2018-OEFA/DEAM-STEC se presentaron los resultados de la evaluación realizada durante el 2018 en la bahía de Sechura. Se determinó que los parámetros en agua de mar: oxígeno disuelto, coliformes termotolerantes, aceites y grasas, aluminio, boro, cobre, hierro, fósforo y plomo y los parámetros de sedimento: arsénico, cadmio, cromo, cobre y zinc excedieron lo establecido en la normativa de comparación.

Cabe mencionar que los resultados fueron remitidos oportunamente a la dirección de supervisión ambiental en actividades productivas y según el MEMO N.º 01270/2019-OEFA/DSAP el informe N.º 051-2017-OEFA/DE-SDLBCEAPIO, presenta recomendación de procedimiento administrativo sancionador<sup>1</sup>, asimismo, el informe N.º 350-2018-OEFA/DEAM-STEC, presenta recomendación de procedimiento administrativo sancionador<sup>2</sup>.

Para el presente año se continúa con la vigilancia ambiental de la bahía de Sechura mediante dos monitoreos considerando la evaluación de agua, sedimentos y comunidades hidrobiológicas durante las temporadas de estiaje y avenida, según lo establecido en el Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental del OEFA para el año 2019 (Planefa 2019). Se precisa que la vigilancia se ha concentrado en el entorno de emisarios submarinos y concesiones acuícolas de administrados del sector pesca y acuicultura.

En ese sentido, en cumplimiento con las actividades establecidas en el Planefa 2019 y en atención al compromiso asumido por el OEFA a través de la Resolución Ministerial N.º 176-2016-MINAM, la Dirección de Evaluación Ambiental realizó los monitoreos ambientales en la bahía de Sechura del 2 al 11 de mayo y del 4 al 12 de setiembre cuyos resultados son presentados en este informe.

#### 4. OBJETIVO

Vigilar la calidad ambiental del agua, sedimentos y macrobentos en el entorno de la actividad de procesamiento de recursos hidrobiológicos y acuicultura, de competencia del OEFA, en la bahía de Sechura, localizado en el distrito y provincia Sechura, departamento Piura, durante mayo y setiembre de 2019.

#### 5. ÁREA DE ESTUDIO

La bahía de Sechura se encuentra ubicada en el distrito y provincia del mismo nombre a 49 km al sur de la ciudad de Piura; tiene como límites al norte, Punta Gobernador y al sur, Punta Aguja (Figura 5.1); con una extensión aproximada de 89 km. Su borde costero se caracteriza por la presencia de humedales que están conformados por el Estuario de Virrillá y los manglares de San Pedro y Palo Parado; todo este sistema de humedales tiene

<sup>1</sup> Recomendado con Memorando N.º 0161-2019-OEFA/DSAP

<sup>2</sup> Recomendado con Memorando N.º 0717-2019-OEFA/DSAP



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

## 6. METODOLOGÍA

A continuación, se detalla la metodología por matriz utilizada en el monitoreo de calidad de agua, sedimentos e hidrobiología. En primer lugar, se indica los protocolos de monitoreo utilizados, se precisa la ubicación de los puntos de monitoreo; luego, se indican los parámetros evaluados y equipos utilizados; posteriormente, se mencionan los estándares empleados para la comparación de los resultados obtenidos, así como el procesamiento de datos por matriz.

La evaluación se realizó en el entorno de cuatro administrados, ubicados al norte centro y sur, en los ambientes submareal e intermareal (playas) de la bahía de Sechura, lo cual se puede observar en la Tabla 6.1.

**Tabla 6.1.** Distribución, por administrado/ambiente de puntos de monitoreo evaluados en la bahía de Sechura

Zona	Administrado	Descripción	Puntos de muestreo
Zona norte	Corporación Pesquera Inca S.A.C.	Puntos ubicados en el entorno del emisario submarino de Copeinca	CO1
			CO2
			CO3
			CO4
			CO5
			CO6
			CO7
Zona centro	Perupez S.A.C.	Puntos ubicados en el entorno del emisario submarino de Perupez	PPEZ-EM
			PPEZ-1
			PPEZ-2
			PPEZ-3
			PPEZ-4
	Gam Corp S.A.C.	Puntos ubicados en el entorno del emisario submarino de Gam Corp	DEM1
			GC-EM
			GC-1
			GC-2
			GC-3
Zona sur	Acuicultores Pisco S.A.	Puntos de vigilancia ubicados en el entorno de Acuapisco	GC-4
			CCT
			BSech1
			BSech2
			BSech3
Ambiente intermareal	-	Puntos ubicados en el ambiente intermareal	BSech4
			BSech5
			EPA1
			COP-PL
			PLAYA5
			PPEZ-PL
			GC-PL
PLAYA3			
PLAYA2			

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

## 6.1 Calidad de agua

### 6.1.1 Protocolo de monitoreo

Los protocolos de monitoreo utilizados para la evaluación de la calidad de agua de mar se describen en la Tabla 6.2.

**Tabla 6.2.** Protocolo utilizado para el monitoreo de calidad de agua

Matriz	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Agua	Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales	Sección 6.5.3 Mar pág. 12-31	Perú	Autoridad Nacional de Agua	Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA	2016

### 6.1.2 Ubicación de los puntos de monitoreo

El monitoreo ambiental de agua de mar se realizó en los siguientes puntos de monitoreo.

**Tabla 6.3.** Puntos de monitoreo de la calidad del agua del ambiente submareal en la bahía de Sechura

N.º	Punto de monitoreo	Mayo	Setiembre	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 L		Prof. (m)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
1	BSech4(S)	X	X	504430	9388964	0	Punto ubicado frente a los manglares de San Pedro de Vice, en la zona acuícola de mayor de escala de cultivo de concha de abanico, a 7,1 km de la costa.
2	BSech4(F)	X	X	504430	9388964	25	
3	BSech1(S)	X	X	504607	9387398	0	Punto ubicado frente a los manglares de San Pedro de Vice, en la zona acuícola de mayor de escala de cultivo de concha de abanico, a 7,3 km de la costa.
4	BSech1(F)	X	X	504607	9387398	26	
5	BSech2(S)	X	X	506017	9387542	0	Punto de referencia ubicado cerca de la zona acuícola de mayor de escala de cultivo de concha de abanico, a 6 km de la costa.
6	BSech2(F)	X	X	506017	9387542	18	
7	BSech3(S)	X	X	506952	9388711	0	Punto ubicado frente a los manglares de San Pedro de Vice, en la zona acuícola de mayor de escala de cultivo de concha de abanico, a 4,7 km de la costa.
8	BSech3(F)	X	X	506952	9388711	18	
9	DEM1(S)	X	X	515406	9367817	0	Punto ubicado a la altura del desembarcadero Las Delicias.
10	DEM1(F)	X	X	515406	9367817	5	
11	PPEZ-EM(S)	X	X	515763	9369112	0	Punto ubicado a la altura del emisor del establecimiento industrial pesquero Perupez.
12	PPEZ-EM(F)	X	X	515763	9369112	5,5	
13	PPEZ-1(S)	X	X	515763	9369362	0	Punto ubicado a 250 m al norte del emisor del establecimiento industrial pesquero Perupez.
14	PPEZ-1(F)	X	X	515763	9369362	6	
15	PPEZ-2(S)	X	X	516013	9369112	0	Punto ubicado a 250 m al este del emisor del establecimiento industrial pesquero Perupez.
16	PPEZ-2(F)	X	X	516013	9369112	4,5	
17	PPEZ-3(S)	X	X	515763	9368862	0	Punto ubicado a 250 m al sur del emisor del establecimiento industrial pesquero Perupez.
18	PPEZ-3(F)	X	X	515763	9368862	5	

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

N.º	Punto de monitoreo	Mayo	Setiembre	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 L		Prof. (m)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
19	PPEZ-4(S)	X	X	515513	9369112	0	Punto ubicado a 250 m al oeste del emisor del establecimiento industrial pesquero Perupez.
20	PPEZ-4(F)	X	X	515513	9369112	6	
21	CCT(S)	X	X	515815	9372613	0	Punto ubicado a la altura de caleta Constante.
22	CCT(F)	X	X	515815	9372613	6,3	
23	GC-EM(S)	X	X	515347	9370275	0	Punto ubicado a la altura del emisor del establecimiento industrial pesquero Gam Corp.
24	GC-EM(F)	X	X	515347	9370275	6	
25	CO1(S)	X	X	497372	9357009	0	Punto ubicado a 850 m de la costa, a la altura del emisor del establecimiento industrial pesquero Copeinca.
26	CO1(F)	X	X	497372	9357009	5	
27	CO2(S)	X	X	496581	9357551	0	Punto ubicado a 850 m de la costa, al noroeste del punto CO1.
28	CO2(F)	X	X	496581	9357551	5	
29	CO3(S)	X	X	497131	9357186	0	Punto ubicado a 850 m de la costa, al noroeste del punto CO1.
30	CO3(F)	X	X	497131	9357186	4	
31	CO4(S)	X	X	497613	9356832	0	Punto ubicado a 850 m de la costa, al sureste del punto CO1.
32	CO4(F)	X	X	497613	9356832	4,2	
33	CO5(S)	X	X	498275	9356460	0	Punto ubicado a 850 m de la costa, al sureste del punto CO1.
34	CO5(F)	X	X	498275	9356460	4,5	
35	CO6(S)	X	X	497188	9356770	0	Punto ubicado a 600 m de la costa, al suroeste del punto CO1
36	CO6(F)	X	X	497188	9356770	4,5	
37	CO7(S)	X	X	497540	9357247	0	Punto ubicado a 1200 m de la costa, al noreste del punto CO1
38	CO7(F)	X	X	497540	9357247	5	

Prof.: Profundidad

**Tabla 6.4.** Puntos de monitoreo de la calidad del agua en el ambiente intermareal en la bahía de Sechura

N.º	Punto de monitoreo	Mayo	Setiembre	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17 L		Prof. (m)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
1	PLAYA3	X	X	516552	9372972	-	Playa ubicada al norte de caleta Constante
2	PLAYA2	X	X	515320	9382854	-	Punto ubicado al sur de Chullillachi
3	PLAYA5	X	X	515938	9367217	-	Playa ubicada frente al desembarcadero de Las Delicias.
4	PPEZ-PL	X	X	516241	9369084	-	Playa ubicada frente al establecimiento industrial pesquero Perupez
5	GC-PL	X	X	516333	9370143	-	Playa ubicada frente al establecimiento industrial pesquero Gam Corp.
6	COP-PL	X	X	496672	9356302	-	Playa ubicada a 100m a este del establecimiento industrial pesquero Copeinca.
7	EPA1	X	X	515938	9367217	-	Punto ubicado en el estuario del Virrilá, a 800 m al sureste de Parachique.

Prof.: Profundidad

### 6.1.3 Equipos utilizados y metodología de análisis

Para el muestreo de la calidad de agua de mar en la bahía de Sechura en el ambiente submareal, se utilizó principalmente una botella tipo Niskin. Mientras que para el registro de los parámetros de campo se empleó un multiparámetro Hach Co modelo HQ40D. Los equipos como cámaras, GPS, entre otros, utilizados para el desarrollo de esta actividad son detallados en los informes N° 149-2019-OEFA/DEAM-STEC<sup>3</sup> y N° 255-2019-OEFA/DEAM-STEC<sup>4</sup> (sección 4 – Metodología).

Las metodologías de análisis de los parámetros evaluados son presentadas en la Tabla 6.5.

**Tabla 6.5.** Métodos para el análisis de agua de mar

Matriz	Parámetro	Método	Técnica Empleada
Agua	Demanda bioquímica de oxígeno <sup>1,2</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test
	Aceites y grasas <sup>1</sup>	ASTM D7066-04 (Validado), 2011	Standard Test Method for dimer/trimer of chlorotrifluoroethylene (S-316) Recoverable Oil and Grease and Nonpolar Material by Infrared Determination
	Aceites y grasas <sup>2</sup>	ASTM D7066-04 (Reapproved 2017) (Validado Modificado, 2019)	Standard Test Method for dimer/trimer of chlorotrifluoroethylene (S-316) Recoverable Oil and Grease and Nonpolar Material by Infrared Determination
	Sólidos totales suspendidos <sup>1</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012	Solids: Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
	Sólidos totales suspendidos <sup>2</sup>	SMEWW 2540 D. 23rd Ed. 2017	Gravimetría
	Sulfuros <sup>1,2</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-S2- D,23rd Ed.2017	Sulfide: Methylene Blue Method
	Coliformes temotolerantes <sup>1,2</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E 1, 23rd Ed.2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)
	Nitritos <sup>1,2</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO+G692- B,23rd Ed.2017	Nitrogen (Nitrate):Colorimetric Method
	Nitratos <sup>1,2</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO3- E,23rd Ed.2017	Nitrogen (Nitrate): Cadmium Reduction Method
	Fósforo total <sup>1</sup>	EPA METHOD 365.3, 1983	Phosphorous, all forms (Colorimetric Ascorbic Acid, Two Reagent)
Fósforo total <sup>2</sup>	SMEWW 4500-P B,E. 23rd Ed. 2017	Espect UV-VIS	

<sup>1</sup> Mayo – 2019

<sup>2</sup> Setiembre – 2019

### 6.1.4 Procesamiento de datos

Con la finalidad de evaluar la variación a nivel espacial en el área de estudio durante mayo y setiembre, se realizaron mapas de interpolación tanto nivel superficial y fondo, utilizando los resultados de laboratorio y parámetros de campo. Primero, se subdividió en 3 zonas (norte, centro y sur de la bahía) el área de estudio, luego se procedió a generar un área de influencia (3 km para la zona centro y norte; y 1km para la zona sur) respecto a los puntos de monitoreo de cada zona, finalmente se procedió a la respectiva interpolación, para ello se utilizó la herramienta IDW del software Arcgis version 10.2 y se asignaron rangos de 6 a 8 intervalos.

<sup>3</sup> Vigilancia ambiental en la bahía de Sechura – mayo 2019

<sup>4</sup> Vigilancia ambiental en la bahía de Sechura – Setiembre 2019

### 6.1.5 Criterios de evaluación

Los resultados de los parámetros de campo y análisis de laboratorio de agua evaluados en la bahía de Sechura, fueron comparados en 3 categorías (según la Clasificación de Cuerpos Marinos – Costeros de la ANA<sup>5</sup>) con los valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (en adelante ECA para agua) y son presentados en la Tabla 6.6.

**Tabla 6.6.** Categorías de comparación empleados para agua superficial

Cuerpo de agua	Categoría de comparación	Normativa de comparación
Mar de la bahía de Sechura	Categoría 1: Aguas superficiales destinadas para recreación – Subcategoría B1: Contacto primario	ECA para Agua D.S. N° 004-2017-MINAM
Mar de la bahía de Sechura	Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales – Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras	ECA para Agua D.S. N° 004-2017-MINAM
Estuario de Virrilá	Categoría 4: Conservación del ambiente acuático – Subcategoría E3: Ecosistemas Marinos y Costeros – Estuarios	ECA para Agua D.S. N° 004-2017-MINAM

### 6.2 Calidad de sedimento

#### 6.2.1 Protocolo de monitoreo

Los protocolos de monitoreo utilizados se describen en la Tabla 6.7.

**Tabla 6.7.** Protocolo de monitoreo utilizado para el monitoreo de sedimentos

Matriz	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Sedimento	<i>Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual</i>	Sección 3 Collection of whole sediment pág. 3-1 a 3-17	Estados Unidos	U.S. Environmental Protection Agency	Guía Internacional	2001

#### 6.2.2 Ubicación de los puntos de monitoreo

El monitoreo ambiental de agua, sedimento e hidrobiología se realizó en los siguientes puntos de monitoreo.

**Tabla 6.8.** Puntos de monitoreo de la calidad de sedimento en el ambiente submareal en la bahía de Sechura

N.º	Código	Mayo	Setiembre	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17L		Prof. (m)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
1	BSech4	X	X	504430	9388964	25	Punto ubicado frente a los manglares de San Pedro de Vice, en la zona acuícola de mayor de escala de cultivo de concha de abanico, a 7,1 km de la costa.
2	BSech1	X	X	504607	9387398	26	Punto ubicado frente a los manglares de San Pedro de Vice, en la zona acuícola de mayor de escala de cultivo de concha de abanico, a 7,3 km de la costa.
3	BSech2	X	X	506017	9387542	18	Punto de referencia ubicado cerca de la zona acuícola de mayor de escala de cultivo de concha de abanico, a 6 km de la costa.
4	BSech3	X	X	506952	9388711	18	Punto ubicado frente a los manglares de San Pedro de Vice, en la zona acuícola de mayor

<sup>5</sup> Aprobado mediante Resolución Jefatural 030-2016-ANA

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

N.º	Código	Mayo	Setiembre	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17L		Prof. (m)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
							de escala de concha de abanico, a 4,7 km de la costa.
5	DEM1	X	X	515406	9367817	5	Punto ubicado a la altura del desembarcadero Las Delicias.
6	PPEZ-EM	X	X	515763	9369112	5,5	Punto ubicado a la altura del emisor del establecimiento industrial pesquero Perupez.
7	PPEZ-1	X	X	515763	9369362	6	Punto ubicado a 250 m al norte del emisor del establecimiento industrial pesquero Perupez.
8	PPEZ-2	X	X	516013	9369112	4,5	Punto ubicado a 250 m al este del emisor del establecimiento industrial pesquero Perupez.
9	PPEZ-3	X	X	515763	9368862	5	Punto ubicado a 250 m al sur del emisor del establecimiento industrial pesquero Perupez.
10	PPEZ-4	X	X	515513	9369112	6	Punto ubicado a 250 m al oeste del emisor del establecimiento industrial pesquero Perupez.
11	CCT	X	X	515815	9372613	6,3	Punto ubicado a la altura de caleta Constante.
12	GC-EM	X	X	515347	9370275	6	Punto ubicado a la altura del emisor del establecimiento industrial pesquero Gam Corp.
13	GC-1	X	-	515347	9670525	5	Punto ubicado a 250 m al norte del emisor submarino del establecimiento industrial pesquero Gam Corp.
14	GC-2	X	-	515597	9370275	5,5	Punto ubicado a 250 m al este del emisor submarino del establecimiento industrial pesquero Gam Corp.
15	GC-3	X	-	515347	9370025	5,5	Punto ubicado a 250 m al sur del emisor submarino del establecimiento industrial pesquero Gam Corp.
16	GC-4	X	-	515097	9370275	5	Punto ubicado a 250 m al oeste del emisor submarino del establecimiento industrial pesquero Gam Corp.
17	CO1	X	X	497372	9357009	5	Punto ubicado a 850 m de la costa, a la altura del emisor del establecimiento industrial pesquero Copeinca.
18	CO2	X	X	496581	9357551	5	Punto ubicado a 850 m de la costa, al noroeste del punto CO1.
19	CO3	X	X	497131	9357186	4	Punto ubicado a 850 m de la costa, al noroeste del punto CO1.
20	CO4	X	X	497613	9356832	4,2	Punto ubicado a 850 m de la costa, al sureste del punto CO1.
21	CO5	X	X	498275	9356460	4,5	Punto ubicado a 850 m de la costa, al sureste del punto CO1.
22	CO6	X	X	497188	9356770	4,5	Punto ubicado a 600 m de la costa, al suroeste del punto CO1
23	CO7	X	X	497540	9357247	5	Punto ubicado a 1200 m de la costa, al noreste del punto CO1
24	PLAYA3	X	X	516552	9372972	-	Playa ubicada al norte de caleta Constante
25	PLAYA2	X	X	515320	9382854	-	Punto ubicado al sur de Chullillachi
26	PLAYA5	X	X	515938	9367217	-	Playa ubicada frente al desembarcadero de Las Delicias.
27	PPEZ-PL	X	X	516241	9369084	-	Playa ubicada frente al establecimiento industrial pesquero Perupez
28	GC-PL	X	X	516333	9370143	-	Playa ubicada frente al establecimiento industrial pesquero Gam Corp.
29	EPA1	X	X	515938	9367217	-	Punto ubicado en el estuario del Virrilá, a 800 m al sureste de Parachique.

Prof.: Profundidad

**Tabla 6.9.** Puntos de monitoreo de la calidad de sedimento en el ambiente intermareal en la bahía de Sechura

N.º	Código	Mayo	Setiembre	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17L		Prof. (m)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
24	PLAYA3	X	X	516552	9372972	-	Playa ubicada al norte de caleta Constante

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

N.º	Código	Mayo	Setiembre	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 17L		Prof. (m)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
25	PLAYA2	X	X	515320	9382854	-	Punto ubicado al sur de Chullillachi
26	PLAYA5	X	X	515938	9367217	-	Playa ubicada frente al desembarcadero de Las Delicias.
27	PPEZ-PL	X	X	516241	9369084	-	Playa ubicada frente al establecimiento industrial pesquero Perupez
28	GC-PL	X	X	516333	9370143	-	Playa ubicada frente al establecimiento industrial pesquero Gam Corp.
29	EPA1	X	X	515938	9367217	-	Punto ubicado en el estuario del Virrilá, a 800 m al sureste de Parachique.

Prof.: Profundidad

### 6.2.3 Equipos utilizados y metodología de análisis

Para el muestreo de la calidad de sedimento en la bahía de Sechura en el ambiente submareal, se utilizó principalmente una draga tipo Van Veen y un cucharón plástico. Los equipos como cámaras, GPS, entre otros, utilizados para el desarrollo de esta actividad son detallados en los informes N° 149-2019-OEFA/DEAM-STEC y N° 255-2019-OEFA/DEAM-STEC (sección 4 – Metodología).

Las metodologías de análisis de los parámetros evaluados son presentadas en la Tabla 6.10.

**Tabla 6.10.** Métodos para el análisis de sedimento

Matriz	Parámetro	Método	Técnica Empleada
Sedimento	Materia orgánica <sup>1,2</sup>	ES_NOM21_AS07_MO_TOC	Norma oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000; ítem 7.1.7 AS-07. Determinación de Materia orgánica (AS-07 Walkley y Black). (Validado) 2017
	Análisis granulométrico <sup>1,2</sup>	PEC-018	Densitometría
	Sulfuros <sup>1,2</sup>	PE-4016	Análisis elemental
	Metales totales + Hg <sup>1,2</sup>	EPA 3050 B: 1996 / EPA 6010 B: 1996  EPA 7471 B, Rev 2, February 2007	Acid Digestion of Sediments, sludges and soils / Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry  Mercury in solid or semisolid waste (Manual Cold-Vapor technique)

<sup>1</sup> Mayo – 2019

<sup>2</sup> Setiembre – 2019

### 6.2.4 Procesamiento de datos

Con la finalidad de evaluar la variación a nivel espacial en el área de estudio durante mayo y setiembre, se realizaron mapas de interpolación, utilizando los resultados de laboratorio. Primero, se subdividió en 3 zonas (norte, centro y sur de la bahía), luego se procedió a generar un área de influencia (3 km para la zona centro y norte; y 1km para la zona sur) respecto a los puntos de monitoreo, finalmente se procedió a la respectiva interpolación de cada zona, para ello se utilizó la herramienta IDW del software Arcgis version 10.2 y se asignaron rangos de 6 a 8 intervalos.

### 6.2.5 Criterios de evaluación

Debido a que no existe normativa nacional para evaluación de sedimentos, se utilizó la Guía de Calidad Ambiental Canadiense (Canadian Environmental Quality Guidelines – CEQG)

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

Las categorías de comparación con los parámetros ambientales de sedimento evaluados en la bahía de Sechura son presentadas en la tabla 6.11.

**Tabla 6.11.** Estándares de calidad de sedimento marino de Canadá

Contaminante	ISQG (mg/Kg)	PEL (mg/Kg)
Arsénico	7,24	41,6
Cadmio	0,70	4,2
Cromo	52,3	160
Cobre	18,7	108
Plomo	30,2	112
Mercurio	0,13	0,70
Zinc	124	271

### 6.3 Comunidades hidrobiológicas

A continuación, se proporciona la información relacionada con la metodología de la colecta de comunidades de macrobentos y megabentos y aspectos relacionados con el análisis de los resultados obtenidos.

#### 6.3.1 Protocolo de monitoreo

Los protocolos de monitoreo utilizados se describen en la Tabla 6.12.

**Tabla 6.12.** Protocolo de monitoreo utilizado para el monitoreo de hidrobiología

Matriz	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Macrobentos	<i>Standard Methods for the Examination of Water &amp; Wastewater</i>	Sección 10500 – B. <i>Benthic macroinvertebrates Sample Collection</i>	Estados Unidos	<i>American Public Health Association</i>	Guía internacional	2012
Megabentos	<i>Methods for the Study of marine benthos</i>	Sección 4-4.1: <i>Diving systems: Hookah systems</i> y Sección 4-4.3: <i>Data collection and recording</i>	Reino Unido	Hellenic Centre for Marine Research	Guía internacional	2005

El registro de megabentos se realizó siguiendo los lineamientos de la literatura citada, sin embargo; se precisa que el registro de datos se realizó a través del establecimiento de transectos sobre el fondo marino los cuales se distribuyeron paralelamente y perpendicularmente al emisario submarino de las áreas evaluadas. Los transectos fueron demarcados a través de cuerdas con una longitud de 40 m o más, que a su vez fueron señalizadas cada 5 m donde se colocó un marco cuadrado de 1 m<sup>2</sup>, realizándose *in situ* el registro de los organismos que se encuentran dentro de esta área (Figura 6.1), los organismos fueron identificados en ese mismo momento. Se precisa que se realizaron dos transectos por cada punto de registro.

Se realizaron tomas fotográficas y de video, a fin de tener registros de las especies identificadas y obtener datos de cobertura de las especies más abundantes. En total, se evaluaron por lo menos cinco áreas de 1 m<sup>2</sup> por cada transecto.

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

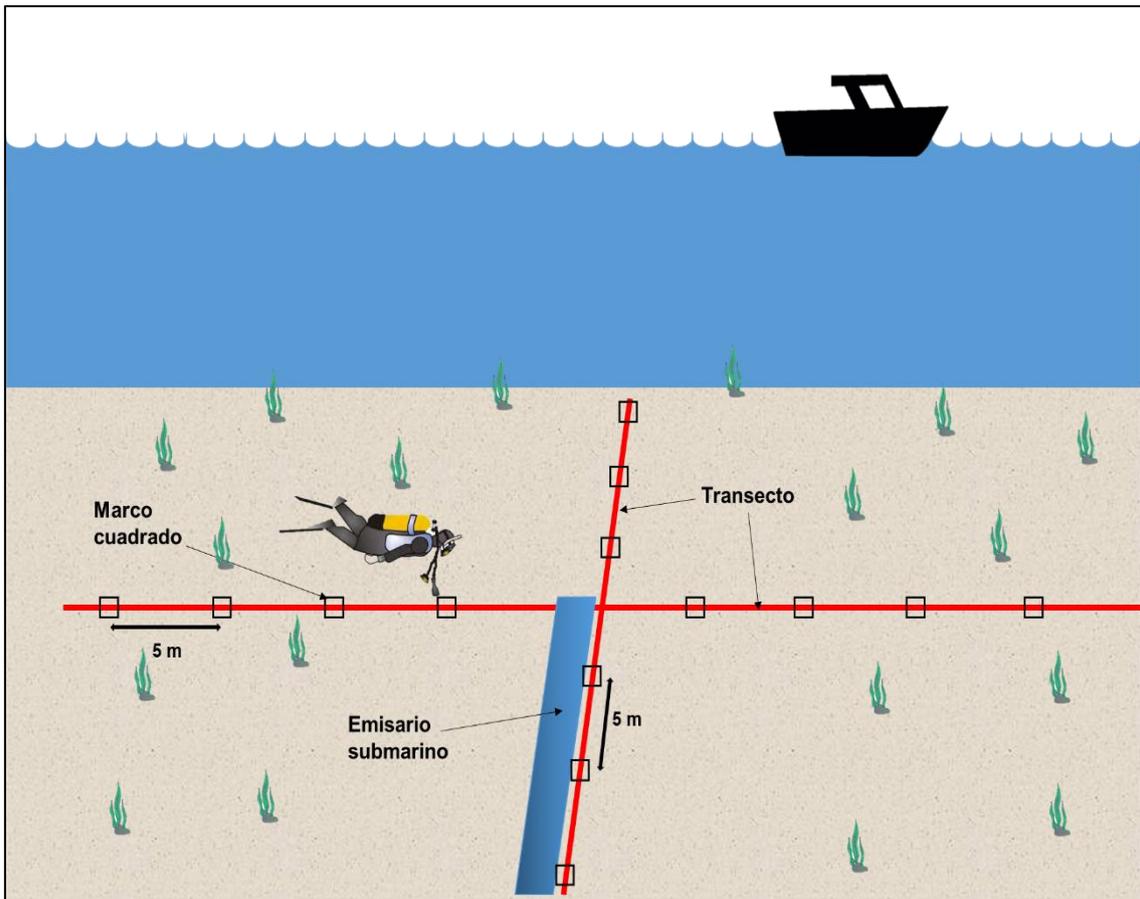


Figura 6.1 Esquema de evaluación de megabentos en un punto de muestreo

### 6.3.2 Ubicación de los puntos de monitoreo

En el caso de los puntos de muestreo de macrobentos, las muestras fueron colectadas por triplicado en las mismas coordenadas de los puntos de monitoreo de sedimento marino, con excepción de los puntos de monitoreo PLAYA2 y EPA1 los cuales no han sido considerados para esta matriz. Asimismo, para realizar una descripción más didáctica de los resultados se agruparon los puntos de muestreo analizados, de acuerdo a su ubicación respecto a la fuente de impacto (Tabla 6.13).

