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

2019-I01-029794

INFORME N° 00237-2019-OEFA/DEAM-SSIM

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

DE : **ARMANDO MARTÍN ENEQUE PUICÓN**
Subdirector de la Subdirección de Sitios Impactados

LLOJAN CHUQUISENGO PICON
Coordinador de Evaluaciones Ambientales en Energía

ZARELA ELIDA VIDAL GARCÍA
Especialista Legal

ASUNTO : Evaluación Ambiental del Canal de Flotación en el sector comprendido entre el Km 39+500 y el Km 90+000 del Tramo I del Oleoducto Norperuano, del 29 de noviembre al 11 de diciembre de 2018

CUE : 2018-05-0160

CÓDIGO DE ACCIÓN : 0005-11-2018-402

REFERENCIA : Memorándum N° 3199-2018-OEFA/DSEM
(Hoja de Trámite 2018-I01-031338)
Memorando N.° 920-2018-OEFA/DEAM
(Hoja de Trámite 2018-I01-031338)

FECHA : Jesús María, 26 de junio de 2019

Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y, en relación al asunto de la referencia, informar lo siguiente:

1. INFORMACIÓN GENERAL

Detalles de la evaluación ambiental:

Tabla 1.1. Datos de la evaluación ambiental

a.	Zona evaluada	Distritos Lagunas y Urarinas, provincias Alto Amazonas y Loreto, departamento Loreto
b.	Unidades fiscalizables/ actividades económicas en la zona de estudio	Entre el Km 39+500 al Km 90+000 del Tramo I del Oleoducto Norperuano de Petróleos del Perú – Petroperú S.A. ubicado en el ámbito de la cuenca del río Marañón
c.	Problemática identificada	Presunta contaminación ambiental debido a los derrames de petróleo crudo, registrados entre el Km 39+500 al Km 90+000 del Tramo I del Oleoducto Norperuano de Petróleos del Perú – Petroperú S.A.
d.	La actividad se realizó en el marco de:	A pedido de la DSEM
e.	Periodo de ejecución	Del 29 de noviembre al 11 de diciembre de 2018

Profesionales que aportaron al estudio:

Tabla 1.2. Listado de profesionales

N.°	Nombres y Apellidos	Profesión	Actividad desarrollada
1	Armando Eneque Puicón	Biólogo	Gabinete
2	Llojan Chuquisengo Picon	Lic. Químico	Gabinete
3	Zarela Elida Vidal García	Abogada	Gabinete
4	Raúl Tupayachi Trujillo	Biólogo	Gabinete
5	Lidia Prisila Huaraca Quispe	Biólogo	Gabinete
6	Victor Montesinos Calle	Bach. en Ingeniería Ambiental	Gabinete y campo
7	Jessica Adela Espino Ciudad	Biólogo	Gabinete
8	Cristhian Chavarry Castro	Biólogo	Gabinete
9	Luis Alonzo Cóndor Arce	Ingeniero Químico	Gabinete

2. DATOS DE LA ACTIVIDAD REALIZADA

La matriz y parámetros evaluados en el Canal de Flotación y los ríos Cuninico, Nucuray y Urituyacu y, la quebrada Patoyacu, asociados al Km 39+500 y Km 90+000 del Tramo I del ONP se presentan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Matriz y parámetros evaluados en el Tramo I del Oleoducto Norperuano – Petroperú-Petróleos del Perú S.A. durante el 2018

Matriz evaluada	Fecha (Mes/Periodo)	Zona de estudio	Parámetros evaluados	Cantidad de puntos/estaciones evaluados
Agua superficial	Noviembre – diciembre/ 2018	Canal de flotación	pH, oxígeno disuelto, conductividad y temperatura	66
			Hidrocarburos Totales de Petróleo - TPH (C_{10}-C_{40})	66
			Hidrocarburos policíclicos aromáticos - HAP's	66
			Aceites y grasas	66
			Metales incluido mercurio	66
		Ríos y quebradas (Cuninico, Urituyacu, Nucuray, Patoyacu)	pH, oxígeno disuelto, conductividad y temperatura	22
			Hidrocarburos Totales de Petróleo - TPH (C_{10}-C_{40})	22
			Hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAP's)	22
			Metales incluido mercurio	22
Sedimento		Canal de flotación	Hidrocarburos Totales de Petróleo - TPH (C_{10}-C_{40})	66
			Fracción de hidrocarburos F_1 (C_6-C_{10}) Fracción de hidrocarburos F_2 (C_{10}-C_{28}) Fracción de hidrocarburos F_3 (C_{28}-C_{40})	66
			Hidrocarburos policíclicos aromáticos - HAP's	66
			Metales incluido mercurio	66
			Granulometría	66
		Ríos y quebradas (Cuninico, Urituyacu, Nucuray, Patoyacu)	Hidrocarburos Totales de Petróleo - TPH (C_{10}-C_{40})	22
			Fracción de hidrocarburos F_1 (C_6-C_{10}) Fracción de hidrocarburos F_2 (C_{10}-C_{28}) Fracción de hidrocarburos F_3 (C_{28}-C_{40})	22
			Hidrocarburos policíclicos aromáticos - HAP's	22
			Metales incluido mercurio	22
			Granulometría	22
Comunidades hidrobiológicas		Canal de flotación	Perifiton	21
			Macroinvertebrados bentónicos	21
			Necton	21
			TPH en tejido muscular de peces	8
			HAP's en tejido muscular de peces	6
		Ríos y quebradas (Cuninico,	Perifiton	8
			Macroinvertebrados bentónicos	8
			Necton	8

Matriz evaluada	Fecha (Mes/Periodo)	Zona de estudio	Parámetros evaluados	Cantidad de puntos/estaciones evaluados
		Urituyacu, Nucuray, Patoyacu)	TPH en tejido muscular de peces	5
			HAP's en tejido muscular de peces	4