Tabla 6.13. Distribución de puntos de monitoreo

Administrado	Puntos de monitoreo	Grupo	Descripción
Corporación Pesquera Inca S.A.C.	CO1	EM	Emisor; Punto relacionado al emisario submarino
	CO3	C1	Control 1; Puntos ubicados en el entorno inmediato del emisario submarino (a 250m al norte, sur, este y oeste aproximadamente)
	CO4		
	CO6		
	CO7		
	CO2	C2	Control 2; Punto ubicado frente a Puerto Rico, a 1 km del emisor aproximadamente
CO5	C3	Control 3; Punto ubicado frente a punta Tric Trac, a 1 km del emisor aproximadamente	
Perupez S.A.C.	PPEZ-EM	EM	Emisor; Punto relacionado al emisario submarino
	PPEZ-1	C1	Control 1; Puntos ubicados en el entorno inmediato del emisario submarino (a 250m al norte, sur, este y oeste aproximadamente)
	PPEZ-2		
	PPEZ-3		

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

Administrado	Puntos de monitoreo	Grupo	Descripción
	PPEZ-4		
	DEM1	C2	Control 2; Punto ubicado frente a Puerto Rico, a 1 km del emisor aproximadamente
Gam Corp S.A.C.	GC-EM	EM	Emisor; Punto relacionado al emisario submarino
	GC-1	C1	Control 1; Puntos ubicados en el entorno inmediato del emisario submarino (a 250m al norte, sur, este y oeste aproximadamente)
	GC-2		
	GC-3		
	GC-4		
CCT	C2	Control 2; Punto ubicado frente a Puerto Rico, a 1 km del emisor aproximadamente	
Acuicultores Pisco S.A.	BSech2	C1	Control 1; Punto ubicado fuera de las áreas de concesión acuícola
	BSech3	I1	Impacto 1; Punto ubicado dentro del área de concesión acuícola, con presencia de líneas de cultivo activas durante el monitoreo
	BSech1	I2	Impacto 1; Punto ubicado dentro del área de concesión acuícola, ausencia de líneas de cultivo activas durante el monitoreo
	BSech4		
-	PLAYA5	-	-
-	PPEZ-PL	-	-
-	GC-PL	-	-
-	PLAYA3	-	-

La ubicación de los puntos de muestreo considerados para la evaluación de megabentos se detalla en la Tabla 6.14.

**Tabla 6.14.** Ubicación de puntos de registro de megabentos

Código OEFA	Medición		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 17M		Prof. (m)	Descripción
	Fecha	Hora	Este (m)	Norte (m)		
MB-04	07/09/2019	11:20	515731	9369139	6	Punto ubicado a la altura del emisor del establecimiento industrial pesquero Perupez.
MB-03	11/09/2019	11:00	497372	9357009	5	Se ubica en el entorno del emisor del establecimiento industrial pesquero Copeinca.

### 6.3.3 Equipos utilizados y metodología de análisis

Los equipos utilizados en la evaluación de comunidades hidrobiológicas se muestran en la tabla 6.15.

**Tabla 6.15.** Equipos utilizados en el monitoreo de comunidades hidrobiológicas

Matriz	Parámetro	Equipo	Marca	Modelo
Comunidades hidrobiológicas	Macrobentos	Draga	BIOSERVICE	VAN VEEN
		Equipo de posicionamiento GPS	GARMIN	OREGON 650
		Cámara fotográfica digital	CANON	POWERSHOT D30L
		Bolsa Tamiz	S/M	S/M
		Bolsa Tamiz	S/M	S/M
		Tubo Penchaszadeh	S/M	S/M
		Profundímetro	Hondex	PS-7
	Megabentos	Traje de Buceo (con accesorios)	S/M	S/M
		Traje de Buceo (con accesorios)	S/M	S/M
		Marco cuadrado de 1 m por 1 m	S/M	S/M
		Pizarra acrílica con logo de OEFA	S/M	S/M
		Pizarra acrílica con logo de OEFA	S/M	S/M
		Cabo de 50 m	S/M	S/M
		Plomo	S/M	S/M

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

Matriz	Parámetro	Equipo	Marca	Modelo
		Boyas	S/M	S/M
		Cámara de video digital	Go Pro	Hero5 Black
		Cámara de video digital	Go Pro	Hero5 Black

S/M: Sin modelo

S/M: Sin marca

Las metodologías de análisis de los parámetros evaluados son presentadas en la Tabla 6.16.

**Tabla 6.16.** Métodos para el análisis de macrobentos marino

Matriz	Parámetro	Método de Referencia	Técnica Empleada
Comunidades hidrobiológicas	Macrobentos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 10500 C.1,2,22nd Ed. 2012	Microscopía óptica

### 6.3.4 Procesamiento de datos

El criterio de análisis de las comunidades de macrobentos y megabentos se basó en el cálculo de diferentes parámetros comunitarios, tales como: composición taxonómica, riqueza y abundancia de especies, índices de diversidad alfa (*i.e.* diversidad verdadera y dominancia de Simpson) e índices de diversidad beta.

El cálculo de todos los parámetros comunitarios se realizó con el software PAST 3.1 y son detalladas en las siguientes secciones.

#### a. Composición taxonómica, riqueza específica y abundancia de especies

Los resultados permitieron determinar la composición taxonómica (*i.e.* especies presentes en la comunidad), la riqueza (*i.e.* número de especies en cada muestra) y la densidad (*i.e.* número total de organismos registrados por unidad de muestreo). Respecto a la densidad, en este estudio se presenta también el promedio total y su error estándar. Adicionalmente, se presenta la frecuencia (*i.e.* número de veces que aparece una especie en todos los puntos muestreados).

#### b. Índice de diversidad beta

Para este estudio, en el cálculo de la diversidad beta se utilizó el índice de similitud de Bray-Curtis. El mencionado índice estima el grado de semejanza que tienen dos comunidades entre sí, teniendo en cuenta la diferencia de la abundancia de sus especies. La estimación de este índice se realiza mediante la Ecuación 5-3.

$$S_{jk} = 100 \times \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^n |y_{ij} + y_{ik}|} \right\} \quad (6-3)$$

Donde, S es la similitud de Bray-Curtis, y es la abundancia de cada especie y n es el número de especies. Con base en la matriz de similitud calculada, se construyó un dendrograma que tuvo por objetivo la búsqueda de grupos de variables similares o parecidas.

La significancia en la formación de los grupos en el dendrograma se determinó con la prueba Simprof, la cual realiza varias permutaciones a cada nodo de un dendrograma para identificar patrones de asociación significativos en muestras a priori no estructuradas (Clarke *et al.*, 2008).

### c. Variación espacial y temporal

Los cambios espaciales y entre los periodos se evaluaron de manera exploratoria, para lo cual se realizó un análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico en dos dimensiones. Se considera la similitud entre los puntos, la cual fue calculada mediante el índice de Bray Curtis en base a las abundancias totales de cada punto de muestreo, a las cuales se le aplicó una transformación a la raíz cuarta.

Para evaluar los cambios en la comunidad megabentónica se empleó el análisis PERMANOVA con el método de permutación residual bajo un modelo reducido (*Permutation of residuals under a reduced model*). Este análisis permitió probar la hipótesis general multivariada de diferencias en la composición y/o abundancia relativa de las diferentes especies agrupadas en los diferentes factores elegidos (Anderson, 2001; Mcardle y Anderson, 2001).

El modelo utilizado en PERMANOVA fue de dos vías, cuyos factores fueron: periodo, Zonas (Zo, factor fijo de tres niveles: zona 1, zona 2, zona 3) y puntos de muestreo (factor aleatorio, anidado en zonas).

Se analizaron las diferencias, zonas, puntos de muestreo y sus interacciones. Se considerará como valor para aceptar o rechazar la hipótesis nula un alfa de 0,05.

Todos los análisis fueron realizados siguiendo los lineamientos dados en Anderson, *et al.* (2008) y Clarke y Warwick (2001).

### d. Evaluación de la calidad ecológica de la comunidad bentónica

La evaluación se realizará a través del índice AMBI (AZTI *Marine Biotic Index*), establecido por Borja *et al.* (2000). Mediante este índice se puede conocer el estado de la calidad ecológica del ecosistema evaluado; se basa en la clasificación de las abundancias de los organismos bentónicos de sustrato blando en 5 grupos ecológicos. Este índice ha sido utilizado exitosamente bajo diferentes condiciones de perturbación (Borja *et al.*, 2003; Muxika *et al.*, 2005) y ha sido aplicado extensamente en Europa (Borja *et al.*, 2009; Grémare *et al.*, 2009), Asia (Cai *et al.*, 2003; Cheung *et al.*, 2008), Norte de África (Afli *et al.*, 2008; Bakalem *et al.*, 2009; Bazairi *et al.*, 2005), Sudamérica (Muniz *et al.*, 2005) y Norteamérica (Borja y Tunberg, 2011; Borja *et al.*, 2008; Callier *et al.*, 2008; Teixeira *et al.*, 2012).

Para el cálculo del AMBI se utilizará el software libre AMBI Versión 5.0.

$$AMBI = \frac{(0 \times \%GEI) + (1,5 \times \%GEII) + (3 \times \%GEIII) + (4,5 \times \%GEIV) + (6 \times \%GEV)}{100} \quad (6-4)$$

Donde:

EG = grupo ecológico.

GE I: Especies muy sensibles.

GE II: Especies indiferentes.

GE III: Especies tolerantes.

GE IV: Especies oportunistas de segundo orden.

GE V: Especies oportunistas de primer orden.

Una vez calculado el índice, este produce valores dentro de una escala del 1 al 6 (7 en sedimentos azoicos) con cinco categorías que definen la calidad ecológica de la comunidad bentónica como se puede observar en la Tabla 6.17.

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

**Tabla 6.17.** Interpretación de los resultados del AMBI

Coeficiente biótico (AMBI)	Grupo ecológico dominante	Salud de la comunidad bentónica	Nivel de disturbio	Estado ecológico
0,0<AMBI<0,2	I	Normal	No perturbado	Muy bueno
0,2<AMBI<1,2		Empobrecido		
1,2<AMBI<3,3	III	Desbalanceado	Ligeramente perturbado	Bueno
3,3<AMBI<4,3	IV-V	Transición a contaminado	Moderadamente perturbado	Moderado
4,3<AMBI<5,0		Contaminado		
5,0<AMBI<5,5	V	Transición a fuertemente contaminado	Fuertemente perturbado	Malo
5,5<AMBI<6,0		Fuertemente contaminado		
6,0<AMBI<7,0	Azoico	Azoico	Extremadamente perturbado	Muy malo

 Fuente: Adaptado de Borja *et al.* (2000)

## 7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de la evaluación ambiental a la bahía de Sechura.

### 7.1. Calidad de agua

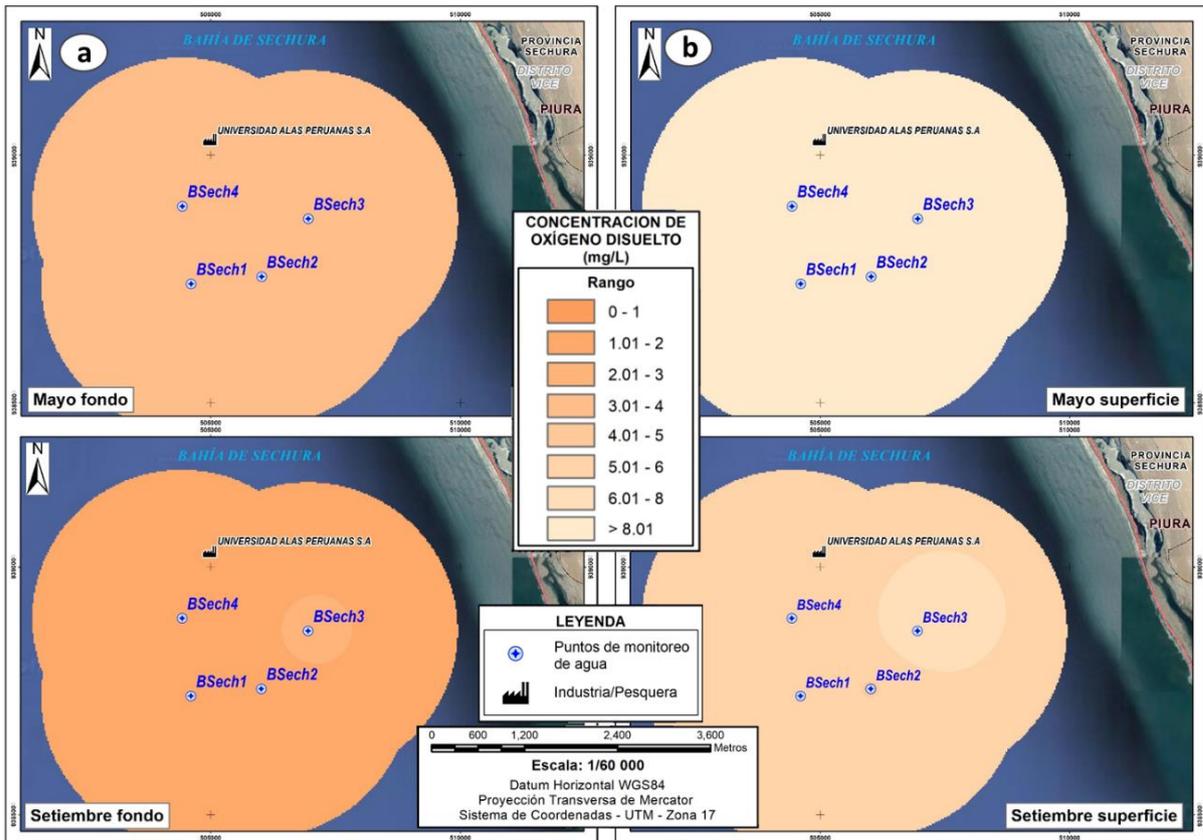
#### 7.1.1. Acuicultores Pisco

Los aceites y grasas, sulfuros, nitritos, nitratos y así como parámetros de campo (pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad) presentaron valores ~~bajas~~ que no exceden lo establecido por la normativa de comparación o valores por debajo al límite de detección. Sin embargo, se observaron cambios marcados en la concentración de oxígeno disuelto y fósforo total, los que se describen a continuación.

#### - Oxígeno disuelto

De acuerdo a la Figura 7.1, a nivel de superficie en setiembre se presentó una disminución de los valores de oxígeno disuelto en todos los puntos de monitoreo evaluados, respecto a mayo. Asimismo, se observó un patrón similar en el fondo, con menores concentraciones durante el mes de setiembre.

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

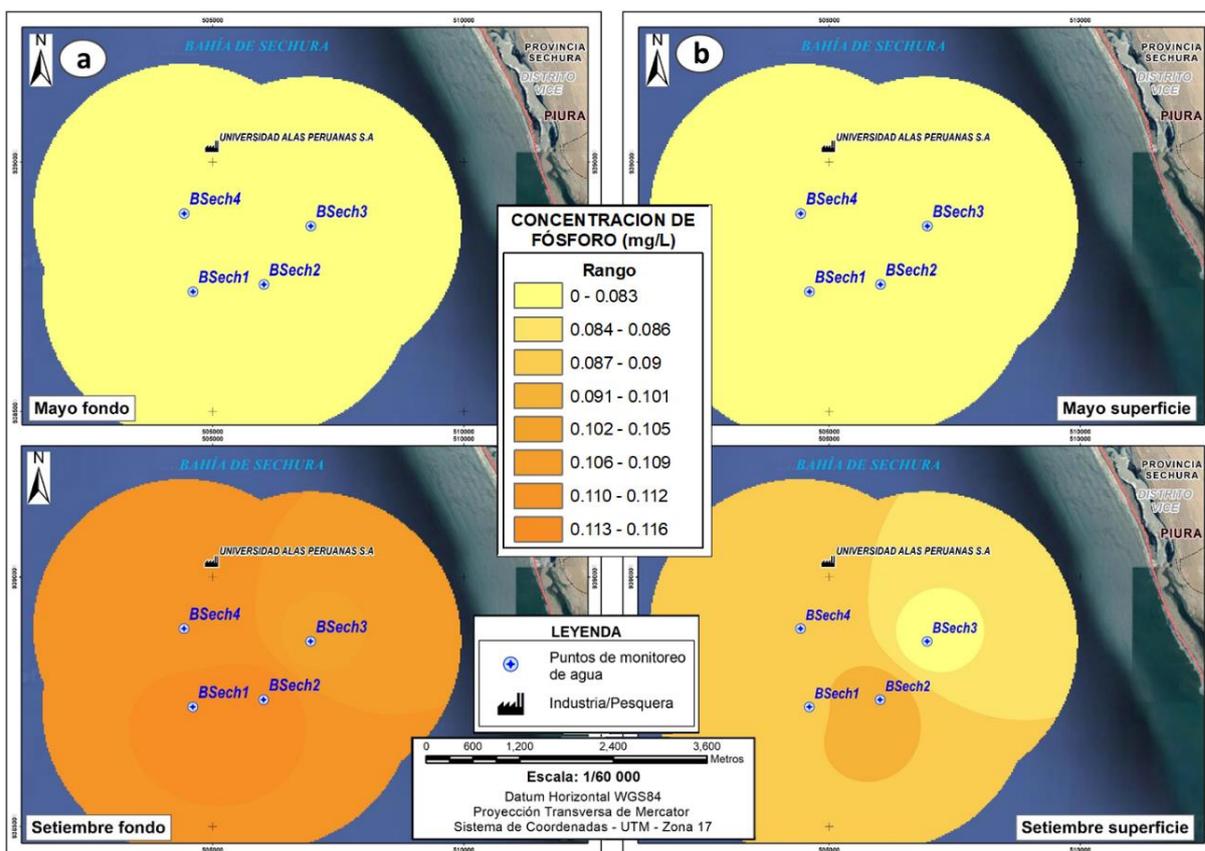


**Figura 7.1.** Variación espacial de las concentraciones de oxígeno disuelto a nivel de superficie (a) y fondo (b) en el entorno de Acupisco, durante los meses de mayo y setiembre de 2019.

### Fósforo

La concentración de este parámetro (Figura 7.2) en ambos niveles (superficie y fondo) durante el mes de mayo presentó niveles por debajo del límite de detección. Sin embargo, la concentración se incrementa en el mes de setiembre, observándose el mayor valor en el punto control (BSech2) en superficie y fondo.

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



**Figura 7.2.** Variación espacial de las concentraciones de fósforo a nivel de superficie (a) y fondo (b) en el entorno de Acupisco, durante los meses de mayo y setiembre de 2019.

### 7.1.2. Perupez y Gam Corp

Los aceites y grasas, sulfuros, nitritos, nitratos y así como parámetros de campo presentaron valores que no exceden lo establecido por la normativa de comparación o valores por debajo al límite de detección. Asimismo, la concentración de oxígeno disuelto fue elevada, registrándose valores superiores a 6,7 mg/L en todos los puntos de monitoreo evaluados. Sin embargo, se observaron cambios marcados en la concentración de fósforo total, los que se describen a continuación.

### Fósforo

La concentración de este parámetro en ambos niveles (superficie y fondo) durante el mes de mayo presentó valores por debajo del límite de detección, con excepción del punto GC-EM (final del emisor de Gam Corp) en fondo. Sin embargo, la concentración se incrementa en el mes de setiembre, observándose el mayor valor en el punto DEM1 (frente al desembarcadero Las Delicias) en superficie y fondo. Se precisa que los valores determinados durante el mes de setiembre excedieron lo establecido en los ECA para agua, sin embargo, no presentaron una marcada variación, fluctuando entre 0,075 mg/l a 0,096 mg/l en superficie y de 0,078 mg/l a 0,097 mg/l en fondo (Figura 7.3).

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

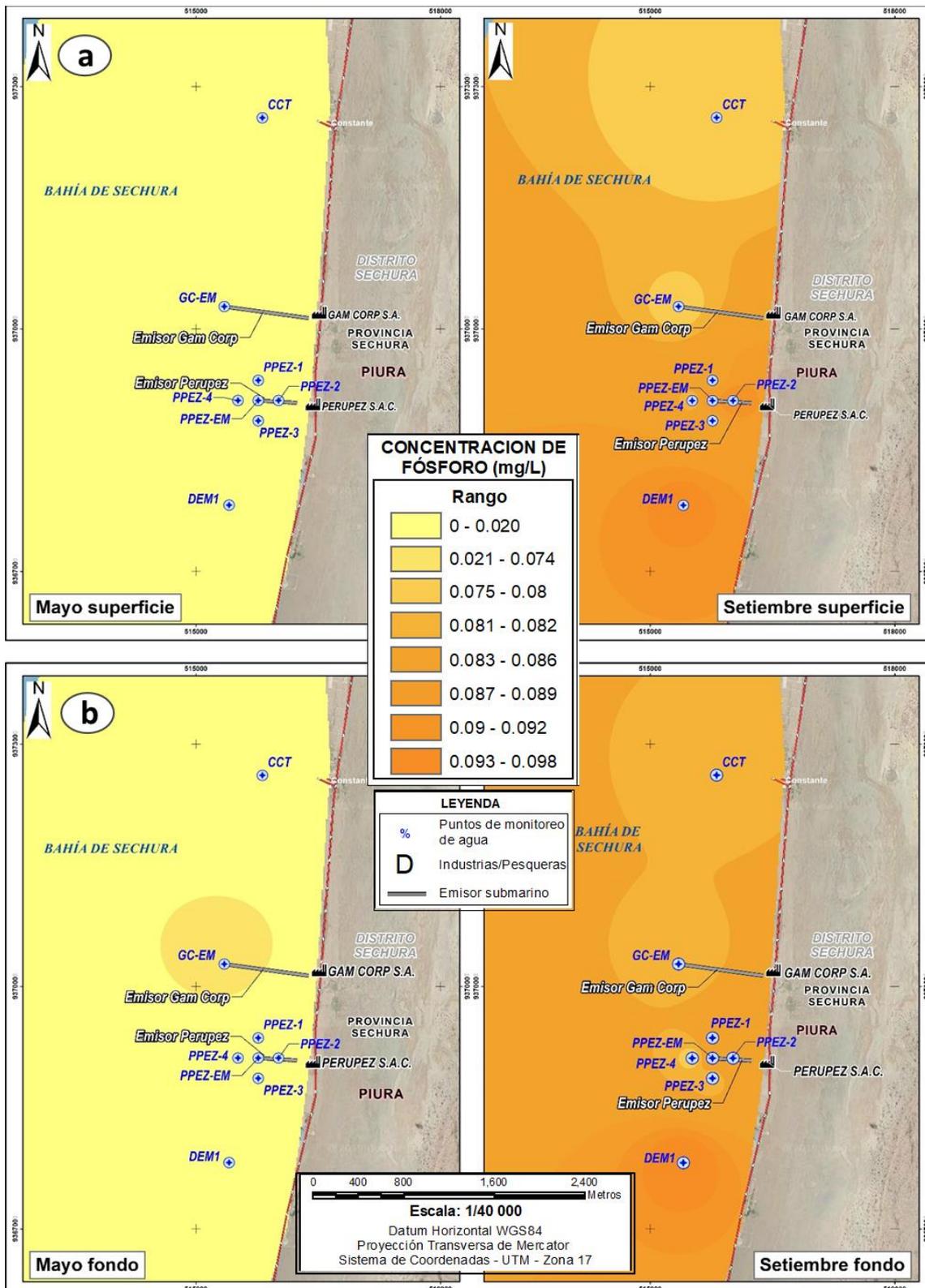


Figura 7.3. Variación espacial de las concentraciones de fósforo a nivel de superficie (a) y fondo (b) en el entorno de Perupez y Gam Corp, durante los meses de mayo y setiembre de 2019

### 7.1.3. Copeinca

La concentración de oxígeno disuelto presentó una ligera disminución en setiembre en superficie y fondo, sin embargo, los valores permanecieron dentro de lo establecido en los ECA para agua durante ambos meses evaluados.

La concentración de sulfuros permaneció por debajo del límite de detección en la mayoría de puntos de monitoreo, sin embargo, en el punto CO1 durante el mes de mayo se reportó una concentración de 0,25 mg/l. En este mismo punto, la demanda bioquímica de oxígeno presentó los valores elevados durante el mes de mayo, en superficie (16 mg/l) y fondo (144 mg/l). Asimismo, la concentración de sólidos totales suspendidos en mayo a nivel de fondo presentó valor más alto (100 mg/l) en el punto CO1.

Los aceites y grasas, nitritos, nitratos y demás parámetros de campo presentaron valores que no exceden lo establecido por la normativa de comparación o valores por debajo el límite de detección. Además, se observaron cambios marcados en la concentración de fósforo total, los que se describen a continuación.

### Fósforo

De acuerdo a la Figura 7.4, en mayo para el nivel de fondo y superficie se registró un aumento de las concentraciones de fósforo, principalmente en el punto de monitoreo CO1 (ubicado al final del emisor de Copeinca), mientras que en setiembre la concentración de este parámetro disminuyó. Cabe mencionar que en el mes de setiembre 6 de los 7 puntos evaluados superaron el valor establecido en los ECA para Agua, categoría 2 subcategoría C1.

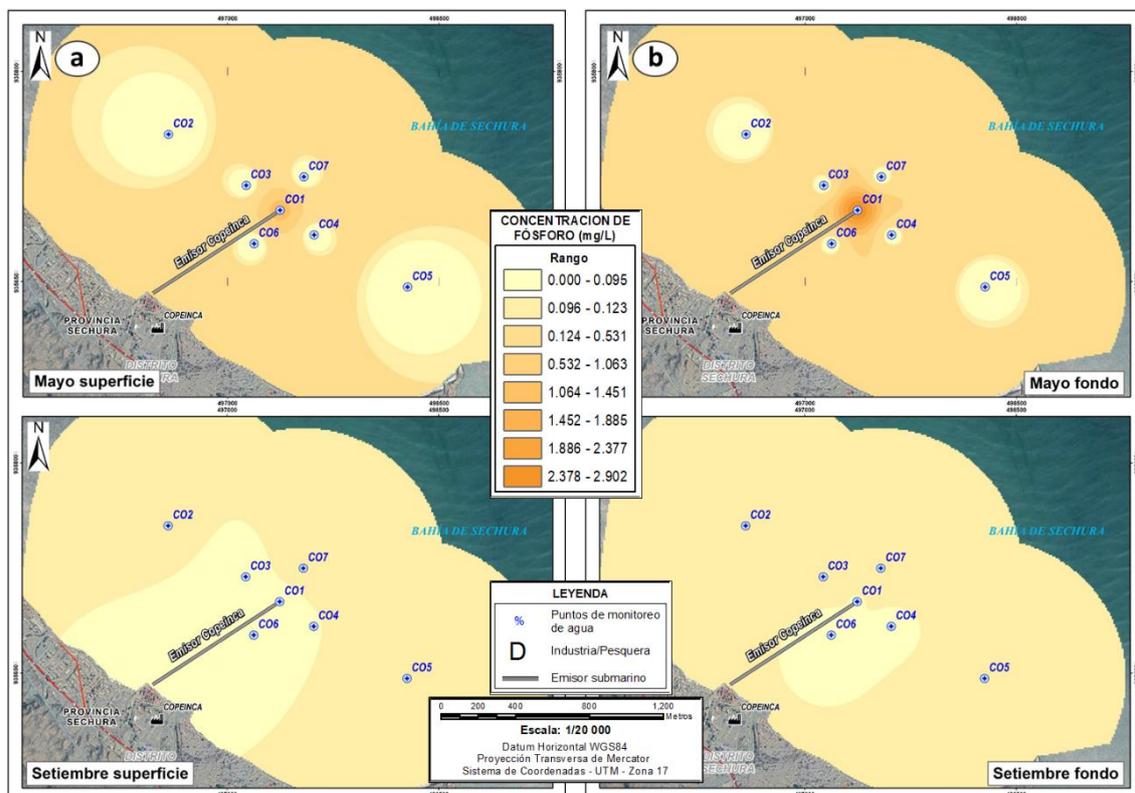
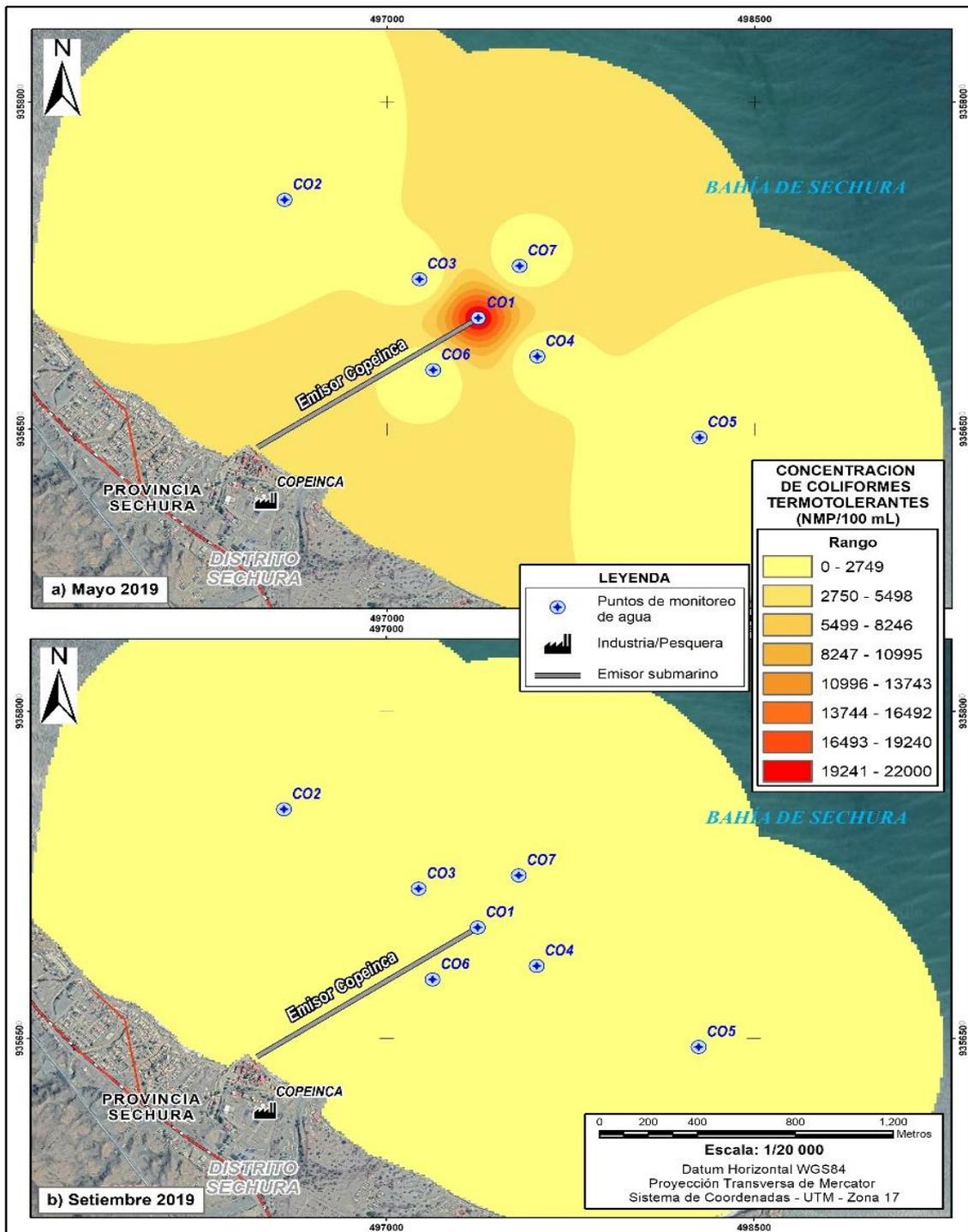


Figura 7.4. Variación espacial de las concentraciones de fósforo a nivel de superficie (a) y fondo (b) en el entorno de Copeinca, durante los meses de mayo y setiembre de 2019

**Coliformes termotolerantes**

De acuerdo a la Figura 7.5, en mayo para el nivel de fondo se registró la mayor concentración de coliformes termotolerantes, principalmente en el punto de monitoreo CO1 (ubicado al final del emisor de Copeinca), mientras que en setiembre las concentraciones de este parámetro de encuentran por debajo del límite de detección.



**Figura 7.5.** Variación espacial de las concentraciones de coliformes termotolerantes a nivel de fondo en el entorno de Copeinca, durante los meses de mayo y setiembre de 2019

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

Las concentraciones de coliformes termotolerantes (Figura 7.14) fueron mayores durante mayo de 2019 (22000 NMP/100ml) a nivel de fondo, mientras que durante el 2018 presentó el valor mas alto en abril a nivel de superficie. Durante el 2017 los valores estuvieron por debajo al límite de detección.

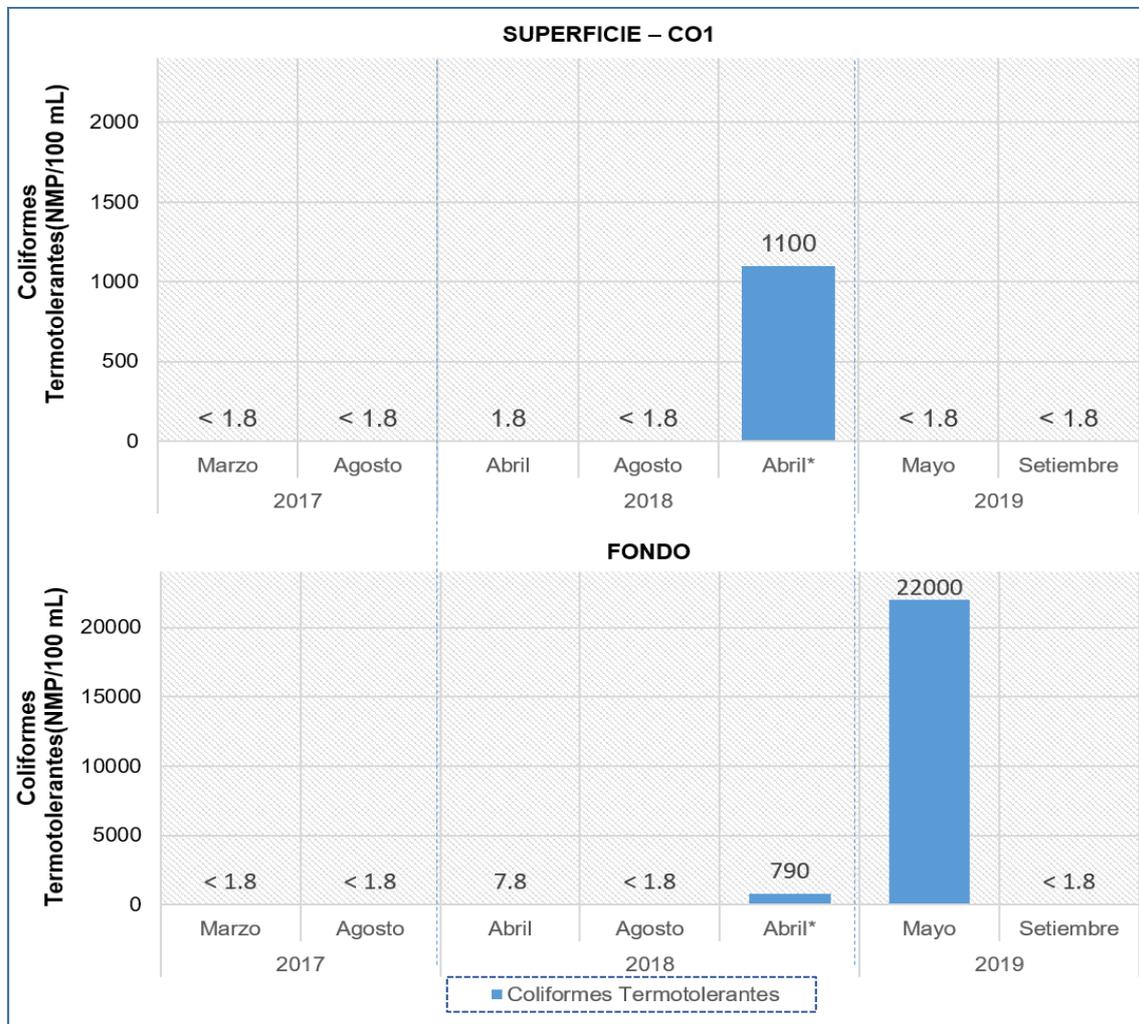


Figura 7.5. Variación temporal de las concentraciones de coliformes termotolerantes a nivel de superficie y fondo en el entorno del emisor de Copeinca.

#### 7.1.4. Intermareal

##### Oxígeno Disuelto

Las concentraciones de oxígeno disuelto en este ambiente se encuentran conforme con lo establecido en los ECA para Agua, cat.C1B1y la Cat.C4E3 (solo en el punto EPA4), señaladas en el D.S. N.º 004-2017-MINAM.

##### Fósforo

De acuerdo a la Figura 7.6, las mayores concentraciones de fósforo se registraron en marzo (0,4 mg/L) de 2017 y mayo de 2019 (0,364 mg/L) respectivamente, mientras que los valores por debajo del estándar de calidad ambiental para agua se presentaron en mayo de 2016 (0,08 mg/L), agosto 2017 (0,20 mg/L y setiembre de 2019 (0,117 mg/L).

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

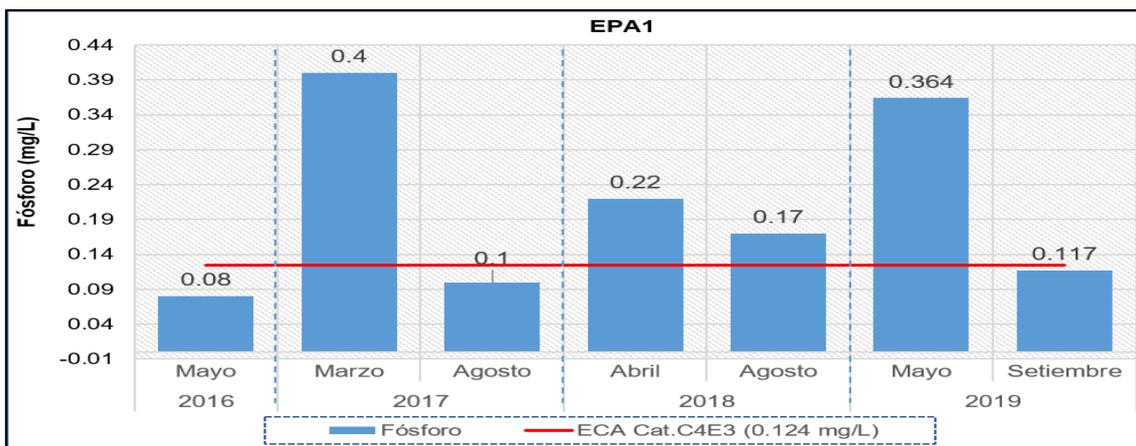


Figura 7.6. Variación temporal de las concentraciones de fósforo en el ambiente intermareal durante los años 2017, 2018 y 2019.

### Coliformes termotolerantes

De acuerdo a la Figura 7.7, los puntos PLAYA2 y EPA1 evaluados durante mayo 2019 y abril 2018 presentan las mayores concentraciones respectivamente, mientras que los valores por debajo del estándar de calidad ambiental para agua se presentaron en los puntos restantes.

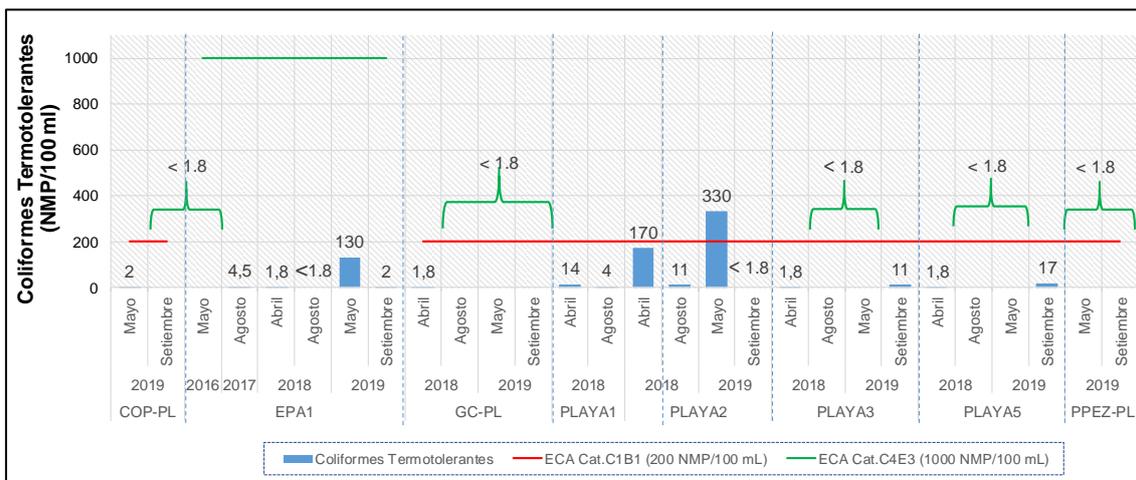


Figura 7.7. Variación temporal de las concentraciones de coliformes termotolerantes en el ambiente intermareal durante los años 2016 al 2019.

## 7.2. Sedimento

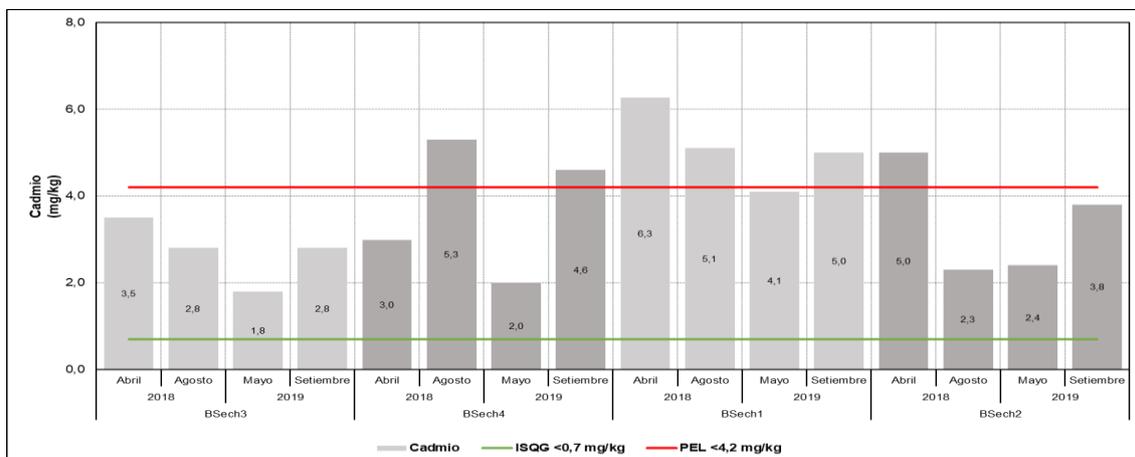
### 7.2.1. Acuicultores Pisco

En el fondo submareal de esta zona predominan las arenas (resultados de texturas fueron arena limosa en mayo y arena en setiembre), el porcentaje de materia orgánica se encuentra en un rango de 0.3 % a 6.3 %. Además , se encuentra correlacionada ( $R^2 > 0,7$ ) con las concentraciones de cadmio llegando este a exceder el valor PEL de la Guía de Calidad Ambiental Canadiense (*Canadian Environmental Quality Guidelines – CEQG*); sin embargo, también se encuentran asociados a la materia orgánica los metales como cobre, cromo, zinc sin superar los valores de la guía CEQG.

En la Figura 7.8 se observa como la concentración de cadmio es mayor en el mes de agosto de 2018 en BSech4; en abril, agosto de 2018 y setiembre de 2019 en BSech1 y en el mes

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

de abril de 2018 en BSech2, llegando a exceder el valor PEL de la norma CEQG para este elemento. En todos los puntos se excedió el valor ISQG de la Guía CEQG.



**Figura 7.8.** Variación temporal de las concentraciones de cadmio en el entorno de Acupisco durante los años 2018 y 2019

En la Figura 7.9 se muestra cómo se distribuyen las concentraciones de materia orgánica en el ambiente submareal de Acupisco, observándose que tanto para mayo como para setiembre las concentraciones de materia orgánica son similares, resaltando la concentración de los puntos BSech4 (1,9% mayo y 1,8% setiembre) y BSech1 (1,8%).

En la zona de Perupez predominan las arenas (textura: arenosa y arenas), en cuanto a la concentración de materia orgánica fue menor que en la zona sur (Copeinca) y no existe asociación con metales. Las concentraciones de metales en el 2019 fueron menores a los valores CEQG.

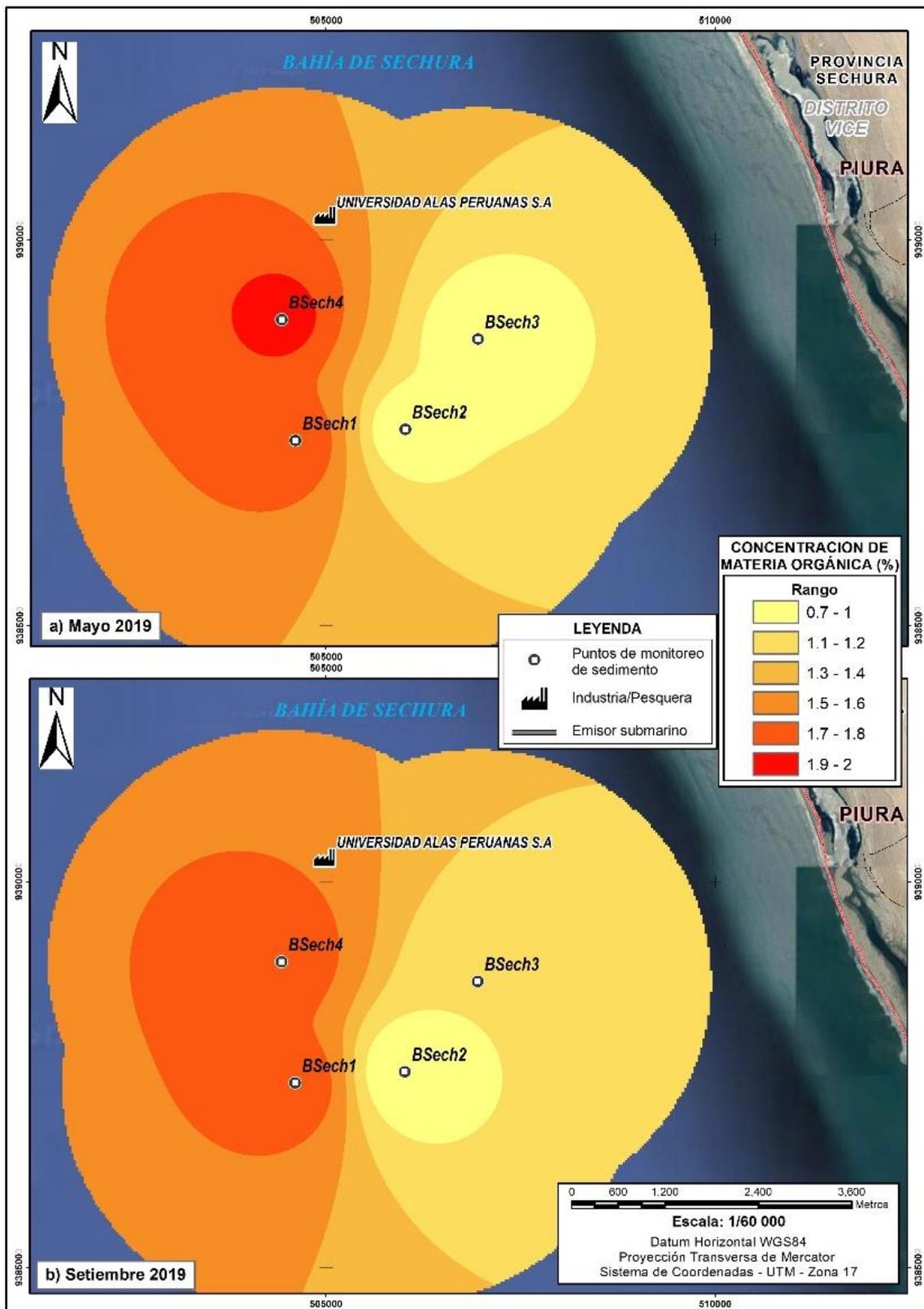
### 7.2.2. Gam Corp

Esta zona y su emisor se encuentra a 1 km al norte de la zona de Perupez y, de la misma manera, en su fondo submareal predominan las arenas (textura: arenosa, arenas y arena limosa), los porcentajes de materia orgánica son menores al límite de detección (<0.3%) en 4 de los 6 puntos de monitoreo, con valores bajos en los dos puntos de monitoreo restantes (0.8% en CCT y 0.4% en GC-3). Las concentraciones de metales en el 2019 fueron menores a los valores CEQG.

### 7.2.3. Copeinca

El entorno de Copeinca se caracterizó por la presencia de sedimentos finos (texturas arena limosa, limo arenoso y arena arcillosa). También, respecto a las zonas centro y norte, se observan las concentraciones más altas de materia orgánica, y asociada a esta, se encontraron concentraciones de cadmio excediendo el valor PEL de la Guía de Calidad Ambiental Canadiense (*Canadian Environmental Quality Guidelines* – CEQG); sin embargo, también se encuentran relacionados a la materia orgánica metales como cobre, cromo y zinc.

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

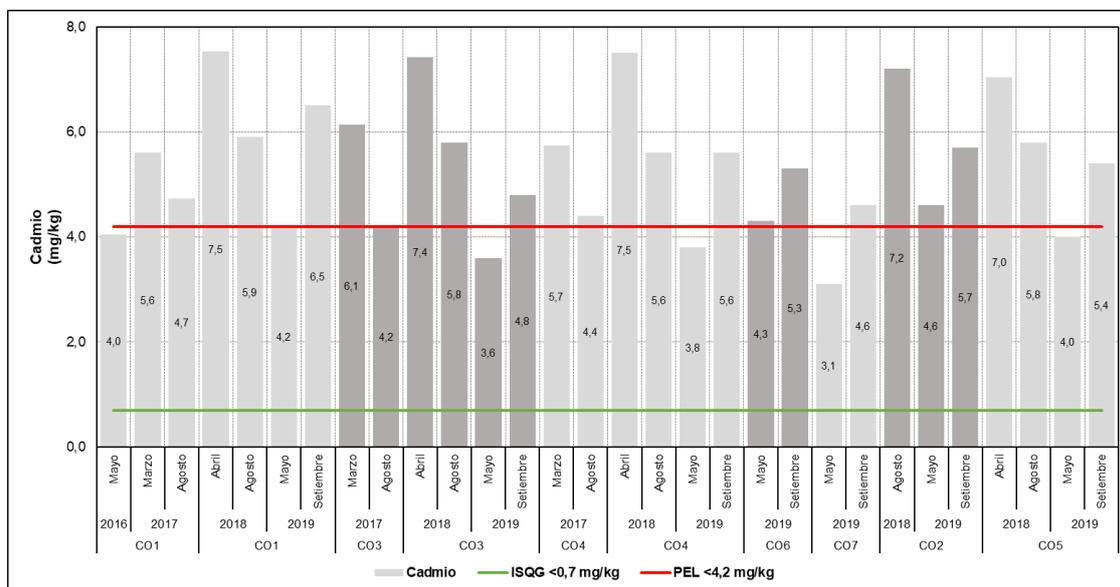


**Figura 7.9.** Variación espacial de las concentraciones de materia orgánica en el entorno de Acupisco, durante los meses de mayo y setiembre de 2019

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

### 7.2.4. Perupez

La Figura 7.10 muestra como las concentraciones de cadmio en esta zona fueron todas mayores al valor ISQG durante los años 2017, 2018 y 2019 e incluso 24 de los 30 resultados fueron mayores al valor PEL desde el 2017 de la CEQG.



**Figura 7.10.** Variación temporal de las concentraciones de cadmio en el entorno de Copeinca durante los años 2016 a 2019

Otros elementos que se encontraron en esta zona en concentraciones mayores al valor ISQG fueron cobre, zinc y cromo; los dos últimos superaron el valor PEL de la CEQG en al menos un mes.

En la Figura 7.11 se muestra una aproximación de cómo se distribuye la concentración de cadmio en la zona. Se puede observar que las concentraciones de mayo fueron mayores a las de setiembre, resaltando el punto CO2 en mayo (4,6 mg/Kg) y los puntos de monitoreo CO1 (6,5 mg/Kg al final del emisor) y CO2 (5,7 mg/Kg) en setiembre. Por otro lado, las mayores concentraciones de cromo fueron reportadas en setiembre, en especial en el punto CO1 (160,8 mg/Kg al final del emisor). Los resultados de cobre y zinc, a su vez, tuvieron una distribución similar a la de cromo, con mayores concentraciones en setiembre y el punto de mayor concentración fue CO1 (39,6 mg/Kg de cobre y 225,1 mg/Kg de zinc).

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

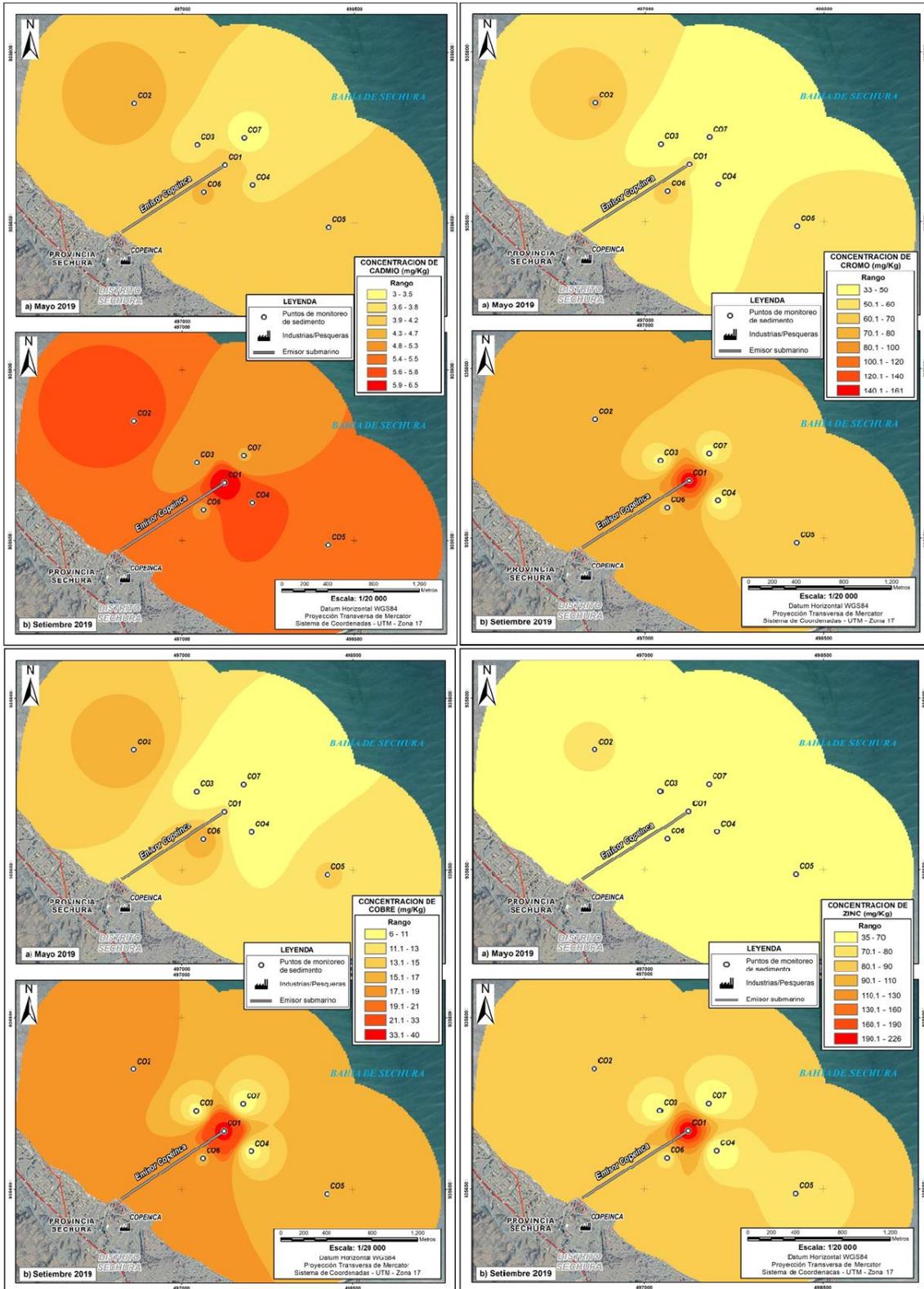


Figura 7.11. Variación espacial de las concentraciones de metales en el entorno de Copeinca, durante los meses de mayo y setiembre de 2019

### 7.2.5. Intermareal

En el ambiente predominan la textura arenosa, en cuanto a la concentración de materia orgánica fue menor al límite de detección en la mayoría de puntos de monitoreo, con excepción de EPA1 (0,5% en mayo y 1,1% en setiembre). Respecto a las concentraciones de metales en el 2019 fueron menores a los valores CEQG.