Tabla 2.2. Parámetros que incumplieron la normativa nacional o estándar ambiental referencial

Matriz	Cuerpo de agua/cuerpo receptor/localidad/ poblado	Código OEFA	ECA para agua (2008)[1]	ECA para agua (2017)[2]	Nivel de fondo[3]	Normativa/ Guía Referencial (RBCA[4]/CEQG-SQG[5])
Agua superficial	Canal de flotación	CF-AS-ONP-1	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-2	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-3	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-4	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-5	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-6	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-7	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-8	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-9	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-10	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-11	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-12	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-13	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-14	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-16	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-17	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-18	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-19	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-20	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-21	pH-OD-Pb	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-22	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-23	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-24	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-25	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-26	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-27	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-28	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-29	pH-OD-Cu	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-30	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-31	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-32	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-33	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-34	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-35	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-36	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-37	pH-OD-Pb-Cu	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-38	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-39	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-40	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-41	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-42	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-43	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-44	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-45	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-46	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-47	pH-OD-Pb	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-48	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-49	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-50	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-55	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-57	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-58	pH-OD	pH-OD	--	--

Matriz	Cuerpo de agua/cuerpo receptor/localidad/ poblado	Código OEFA	ECA para agua (2008)[1]	ECA para agua (2017)[2]	Nivel de fondo[3]	Normativa/ Guía Referencial (RBCA[4]/CEQG-SQG[5])
		CF-AS-ONP-59	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-60	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-61	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-62	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-63	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-64	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-65	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-66	pH-OD-Pb	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-67	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-68	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-70	pH-OD-Pb	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-71	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-72	pH-OD	pH-OD	--	--
		CF-AS-ONP-73	pH-OD	pH-OD	--	--
	Río Cuninico	QCuni-AS-ONP-1	pH-OD	pH-OD	--	--
		QCuni-AS-ONP-2	pH-OD	pH-OD	--	--
		QCuni-AS-ONP-3	pH-OD	pH-OD	--	--
		QCuni-AS-ONP-4	pH-OD	pH-OD	--	--
		QCuni-AS-ONP-5	pH-OD	pH-OD	--	--
		QCuni-AS-ONP-6	pH-OD	pH-OD	--	--
	Río Urituyacu	RUri-AS-ONP-01	pH-OD	pH-OD	--	--
		RUri-AS-ONP-02	pH-OD	pH-OD	--	--
		RUri-AS-ONP-03	pH-OD	pH-OD	--	--
		RUri-AS-ONP-04	pH-OD	pH-OD	--	--
		RUri-AS-ONP-05	pH-OD	pH-OD	--	--
		RUri-AS-ONP-06	pH-OD	pH-OD	--	--
	Quebrada Patoyacu	RPatu-AS-ONP-01	pH-OD	pH-OD	--	--
		RPatu-AS-ONP-02	pH-OD	pH-OD	--	--
		RPatu-AS-ONP-03	pH-OD	pH-OD	--	--
		RPatu-AS-ONP-04	pH-OD	pH-OD	--	--
	Río Nucuray	RNuc-AS-ONP-1	pH-OD	pH-OD	--	--
		RNuc-AS-ONP-2	pH-OD	pH-OD	--	--
		RNuc-AS-ONP-3	pH-OD	pH-OD	--	--
		RNuc-AS-ONP-4	pH-OD	pH-OD	--	--
		RNuc-AS-ONP-5	pH-OD	pH-OD	--	--
		RNuc-AS-ONP-6	pH-OD	pH-OD	--	--
Sedimento	Canal de flotación	CF-SED-ONP-1	--	--	TPH-Cu-K	Cu
		CF-SED-ONP-2	--	--	TPH-Cu-Al-K-Mg-Zn	--
		CF-SED-ONP-3	--	--	TPH-Cu-Va-Ca	TPH-Cu
		CF-SED-ONP-4	--	--	TPH-Cu-Al-Ca-K	TPH-Cu
		CF-SED-ONP-5	--	--	TPH-Cu-Ba-Va-Al-Ca-K	TPH-Cu
		CF-SED-ONP-6	--	--	TPH-Cu-Ca-Na	TPH-Cu
		CF-SED-ONP-7	--	--	TPH-Cu-Ba-Ni-Va-Al-Ca-K-Si-Sr	Cu-As
		CF-SED-ONP-8	--	--	TPH-Cu-Ba-Va-Al-Ca-K-Si-Sr-Zn	Cu
		CF-SED-ONP-9	--	--	TPH-Cu-Ba-Va-Al-Ca-K-Si-Sr	TPH-Cu-As
		CF-SED-ONP-10	--	--	TPH-Cu-Ba-Ni-Va-Al-Ca-Si-Sr-Ti	Cu
		CF-SED-ONP-11	--	--	TPH-Cu-Ba-Ni-Va-Al-Ca-K-Mg-Si-Sr-Zn	Cu