### 7.3. Comunidades hidrobiológicas

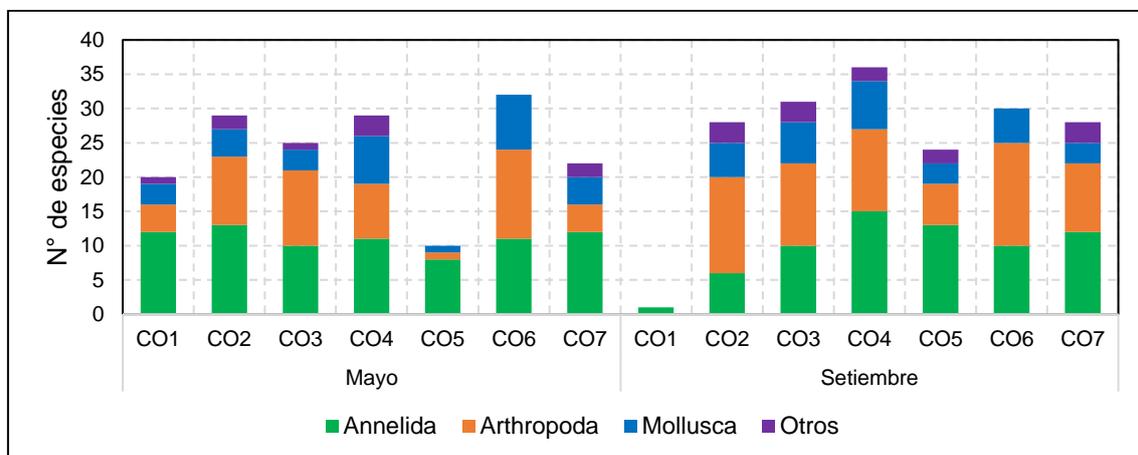
#### 7.3.1. Macroinvertebrados bentónicos

##### 7.3.1.1. Copeinca

##### - Riqueza, abundancia.

La riqueza total durante los dos meses evaluados estuvo representada por 100 especies, de las cuales 69 estuvieron presentes durante mayo y 66 en setiembre. En ambos meses el phylum más diverso fue Annelida.

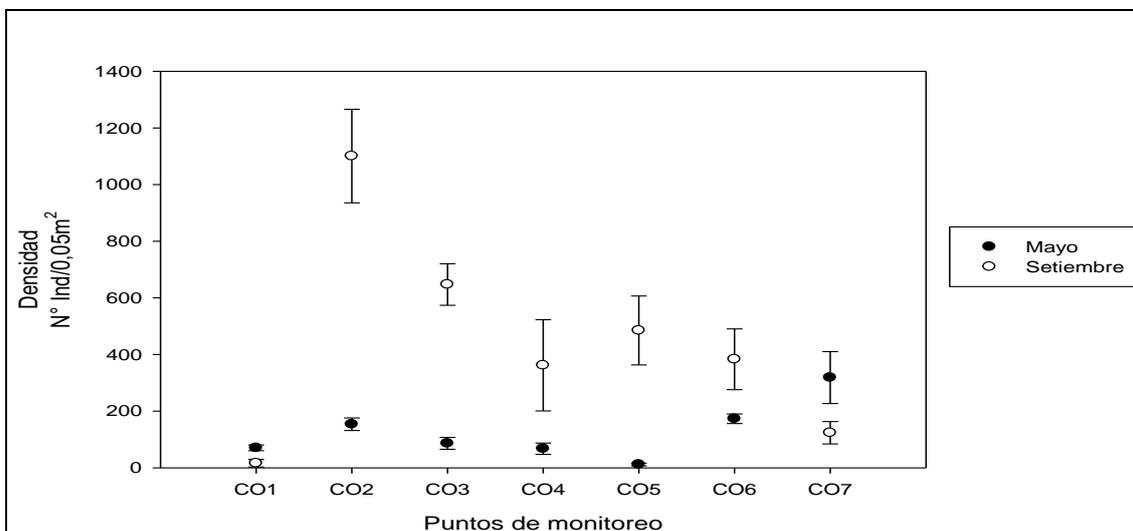
De acuerdo a la Figura 7.12, el punto de muestreo que presentó la mayor riqueza durante el mes de mayo fue CO6 (32 especies), mientras que el punto de monitoreo con mayor riqueza de especies durante el mes de setiembre fue CO4 (36 especies). Respecto a los cambios en el tiempo, se observó valores similares de la riqueza en la mayoría de puntos de monitoreo, sin embargo, durante el mes de setiembre el punto de monitoreo CO1 presentó una disminución marcada, determinándose únicamente una especie. Se precisa que los phyla más diversos fueron Annelida, Arthropoda y Mollusca, presentes, con excepción del punto CO1, en todos los puntos evaluados.



**Figura 7.12.** Distribución de la riqueza en los puntos de monitoreo durante mayo y setiembre de 2019

Respecto a la abundancia, durante el mes de mayo se registraron 2648 individuos, mientras que durante el mes de setiembre se registraron 9356 individuos. De acuerdo a la Figura 7.13, las densidades fueron mayores durante el mes de setiembre, sin embargo, en el punto de muestreo CO1 se observó una disminución de mayo ( $71 \pm 10$  individuos/0,05m<sup>2</sup>), a setiembre ( $16 \pm 13$  individuos/0,05m<sup>2</sup>). Se precisa que la densidad más baja durante el mes de mayo se reportó en el punto CO5, mientras que en el mes de setiembre la densidad más baja se reportó en el punto CO1.

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



**Figura 7.13.** Distribución de la abundancia en los puntos de monitoreo durante mayo y setiembre de 2019

Respecto a los taxones más dominantes en términos de abundancia, durante el mes de mayo destacó la presencia de los poliquetos *Mediomastus branchiferus*, *Magelona phyllisae*, *Dipolydora socialis*, el anfípodo *Liljeborgiidae* y el bivalvo *Tellina sp.*; es importante resaltar que el bivalvo *Tellina sp.* presentó la mayor dominancia (89%). Mientras que, durante el mes de setiembre destacaron los poliquetos *Capitella capitata*, *Notomastus hemipodus*, *Platynereis bicanaliculata*, el anfípodo *Erichthonius punctatus*, y el bivalvo *Isorobitella sechura* (Tabla 7.1). El poliqueto *Capitella capitata* presentó la mayor dominancia (100%).

**Tabla 7.1.** Taxones más dominantes (% acumulado) en el entorno de Copeinca

Mayo		Setiembre	
Especie	CO1	Especie	CO1
<i>Mediomastus branchiferus</i>	34,4	<i>Capitella capitata</i>	100,0
<i>Liljeborgiidae</i>	25,5		
<i>Dipolydora socialis</i>	9,4		
<i>Kinbergonuphis multidentata</i>	8,0		
<i>Erichthonius punctatus</i>	6,6		
Especie	CO2	Especie	CO2
<i>Dipolydora socialis</i>	15,2	<i>Erichthonius punctatus</i>	45,2
<i>Liljeborgiidae</i>	13,6	<i>Platynereis bicanaliculata</i>	14,1
<i>Eudevenopus sp.</i>	10,2	<i>Photidae</i>	14,1
<i>Platynereis bicanaliculata</i>	8,0	<i>Heterophoxus oculatus</i>	9,8
<i>Diopatra chilensis</i>	7,4	<i>Elasmopus sp.</i>	4,1
Especie	CO3	Especie	CO3
<i>Eudevenopus sp.</i>	25,9	<i>Notomastus hemipodus</i>	37,6
<i>Dipolydora socialis</i>	19,3	<i>Capitella capitata</i>	16,8
<i>Erichthonius punctatus</i>	6,9	<i>Platynereis bicanaliculata</i>	13,7
<i>Liljeborgiidae</i>	6,2	<i>Erichthonius punctatus</i>	7,5
<i>Mediomastus branchiferus</i>	5,8	<i>Eteone sp.</i>	5,4
Especie	CO4	Especie	CO4
<i>Mediomastus branchiferus</i>	39,9	<i>Notomastus hemipodus</i>	21,9
<i>Liljeborgiidae</i>	9,4	<i>Platynereis bicanaliculata</i>	20,2
<i>Platynereis bicanaliculata</i>	6,4	<i>Isorobitella sechura</i>	15,7
<i>Dipolydora socialis</i>	5,9	<i>Elasmopus sp.</i>	6,3
<i>Erichthonius punctatus</i>	5,9	<i>Heterophoxus oculatus</i>	5,8
Especie	CO5	Especie	CO5
<i>Magelona phyllisae</i>	25,0	<i>Isorobitella sechura</i>	43,8
<i>Liljeborgiidae</i>	16,7	<i>Notomastus hemipodus</i>	28,1
<i>Dipolydora socialis</i>	13,9	<i>Kinbergonuphis multidentata</i>	9,4
<i>Kinbergonuphis multidentata</i>	11,1	<i>Tellina sp.</i>	6,6

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

Mayo		Setiembre	
<i>Mediomastus branchiferus</i>	8,3	<i>Capitella capitata</i>	2,7
Especie	CO6	Especie	CO6
<i>Tellina sp.</i>	24,2	<i>Erichthonius punctatus</i>	36,0
<i>Platynereis bicanaliculata</i>	19,8	<i>Platynereis bicanaliculata</i>	18,5
<i>Crepidatella sp.1</i>	16,5	<i>Tellina sp.</i>	15,0
<i>Mediomastus branchiferus</i>	11,5	<i>Photidae</i>	10,7
<i>Erichthonius punctatus</i>	5,0	<i>Heterophoxus oculatus</i>	7,1
Especie	CO7	Especie	CO7
<i>Tellina sp.</i>	89,0	<i>Notomastus hemipodus</i>	14,5
<i>Mediomastus branchiferus</i>	2,1	<i>Isorobitella sechura</i>	14,0
<i>Liljeborgiidae</i>	2,1	<i>Kinbergonuphis multidentata</i>	11,3
<i>Glycera americana</i>	1,3	<i>Glycera americana</i>	7,5
<i>Eudevenopus sp.</i>	0,7	<i>Heterophoxus oculatus</i>	7,0

- Diversidad Beta

Para el cálculo de los índices de diversidad beta, se realizó el análisis de similitud. Este último se desarrolló a través de un dendrograma basado en la matriz de similitud de Bray Curtis (Clarke y Warwick, 2001). Este análisis agrupa a los puntos de monitoreo de acuerdo con la composición de especies de macrobentos en tales puntos. Adicionalmente, se realizó la prueba SIMPROF para evaluar la significancia de la formación de los grupos hallados (Clarke y Warwick, 2001).

En la Figura 7.14 se presentan los resultados de la similitud entre puntos de monitoreo y meses evaluados. Se observó la formación de 9 grupos significativos. Durante el mes de mayo, se observó un agrupamiento entre los puntos de monitoreo asociados al emisor (EM) y a la zona control 1 (C1). Durante el mes de setiembre se observó una segregación por puntos, destacando el punto CO1, el cual presentó condiciones similares al punto CO5.

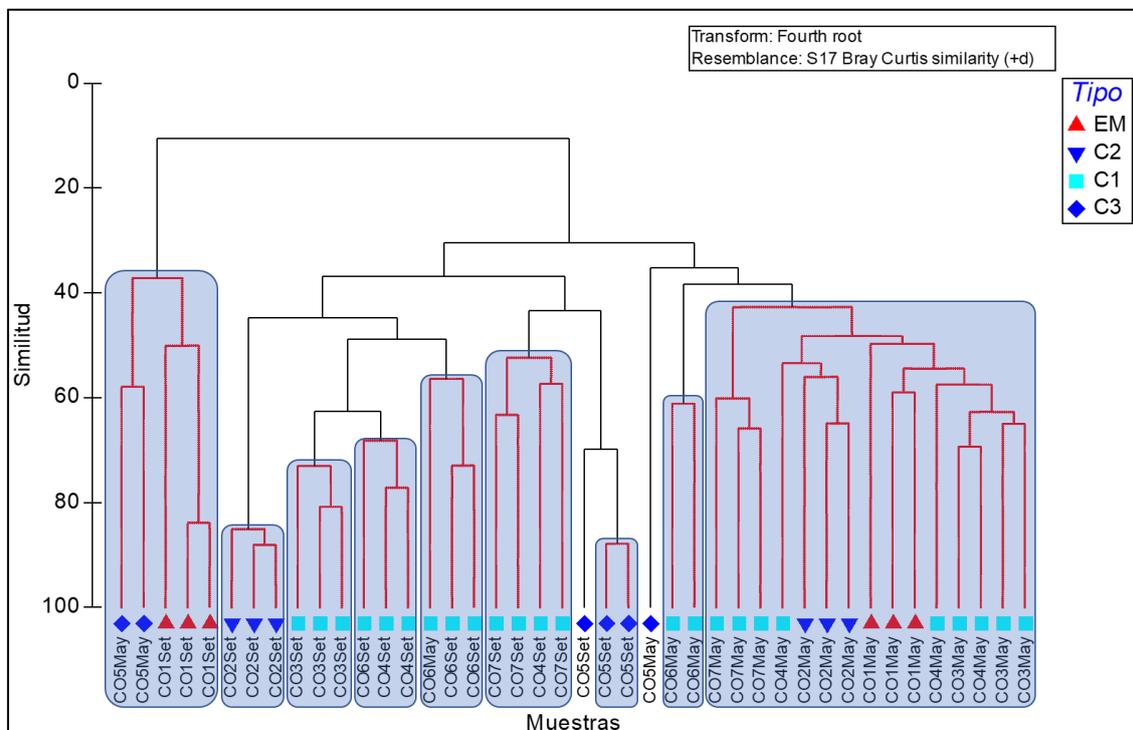
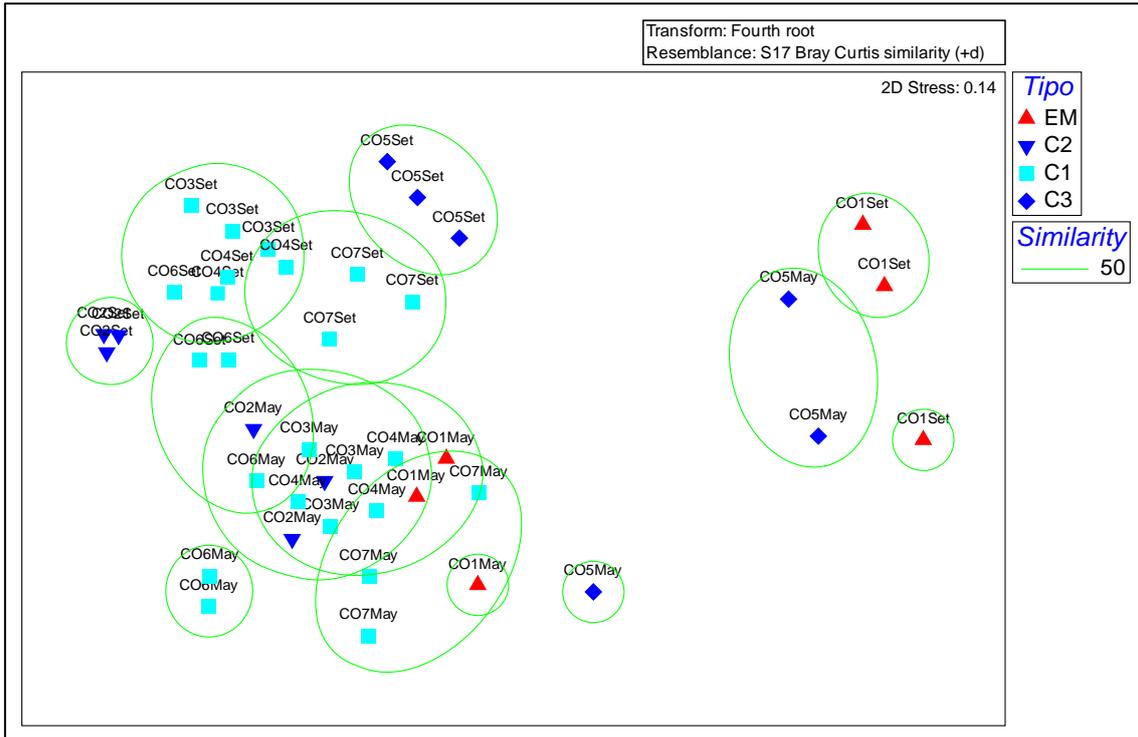


Figura 7.14. Dendrograma de similitud de la comunidad de macrobentos en el entorno de Copeinca durante mayo y setiembre de 2019

Donde EM: Emisor; C1: Control 1; C2: Control 2; C3: Control 3

**- Cambios espaciales y temporales**

De acuerdo a la Figura 7.15, durante el mes de mayo, con excepción de la zona control C3 (punto CO5) se observó un agrupamiento de los puntos evaluados, incluyendo el punto CO1 ubicado en el entorno inmediato del emisario submarino (EM). Por otro lado, durante el mes de setiembre se observó cambios en la comunidad, con una separación del punto de muestreo CO1 (EM).



**Figura 7.15.** Biplot del escalamiento multidimensional no paramétrico de los puntos de muestreo para la comunidad macrobentónica en el entorno de Copeinca. Donde EM: Emisor; C1: Control 1; C2: Control 2; C3: Control 3

Para determinar si las diferencias observadas gráficamente son significativas se realizó la prueba Permanova, para probar las siguientes hipótesis: i) existen diferencias entre los periodos evaluados (mayo y setiembre), ii) existen diferencias entre las zonas evaluadas dentro de la bahía (CO1, CO2, CO3, CO4, CO5, CO6 y CO7), iii) existen interacción entre los factores evaluados. En la Tabla 7.2 se reportan los resultados de la prueba Permanova.

**Tabla 7.2.** Resultados de la prueba Permanova

Factor	Grados de libertad	Pseudo-F	p-valor	Permutaciones	p-varlor (MC)
Mes	1	22,534	0,0001	9949	0,0001
Punto	6	8,0722	0,0001	9887	0,0001
MesxPunto	6	5,1806	0,0001	9863	0,0001
Res	28	21702	-	-	-
Total	41	1,01E+05	-	-	-

Según la Tabla 7.2 existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para todos los factores analizados incluida su interacción. Esto implica cambios de la comunidad macrobentónica tanto espaciales como temporales.

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

En la Tabla 7.3 se reportan los resultados del aporte a la variabilidad de los factores de la prueba Permanova.

**Tabla 7.3.** Aporte por factor a la variación

Factor	Estimado	Sq.root	%
S(Me)	794,77	28,192	23,7
S(Pu)	913,56	30,225	25,4
S(MexPu)	1080,1	32,864	27,6
V(Res)	775,06	27,84	23,4
Total	-	119,121	100,0

Según la Tabla 7.3, la interacción de los factores mes y punto explican el mayor porcentaje de variabilidad de los factores del modelo (27,6%). Un aspecto a resaltar es que el valor de los residuales explica el 23,4 % de la variabilidad del modelo. Es importante mencionar que los análisis por pares (Tabla 7.4), dentro de la interacción de los factores, mostró diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre mayo y setiembre en todos los puntos. Durante el mes de mayo se observó diferencias entre el emisario (punto CO1) y los puntos CO6 y CO7. Mientras que, durante el mes de setiembre el punto CO1 presentó diferencias significativas con el resto de puntos evaluados.

**Tabla 7.4.** Análisis de semejanza por pares.

Factor	Grupos	t	p-valor	permutaciones	p-valor(MC)
CO1	May, Set	2,95	0,100	10	0,008*
CO2	May, Set	3,27	0,100	10	0,007*
CO3	May, Set	3,66	0,097	10	0,003*
CO4	May, Set	2,36	0,106	10	0,017*
CO5	May, Set	2,79	0,102	10	0,009*
CO6	May, Set	2,36	0,101	10	0,022*
CO7	May, Set	2,30	0,101	10	0,018*
May	CO1, CO2	1,64	0,102	10	0,082
	CO1, CO3	1,44	0,104	10	0,141
	CO1, CO4	1,00	0,600	10	0,429
	CO1, CO5	1,64	0,099	10	0,090
	CO1, CO6	1,98	0,099	10	0,031*
	CO1, CO7	1,96	0,099	10	0,038*
Set	CO1, CO2	5,08	0,101	10	0,002*
	CO1, CO3	4,24	0,096	10	0,003*
	CO1, CO4	4,09	0,097	10	0,002*
	CO1, CO5	4,06	0,097	10	0,003*
	CO1, CO6	4,16	0,102	10	0,003*
	CO1, CO7	3,43	0,094	10	0,005*

### - Calidad ecológica

Se determinó la calidad ecológica de la comunidad macrobentónica para los puntos de monitoreo evaluados en el entorno de Copeinca mediante el cálculo del índice AMBI. Se precisa que el porcentaje de los individuos con grupos ecológicos no asignados es menor al 20%.

En la Figura 7.16 se reportan los resultados del índice AMBI durante los meses de mayo y setiembre de 2019 y la distribución por grupos ecológicos. Durante el mes de mayo, se observó dominancia de los grupos ecológicos I, II y III; mientras que, en el mes de setiembre se observa la dominancia de los mismos grupos ecológicos, con excepción del punto CO1 asociado al emisario submarino, el cual presentó dominancia del grupo ecológico V e incluso ausencia de macrobentos en una de las réplicas evaluadas.



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

**Tabla 7.5.** Clasificación del estado ecológico y nivel de disturbio a través de la interpretación de los resultados del AMBI

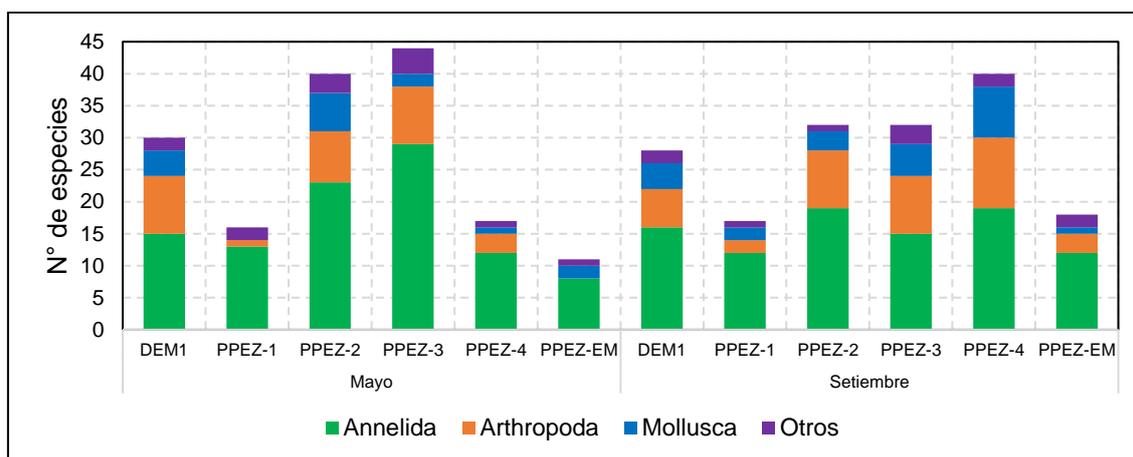
Puntos	Mayo			Setiembre		
	AMBI	Nivel de disturbio	Calidad ecológica	AMBI	Nivel de disturbio	Calidad ecológica
CO1	1,62	Ligeramente perturbado	Buena	<b>6,33</b>	<b>Extremadamente perturbado</b>	<b>Muy mala</b>
CO2	1,50	Ligeramente perturbado	Buena	0,77	No perturbado	Muy buena
CO3	1,37	Ligeramente perturbado	Buena	2,81	Ligeramente perturbado	Buena
CO4	1,84	Ligeramente perturbado	Buena	1,36	Ligeramente perturbado	Buena
CO5	2,38	Ligeramente perturbado	Buena	1,33	Ligeramente perturbado	Buena
CO6	1,49	Ligeramente perturbado	Buena	0,78	No perturbado	Muy buena
CO7	0,25	No perturbado	Muy buena	1,13	No perturbado	Muy buena

### 7.3.1.2. Perupez

#### - Riqueza, abundancia.

La riqueza total durante los dos meses evaluados estuvo representada por 123 especies, de las cuales 79 estuvieron presentes durante mayo y 85 en setiembre. En ambos meses el phylum más diverso fue Annelida.

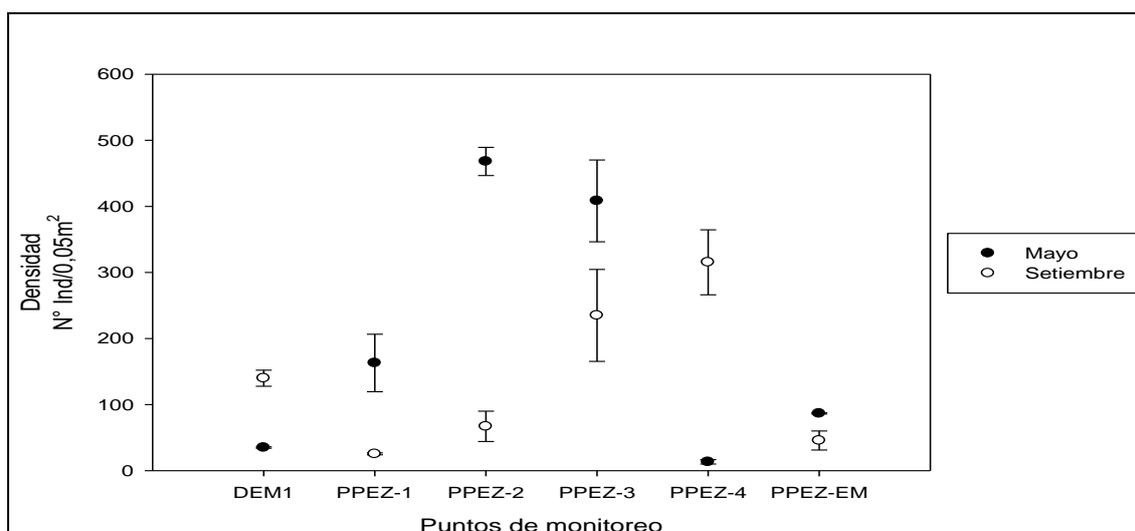
De acuerdo a la Figura 7.17, durante el mes de mayo, los puntos menos diversos fueron PPEZ-EM, asociado al emisario submarino de Perupez, y PPEZ-1, ubicado al norte de PPEZ-EM. Asimismo, durante el mes de setiembre se observó un patrón similar. Respecto a los cambios en el tiempo, se observó valores similares de la riqueza en la mayoría de puntos de monitoreo, sin embargo, durante el mes de setiembre hubo un incremento en la riqueza en el punto PPEZ-4.



**Figura 7.17.** Distribución de la riqueza en los puntos de monitoreo durante mayo y setiembre de 2019

Respecto a la abundancia, durante el mes de mayo se registraron 3514 individuos, mientras que durante el mes de setiembre se registraron 2468 individuos. De acuerdo a la Figura 7.18, las densidades fueron mayores durante el mes de mayo, sin embargo, en los puntos de monitoreo DEM1 y PPEZ-4 se observó una disminución de la densidad en el tiempo. Se precisa que la densidad más baja durante el mes de mayo se reportó en el punto CO5, mientras que en el mes de setiembre la densidad más baja se reportó en el punto CO1.

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



**Figura 7.18.** Distribución de la abundancia en los puntos de monitoreo durante mayo y setiembre de 2019

Respecto a los taxones más dominantes en términos de abundancia, durante el mes de mayo destacó la presencia de los poliquetos *Prionospio pygmaeus*, *Sabellaria gracilis*, *Polycirrus sp.*, *Dipolydora socialis* y *Platynereis bicanaliculata*; es importante resaltar que el Poliqueto *P. pygmaeus* presentó la mayor dominancia (91,4% y 92,3%). Durante el mes de setiembre destacaron los poliquetos *Prionospio pygmaeus*, *Caulleriella sp.* y *Platynereis bicanaliculata* y el anfípodo *Ericthonius punctatus*, (Tabla 7.6).

**Tabla 7.6.** Taxones más dominantes (% acumulado) en el entorno de Perupez

Mayo		Setiembre	
Especie	DEM1	Especie	DEM1
<i>Polycirrus sp.</i>	19,0	<i>Ericthonius punctatus</i>	54,3
<i>Platynereis bicanaliculata</i>	17,1	<i>Platynereis bicanaliculata</i>	18,1
<i>Caulleriella sp.</i>	12,4	<i>Crepidula excavata</i>	5,0
<i>Neanthes sp.1</i>	9,5	<i>Tellina sp.</i>	4,0
<i>Callinectes arcuatus</i>	3,8	<i>Polycirrus sp.</i>	2,4
Especie	PPEZ-1	Especie	PPEZ-1
<i>Prionospio pygmaeus</i>	91,4	<i>Prionospio pygmaeus</i>	39,5
<i>Glycinde picta</i>	1,8	<i>Tellina sp.</i>	11,8
<i>Nephtys impressa</i>	1,2	<i>Glycera americana</i>	11,8
<i>Glycera americana</i>	1,0	<i>Ostracoda</i>	10,5
<i>Magelona alleni</i>	0,8	<i>Nemertea</i>	3,9
Especie	PPEZ-2	Especie	PPEZ-2
<i>Sabellaria gracilis</i>	63,9	<i>Caulleriella sp.</i>	20,9
<i>Mediomastus branchiferus</i>	10,5	<i>Ericthonius punctatus</i>	16,4
<i>Neanthes sp.1</i>	4,4	<i>Elasmopus sp.</i>	7,5
<i>Platynereis bicanaliculata</i>	2,1	<i>Eteone sp.</i>	7,0
<i>Anachis sp.</i>	2,1	<i>Neanthes sp.1</i>	5,0
Especie	PPEZ-3	Especie	PPEZ-3
<i>Sabellaria gracilis</i>	60,7	<i>Ericthonius punctatus</i>	38,7
<i>Neanthes sp.1</i>	8,6	<i>Platynereis bicanaliculata</i>	23,1
<i>Platynereis bicanaliculata</i>	7,3	<i>Caulleriella sp.</i>	17,3
<i>Mediomastus branchiferus</i>	2,5	<i>Argopecten purpuratus</i>	3,3
<i>Argopecten purpuratus</i>	2,3	<i>Elasmopus sp.</i>	1,8
Especie	PPEZ-4	Especie	PPEZ-4
<i>Dipolydora socialis</i>	15,0	<i>Ericthonius punctatus</i>	52,4
<i>Pinnixa sp.</i>	15,0	<i>Platynereis bicanaliculata</i>	19,0
<i>Nephtys impressa</i>	15,0	<i>Caulleriella sp.</i>	7,7
<i>Ostracoda</i>	12,5	<i>Argopecten purpuratus</i>	5,0
<i>Polycirrus sp.</i>	7,5	<i>Oudardia cf. varilineata</i>	2,6
Especie	PPEZ-EM	Especie	PPEZ-EM
<i>Prionospio pygmaeus</i>	92,3	<i>Ericthonius punctatus</i>	36,5
<i>Glycinde picta</i>	2,7	<i>Tellina sp.</i>	15,3
<i>Spiophanes duplex</i>	1,2	<i>Platynereis bicanaliculata</i>	13,1
<i>Actiniaria</i>	0,8	<i>Caulleriella sp.</i>	7,3
<i>Magelona alleni</i>	0,8	<i>Aglaophamus verrilli</i>	5,8

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

**- Diversidad Beta**

Para el cálculo de los índices de diversidad beta, se realizó el análisis de similitud. Este último se desarrolló a través de un dendrograma basado en la matriz de similitud de Bray Curtis (Clarke y Warwick, 2001). Este análisis agrupa a los puntos de monitoreo de acuerdo con la composición de especies de macrobentos en tales puntos. Adicionalmente, se realizó la prueba SIMPROF para evaluar la significancia de la formación de los grupos hallados (Clarke y Warwick, 2001).

En la Figura 7.19 se presentan los resultados de la similitud entre puntos de muestreo y meses evaluados. Se observó la formación de 7 grupos significativos. El punto asociado al emisario submarino y el punto PPEZ-1 formaron un grupo durante el mes de mayo, mientras que, durante el mes de setiembre, estos mismos puntos formaron un grupo con el punto PPEZ-2.

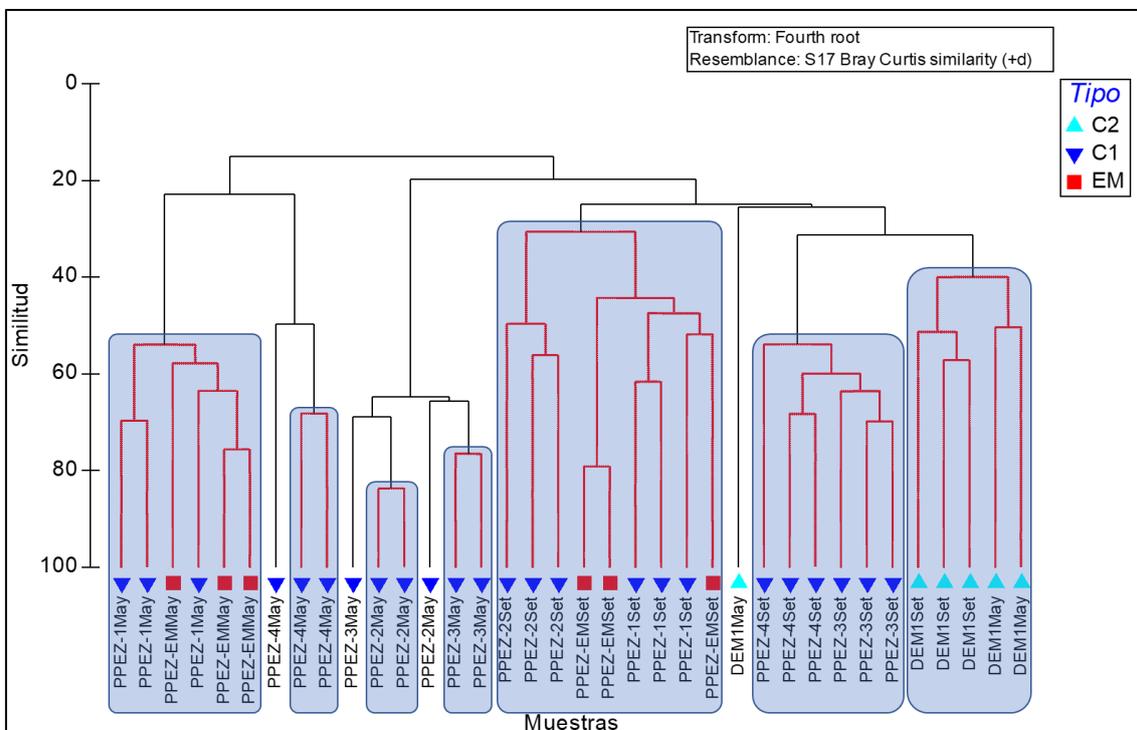
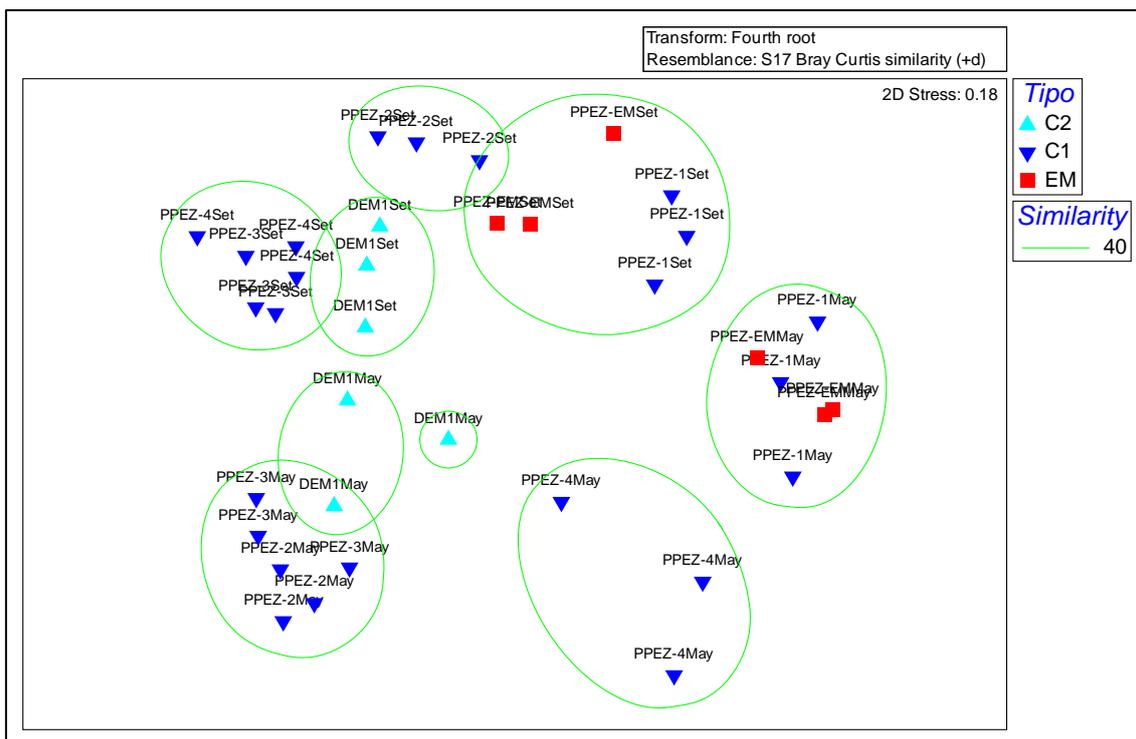


Figura 7.19. Dendrograma de similitud de la comunidad de macrobentos en el entorno de Copeinca durante mayo y setiembre de 2019  
Donde EM: Emisor; C1: Control 1; C2: Control 2

**- Cambios espaciales y temporales**

Los cambios espaciales y entre los periodos evaluados se evaluaron de manera exploratoria, para lo cual se realizó un análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico en dos dimensiones. Se considera la similitud entre los puntos, la cual fue calculada mediante el índice de Bray Curtis en base a las abundancias totales de cada punto de monitoreo. Lo descrito anteriormente, se puede observar en la Figura 7.20.

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



**Figura 7.20.** Biplot del escalamiento multidimensional no paramétrico de los puntos de muestreo para la comunidad macrobentónica en el entorno de Perupez. Donde EM: Emisor; C1: Control 1; C2: Control 2

De acuerdo a la Figura 7.20, durante el mes de mayo se muestra una segregación por puntos de monitoreo, con una semejanza del punto ubicado en el emisario submarino y el punto PPEZ-1 de la zona control 1. Mientras que, durante el mes de setiembre los grupos evaluados muestran una mayor cercanía entre sí, con una segregación menos evidente.

Para determinar si las diferencias observadas gráficamente son significativas se realizó la prueba Permanova, para probar las siguientes hipótesis: i) existen diferencias entre los periodos evaluados (mayo y setiembre), ii) existen diferencias entre las zonas evaluadas dentro de la bahía (DEM1, PPEZ-1, PPEZ-2, PPEZ-3, PPEZ-4 y PPEZ-EM), iii) existen interacción entre los factores evaluados. En la Tabla 7.7 se reportan los resultados de la prueba Permanova.

**Tabla 7.7.** Resultados de la prueba Permanova

Factor	Grados de libertad	Pseudo-F	p-valor	Permutaciones	p-valor (MC)
Mes	1	18,802	0,0001	9930	0,0001
Punto	5	9,1343	0,0001	9891	0,0001
MesxPunto	5	5,1557	0,0001	9876	0,0001
Res	24	-	-	-	-
Total	35	-	-	-	-

Según la Tabla 7.7 existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para todos los factores analizados incluida su interacción. Esto implica cambios de la comunidad macrobentónica tanto espaciales como temporales.

En la Tabla 7.8 se reportan los resultados del aporte a la variabilidad de los factores de la prueba Permanova.

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

**Tabla 7.8.** Aporte por factor a la variación

Factor	Estimado	Sq.root	%
S(Me)	906,54	30,1	22,9
S(Zo)	1242,7	35,3	26,9
<b>S(MexZo)</b>	1269,8	35,6	<b>27,1</b>
V(Res)	916,63	30,3	23,1
Total	-	131,3	100,0

Según la Tabla 7.8, la interacción de los factores mes y punto explican el mayor porcentaje de variabilidad de los factores del modelo (27,1%). Un aspecto a resaltar es que el valor de los residuales explica el 23,1% de la variabilidad del modelo. Es importante mencionar que los análisis por pares, dentro de la interacción de los factores, mostró diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre mayo y setiembre con excepción del punto DEM1. Durante el mes de mayo el punto PPEZ-EM presentó diferencias significativas con todos los puntos de muestreo, con excepción del punto PPEZ-1. Asimismo, durante el mes de setiembre se observó un patrón similar.

**Tabla 7.9.** Análisis de semejanza por pares.

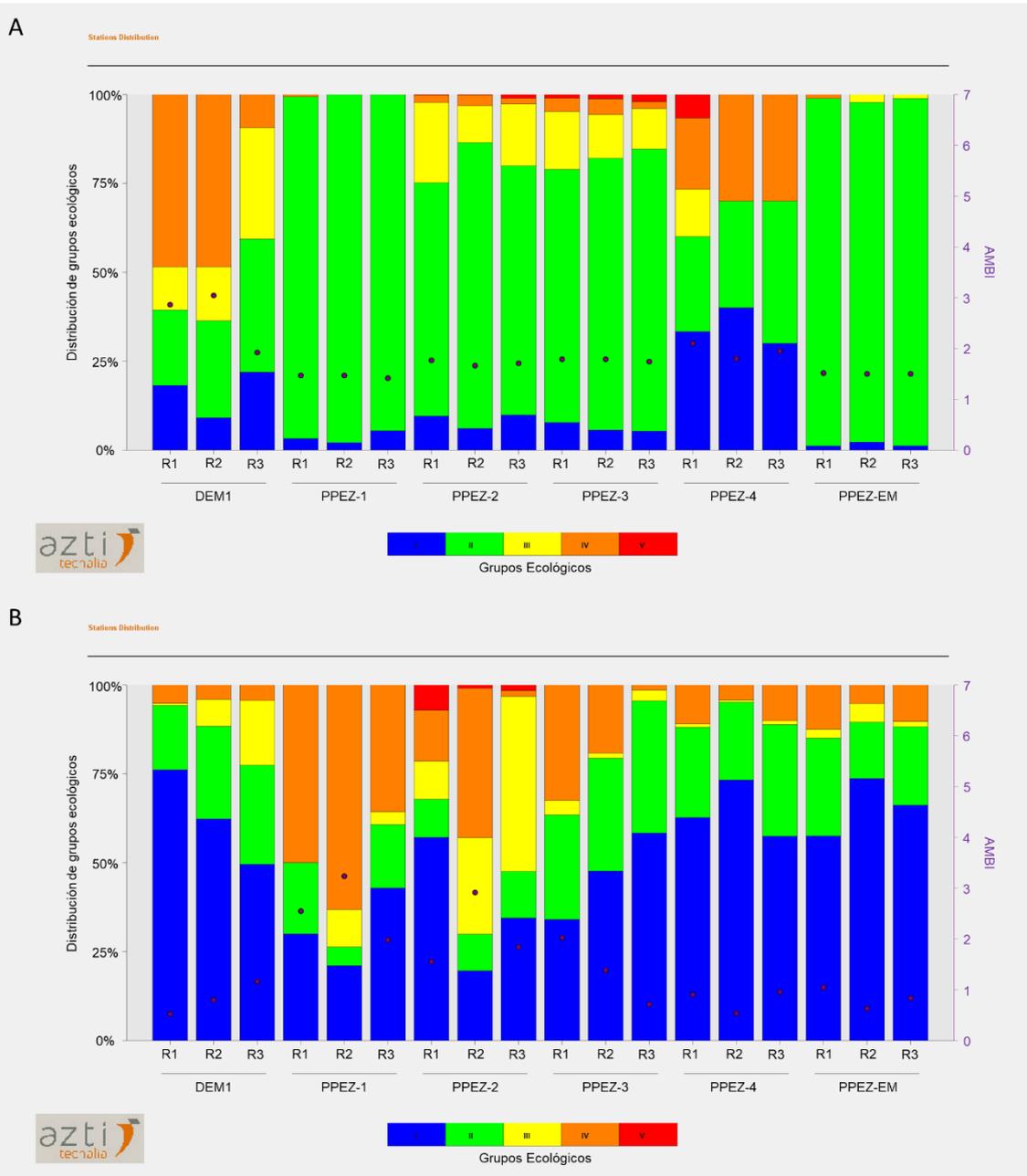
Factor	Grupos	t	p-valor	permutaciones	p-valor(MC)
DEM1	May, Set	1,5325	0,1012	10	0,1015
PPEZ-1	May, Set	2,1178	0,1065	10	0,0296*
PPEZ-2	May, Set	3,3207	0,0992	10	0,0049*
PPEZ-3	May, Set	3,6063	0,0921	10	0,0027*
PPEZ-4	May, Set	3,3466	0,0978	10	0,0059*
PPEZ-EM	May, Set	3,0267	0,1013	10	0,008*
	DEM1, PPEZ-EM	2,6737	0,0968	10	0,0115*
	PPEZ-1, PPEZ-EM	1,3403	0,2024	10	0,1873
	PPEZ-2, PPEZ-EM	4,3172	0,1034	10	0,0019*
	PPEZ-3, PPEZ-EM	4,424	0,1016	10	0,002*
	PPEZ-4, PPEZ-EM	2,9666	0,0991	10	0,0082*
Setiembre	DEM1, PPEZ-EM	2,3223	0,0991	10	0,0209*
	PPEZ-1, PPEZ-EM	1,6342	0,1	10	0,0842
	PPEZ-2, PPEZ-EM	2,0858	0,0996	10	0,0291*
	PPEZ-3, PPEZ-EM	2,8301	0,1005	10	0,0147*
	PPEZ-4, PPEZ-EM	2,5453	0,0963	10	0,0154*

**- Calidad ecológica**

Se determinó la calidad ecológica de la comunidad macrobentónica para los puntos de monitoreo evaluados en el entorno de Copeinca mediante el cálculo del índice AMBI. Se precisa que el porcentaje de los individuos con grupos ecológicos no asignados es menor al 20%.

En la Figura 7.21 se reportan los resultados del índice AMBI durante los meses de mayo y setiembre de 2019 y la distribución por grupos ecológicos. Durante el mes de mayo, se observó dominancia de los grupos ecológicos II y IV; mientras que, en el mes de setiembre se observa la dominancia de los grupos ecológicos I y IV.

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



**Figura 7.21** Distribución de los grupos ecológicos (%) y valores del AMBI, en los puntos de monitoreo de la bahía de Sechura durante los meses de (A) mayo y (B) setiembre

En la Tabla 7.10 se reportan los resultados del AMBI y su clasificación por nivel de disturbio y calidad ecológica. Durante el mes de mayo la calidad ecológica fue buena y el entorno presentó condiciones ligeramente perturbadas. Durante el mes de setiembre la calidad ecológica fue buena a muy buena, presentándose condiciones de ligeramente perturbadas a no perturbadas.

**Tabla 7.10.** Clasificación del estado ecológico y nivel de disturbio a través de la interpretación de los resultados del AMBI

Puntos	Mayo			Setiembre		
	AMBI	Nivel de disturbio	Calidad ecológica	AMBI	Nivel de disturbio	Calidad ecológica
PPEZ-1	1,5	Ligeramente perturbado	Buena	2,6	Ligeramente perturbado	Buena

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

Puntos	Mayo			Setiembre		
	AMBI	Nivel de disturbio	Calidad ecológica	AMBI	Nivel de disturbio	Calidad ecológica
PPEZ-2	1,7	Ligeramente perturbado	Buena	2,1	Ligeramente perturbado	Buena
PPEZ-3	1,8	Ligeramente perturbado	Buena	1,4	Ligeramente perturbado	Buena
PPEZ-4	2,0	Ligeramente perturbado	Buena	0,8	No perturbado	Muy buena
PPEZ-EM	1,5	Ligeramente perturbado	Buena	0,8	No perturbado	Muy buena
DEM1	2,6	Ligeramente perturbado	Buena	0,8	No perturbado	Muy buena

7.3.1.3. Gam Corp

- Riqueza, abundancia.

La riqueza total durante los dos meses evaluados estuvo representada por 87 especies, de las cuales 69 estuvieron presentes durante mayo y 36 en setiembre. En ambos meses el phylum más diverso fue Annelida.

De acuerdo a la Figura 7.22, durante el mes de mayo, el punto menos diverso fue GC-EM (10 especies), y el punto que presentó el mayor número de especies fue GC-1 (37 especies). Respecto a los cambios en el tiempo, se observó valores similares de la riqueza en la en el punto CCT, mientras que, el punto relacionado al emisario submarino presentó un incremento en la riqueza.

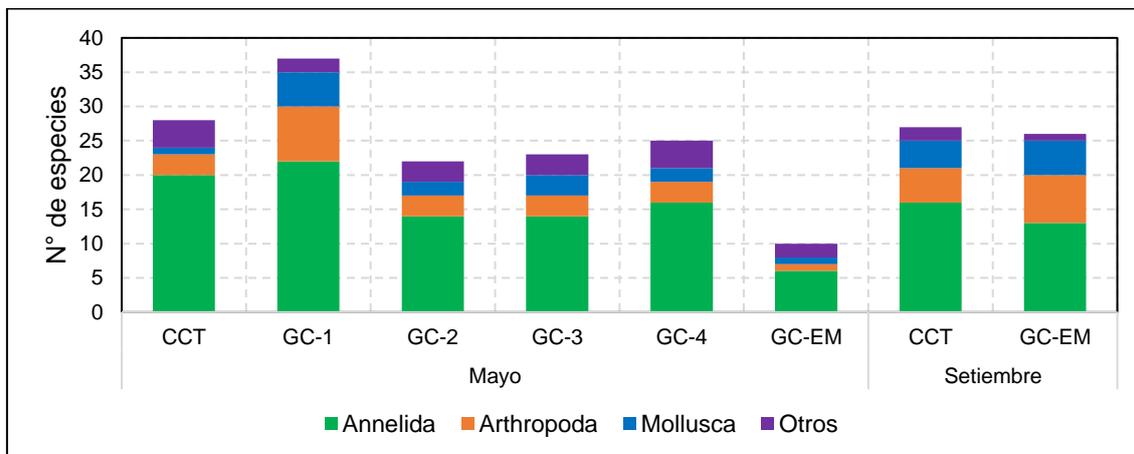
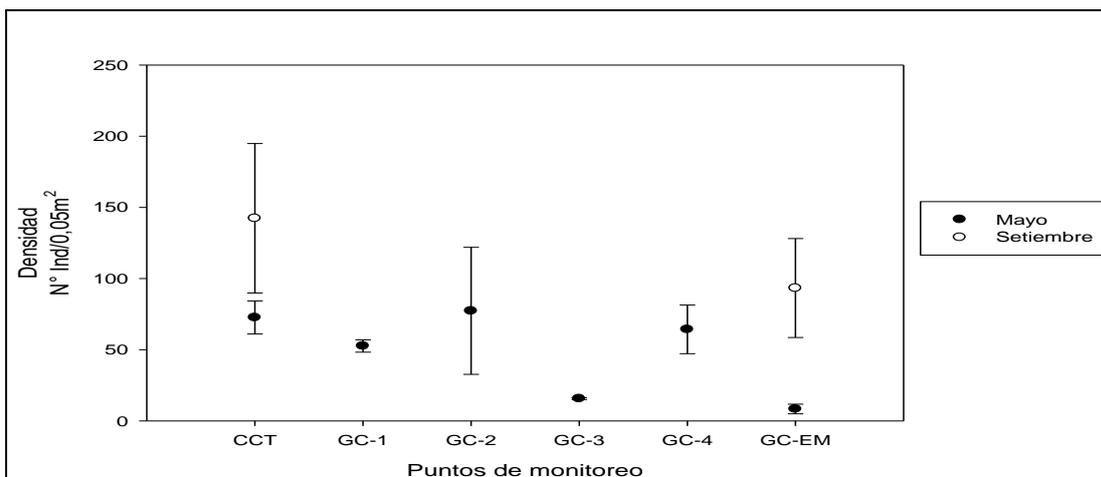


Figura 7.22. Distribución de la riqueza en los puntos de monitoreo durante mayo y setiembre de 2019

Respecto a la abundancia, durante el mes de mayo se registraron 2631 individuos, mientras que durante el mes de setiembre se registraron 9340 individuos. De acuerdo a la Figura 7.23, las densidades fueron mayores durante el mes de setiembre, además, el punto GC-EM presentó los menores valores de densidad.

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



**Figura 7.23.** Distribución de la abundancia en los puntos de monitoreo durante mayo y setiembre de 2019

Respecto a los taxones más dominantes en términos de abundancia, durante el mes de mayo destacó la presencia de los poliquetos *Prionospio pygmaeus*, *Sabellaria gracilis*, *Polycirrus sp.* y *Platynereis bicanaliculata*; es importante resaltar que el Poliqueto *S. gracilis* presentó la mayor dominancia (62,5%). Durante el mes de setiembre destacaron el anfípodo *Erichthonius punctatus*, el poliqueto *Platynereis bicanaliculata* y el molusco *Tellina sp.*, (Tabla 7.11).

**Tabla 7.11.** Taxones más dominantes (% acumulado) en el entorno de Perupez

Mayo		Setiembre	
Especie	DEM1	Especie	DEM1
Polycirrus sp.	27,1	Erichthonius punctatus	46,4
Platynereis bicanaliculata	20,6	Platynereis bicanaliculata	20,4
Cauleriella sp.	11,9	Crepidula excavata	8,9
Neanthes sp.1	4,6	Tellina sp.	6,1
Callinectes arcuatus	4,6	Polycirrus sp.	3,7
Especie	PPEZ-1	-	-
Prionospio pygmaeus	22,8	-	-
Glycinde picta	9,5	-	-
Nephtys impressa	7,0	-	-
Glycera americana	6,3	-	-
Magelona alleni	4,4	-	-
Especie	PPEZ-2	-	-
Sabellaria gracilis	62,5	-	-
Mediomastus branchiferus	10,8	-	-
Neanthes sp.1	4,7	-	-
Platynereis bicanaliculata	4,7	-	-
Anachis sp.	2,6	-	-
Especie	PPEZ-3	-	-
Sabellaria gracilis	21,3	-	-
Neanthes sp.1	8,5	-	-
Platynereis bicanaliculata	6,4	-	-
Mediomastus branchiferus	6,4	-	-
Argopecten purpuratus	6,4	-	-
Especie	PPEZ-4	-	-
Dipolydora socialis	46,1	-	-
Pinnixa sp.	16,1	-	-
Nephtys impressa	13,0	-	-
Ostracoda	4,1	-	-
Polycirrus sp.	2,6	-	-
Especie	PPEZ-EM	Especie	PPEZ-EM
Prionospio pygmaeus	24,0	Erichthonius punctatus	33,6
Glycinde picta	16,0	Tellina sp.	13,2
Spiophanes duplex	16,0	Platynereis bicanaliculata	8,2
Actiniaria	8,0	Cauleriella sp.	7,1
Magelona alleni	8,0	Aglaophamus verrilli	5,4

(-) no se tienen datos

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

**- Diversidad Beta**

Para el cálculo de los índices de diversidad beta, se realizó el análisis de similitud. Este último se desarrolló a través de un dendrograma basado en la matriz de similitud de Bray Curtis (Clarke y Warwick, 2001). Este análisis agrupa a los puntos de monitoreo de acuerdo con la composición de especies de macrobentos en tales puntos. Adicionalmente, se realizó la prueba SIMPROF para evaluar la significancia de la formación de los grupos hallados (Clarke y Warwick, 2001).

En la Figura 7.24 se presentan los resultados de la similitud entre puntos de monitoreo y meses evaluados. Se observó la formación de 7 grupos significativos. El punto asociado al emisario submarino y el punto GC-2 formaron dos grupos durante el mes de mayo, mientras que, durante el mes de setiembre se agruparon los dos puntos evaluados (GC-EM y CCT).

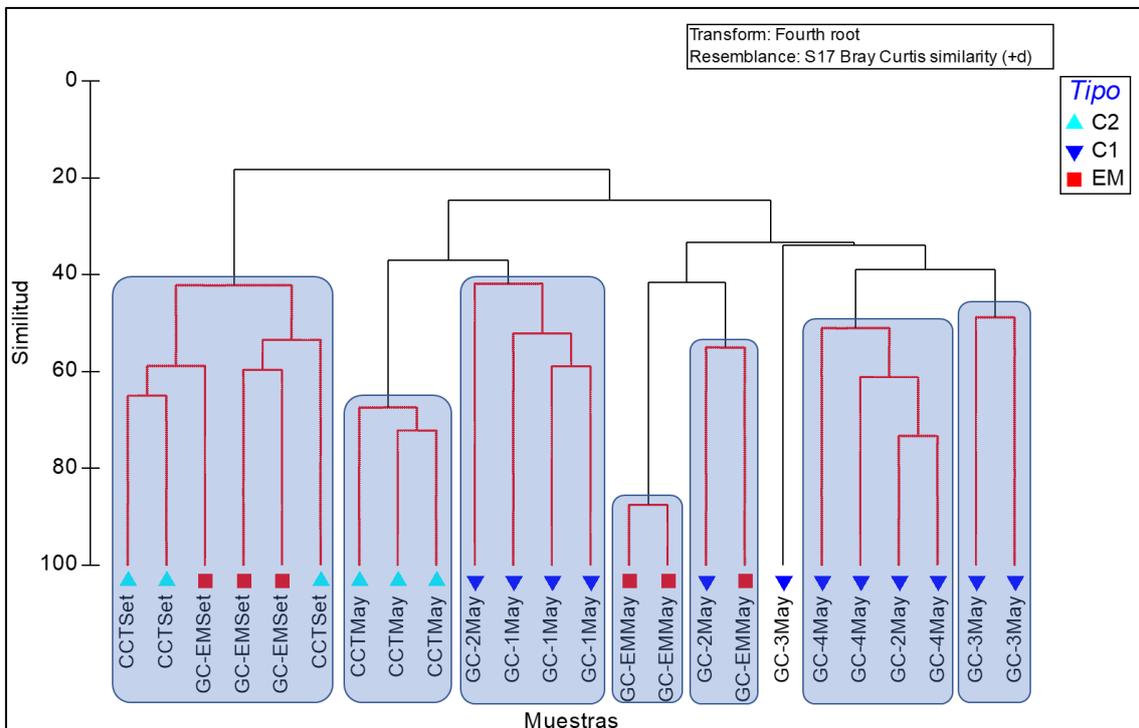


Figura 7.15 Dendrograma de similitud de la comunidad de macrobentos en el entorno de Copeinca durante mayo y setiembre de 2019  
Donde EM: Emisor; C1: Control 1; C2: Control 2

**- Cambios espaciales y temporales**

Los cambios espaciales y entre los periodos evaluados se evaluaron de manera exploratoria, para lo cual se realizó un análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico en dos dimensiones. Se considera la similitud entre los puntos, la cual fue calculada mediante el índice de Bray Curtis en base a las abundancias totales de cada punto de monitoreo. Lo descrito anteriormente, se puede observar en la Figura 7.25.