Matriz	Cuerpo de agua/cuerpo receptor/localidad/ poblado	Código OEFA	ECA para agua (2008)[1]	ECA para agua (2017)[2]	Nivel de fondo[3]	Normativa/ Guía Referencial (RBCA[4]/CEQG-SQG[5])
		CF-SED-ONP-12	--	--	TPH-Cu-Ba-Ni-Va-Al-Ca-K-Si-Sr-Zn	Cu
		CF-SED-ONP-13	--	--	TPH-Ni-Mg-Na-Si	--
		CF-SED-ONP-14	--	--	TPH-Cu-Ni-Ca-Mg-Na	--
		CF-SED-ONP-16	--	--	TPH-Ni-Mg-Na	--
		CF-SED-ONP-17	--	--	TPH-Cu-Ni-Ca-Na-Sr	Cu
		CF-SED-ONP-18	--	--	TPH-Cu-Ba-Ni-Ca-K-Na-Si-Sr	Cu
		CF-SED-ONP-19	--	--	Cu-K-Mg-Zn	Cu
		CF-SED-ONP-20	--	--	TPH-Cu-Cr-Ba-Va-Al-Ca-K-Mg-Na-Sr-Zn	Cu-Cd
		CF-SED-ONP-21	--	--	TPH-Cu-Ni-Ca-Mg-Na	--
		CF-SED-ONP-22	--	--	Cu-Ca-K-Mg-Na-Zn	Cu
		CF-SED-ONP-23	--	--	Ni-Mg-Na	--
		CF-SED-ONP-24	--	--	Cu-Ni-Al-Ca-K-Mg-Na-Si-Sr-Ti	Cu
		CF-SED-ONP-25	--	--	TPH-Cu-Ni-Va-Al-Ca-K-Mg-Na-Si-Sr	Cu
		CF-SED-ONP-26	--	--	TPH-Cu-Ni-Ca-Na-Sr	Cu
		CF-SED-ONP-27	--	--	Cu-Ni-Ca-K-Mg-Na	--
		CF-SED-ONP-28	--	--	TPH-Cu-Ni-Mg-Na	--
		CF-SED-ONP-29	--	--	TPH-Cu-Ni-Na	--
		CF-SED-ONP-30	--	--	TPH-Cu-Ni-Ca-Na-Sr	--
		CF-SED-ONP-31	--	--	TPH-Cu-Ni-Ca-Na-Sr	Cu
		CF-SED-ONP-32	--	--	TPH-Cu-Ni-Ca-Na-Sr	Cu
		CF-SED-ONP-33	--	--	Cu-Ni-Ca-Mg-Na-Sr	--
		CF-SED-ONP-34	--	--	TPH-Ni-Mg-Na	--
		CF-SED-ONP-35	--	--	TPH-Cu-Ni-Va-Ca-Na-Sr	TPH-Cu
		CF-SED-ONP-36	--	--	TPH-Cu-Cr-Va-Al-Ca-K-Na-Sr-Ti-Zn	Cu
		CF-SED-ONP-37	--	--	Mg-Na	--
		CF-SED-ONP-38	--	--	TPH-Cu-Al-Ca-Fe-K-Mg-P-Si-Zn	Cu
		CF-SED-ONP-39	--	--	TPH-Cu-Zn-Al-Ca-Fe-K-Mg-Si	--
		CF-SED-ONP-40	--	--	TPH-Cu-Cr-Al-Ca-K-Mg-Na-Sr-Zn	Cu

Matriz	Cuerpo de agua/cuerpo receptor/localidad/ poblado	Código OEFA	ECA para agua (2008)[1]	ECA para agua (2017)[2]	Nivel de fondo[3]	Normativa/ Guía Referencial (RBCA[4]/CEQG-SQG[5])
		CF-SED-ONP-41	--	--	TPH-Cu-Al-Ca-K-Mg-Zn	--
		CF-SED-ONP-42	--	--	Cu-Al-Ca-K-Mg-Si-Zn	--
		CF-SED-ONP-43	--	--	TPH-Cu-Ca-K-Mg-Si-Zn	--
		CF-SED-ONP-44	--	--	TPH-Cu-Va-Al-Ca-K-Sr-Zn	TPH-Cu
		CF-SED-ONP-45	--	--	TPH-Ca-Mg-Na-P-Sr-Ti	--
		CF-SED-ONP-46	--	--	Na-Ti	--
		CF-SED-ONP-47	--	--	TPH-Cu-Ba-Al-Ca-K-Zn	--
		CF-SED-ONP-48	--	--	Cu-Ba-Va-Al-Ca-Fe-K-Mg-Na-Si-Zn	Cu
		CF-SED-ONP-49	--	--	TPH-Cu-Ca-K	TPH-Hg
		CF-SED-ONP-50	--	--	TPH-Ca	TPH
		CF-SED-ONP-55	--	--	TPH-Cu-Ba-Ni-Al-Ca-K-Mg-Si-Zn	Cu
		CF-SED-ONP-57	--	--	TPH-Cu-Ca-K-Si-Zn	TPH-Cu
		CF-SED-ONP-58	--	--	TPH-Cu-Ni-Al-Ca-K-Mg-Si-Zn	TPH-Cu
		CF-SED-ONP-59	--	--	TPH-Cu-Ca-K-Sr	TPH
		CF-SED-ONP-60	--	--	TPH-Cu-Al-Ca-K-Si-Zn	Cu
		CF-SED-ONP-61	--	--	TPH-Cu-Al-Ca-K	TPH- Cu
		CF-SED-ONP-62	--	--	TPH-Cu-Ca-K-Sr	TPH-Cu
		CF-SED-ONP-63	--	--	TPH-Cu-Ca-K-Sr	TPH-Cu
		CF-SED-ONP-64	--	--	TPH-Cu-Va-Ca-K-Si-Sr	TPH-Cu-As
		CF-SED-ONP-65	--	--	TPH-Cu-Ba-Va-Al-Ca-K-Si-Sr-Zn	Cu
		CF-SED-ONP-66	--	--	TPH-Cu-Ba-Va-Al-Ca-K-Mg-Si-Sr-Zn	Cu
		CF-SED-ONP-67	--	--	TPH-Cu-Va-Al-Ca-K-Si-Sr-Zn	TPH-Cu
		CF-SED-ONP-68	--	--	TPH-Cu-Va-Al-Ca-K-Si-Zn	TPH-Cu-Hg
		CF-SED-ONP-70	--	--	TPH-Cu-Va-Al-Ca-K-Sr-Zn	TPH-Cu-Cd
		CF-SED-ONP-71	--	--	TPH-Cu-Ni-Al-Ca-Co-K-Si-Zn	TPH-Cu-Cd-Hg-Zn
		CF-SED-ONP-72	--	--	TPH-Cu-Al-Ca-K-Zn	Cu
		CF-SED-ONP-73	--	--	TPH-Cu-K-Mg-Zn	Cd
	Río Cuninico	Qcuni-SED-ONP-1	--	--	-	
		Qcuni-SED-ONP-2	--	--	-	

Matriz	Cuerpo de agua/cuerpo receptor/localidad/ poblado	Código OEFA	ECA para agua (2008)[1]	ECA para agua (2017)[2]	Nivel de fondo[3]	Normativa/ Guía Referencial (RBCA[4]/CEQG-SQG[5])
		Qcuni-SED-ONP-3	--	--	-	
		Qcuni-SED-ONP-4	--	--	TPH-Mn	TPH
		Qcuni-SED-ONP-5	--	--	TPH-Mn-Na	-
		Qcuni-SED-ONP-6	--	--	TPH	-
	Río Urituyacu	RUri-SED-ONP-01	--	--	-	-
		RUri-SED-ONP-02	--	--	-	-
		RUri-SED-ONP-03	--	--	-	-
		RUri-SED-ONP-04	--	--	Fe-Na-P-Ti	-
		RUri-SED-ONP-05	--	--	Ca-Na-Sr-Ti	-
		RUri-SED-ONP-06	--	--	Cu-Cr-Zn-Ni-Va-Al-Ca-Fe-K-Na-P-Si-Ti	-
	Quebrada Patoyacu	RPatu-SED-ONP-01	--	--	-	-
		RPatu-SED-ONP-02	--	--	-	-
		RPatu-SED-ONP-03	--	--	Cr-Mg-Ti	-
		RPatu-SED-ONP-04	--	--	Cu-Zn-Ca-Fe-K-Mg-Si-Sr	Cu
	Río Nucuray	RNuc-SED-ONP-1	--	--	-	Cu
		RNuc-SED-ONP-2	--	--	-	-
		RNuc-SED-ONP-3	--	--	-	-
		RNuc-SED-ONP-4	--	--	K-Mg	-
		RNuc-SED-ONP-5	--	--	TPH-K-Si	-
		RNuc-SED-ONP-6	--	--	TPH-Mg	-

[1] Estándares de Calidad Ambiental para Agua (2008) Categoría 4 «Conservación de ambientes acuáticos – Ríos de la Selva». Aprobado mediante Decreto Supremo N.° 002-2008-MINAM

[2] Estándares de Calidad Ambiental para Agua (2017), Categoría 4 «Conservación de ambientes acuáticos» subcategoría E2 «Ríos de la Selva». Aprobado mediante Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM

[3] Según el Informe N° 200-2019-OEFA/DEAM-SSIM para la comparación de resultados de TPH y metales.

[4] Guía «*Atlantic RBCA (Risk – Based Corrective Actions) for Petroleum Impacted Sites in Atlantic Canada version 3 – User Guidance*, 2015» para la comparación de resultados de TPH.

[5] Guía de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales (*Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life of Freshwater* – CEQG-SQG, 2002) para la comparación de resultados de metales.

3. PRINCIPALES CONCLUSIONES

i. El Canal de flotación del Tramo I del ONP es un ecosistema estacionalmente inundable con características típicas de cuerpos de agua amazónicos que tiene interacción permanente con los ambientes acuáticos próximos y que sirve de soporte para la vida acuática; se encuentra dentro de un complejo de bosques y aguajales que albergan gran biodiversidad por ubicarse en la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional Pacaya Samiria y en el Abanico del Pastaza reconocido como el sitio RAMSAR más grande de toda la Amazonía.

ii. Los resultados de la presente evaluación fueron comparados, para agua superficial con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (2008) Categoría 4 «Conservación de ambientes acuáticos – Ríos de la Selva» y complementariamente con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (2017), Categoría 4 «Conservación de ambientes acuáticos» subcategoría E2 «Ríos de la Selva»; y para sedimentos, las concentraciones de TPH y metales totales fueron comparados con los niveles de fondo obtenidos de ríos y quebradas según el Informe N.° 200-2019-OEFA/DEAM-SSIM. Adicional y referencialmente, para TPH, con la guía Atlantic RBCA [*Risk-Based Corrective Action]* del 2015; para metales totales con la Guía de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales [CEQG-SQG] del 2002. En el caso de las comunidades hidrobiológicas se evaluó la riqueza, abundancia y diversidad para cada comunidad evaluada y la concentración de TPH y HAP en tejido muscular de peces.

Calidad de agua superficial

iii. En el Canal de flotación las concentraciones de TPH y HAP no superaron los ECA para agua 2017; siendo menores al Límite de Cuantificación analítico; mientras que las concentraciones de plomo y cobre superaron los ECA para agua 2008 en 5 y 2 puntos de muestreo respectivamente. Asimismo, el pH registró valores en el rango de 5,17 - 6,30 (ácido) y oxígeno disuelto en el rango de 0,11 - 1,41 mg/L, cuyos valores se encuentran por debajo del valor mínimo establecido en los ECA para agua 2008 y 2017; además, presentaron baja conductividad en el rango de 21,2 - 53,1 µS/cm. Siendo estas características propias de «aguas negras amazónicas» sumado al bajo dinamismo del agua en el Canal de flotación.

iv. En los ríos Cuninico, Nucuray, Urituyacu y la quebrada Patoyacu las concentraciones de TPH y HAP no superaron los ECA para agua 2017; siendo menores al Límite de Cuantificación analítico; y los metales totales encontrados no superaron los ECA para agua 2008 y 2017. Asimismo, el pH registró valores en el rango de 5,73 - 6,28 (ácido) y oxígeno disuelto en el rango de 0,16 - 1,82 mg/L, cuyos valores se encuentran por debajo del valor mínimo establecido en los ECA para agua 2008 y 2017; además, presentaron baja conductividad en el rango de 28,0 - 44,3 µS/cm. Estas condiciones son típicas de cuerpos de agua meándricos, propios de la llanura Amazónica que por su origen son «aguas negras amazónicas».