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

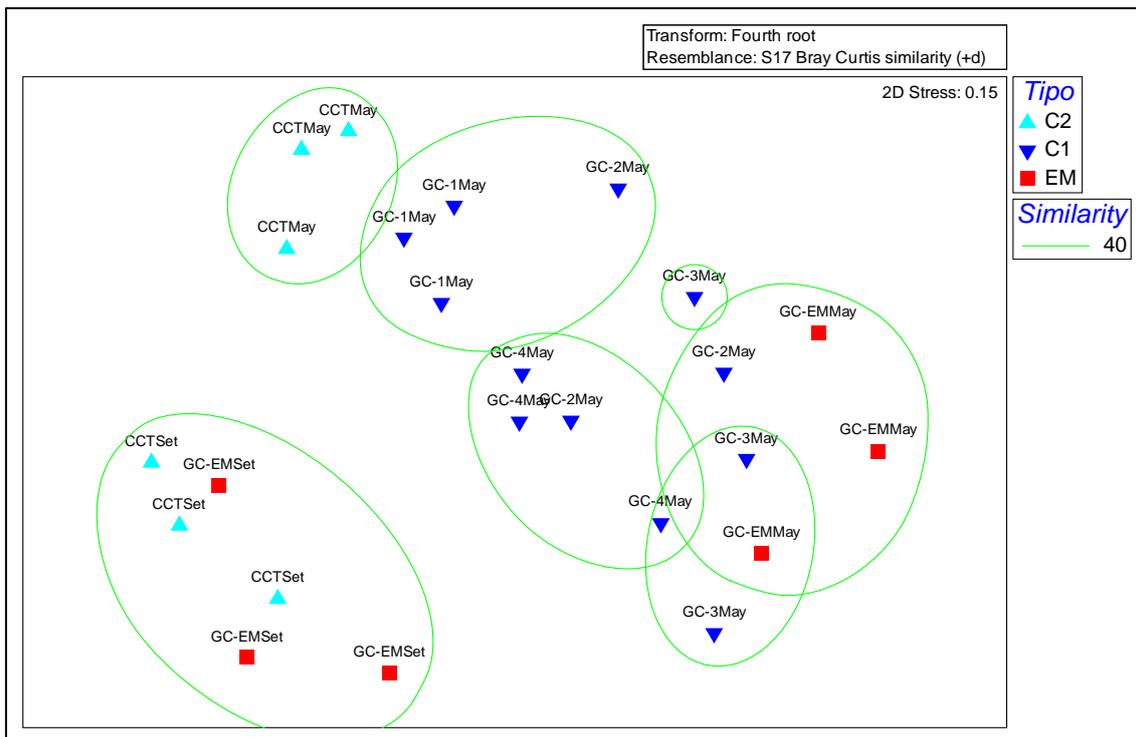


Figura 7.25. Biplot del escalamiento multidimensional no paramétrico de los puntos de muestreo para la comunidad macrobentónica en el entorno de Perupez. Donde EM: Emisor; C1: Control 1; C2: Control 2

De acuerdo a la Figura 7.25, durante el mes de mayo se muestra una segregación entre los puntos de monitoreo, con una semejanza del punto ubicado en el emisario submarino y el punto GC-2 y GC-3. Mientras que, durante el mes de setiembre los puntos evaluados muestran una mayor cercanía entre sí.

Para determinar si las diferencias observadas gráficamente son significativas se realizó la prueba Permanova, para probar las siguientes hipótesis: i) existen diferencias entre los periodos evaluados (mayo y setiembre), ii) existen diferencias entre las zonas evaluadas dentro de la bahía (GC-1, GC-2, GC-3, GC-4, GC-EM y CCT), iii) existen interacción entre los factores evaluados. En la Tabla 7.12 se reportan los resultados de la prueba Permanova.

**Tabla 7.12.** Resultados de la prueba Permanova

Factor	Grados de libertad	Pseudo-F	p-valor	Permutaciones	p-valor (MC)
Mes	1	8,6175	0,0001	9937	0,0002
Punto	5	3,7785	0,0001	9871	0,0001
MesxPunto	1	3,2514	0,0007	9910	0,0063
Res	16	-	-	-	-
Total	23	-	-	-	-

Según la Tabla 7.12 existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para todos los factores analizados incluida su interacción. Esto implica cambios de la comunidad macrobentónica tanto espaciales como temporales.

En la Tabla 7.13 se reportan los resultados del aporte a la variabilidad de los factores de la prueba Permanova.

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

**Tabla 7.13.** Aporte por factor a la variación

Factor	Estimado	Sq.root	%
<b>S(Me)</b>	<b>1572,1</b>	<b>39,6</b>	<b>29,1</b>
S(Pu)	955,7	30,9	22,7
S(MexPu)	929,27	30,5	22,4
V(Res)	1238,3	35,2	25,8
Total	-	136,2	100,0

Según la Tabla 7.13, el factor mes explica el mayor porcentaje de variabilidad de los factores del modelo (29,1%). Un aspecto a resaltar es que el valor de los residuales explica el 25,8% de la variabilidad del modelo. Es importante mencionar que los análisis por pares, dentro de la interacción de los factores, mostró diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre mayo y setiembre. Además, durante el mes de mayo el punto PPEZ-EM presentó diferencias significativas solo con los puntos CCT, GC-1 y GC-4.

**Tabla 7.14.** Análisis de semejanza por pares.

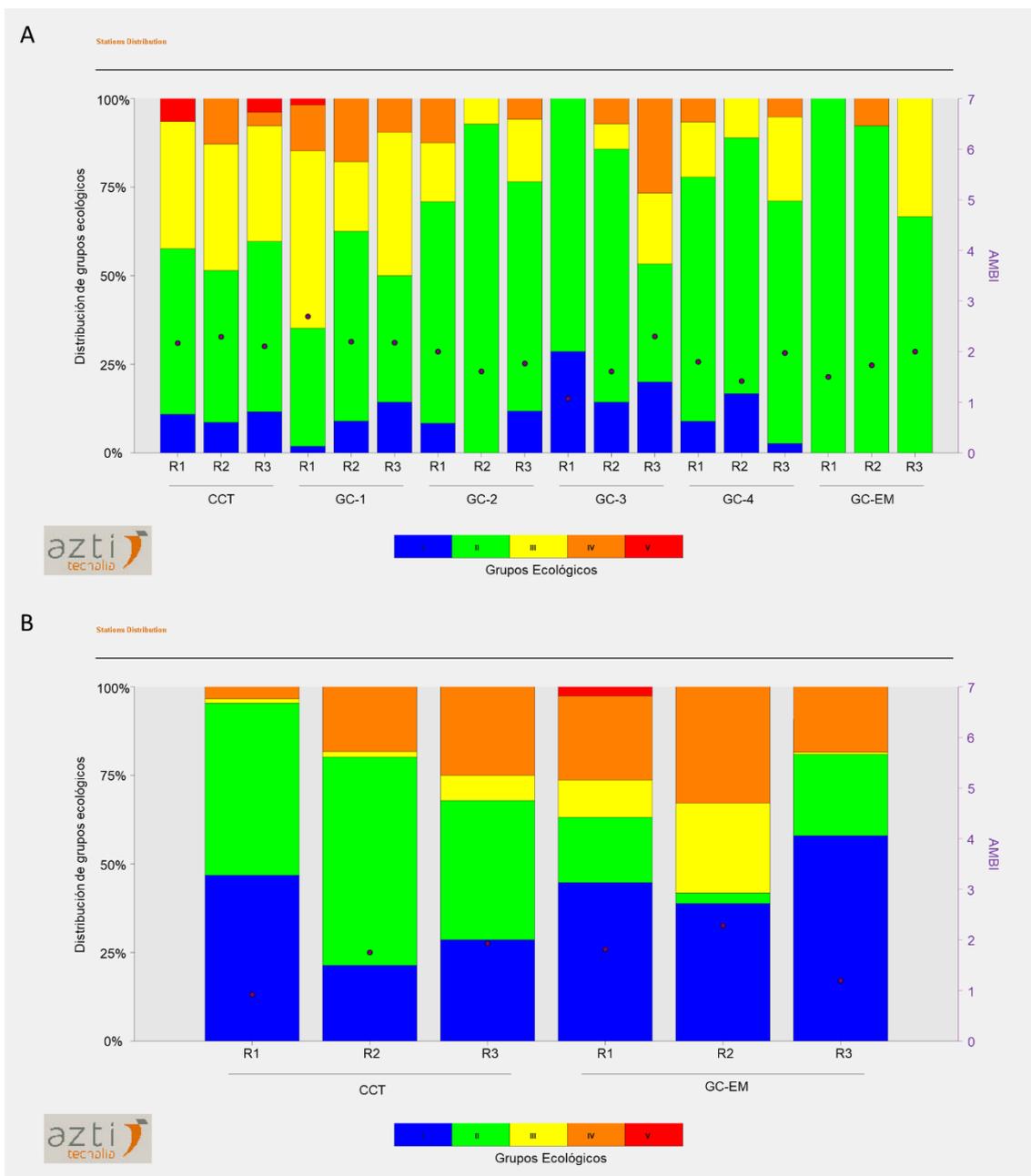
Factor	Grupos	t	p-valor	permutaciones	p-valor(MC)
CCT	May, Set	2,9314	0,1035	10	0,0092*
GC-EM	May, Set	2,4621	0,0996	10	0,0139*
Mayo	CCT, GC-EM	3,6079	0,0968	10	0,0044*
	GC-1, GC-EM	2,6828	0,1017	10	0,0137*
	GC-2, GC-EM	1,5423	0,1014	10	0,1153
	GC-3, GC-EM	1,6502	0,1045	10	0,0834
	GC-4, GC-EM	2,1779	0,1014	10	0,0313*
Setiembre	CCT, GC-EM	1,114	0,1951	10	0,3255

**- Calidad ecológica**

Se determinó la calidad ecológica de la comunidad macrobentónica para los puntos de monitoreo evaluados en el entorno de Copeinca mediante el cálculo del índice AMBI. Se precisa que el porcentaje de los individuos con grupos ecológicos no asignados es menor al 20%, con excepción del punto GC-4 el cual presentó un porcentaje menor al 50%.

En la Figura 7.26 se reportan los resultados del índice AMBI durante los meses de mayo y setiembre de 2019 y la distribución por grupos ecológicos. Durante el mes de mayo, se observó dominancia del grupo ecológico II, mientras que durante el mes de setiembre dominaron los grupos I y II.

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



**Figura 7.26** Distribución de los grupos ecológicos (%) y valores del AMBI, en los puntos de monitoreo de la bahía de Sechura durante los meses de (A) mayo y (B) setiembre

En la Tabla 7.15 se reportan los resultados del AMBI y su clasificación por nivel de disturbio y calidad ecológica. Durante el mes de mayo la calidad ecológica fue buena y el entorno presentó condiciones ligeramente perturbadas. Durante el mes de setiembre las condiciones permanecieron similares a lo determinado en mayo.

**Tabla 7.15.** Clasificación del estado ecológico y nivel de disturbio a través de la interpretación de los resultados del AMBI

Puntos	Mayo			Setiembre		
	AMBI	Nivel de disturbio	Calidad ecológica	AMBI	Nivel de disturbio	Calidad ecológica
CCT	2,2	Ligeramente perturbado	Buena	1,5	Ligeramente perturbado	Buena
GC-1	2,4	Ligeramente perturbado	Buena	-	-	-

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

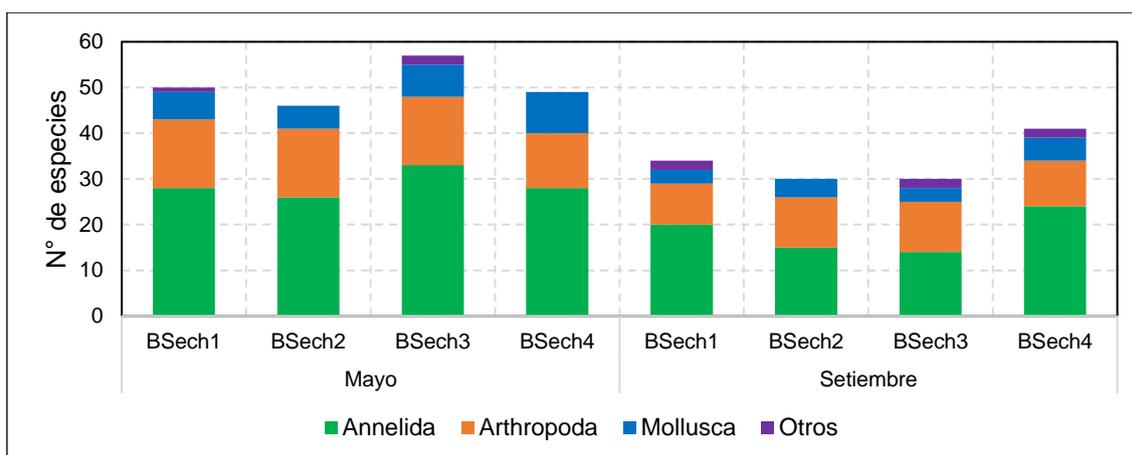
Puntos	Mayo			Setiembre		
	AMBI	Nivel de disturbio	Calidad ecológica	AMBI	Nivel de disturbio	Calidad ecológica
GC-2	1,8	Ligeramente perturbado	Buena	-	-	-
GC-3	1,7	Ligeramente perturbado	Buena	-	-	-
GC-4	1,7	Ligeramente perturbado	Buena	-	-	-
GC-EM	1,7	Ligeramente perturbado	Buena	1,8	Ligeramente perturbado	Buena

(-): Dato no evaluado en el punto de muestreo

### 7.3.1.4. Acuicultores Pisco

#### - Riqueza, abundancia.

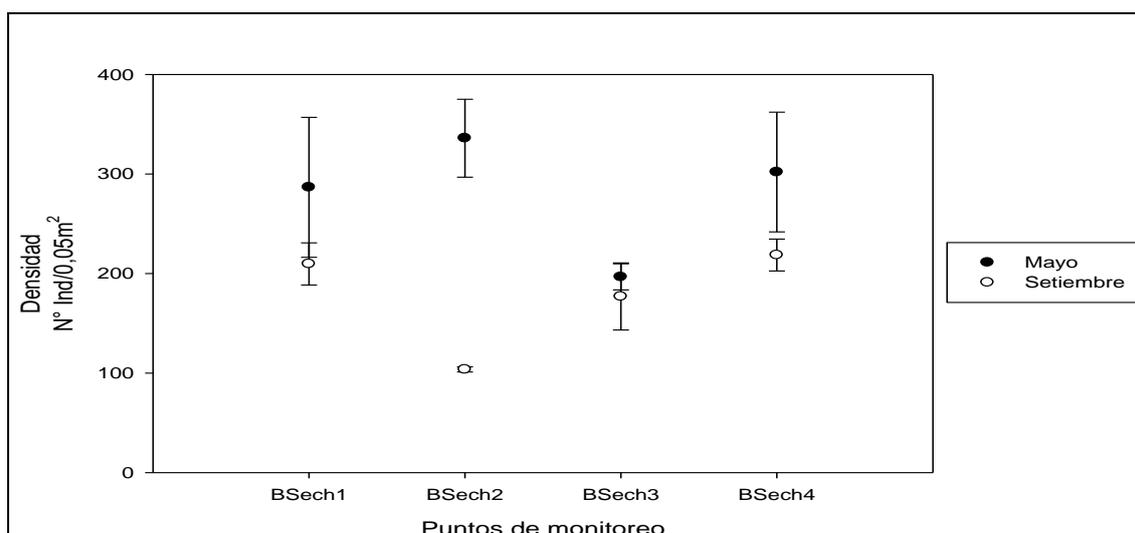
La riqueza total durante los dos meses evaluados estuvo representada por 116 especies, de las cuales 91 estuvieron presentes durante mayo y 63 en setiembre. En ambos meses el phylum más diverso fue Annelida. De acuerdo a la Figura 7-27, el punto de monitoreo que presentó la mayor riqueza durante el mes de mayo fue BSech3 (57 especies), mientras que el punto de monitoreo con mayor riqueza de especies durante el mes de setiembre fue BSech4 (41 especies). Respecto a los cambios en el tiempo, se observó una disminución de la riqueza en todos los puntos de monitoreo.



**Figura 7.27.** Distribución de la riqueza en los puntos de monitoreo durante mayo y setiembre de 2019

Respecto a la abundancia, durante el mes de mayo se registraron 3364 individuos, mientras que durante el mes de setiembre se registraron 2130 individuos. De acuerdo a la Figura 7.28, el punto de monitoreo que presentó la mayor abundancia durante el mes de mayo fue BSech2 (336 ± 39 individuos), mientras que el punto de monitoreo con mayor abundancia durante el mes de setiembre fue BSech4 (219 ± 16 individuos). Respecto a los cambios en el tiempo, se observó una disminución de la abundancia en todos los puntos de monitoreo.

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



**Figura 7.28.** Distribución de la abundancia en los puntos de monitoreo durante mayo y setiembre de 2019

Respecto a los taxones más dominantes en términos de abundancia, destacó la presencia de los poliquetos *Cossura chilensis*, *Lumbrineris sp.* y *Diopatra chiliensis* y el anfípodo *Ampelisca sp.* en los puntos de monitoreo BSech1 y BSech4 durante mayo y setiembre. Mientras que en los puntos de monitoreo BSech2 y BSech3 destacó la presencia del molusco *Nucula Pisum* y los poliquetos *Diopatra obliqua*, *Cossura chilensis*, *Lumbrineris sp.* y *Owenia collaris* (Tabla 7.16).

**Tabla 7.16.** Taxones más dominantes (% acumulado) en el entorno de Acuapisco S.A.

Mayo		Setiembre	
Especie	BSech1	Especie	BSech1
<i>Cossura chilensis</i>	47,9	<i>Cossura chilensis</i>	51,4
<i>Lumbrineris sp.</i>	9,0	<i>Diopatra chiliensis</i>	9,7
<i>Diopatra chiliensis</i>	8,4	<i>Lumbrineris sp.</i>	7,8
Maldanidae	3,7	<i>Ampelisca sp.</i>	5,1
<i>Neanthes sp.2</i>	3,7	<i>Nucula pisum</i>	3,8
Especie	BSech2	Especie	BSech2
<i>Nucula pisum</i>	37,3	<i>Diopatra obliqua</i>	28,3
<i>Cossura chilensis</i>	30,4	<i>Cossura chilensis</i>	17,0
<i>Ampelisca sp.</i>	6,5	Photidae	9,3
<i>Lumbrineris sp.</i>	6,2	<i>Lumbrineris sp.</i>	8,7
<i>Nephtys impressa</i>	2,4	<i>Ampelisca sp.</i>	6,8
Especie	BSech3	Especie	BSech3
<i>Nucula pisum</i>	15,3	<i>Nucula pisum</i>	17,9
<i>Lumbrineris sp.</i>	14,4	<i>Owenia collaris</i>	14,9
<i>Neanthes sp.2</i>	10,2	<i>Tellina sp.</i>	9,2
<i>Cauleriella sp.</i>	6,6	<i>Ampelisca sp.</i>	8,5
<i>Diopatra chiliensis</i>	4,9	<i>Magelona phyllisae</i>	8,5
Especie	BSech4	Especie	BSech4
<i>Cossura chilensis</i>	31,1	<i>Cossura chilensis</i>	41,1
<i>Diopatra chiliensis</i>	14,8	<i>Diopatra chiliensis</i>	21,1
<i>Ampelisca sp.</i>	10,6	<i>Lumbrineris sp.</i>	7,0
<i>Lumbrineris sp.</i>	7,0	<i>Ampelisca sp.</i>	6,7
Photidae	4,7	<i>Nephtys impressa</i>	3,5

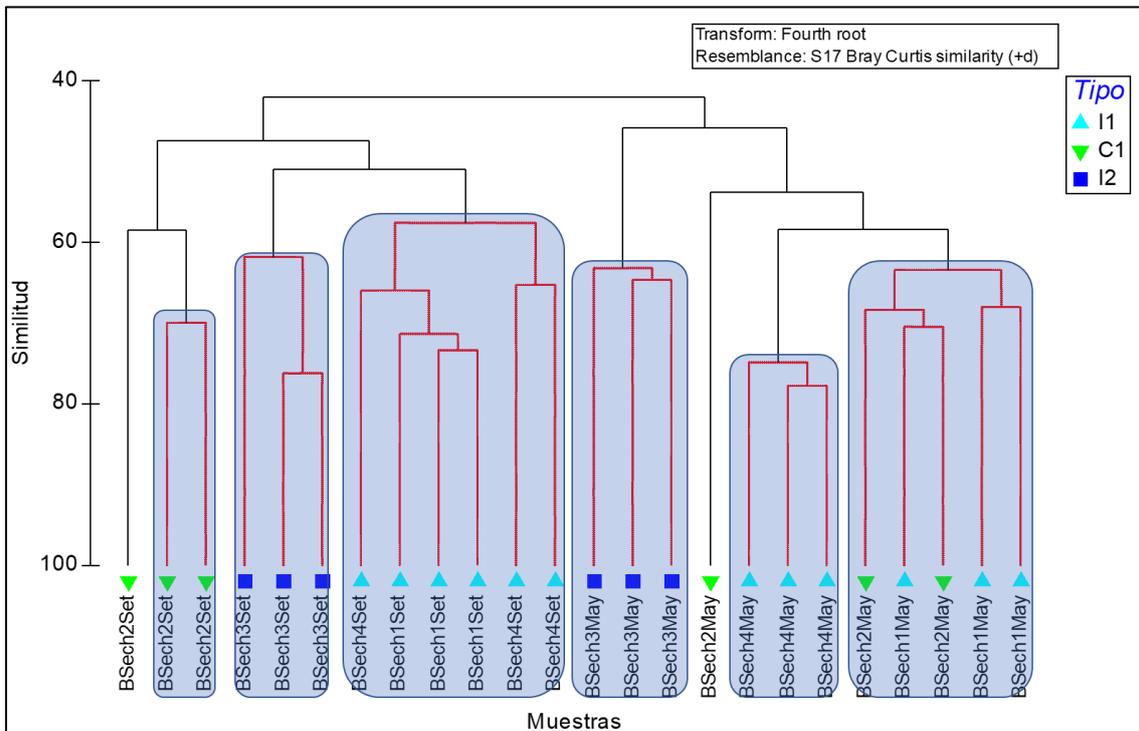
**- Diversidad Beta**

Para el cálculo de los índices de diversidad beta, se realizó el análisis de similitud. Este último se desarrolló a través de un dendrograma basado en la matriz de similitud de Bray Curtis (Clarke y Warwick, 2001). Este análisis agrupa a los puntos de muestreo de acuerdo

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

con la composición de especies de macrobentos en tales puntos. Adicionalmente, se realizó la prueba SIMPROF para evaluar la significancia de la formación de los grupos hallados (Clarke y Warwick, 2001).

En la Figura 7.29 se presentan los resultados de la similitud entre puntos de muestreo y meses evaluados.

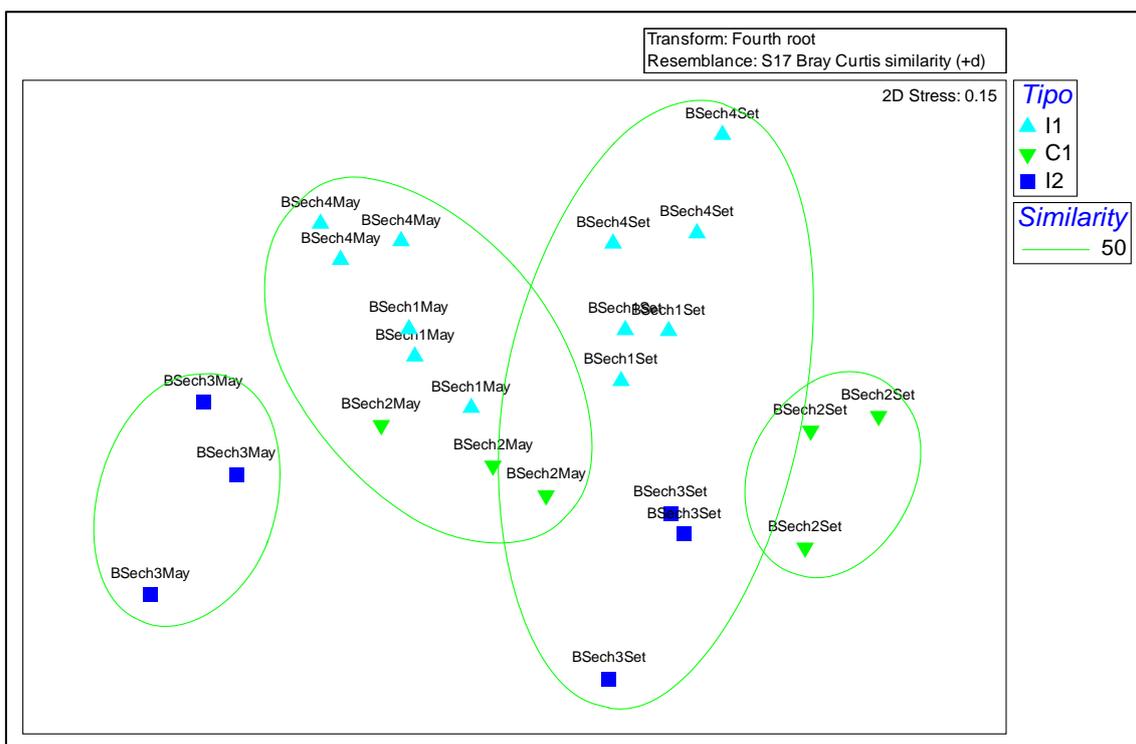


**Figura 7.2.** Dendrograma de similitud de la comunidad de macrobentos en el entorno de Acupisco durante mayo y setiembre de 2019. Donde C1: Control; I1: Impacto 1; I2: Impacto 2.

De acuerdo a la Figura 7.29 se observó la formación de 6 grupos significativos. Durante el mes de mayo, se observó un agrupamiento entre los puntos de muestreo de la zona control así como entre las las zonas de impacto. Asimismo, durante el mes de mayo se observó un agrupamiento similar.

**- Cambios espaciales y temporales**

Los cambios espaciales y entre los periodos evaluados se evaluaron de manera exploratoria, para lo cual se realizó un análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico en dos dimensiones. Se considera la similitud entre los puntos, la cual fue calculada mediante el índice de Bray Curtis en base a las abundancias totales de cada punto de monitoreo. Lo descrito anteriormente, se puede observar en la Figura 7.30.



**Figura 7.30.** Biplot del escalamiento multidimensional no paramétrico de los puntos de muestreo para la comunidad macrobentónica en el entorno de Acapulco.

De acuerdo a la Figura 7.30 se observa una separación entre los puntos ubicados en la zona de impacto durante el mes de mayo con presencia de líneas de cultivo los cuales tienen una similitud de 50% mientras que, en este mismo mes, los puntos de la zona control y la zona de impacto sin líneas de cultivo activas presentan una mayor cercanía con una similitud mayor al 50%. Por otro lado, durante el mes de mayo, los puntos de la zona control presentaron gráficamente una mayor cercanía entre sí, separándose de los puntos de las zonas de impacto (I1 e I2).

Para determinar si las diferencias observadas gráficamente son significativas se realizó la prueba Permanova, para probar las siguientes hipótesis: i) existen diferencias entre los periodos evaluados (mayo y setiembre), ii) existen diferencias entre las zonas evaluadas dentro de la bahía (control, impacto 1 e impacto 2), iii) existen interacción entre los factores evaluados. En la Tabla 7.17 se reportan los resultados de la prueba Permanova.

**Tabla 7.17.** Resultados de la prueba Permanova

Factor	Grados de libertad	Pseudo-F	p-valor	Permutaciones	p-valor (MC)
Mes	1	11,552	0,0001	9931	0,0001
Zona	2	5,2076	0,0001	9920	0,0001
MesxZona	2	3,8459	0,0001	9904	0,0002

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

Según la Tabla 7.17 existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para todos los factores analizados incluida su interacción. Esto implica cambios de la comunidad macrobentónica tanto espaciales como temporales.

En la Tabla 7.18 se reportan los resultados del aporte a la variabilidad de los factores de la prueba Permanova.

**Tabla 7.18. Aporte por factor a la variación**

Factor	Estimado	Sq.root	%
<b>S(Me)</b>	<b>650,6</b>	<b>25,5</b>	<b>27,8</b>
S(Zo)	407,0	20,2	22,0
S(MexZo)	490,0	22,1	24,1
V(Res)	574,6	24,0	26,1
Total	-	91,8	100,0

Según la Tabla 7.18, los cambios temporales explican el mayor porcentaje de variabilidad de los factores del modelo (27,8%). Un aspecto a resaltar es que el valor de los residuales explica el 28% de la variabilidad del modelo. Es importante mencionar que los análisis por pares, dentro de la interacción de los factores, arrojó resultados significativos ( $p < 0,05$ ) para con excepción de la combinación BSech1 vs BSech4 en ambos meses evaluados.

**Tabla 7.19. Análisis de semejanza por pares**

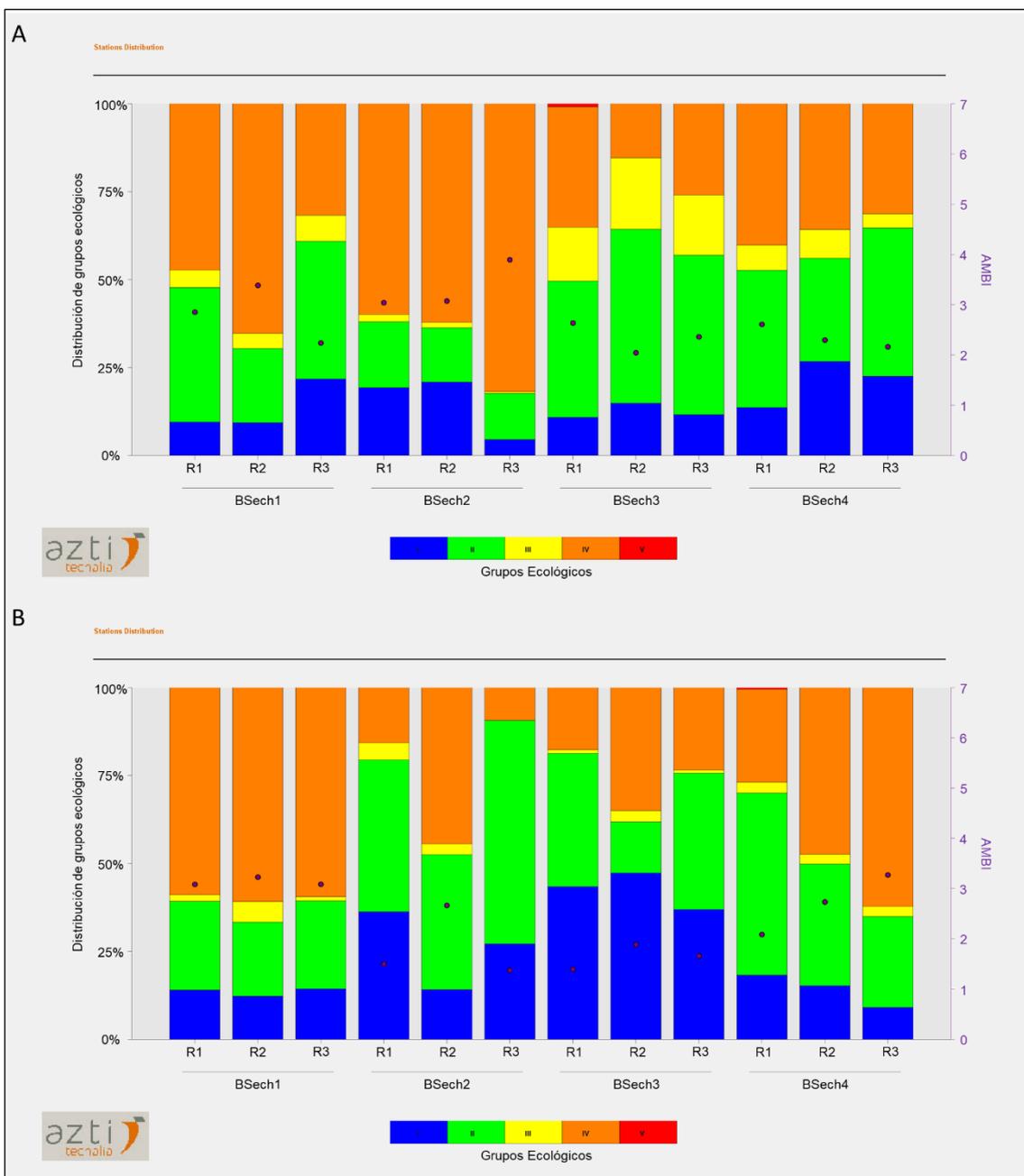
Factor	Grupos	t	p-valor	permutaciones	p-valor(MC)
BSech1	May, Set	2,1	0,098	10	0,025
BSech2	May, Set	2,3	0,105	10	0,020
BSech3	May, Set	2,9	0,098	10	0,008
BSech4	May, Set	2,6	0,098	10	0,011
Mayo	BSech1, BSech2	1,4438	0,0993	10	0,1338
	BSech1, BSech3	2,1869	0,0953	10	0,0228*
	BSech1, BSech4	2,0215	0,0991	10	0,0296*
	BSech2, BSech3	2,4302	0,0951	10	0,0181*
	BSech2, BSech4	2,2448	0,1033	10	0,0238*
	BSech3, BSech4	2,678	0,1015	10	0,0118*
Setiembre	BSech1, BSech2	2,0893	0,1028	10	0,0293*
	BSech1, BSech3	1,9253	0,0974	10	0,0453*
	BSech1, BSech4	1,497	0,1007	10	0,126
	BSech2, BSech3	2,1174	0,0995	10	0,0303*
	BSech2, BSech4	2,0489	0,1005	10	0,0301*
	BSech3, BSech4	2,2255	0,0983	10	0,0226*

### - Calidad ecológica

Se determinó la calidad ecológica de la comunidad macrobentónica para los puntos de monitoreo evaluados en la bahía de Sechura mediante el cálculo del índice AMBI. Se precisa que el porcentaje de los individuos con grupos ecológicos no asignados es menor al 20%.

En la Figura 7.31 se reportan los resultados del índice AMBI durante los meses de mayo y setiembre de 2019 y la distribución por grupos ecológicos. Durante el mes de mayo, se observó dominancia de los grupos ecológicos II y IV; del mismo modo, en el mes de setiembre se observa la dominancia de los grupos ecológicos II y IV, destacando además la dominancia del grupo ecológico I.

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



**Figura 7.31** Distribución de los grupos ecológicos (%) y valores del AMBI, en los puntos de monitoreo de la bahía de Sechura durante los meses de (A) mayo y (B) setiembre

En la Tabla 7.20 se reportan los resultados del AMBI y su clasificación por nivel de disturbio y calidad ecológica, en la bahía de Sechura durante mayo y setiembre. La calidad ecológica fue buena y el entorno presentó condiciones ligeramente perturbadas. Destaca el punto BSech2, el cual presentó una calidad ecológica moderada y condiciones moderadamente perturbadas.

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

Tabla 7.20. Clasificación del estado ecológico y nivel de disturbio a través de la interpretación de los resultados del AMBI

Puntos	Mayo			Setiembre		
	AMBI	Nivel de disturbio	Calidad ecológica	AMBI	Nivel de disturbio	Calidad ecológica
BSech1	2,8	Ligeramente perturbado	Buena	3,1	Ligeramente perturbado	Buena
BSech2	3,3	Moderadamente perturbado	Moderada	1,8	Ligeramente perturbado	Buena
BSech3	2,3	Ligeramente perturbado	Buena	1,6	Ligeramente perturbado	Buena
BSech4	2,4	Ligeramente perturbado	Buena	2,7	Ligeramente perturbado	Buena

### 7.3.2. Megabentos

#### 7.3.2.1. Copeinca

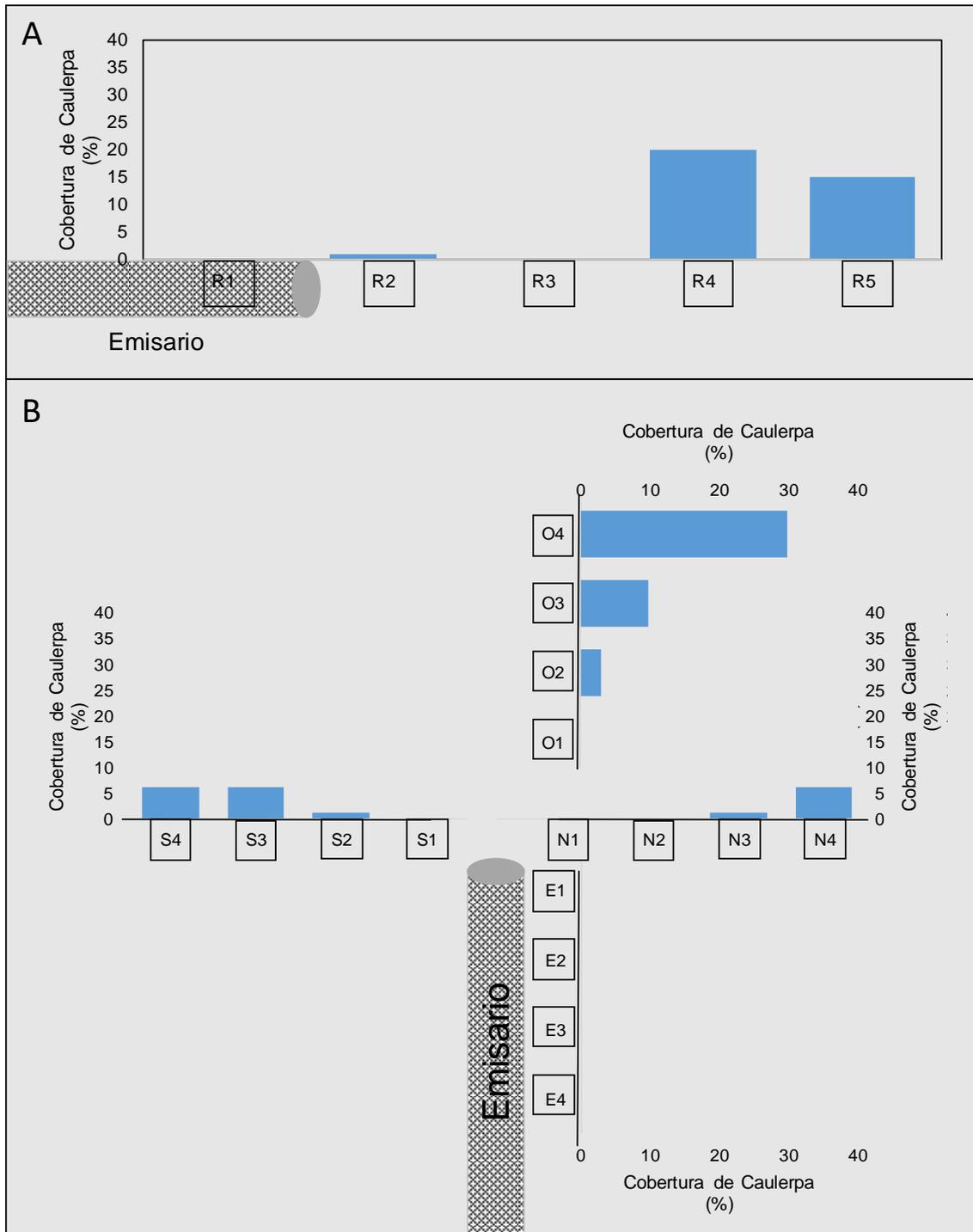
En la Figura 7.32 se observa la distribución de la cobertura de *Caulerpa sp.* en el entorno del emisario submarino de Copeinca durante mayo y setiembre. Durante el mes de mayo puede observar que en los primeros 3 cuadrantes la cobertura de *Caulerpa sp.* es mínima, y desde una distancia de 15 m la cobertura algal fue mayor al 10%.

Durante el mes de setiembre no se observó cobertura algal en ningún cuadrante ubicado al lado del emisario submarino (cuadrantes E1, E2, E3 y E4), sin embargo, desde los 5 m en dirección opuesta al emisario, la cobertura se incrementa con la distancia. En dirección izquierda al emisario, se observa un incremento con la distancia desde los 5 m (cuadrante S2), mientras que en dirección contraria se observa cobertura desde los 10 m (cuadrante N3).

En la Figura 7.33 se observa la distribución de la composición del megabentos, durante el mes de mayo puede observar que a partir de los 5 m se observa la presencia de organismos, se precisa que las galerías activas<sup>6</sup> estuvieron presentes en todos los cuadrantes desde los 5 m de distancia, y presentaron dominancia en abundancia en todos los cuadrantes evaluados. Mientras que, durante el mes de setiembre no se reportó megafauna en los cuadrantes ubicados al lado del emisario submarino (cuadrantes E1, E2, E3 y E4), sin embargo, desde los 5 m en dirección opuesta al emisario, la riqueza se incrementa con la distancia dominando en densidad las actiniarias. Hacia la izquierda del emisario, se observa un incremento con la distancia desde los 10 m (cuadrante S2) con presencia de Actiniaria y *Hepatus sp.*, mientras que hacia la derecha del emisario se observa presencia de Actiniaria y galerías activas en el cuadrante ubicado a 20 m del emisario (N4).

<sup>6</sup> Galerías cuya salida sobre el sedimento presentan actividad o movimiento de organismos durante la inmersión

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



**Figura 7.32** Distribución del porcentaje de cobertura de *Caulerpa* sp. en el entorno del emisorio submarino de copeinca durante (a) mayo y (b) setiembre.

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

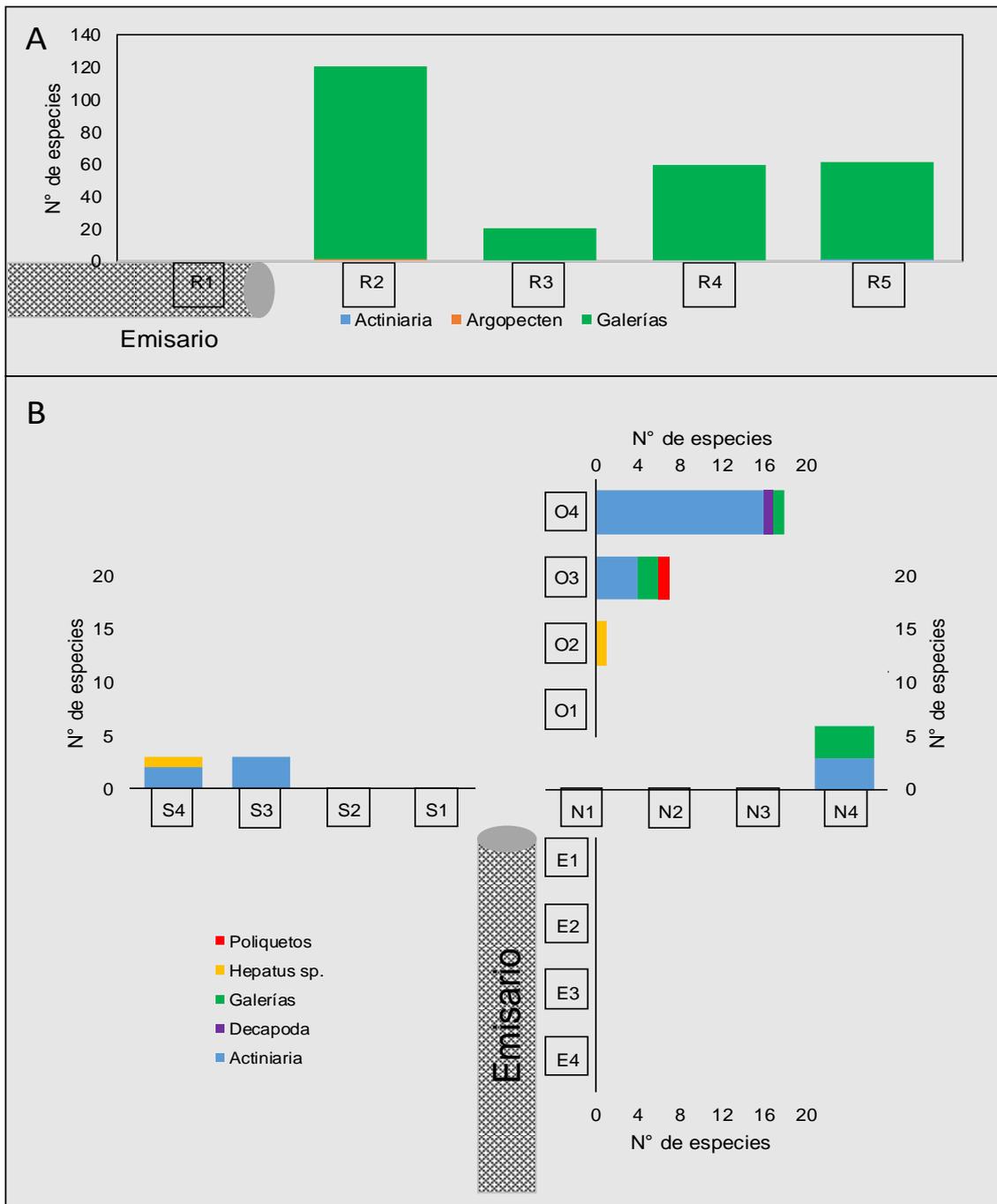


Figura 7.33 Distribución de la composición y densidad de megafauna en el entorno del emisario submarino de Copeinca durante (a) mayo y (b) setiembre.

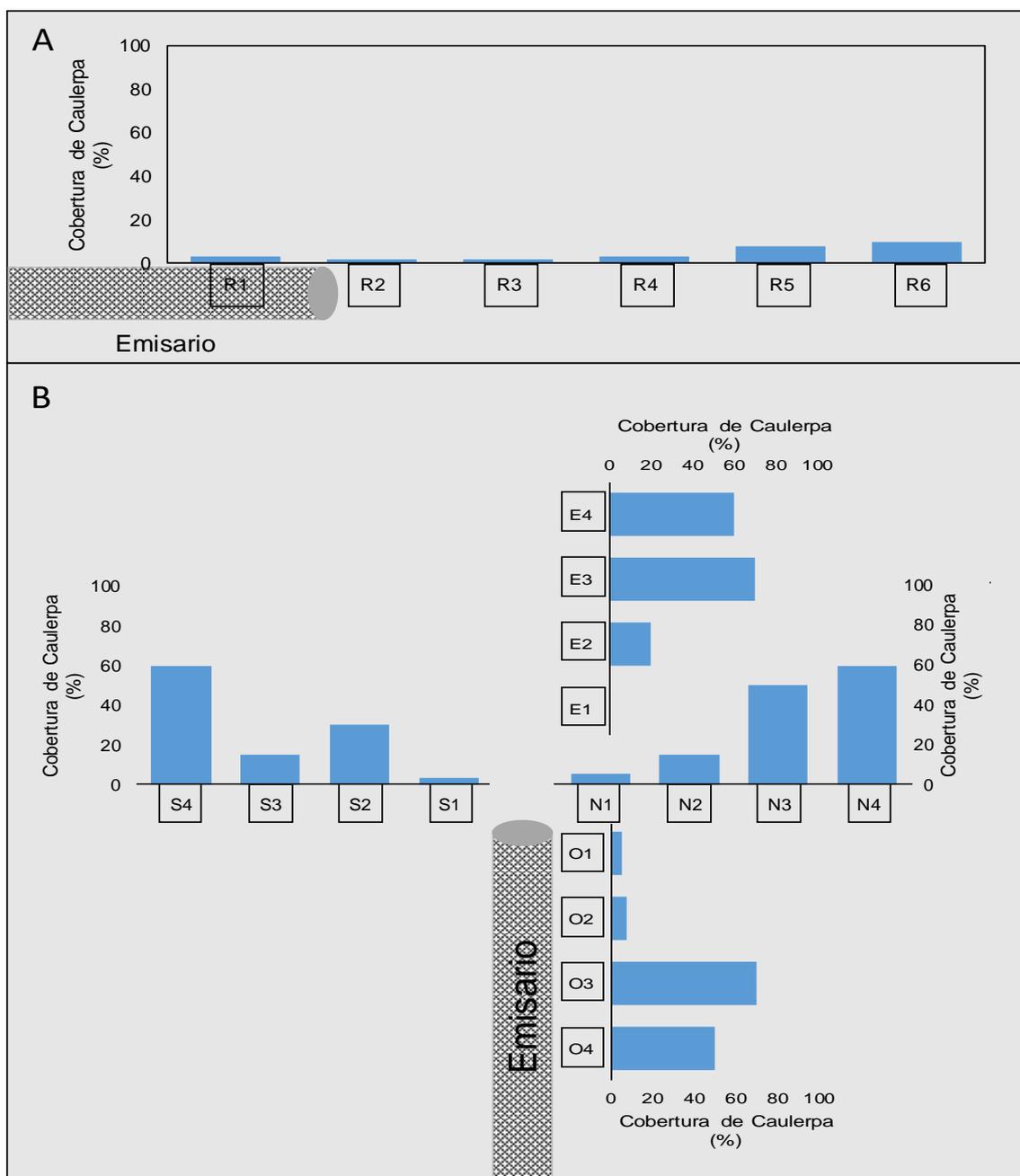
7.3.2.2. Perupez

En la Figura 7.34 se observa la distribución de la cobertura de *Caulerpa sp.* en el entorno del emisario submarino de Perupez. Durante el mes de mayo puede observar cobertura de *Caulerpa sp.* en todos los cuadrantes evaluados, sin embargo, se observa un ligero incremento conforme aumenta la distancia al emisario. Asimismo, durante el mes de setiembre se observó el mismo patrón en todos los transectos, con ausencia o menor cobertura en el primer cuadrante (N1, S1, E1 y O1) la cual se incrementa con la distancia al

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

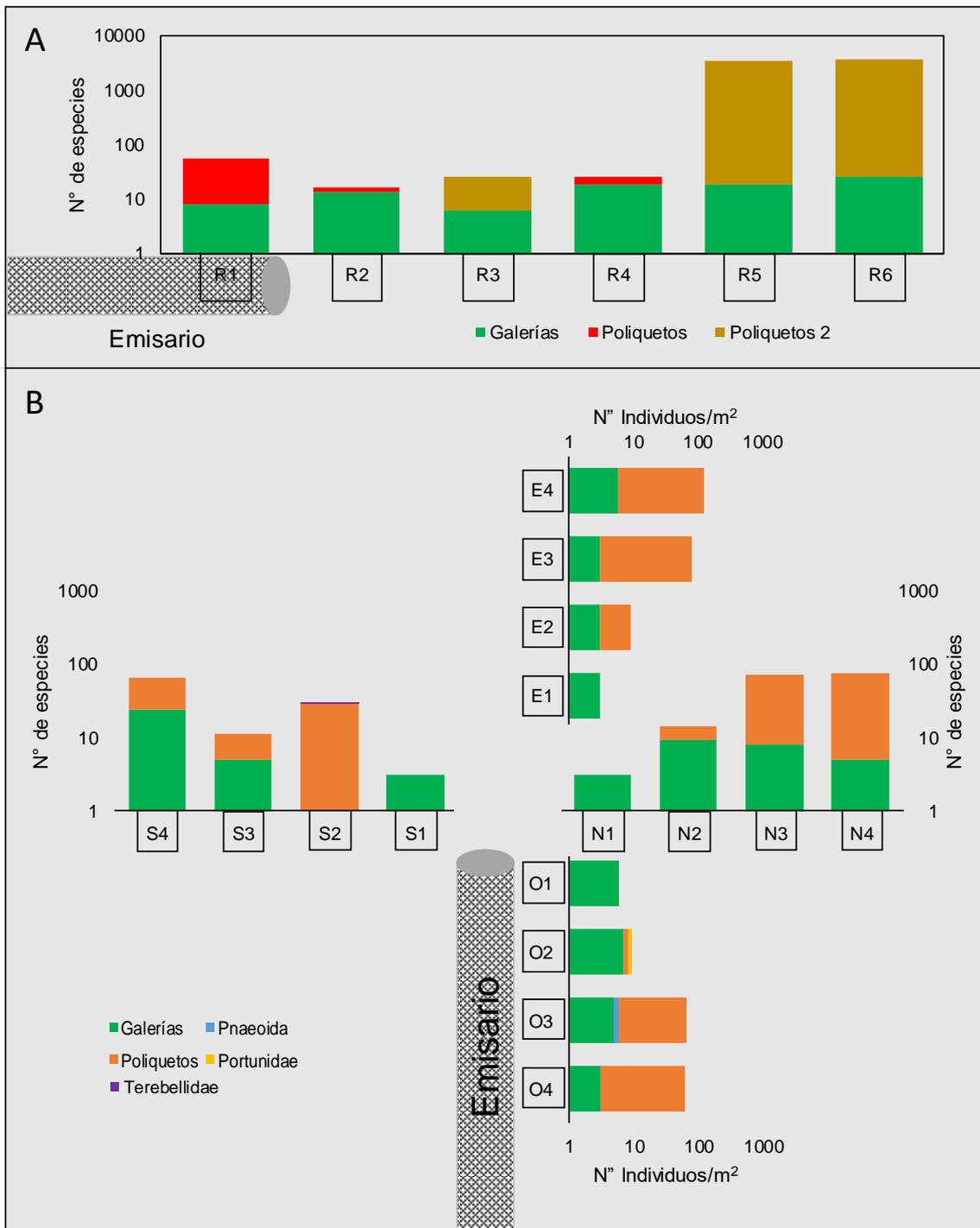
final del emisario submarino. Es necesario resaltar que la cobertura de *Caulerpa sp.* fue marcadamente mayor durante el mes de setiembre.

En la Figura 7.35 se observa la distribución la densidad y composición del megabentos. Durante el mes de mayo se observa un incremento en la abundancia en los últimos cuadrantes debido a la dominancia de “Poliquetos 2” (referido a madrigueras de poliquetos). Mientras que, durante el mes de setiembre se observó una mayor presencia de madrigueras de “Poliquetos”. Además, se observó un incremento en la densidad con la distancia al final del emisario submarino en todos los transectos evaluados.



**Figura 7.34** Distribución del porcentaje de cobertura de *Caulerpa sp.* en el entorno del emisario submarino de Perupez durante (a) mayo y (b) setiembre.

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



**Figura 7.35** Distribución de la composición y densidad de megafauna en el entorno del emisario submarino de Perupez durante (a) mayo y (b) setiembre.

## 8. DISCUSIÓN

### 8.1. Calidad de agua

#### Agua submareal

En esta sección se discuten los resultados obtenidos en relación a la calidad del agua de mar.

La vigilancia ambiental en la bahía de Sechura durante el 2019 se realizó mediante dos monitoreos, el primero en el mes de mayo coincidiendo con la temporada de pesca industrial de *Engraulis ringens* “anchoveta”, la cual inició en abril de 2019<sup>7</sup>, por lo cual el cuerpo receptor (agua de mar) estuvo influenciado durante mayo por esta actividad, principalmente en la zona sur donde la empresa Corporación pesquera Inca S.A.C. realiza el procesamiento del recurso para elaboración de harina y aceite de pescado. El segundo monitoreo se realizó en setiembre en temporada de veda. Además, cabe destacar que la actividad de congelado realizada por Perupez S.A. y Gam Corp S.C. se realiza en la zona central de la bahía, durante todo el año.

Los resultados del muestreo de mayo y setiembre de 2019 indican que la bahía cuenta con disponibilidad de oxígeno disuelto pues estas variaron entre 6,08 mg/l y 11,59 mg/l en mayo y entre 4,98 mg/l y 8,28 mg/l en setiembre a nivel superficial; además, en el fondo marino se aprecia que las concentraciones fueron menores y que oscilaron entre 3,22 mg/l y 8,09 mg/l en mayo y entre 1,65 mg/l y 7,41 mg/l en setiembre, lo descrito es congruente con lo hallado durante la evaluación realizada en los años 2015 y 2017, donde generalmente se reportaron concentraciones menores de oxígeno a nivel de fondo (OEFA, 2017). Las menores concentraciones de oxígeno disuelto se encontraron en la zona norte (concesión de Acuapisco), las cuales se encuentran a profundidades cercanas o mayores a los 20 metros.

Los resultados obtenidos durante el 2019 son mayores a lo reportado por Morón *et al.* (2013) quienes indican que el oxígeno disuelto en la bahía de Sechura presenta concentraciones de 2,8 mg/l y 3,5 mg/l en superficie y a mayor profundidad estas disminuyen, observando que a una profundidad de 30 m la concentración de oxígeno disuelto puede llegar a ser <1,4 mg/l. Estas características pueden variar a lo largo del año registrándose de 1,4 mg/l a 4,2 mg/l a nivel superficial y de 0,14 a 2,8 mg/l en el fondo.