Calidad del sedimento

v. En el Canal de flotación los resultados entre los Km 39+500 y Km 90+000 del Tramo I del ONP fueron:

- Las concentraciones de TPH en el sedimento fueron mayores al Límite de Cuantificación analítico (13,3 mg/kg) en 60 de los 66 puntos de muestreo (90,91%) en el rango de 22,5 - 2 454,0 mg/kg. Asimismo, 56 de los 66 puntos de muestreo (84,85%) superaron el nivel de fondo para TPH (NF_{TPH}=45,46 mg/kg). Esto evidencia que las concentraciones de TPH encontradas en el sedimento tienen origen en los derrames de petróleo crudo ocurridos en el área evaluada, como única fuente antropogénica de hidrocarburos.
- Por otro lado, en 20 de los 66 puntos de muestreo (30,30%) las concentraciones de TPH superaron el valor referencial de comparación ESL (500 mg/kg) de la guía Atlantic RBCA, lo cual indica una posible afectación de organismos acuáticos sensibles en estos puntos, representando un riesgo ecológico aún por debajo de dicho nivel tomado como referencia.

En ese sentido, los resultados obtenidos justificarían la adopción de acciones complementarias por parte del administrado.

vi. En el Canal de flotación, entre los Km 39+500 y Km 90+000, las concentraciones de los principales metales asociados a la actividad hidrocarburífera – arsénico, bario, cobre, zinc, cadmio, cromo, mercurio, níquel y vanadio – registraron concentraciones que superaron los niveles de fondo o los valores referenciales de comparación ISQG o PEL de la norma CEQG-SQG:

- El cobre estuvo presente en todos los puntos evaluados, superando el valor ISQG en 42 de los 66 puntos de muestreo (63,64%); y los niveles de fondo (NF_{cobre}=22,98 mg/kg) en 58 de los 66 puntos de muestreo (87,88%). Por otro lado, el cadmio, zinc y mercurio superaron los valores ISQG en 4, 1 y 3 puntos de muestreo respectivamente; y el arsénico superó el PEL en 3 puntos.
- De los metales zinc, cromo, níquel, vanadio y bario, de los 66 puntos muestreados superaron los niveles de fondo; el zinc en 30, el cromo en 3, el níquel en 26, el vanadio en 20 y el bario en 14 puntos de muestreo.

Los metales, cuyas concentraciones superan los niveles de fondo indican que, en el Canal de flotación, dichas concentraciones no son propias de ambientes acuáticos de la zona de estudio, pudiendo tener un origen antropogénico. Asimismo, al superar los valores ISQG o PEL de la CEQG-SQG indicaría que dichas concentraciones están asociadas a efectos biológicos adversos ocasionales o frecuentes. Dependiendo de su disponibilidad, tienen potencial de afectación por su capacidad de ser bioacumulable. Además, las condiciones del medio acuático (pH ácido) del Canal de flotación facilitaría la biodisponibilidad de estos metales tóxicos, contituyendo así un potencial de afectación para los organismos acuáticos, tanto por su capacidad de ser bioacumulable, como por la posibilidad de influir en la disminución de la actividad microbiana responsable de la atenuación natural de hidrocarburos.

vii. Al realizar un análisis de correlación bivariada de Pearson mediante un agrupamiento multidimensional, las concentraciones de cobre y otros metales de interés en el sedimento del Canal de flotación, no reflejan una relación estadística significativa con las concentraciones de TPH registradas en este estudio. Sin embargo, no se descarta que exista relación entre la presencia de estos metales y los derrames de petróleo crudo, considerando la caracterización de su composición química señalada en el PAMA.

viii. Los resultados de TPH en sedimento obtenidos en los ríos Cuninico, Nucuray, Urituyacu y la quebrada Patoyacu, aguas abajo de la intersección con el Canal de flotación, fueron comparados con el nivel de fondo (NF_{TPH}=45,46 mg/kg); donde 5 de los 11 puntos de muestreo superaron el NF_{TPH}. Asimismo, el punto Qcuni-SED-ONP-4, ubicado en el río Cuninico superó referencialmente el valor ESL (500 mg/kg) del Atlantic RBCA. La presencia de TPH registrada en los ríos y quebradas se debería a la migración del sedimento con restos de hidrocarburos provenientes del Canal de flotación durante eventos de inundación temporal, considerando al Canal como la fuente principal de hidrocarburos de origen antropogénico.

ix. En el río Cuninico se registraron las mayores concentraciones de TPH en sedimento en el rango de 45,1 - 797,1 mg/kg con relación a los demás cuerpos de agua evaluados. La presencia de hidrocarburos fue registrada tanto aguas arribas como aguas abajo de la intersección con el Canal de flotación; por lo que, la fuente atribuible es el Canal de flotación donde existe presencia de TPH producto de los derrames de petróleo, como es el caso del acontecido en el Km 41+883 en junio de 2014.

x. La presencia de TPH y fracciones de hidrocarburos de cadenas intermedias (F_2) y largas (F_3) en concentraciones cuantificables, registradas en la presente evaluación, confirma la prevalencia del contaminante en el sedimento del Canal de flotación desde la ocurrencia de los primeros derrames reportados al OEFA a partir de 2014. Estas concentraciones persisten en el Canal de flotación, aun cuando el administrado ha realizado acciones de respuesta a los mencionados derrames. Considerando que existen bajas concentraciones de oxígeno disuelto, esta situación prevalente conlleva a la lenta degradación de los hidrocarburos.

xi. El flujo de agua es el medio de transporte del TPH desde el Canal de flotación hacia, ríos, quebradas y otros cuerpos de agua, siguiendo el curso natural aguas abajo; mientras que, su transporte hacia aguas arriba dependería de:

- Las características hidromorfológicas próximas a la intersección de los ríos y quebradas con el Canal de flotación. El Canal de flotación ha sido establecido en una elevación mayor con respecto al terreno asociados a los cursos de agua, facilitando el transporte de hidrocarburos aguas arriba y abajo durante eventos de inundación temporal, como se evidencia en la intersección con el río Cuninico.

- La presencia de zonas inundables (aguajales) que serían las vías de traslado del contaminante hacia los ríos y quebradas, como se refleja en la superposición de un Modelo de Elevación Digital (DEM) y una imagen de cobertura fraccional de vegetación, al noroeste de la intersección con el río Cuninico.

Comunidades hidrobiológicas

xii. Con respecto a las microalgas del perifiton correspondientes al Canal de flotación y los ríos y quebradas evaluadas, el phylum Bacillariophyta fue el grupo que presentó la mayor riqueza y abundancia, corroborando que este grupo de algas es el más representativo en los sistemas acuáticos continentales. Además, no se observó relación entre las concentraciones de TPH en sedimento con la riqueza y abundancia de microalgas.

xiii. Los macroinvertebrados bentónicos estuvieron escasamente representados en los ambientes evaluados. En los ríos y quebradas solo se encontraron en 2 de los 8 puntos evaluados; y en el Canal de flotación en 8 de los 21 puntos evaluados. El registro más alto de abundancia correspondió al punto CF-HB-ONP-41, ubicado en el Canal de flotación, donde se encontraron 11 individuos pertenecientes a 3 especies. Estos resultados, de escasa abundancia, estarían relacionados con la naturaleza química y física del sedimento del fondo, cuya textura arenosa y areno – francosa limita su desarrollo.

xiv. Los peces mostraron mayor número de especies e individuos en los puntos evaluados en el Canal de flotación con respecto a los registrados en ríos y quebradas. La mayor diversidad de especies en el Canal estaría asociada, principalmente, a la mayor cantidad de microhábitats observados en la evaluación (época creciente).

xv. Las muestras de tejido muscular de peces del Canal de flotación, ríos y quebradas evaluados, registraron valores de TPH y HAP menores al límite de cuantificación, los que estarían asociados a su biodisponibilidad por el intemperismo que sufre el crudo derramado en el tiempo.

4. RECOMENDACIÓN

- Aprobar el informe de Evaluación Ambiental del Canal de flotación en el sector comprendido entre el Km 39+500 y el Km 90+000 del Tramo I del Oleoducto Norperuano, del 29 de noviembre al 11 de diciembre de 2018, en vista que cuenta con el sustento técnico requerido.

Atentamente:

Oefa
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

Firmado digitalmente por: ENEQUE PUICON Armando Martin (FIR16723309)
Cargo: Subdirector de Sitios Impactados
Lugar: Sede Central - Lima\Lima\Jesus Maria
Motivo: Soy el autor del documento

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

Firmado digitalmente por: CHUQUISENGO PICON Llojan FIR 43052135 hard
Cargo: Coordinador en Evaluación Ambiental en Energía
Lugar: Sede Central - Lima\Lima\Jesus Maria
Motivo: Soy el autor del documento

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

Firmado digitalmente por: VIDAL GARCIA Zarela Elida FIR 42159730 hard
Cargo: Especialista Legal - Profesional I
Lugar: Sede Central - Lima\Lima\Jesus Maria
Motivo: Soy el autor del documento

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

Atentamente:

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

Firmado digitalmente por: GARCIA ARAGON Francisco (FIR31044541)
Cargo: Director de la Direccción de Evaluación Ambiental
Lugar: Sede Central - Lima\Lima\Jesus Maria
Motivo: Soy el autor del documento

"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por el OEFA, aplicando los dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. Nª 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: 02072331"

02072331

Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL CANAL DE FLOTACIÓN EN EL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE EL KM 39+500 Y EL KM 90+000 DEL TRAMO I DEL OLEODUCTO NORPERUANO, DEL 29 DE NOVIEMBRE AL 11 DE DICIEMBRE DE 2018

SUBDIRECCIÓN DE SITIOS IMPACTADOS

DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

2019

Profesionales que aportaron a este documento:



Firmado digitalmente por: HUARACA QUISPE Lidia Prisila (FIR44170390)
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 25/06/2019 13:41:36-0500



Firmado digitalmente por: MONTESINOS CALLE Victor FIR 41245736 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 25/06/2019 13:47:37-0500



Firmado digitalmente por: ESPINO CIUDAD Jessica Adela FIR 41434632 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 25/06/2019 13:43:49-0500



Firmado digitalmente por: CHAVARRY CASTRO Cristhian FIR 42931259 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 25/06/2019 13:45:26-0500



Firmado digitalmente por: CONDOR ARCE Luis Alonzo FIR 42772059 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 25/06/2019 14:21:57-0500



Firmado digitalmente por: TUPAYACHI TRUJILLO Raul (FIR23977402)
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 25/06/2019 14:21:19-0500



Firmado digitalmente por: VIDAL GARCIA Zarela Elida FIR 42159730 hard
Motivo: En señal de conformidad
Fecha: 25/06/2019 14:38:05-0500