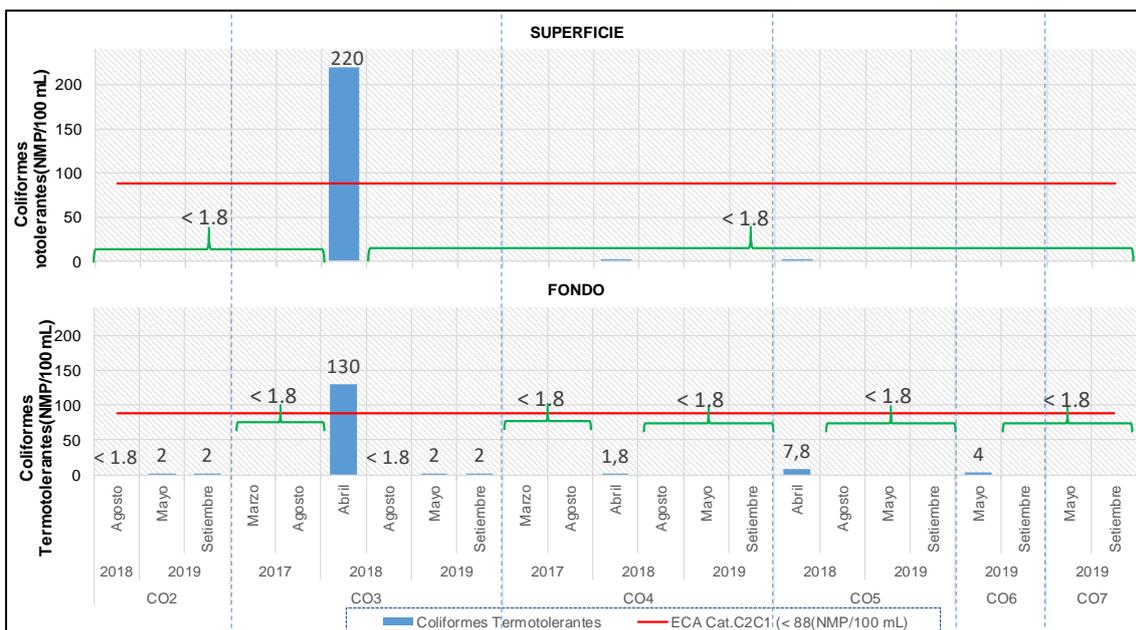
En relación a los coliformes termotolerantes, se debe tener en cuenta, que a diferencia del monitoreo realizado por Imarpe (2007), donde las concentraciones de fueron elevadas principalmente frente a la playa Las Delicias (zona central), en la presente evaluación las mayores concentraciones estuvieron asociadas a la zona sur (Copeinca). Es así que solo el punto CO1, ubicado al final del emisario submarino de Copeinca, en el mes de mayo a nivel de fondo, presentó concentraciones elevadas (22000 NMP/100ml). Lo antes mencionado concuerda con lo reportado en la evaluación ambiental realizada en el 2018, donde en el mismo punto para el mes de abril (temporada de pesca) se presentaron concentraciones altas de coliformes, además durante este año se excedió lo establecido en los ECA para agua en el punto CO3 (Figura 8.1), ubicado fuera de la zona de mezcla (OEFA, 2018).

Se precisa que la alta concentración de coliformes fue reportada solo durante el periodo de producción, lo que indicaría que los efluentes de Copeinca aportan coliformes termotolerantes a la bahía, sin embargo, a diferencia del 2018, los valores observados en el 2019 fuera de la zona de mezcla se encuentran dentro de lo establecido por la normativa

<sup>7</sup> Resolución Ministerial N° 162-2019-PRODUCE, publicado en el Diario Oficial El Peruano el 25 de abril de 2019, mediante la cual se autoriza el inicio de la primera temporada de pesca 2019 del recurso anchoveta y anchoveta blanca en área del dominio marítimo a partir de las 00:00 horas del cuarto día hábil de publicada la Resolución Ministerial en mención.

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

(Figura 8.1), de manera que la afectación al ambiente por este parámetro se encuentra localizada en el entorno inmediato del emisario submarino.



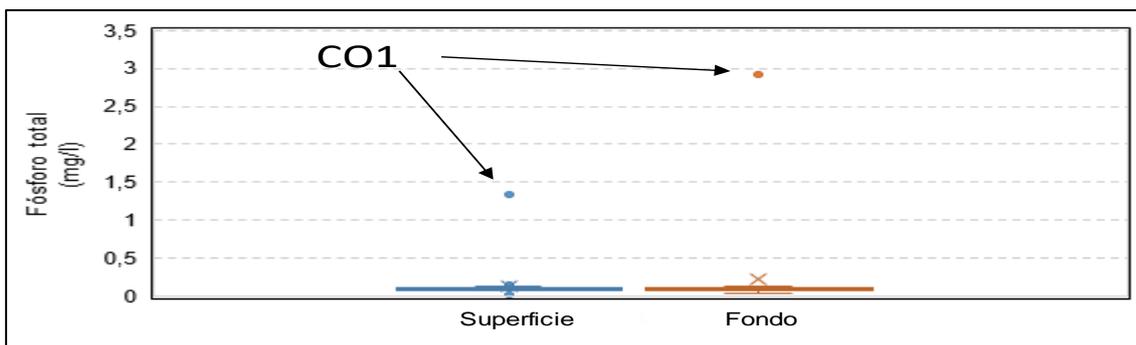
**Figura 8.1.** Variación temporal de coliformes termotolerantes en el entorno de Copeinca durante los años 2017, 2018 y 2019

Con respecto a la concentración de coliformes termotolerantes en puntos de monitoreo ubicados al centro y norte de la bahía, relacionados a Perupez, Gam Corp y Acuapisco los resultados se encuentran dentro de lo establecido en los ECA agua lo que es similar a lo reportado en estas zonas durante los años 2017 y 2018 (OEFA, 2017a, 2018).

El fósforo total (PT) es una medida de la concentración del fósforo total biológicamente disponible y por ende de la calidad del cuerpo de agua (Li y Liu, 2018). No todo el fósforo total está realmente disponible para los organismos; la disponibilidad biológica del elemento depende de muchos factores, incluyendo las especies presentes y sus concentraciones (Murphy y Riley, 1962).

Los valores más altos de fósforo total durante todo el periodo de evaluación se registraron en el punto CO1 durante el mes de mayo, y fueron marcadamente mayores a lo determinado fuera de la zona de mezcla, asimismo, estos valores fueron mayores a lo reportado en las otras zonas evaluadas en la bahía tanto en mayo como en setiembre (Figura 8.2). Es importante resaltar que las concentraciones de fósforo total en el mes de setiembre en todos los puntos de monitoreo evaluados comparables con los ECA para agua categoría C2 subcategoría C1 excedieron el valor establecido en dicha normativa, sin embargo, estos valores no presentaron una variación marcada, con valores similares en toda la bahía.

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



**Figura 8.2.** Diagrama de cajas de los resultados de fósforo total en superficie y fondo considerando todo el periodo de evaluación

Estas concentraciones en superficie y fondo mostraron valores fuera de los rangos normales por el gran aporte antropogénico y continental. (Evaluación del POI, Imarpe 2012), además es importante resaltar que en el entorno de la bahía de Sechura se encuentra el yacimiento de fosfatos de Bayóvar, el cual es uno de los más grandes del Perú y Sudamérica (Cabezas-Oruna, 2010), lo que explicaría los altos valores de fósforo encontrados en la zona sur, relacionados a esta actividad antropogénica.

En relación a los aceites y grasas, sulfuros, nitritos, nitratos y los parámetros de campo, se reportó valores que no exceden lo establecido por la normativa de comparación. Sin embargo, resalta el punto de monitoreo CO1 donde se observaron los mayores valores, para los parámetros mencionados, durante el mes de mayo (temporada de producción). Estos valores se encuentran asociados a la descarga de efluentes de Copeinca. Se precisa que, los valores fuera de la zona de mezcla se encuentran dentro de los rangos normales por lo que, si bien existe un aporte del emisario, la dilución en el cuerpo receptor es efectiva.

### Agua intermareal

Las concentraciones de oxígeno disuelto en este ambiente se encuentran dentro de lo establecido en los ECA para Agua, cat.C1B1 y la Cat.C4E3, presentando valores altos, lo cual se debería en parte a los vientos con velocidad moderada observados durante el periodo de estudio, provocando oleajes fuertes, oxigenando de esta manera el agua de mar. Esta tendencia es similar a lo observado durante años anteriores en la vigilancia de la bahía de Sechura (OEFA, 2017a, 2018).

De acuerdo a la presente evaluación los puntos PLAYA2 y EPA1 presentaron las mayores concentraciones de coliformes termotolerantes durante el mes de mayo, sin embargo solo el punto PLAYA2 (330NMP/100mL) excedió el valor establecido en los ECA para agua en la categoría1 subcategoría B1, coincidiendo con la evaluación realizada por (OEFA,2018) donde se reportó la mayor concentración (170NMP/100mL) en el mismo punto de monitoreo. Los coliformes termotolerantes son indicadores de contaminación fecal, y su presencia en los puntos mencionados se debería a la descarga del río Piura al sur de Chullillachi (PLAYA2) y al estuario del Virrilá (EPA1).

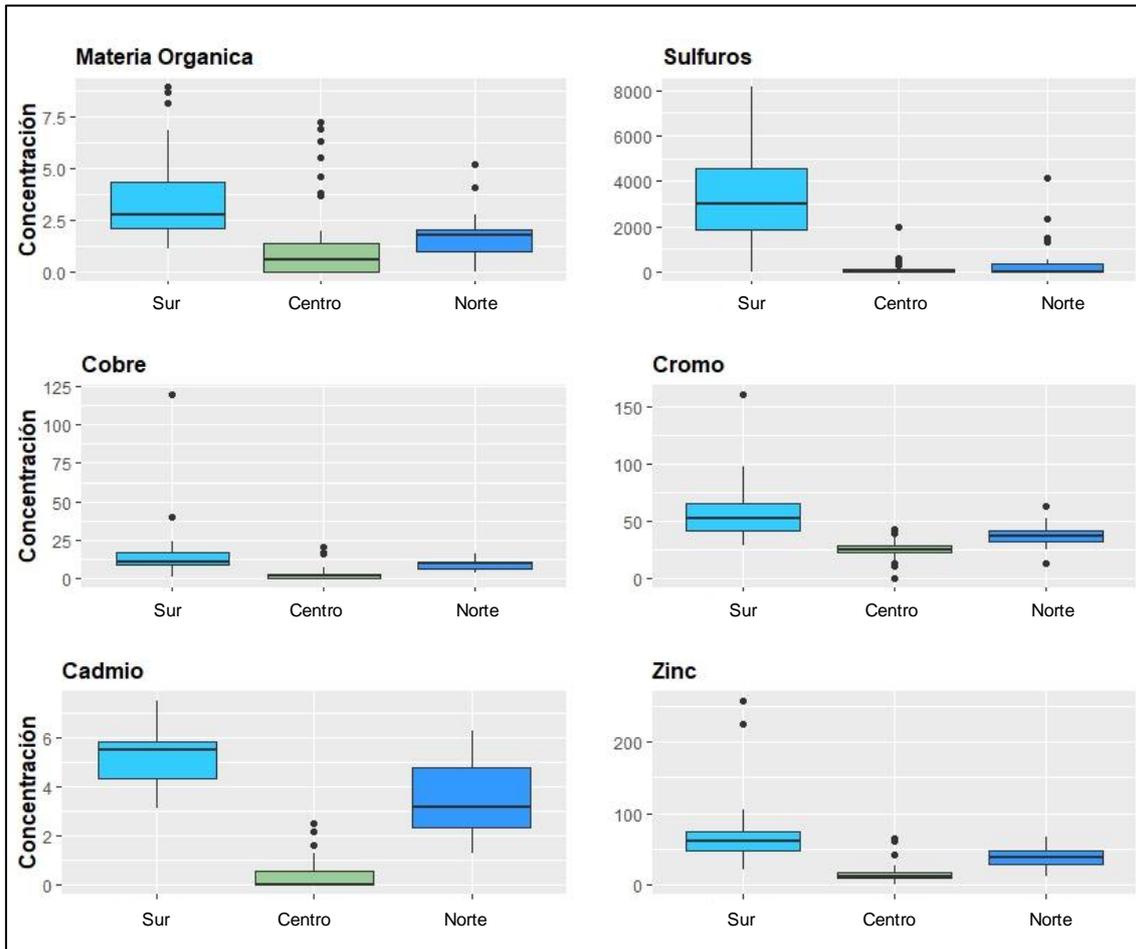
### 8.2. Calidad de sedimento

En esta sección se discuten los resultados obtenidos en relación al sedimento marino en las zonas evaluadas en la bahía de Sechura.

En la Figura 8.3 se presentan diagramas de cajas tomando en consideración las zonas de trabajo de acuerdo a la distribución descrita en la sección 6 (Metodología) para los años 2018 y 2019. Se observa como en la zona sur (entorno de Copeinca), la concentración de

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

la materia orgánica es mayor que en las zonas centro (Perupez y Gam Corp) y norte (Acuapisco), al igual que las concentraciones de cobre, cromo, cadmio y zinc.



**Figura 8.3.** Diagrama de cajas de los resultados de materia orgánica, sulfuros y metales considerando todo el periodo de evaluación

Como se observó en la Figura 8.3 los sulfuros presentan también mayores concentraciones en el entorno de Copeinca. Los sulfuros se generan como consecuencia de la degradación de materia orgánica, esto debido a la reducción del sulfato durante la oxidación de la misma, por medio de bacterias sulfato reductoras en ausencia de oxígeno disuelto (Emeis, 1990). Al encontrarse mayores porcentajes de materia orgánica, se generan también las mayores concentraciones de sulfuros de hidrógeno. Cabe recalcar que el sulfuro de hidrógeno puede llegar a ser tóxico en el ambiente marino.

La Figura 8.4 muestra la relación de parámetros evaluados en la zona sur, donde se observa una relación entre la materia orgánica y los demás parámetros evaluados. Al respecto, estudios indican que los metales de origen antrópico tienden a unirse a la materia orgánica en los sedimentos de textura limosa y arcillosa, según Martínez (2006).

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

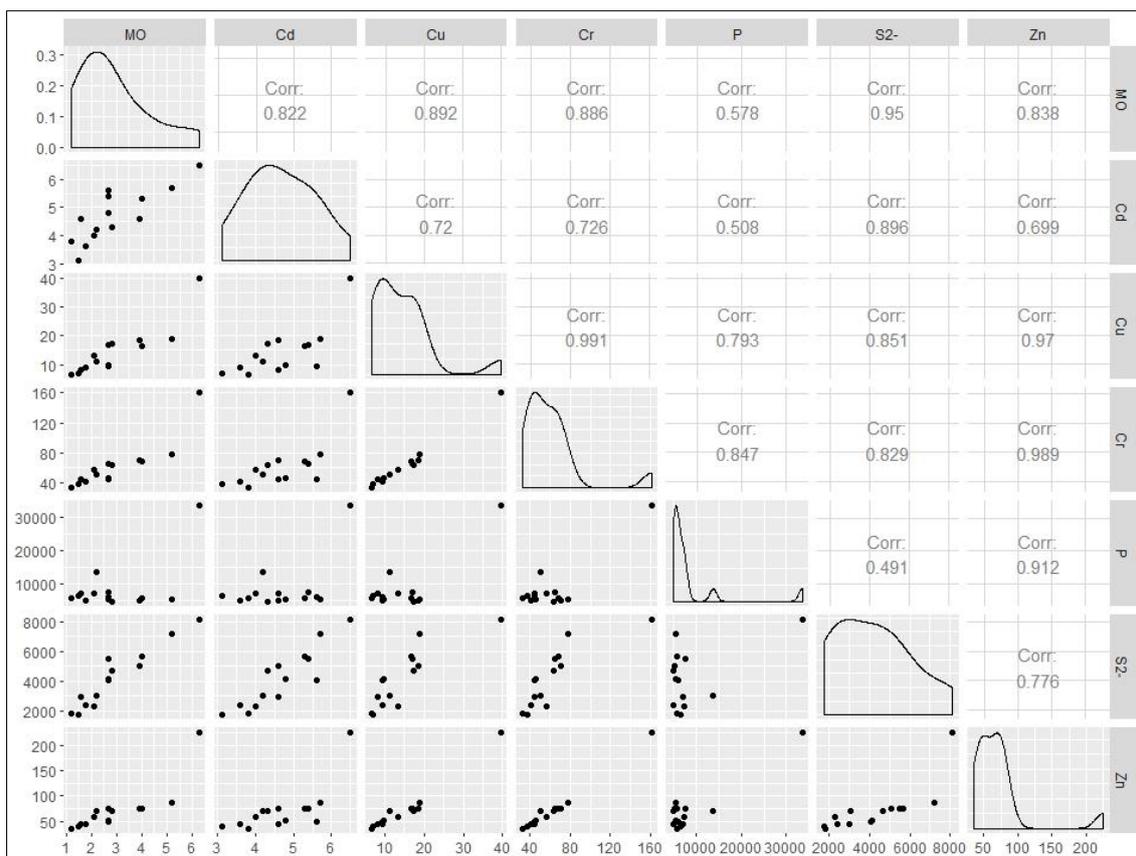


Figura 8.4. Relación de parámetros evaluados en la zona sur (entorno de Copeinca).

Como se observó en la Figura 8.4 los sulfuros presentan también mayores concentraciones en el entorno de Copeinca. Los sulfuros se generan como consecuencia de la degradación de materia orgánica, esto debido a la reducción del sulfato durante la oxidación de la misma, por medio de bacterias sulfato reductoras en ausencia de oxígeno disuelto (Emeis, 1990). Al encontrarse mayores porcentajes de materia orgánica, se generan también las mayores concentraciones de sulfuros de hidrógeno. Cabe recalcar que el sulfuro de hidrógeno puede llegar a ser tóxico en el ambiente marino.

Como consecuencia, en la zona sur ubicada frente a Copeinca, resaltan las concentraciones de sulfuros y es la más afectada por las concentraciones de los elementos como cobre, cromo, cadmio, zinc que exceden los valores de referencia CEQG, por lo que, la presencia de los sulfuros y elementos metálicos se debe al mayor porcentaje de materia orgánica en la zona. Es importante resaltar que las mayores concentraciones de estos parámetros se reportaron más frecuentemente en el punto CO1, asociado al emisario de Copeinca.

Sin embargo, se debe tener en consideración que la disminución de la circulación en la zona sur de la bahía hasta el área de Punta Bayóvar (Imarpe, 2007; 2012), propiciaría la acumulación de materia orgánica, así como la retención de metales en la misma. Caso contrario es lo observado en las zonas centro y norte, que por su mayor hidrodinámica presentarían menor concentración de materia orgánica y menos retención de metales.

### 8.3. Comunidades hidrobiológicas

#### Macrobentos

En el presente estudio se reportó la presencia de 215 taxones, lo cual es mayor a lo reportado durante el 2018 (167 taxones) y 2017 (157 taxones) (OEFA, 2017a, 2018), sin embargo se debe tener en consideración que se ha realizado la evaluación en un mayor número de puntos durante esta última evaluación, lo que ha repercutido en una mayor riqueza acumulada.

Otros estudios realizados en la zona demostraron valores promedio (por punto de muestreo) similares en el número total de especies (Imarpe, 2007; OEFA, 2017b; Yupanqui *et al.*, 2007) pero con dominancia de otras especies. Sin embargo, las diferencias halladas con estudios anteriores se explican debido a la variabilidad de la comunidad bentónica de la zona la cual es afectada recurrentemente por El Niño y La Niña, así como la descarga de los ríos presentes en el litoral (Arntz *et al.*, 2006).

Respecto a la diversidad beta, se reportó una mayor similitud dentro de cada zona evaluada, con una menor similitud entre meses, existiendo una mayor heterogeneidad de la comunidad de macrobentos debido a cambios temporales.

En todas las zonas evaluadas se observó cambios significativos tanto a nivel espacial como temporal y su interacción (prueba Permanova,  $p(MC) < 0,05$ ). Sin embargo, en cada zona se presentaron particularidades.

En el entorno de Copeinca, al realizar la prueba por pares, estas diferencias son más marcadas entre el punto CO1 durante el mes de setiembre. Al respecto, durante este periodo la comunidad estuvo conformada por una sola especie, el poliqueto *Capitella capitata*, que debido a su abundancia en zonas enriquecidas orgánicamente es utilizado como indicador (Domenico, Silva, Seixas, Amaral, & Paiva, 2017; Silva *et al.*, 2012).

En la zona central, analizando la diferencia por pares, se observó que el emisario submarino de Perupez presentó diferencias significativas con el resto de puntos evaluados, sin embargo, presentó una mayor similitud con el punto PPEZ-1 ubicado 250 m al norte. Coincidentemente en ambos puntos se observó la menor riqueza de la zona central, y alta dominancia de *Prionospio pygmaeus*, poliqueto de la familia spionidae, clasificado dentro del grupo ecológico II, que representa especies indiferentes o poco sensibles a cambios ambientales (Borja *et al.*, 2000).

Por otro lado, en el entorno del emisario submarino de Gam Corp se observó diferencias significativas solamente con los puntos CCT, GC-1 y GC-4, sin embargo, durante el mes de setiembre la comunidad fue similar en los puntos de monitoreo evaluados. Al respecto, se precisa que el emisario submarino ha sido retirado y se encuentra cortado desde el ambiente intermareal, por lo que no hay una fuente de afectación directa en el ambiente submareal.

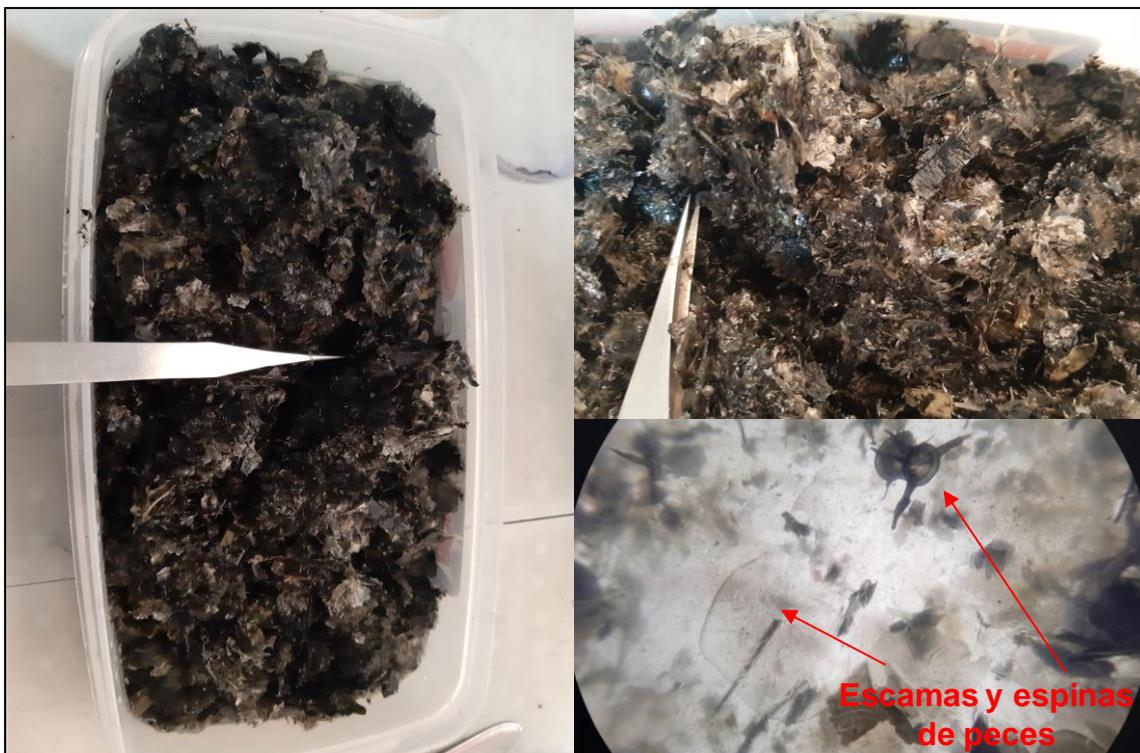
En el entorno de Acuapisco la evaluación por pares determinó que existe diferencia significativa entre todos los puntos de muestreo con excepción de los puntos BSech1 y BSech4. Al respecto, es necesario mencionar que estos puntos de muestreo se encuentran a una mayor profundidad, por lo que las diferencias halladas corresponderían a una estratificación por la profundidad. En un estudio anterior, Yupanqui *et al.*, (2007) reportaron cambios de la comunidad relacionados a la profundidad en la bahía de Sechura.

Respecto al índice de calidad ecológica AMBI, este se calculó teniendo en cuenta las recomendaciones dadas por Borja & Muxika (2005). Este índice mostró que en la mayoría de zonas evaluadas la calidad ecológica fue buena a muy buena, con un entorno ligeramente

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

perturbado a no perturbado. Sin embargo, en el punto de monitoreo CO1, durante el mes de setiembre se reportó una mala calidad ecológica, evidenciando condiciones extremadamente perturbadas.

El punto CO1 representa el entorno inmediato de un emisario submarino por lo que se ha reportado altas concentraciones de materia orgánica, metales, sulfuros en sedimento y fósforo en agua. Además, se ha reportado que las características visuales (Anexo X - reporte de campo - setiembre) del sedimento indican una mala calidad del entorno, con presencia de escamas y espinas de peces (Figura 8.5), además de un sedimento color negro y olor sulfuroso. Otro aspecto a considerar es que la temporada de producción inició a fines de abril, por lo que los cambios observados en el punto CO1 (en el mes de setiembre) responderían a un efecto acumulado de la temporada de producción.



**Figura 8.5.** Abundantes escamas y espinas encontradas en las muestras de macroinvertebrados en el punto CO1.

Lo antes mencionado, sustenta la mala calidad ecológica hallada en el mes de setiembre, con la presencia únicamente de *Capitella capitata*. Sin embargo, a pesar de estas condiciones la comunidad muestra signos de buena calidad en el entorno cercano (puntos CO3, CO4, CO6 y CO7 ubicados aproximadamente a 250 m del emisario).

### Megabentos

En relación al megabentos, el patrón fue bastante claro. En ambos puntos de monitoreo evaluados (MB-03 correspondiente a Copeinca y MB-04 correspondiente a Perupez) se reportó un incremento en riqueza, abundancia y cobertura de *Caulerpa* con la distancia al emisario submarino. Esto es concordante con lo determinado durante la evaluación realizada en el año 2018, donde se reportó un patrón similar (OEFA, 2018).

En relación al megabentos del entorno del emisario submarino de Copeinca, no se registró ningún organismo en el transecto paralelo al emisario, esto debido al tipo de emisario, pues

la presencia de difusores y el subsecuente vertido de efluentes dificulta el establecimiento de esta comunidad. Por el contrario, a una distancia de 5 a 15 m del emisario submarino, se observó la presencia de organismos.

De la misma manera, en relación a los resultados obtenidos en el entorno del emisario submarino de Perupez, no se registró ningún organismo en los primeros cuadrantes, sin embargo, en el transecto paralelo al emisario si se observó organismos. Esto se debe a que el emisario submarino de Perupez no presenta difusores (OEFA, 2019), por lo que el impacto que genera estaría localizado en la región final, además la presencia de estructuras de concreto a lo largo del emisario permite el asentamiento de organismos.

## 9. CONCLUSIONES

- La concentración de fósforo total durante el mes de setiembre excedió lo establecido en los estándares de calidad para agua, categoría 2 subcategoría C1 en todos los puntos de monitoreo comparables a esta categoría, sin embargo; estos cambios responden a un comportamiento natural observado en todas las zonas evaluadas.
- En el emisor de Corporación Pesquera Inca S.A.C., se observó concentraciones más altas de fósforo con respecto a los demás puntos de monitoreo durante el mes de mayo, asimismo se observó los mayores valores en los parámetros evaluados, incluyendo coliformes termotolerantes, sin embargo, fuera de la zona de mezcla los valores se encuentran dentro de los rangos normales por lo que, si bien existe un aporte del emisario, la dilución en el cuerpo receptor fue efectiva.
- En relación a los sedimentos, hubo mayor presencia de textura tipo arenosa en la zona central de la bahía y predominancia de sedimentos finos en la zona sur y norte. Las mayores concentraciones de materia orgánica se encuentran en la zona sur, asociadas principalmente al emisario de Corporación Pesquera Inca S.A.C.
- Respecto a la concentración de metales, el cadmio excedió los valores PEL e ISQG de la guía canadiense en el entorno de Acuicultores Pisco S.A. y Corporación Pesquera Inca S.A.C. Además, en el entorno del último administrado también se determinó concentraciones altas de cobre, cromo y zinc que exceden los valores ISQG. Estos valores están asociados a la mayor concentración de materia orgánica y presencia de sedimentos finos.
- La estructura comunitaria del macrobentos en la bahía de Sechura mostró menor riqueza y abundancia en el entorno de emisarios submarinos, patrón similar a lo observado durante el 2017 y 2018.
- La comunidad macrobentónica se mostró muy heterogénea, con cambios significativos dentro de cada zona y entre temporadas. Además, en las zonas norte y centro se determinó una calidad ecológica buena a muy buena evidenciando un ambiente ligeramente perturbado e incluso no perturbado.
- En el entorno de Corporación Pesquera Inca S.A.C., se reportó una calidad ecológica muy mala y un ambiente extremadamente perturbado asociado directamente a las descargas industriales, sin embargo, el macrobentos muestra señales de recuperación fuera de la zona de mezcla.
- La comunidad de megabentos evidenció efectos en su estructura en el entorno inmediato de los emisarios submarinos de Copeinca y Perupez.

## 10. RECOMENDACIÓN(ES)

- Remitir una copia del presente informe a la Dirección de Supervisión Ambiental en Actividades Productivas.
- Continuar con la vigilancia ambiental en la bahía de Sechura.



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

## 11. ANEXOS

Anexo 1: Informe Mensual N° 149-2019-OEFA/DEAM-STEC

Anexo 2: Informe Mensual N° 255-2019-OEFA/DEAM-STEC

Anexo 3: Reporte de Identificación Taxonómica (mayo)

Anexo 4: Reporte de Identificación Taxonómica (setiembre)

Es cuanto informamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente:

[LFAJARDO]

[JGONZALEZ]

[CGUTIERREZR]

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

Atentamente:

[DRAMOS]



"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: 05965340"



05965340