Firmado digitalmente por: CHUQUISENGO PICON Llojan FIR 43052135 hard
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 25/06/2019 14:22:36-0500



Firmado digitalmente por: ENEQUE PUICON Armando Martin (FIR16723309)
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 25/06/2019 14:52:52-0500

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1
2. ANTECEDENTES 2
2.1 Instrumentos de gestión ambiental (IGA) 3
3. OBJETIVOS 4
3.1 Objetivo general 4
3.2 Objetivos específicos 4
4. ÁREA DE ESTUDIO 4
5. METODOLOGÍA 7
5.1 Agua superficial 7
5.1.1 Guías utilizadas para el muestreo 7
5.1.2 Ubicación de puntos de muestreo 7
5.1.3 Parámetros y métodos de análisis 14
5.1.4 Equipos utilizados 14
5.1.5 Aseguramiento de la calidad 15
5.1.6 Criterios de comparación 15
5.2 Sedimento 16
5.2.1 Guías utilizadas para el muestreo 16
5.2.2 Ubicación de puntos de muestreo 17
5.2.3 Equipos utilizados 22
5.2.4 Parámetros y métodos de análisis 23
5.2.5 Aseguramiento de la calidad 23
5.2.6 Criterios de Comparación 24
5.3 Comunidades hidrobiológicas 28
5.3.1 Guía utilizada para el muestreo 28
5.3.2 Ubicación de puntos de muestreo 29
5.3.3 Métodos de análisis 31
5.3.4 Equipos utilizados 32
5.3.5 Aseguramiento de calidad 32
5.3.6 Procesamiento y análisis de datos 32
6. RESULTADOS 34
6.1 Comparación con la normativa ambiental y estándares o valores de calidad aplicable 34
6.1.1 Agua superficial 34
6.1.2 Sedimento 42

6.2 Estudios especializados 54
6.2.1 Comunidades hidrobiológicas 54
7. DISCUSIÓN 84
7.1 Canal de flotación 85
7.2 Ríos y quebradas 101
8. CONCLUSIONES 109
8.1 Calidad de agua superficial 109
8.2 Calidad del sedimento 110
8.3 Comunidades hidrobiológicas 112
9. RECOMENDACIÓN 112
10. ANEXOS 112
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Derrames de petróleo crudo ocurridos entre los Km 39+500 y Km 90+000 del Tramo I del ONP 2
Tabla 2.2. Instrumentos de gestión ambiental aprobados para el ONP 3
Tabla 5.1. Referencias para el muestreo de agua superficial 7
Tabla 5.2. Diseño de la distribución de los puntos de muestreo de agua superficial 7
Tabla 5.3. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial 8
Tabla 5.4. Parámetros evaluados y métodos de análisis según laboratorio para agua superficial 14
Tabla 5.5. Equipos utilizados en las mediciones *in situ* 15
Tabla 5.6. Referencias para el muestreo de sedimentos 16
Tabla 5.7. Ubicación de los puntos de muestreo de sedimento 17
Tabla 5.8. Equipos utilizados para el muestreo de sedimento 22
Tabla 5.9. Parámetros evaluados y métodos de análisis según laboratorio para sedimento 23
Tabla 5.10. Niveles de fondo de TPH y metales en sedimentos de ríos y quebradas del Tramo I del ONP 25
Tabla 5.11. Valores referenciales de comparación para TPH y metales pesados en sedimento 28
Tabla 5.11. Guía de referencia para el muestreo de comunidades hidrobiológicas 28
Tabla 5.12. Puntos de muestreo de hidrobiología en las zonas de estudio 29
Tabla 5.13. Ubicación de los puntos de muestreo de comunidades hidrobiológicas 30
Tabla 5.14. Comunidades hidrobiológicas y métodos de análisis 31
Tabla 6.1. Comparación de las mediciones in situ con los ECA para agua Cat. 4 E2 (2017) en ríos y quebradas 35
Tabla 6.2. Comparación de las mediciones in situ con los ECA para agua 2008 y 2017 en el Canal de flotación 37
Tabla 6.3. Comparación de las concentraciones de metales que superan los ECA para agua 2008 y 2017 en el Canal de flotación 42
Tabla 6.4. Concentraciones de metales de interés que superaron los niveles de fondo y referencialmente los valores de la norma CEQG-SQG 46

Tabla 6.5. Metales totales en sedimento del Canal de flotación que superan los niveles de fondo y referencialmente los valores de la CEQG-SQG 51
Tabla 6.6. Comunidades hidrobiológicas evaluadas por punto de muestreo 54
Tabla 6.7. Comunidades hidrobiológicas evaluadas por punto de muestreo 57
Tabla 6.8. Índices de diversidad alfa registrados en los puntos de muestreo 59
Tabla 6.9. Índices de diversidad alfa del macroinvertebrados bentónicos en ríos y quebradas del Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000) 60
Tabla 6.10. Especies registradas en cada uno de los ríos y quebradas evaluados 61
Tabla 6.11. Categoría trófica de las espcies colectadas en ríos y quebradas 62
Tabla 6.12. Índices de diversidad alfa de peces en el Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000) 63
Tabla 6.13. Resultados de los análisis de compuestos orgánicos en músculo de peces por puntos de muestreo en ríos y quebradas 65
Tabla 6.14. Índices de diversidad alfa de las comunidades de microalgas por punto de muestreo 70
Tabla 6.15. Índices de diversidad alfa registrados en los puntos de muestreo 75
Tabla 6.16. Índices de diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos en el Canal de flotación (Km 39+500 al Km 90+000) 76
Tabla 6.17. Especies registradas en los puntos de muestreo con mayor riqueza del Canal de flotación 79
Tabla 6.18. Índices de diversidad alfa de peces en el Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000) 80
Tabla 6.19. Resultados de los análisis de compuestos orgánicos en músculo de peces por puntos de muestreo en el Canal de flotación 82
Tabla 7.1. Características de los tipos de aguas amazónicas peruanas 87

ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 4.1. Esquema de ubicación del área de estudio en el Tramo I del Oleoducto Norperuano 6
Figura 6.1. Valores de pH en quebradas y ríos en el área de estudio 36
Figura 6.2. Valores de oxígeno disuelto en quebradas y ríos en el área de estudio 36
Figura 6.3. Valores de pH en el Canal de flotación entre el Km 39+500 (río Cuninico) y Km 60+000 (río Urituyacu) (A); y entre el Km 60+000 (río Urituyacu) y Km 90+000 (río Nucuray) (B) 40
Figura 6.4. Valores de oxígeno disuelto en el Canal de flotación, entre el Km 39+500 (río Cuninico) y Km 60+000 (río Urituyacu) (A); y entre el Km 60+000 (río Urituyacu) y Km 90+000 (río Nucuray) (B) 41
Figura 6.5. Composición granulométrica de sedimentos en ríos y quebradas 43
Figura 6.6. Concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo en ríos y quebradas comparados referencialmente con el valor de la guía Atlantic RBCA 44
Figura 6.7. Fracciones de hidrocarburos (F1, F2 y F3) en ríos y quebradas 45
Figura 6.8. Clase textural en el Canal de flotación entre el Km 39+500+000 (río Cuninico) y Km 60+000 (río Urituyacu) (A); y entre el Km 60+000 (río Urituyacu) y Km 90+000 (río Nucuray) (B) 47
Figura 6.9. Concentraciones de TPH en el Canal de flotación entre el Km 39+500 (río Cuninico) y Km 60+000 (río Urituyacu) (A); y entre el Km 60+000 (río Urituyacu) y Km 90+000 (río Nucuray) (B) 48

Figura 6.10. Fracciones de hidrocarburos (F1, F2 y F3) en el Canal de flotación entre el Km 39+500 (río Cuninico) y Km 60+000 (río Urituyacu) (A); y entre el Km 60+000 (río Urituyacu) y Km 90+000 (río Nucuray) (B) 49
Figura 6.11. Composición y riqueza de especies de microalgas del perifiton registradas en ríos y quebradas del Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000) 56
Figura 6.12. Abundancia de especies de microalgas del perifiton registradas en ríos y quebradas del Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000)..... 56
Figura 6.13. Dendrograma de similitud de las microalgas del perifiton en ríos y quebradas 57
Figura 6.14. Composición y riqueza de especies de perifiton animal registradas en ríos y quebradas del Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000)..... 58
Figura 6.15. Abundancia de especies de perifiton animal registradas en ríos y quebradas del Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000) 59
Figura 6.16. Riqueza de especies de peces registradas en ríos y quebradas 61
Figura 6.17. Abundancia de especies de peces registradas en ríos y quebradas..... 62
Figura 6.18. Composición trófica en relación a la riqueza (a) y abundancia (b) de los peces colectados en ríos y quebradas..... 63
Figura 6.19. Composición y riqueza de especies de microalgas registradas en el Canal de flotación (Km 39+500 al Km 90+000)..... 67
Figura 6.20. Abundancia de especies de microalgas registradas en el Canal de flotación (Km 39+500 al Km 90+000)..... 69
Figura 6.21. Dendrograma de similitud de las microalgas del perifiton en el Canal de flotación..... 71
Figura 6.22. Composición y riqueza de especies de perifiton animal registradas en el Canal de flotación (Km 39+500 al Km 90+000) 72
Figura 6.23. Abundancia de especies de perifiton animal registradas en el Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000)..... 74
Figura 6.24. Composición de especies registradas en el Canal de flotación..... 77
Figura 6.25. Riqueza de especies de peces registradas en el Canal de flotación..... 78
Figura 6.26. Abundancia de especies de peces registradas en el Canal de flotación.... 80
Figura 7.1. Modelo conceptual del transporte físico del contaminante en el medio acuático..... 84
Figura 7.2. Relación entre oxígeno disuelto y pH en el Canal de flotación..... 86
Figura 7.3. Concentraciones de TPH en sedimento en el Canal de flotación entre el Km 39+500 (río Cuninico) y Km 60+000 (río Urituyacu) (A); y entre el Km 60+000 (río Urituyacu) y Km 90+000 (río Nucuray) (B) 89
Figura 7.4. Imagen referencial de «puntos de calor» para las concentraciones de TPH en Canal de flotación entre los Km 39+500 al Km 90+000. La mayor saturación de color (rojo) corresponde a concentraciones más altas y menor saturación de color (verde) a menores concentraciones. (Elaborado en QGis versión 2.3). 90
Figura 7.5. Concentraciones de TPH en sitios de ocurrencia de derrame de petróleo crudo con respecto a la cantidad de barrilles derramados 92
Figura 7.6. Concentraciones de cobre (Cu) en el Canal de flotación, entre el Km 39+500 (río Cuninico) y 60+000 (río Urituyacu) (A); y entre el Km 60+000 (río Urituyacu) y Km 90+000 (río Nucuray) (B)..... 94

Figura 7.7. Diagramas de red para la representación de la correlación bivariada de Pearson (1920) para metales y TPH. Escenarios con coeficientes de correlación: 0,65 en (A); 0,70 en (B); 0,75 en (C); y 0,80 en (D). 96
Figura 7.8. Riqueza (A) y abundancia (B) de microalgas versus los valores de TPH registradas en el Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000) 98
Figura 7.9. Riqueza (A) y abundancia (B) de peces versus los valores de TPH registradas en el Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000) 100
Figura 7.10. Relación entre oxígeno disuelto y pH en ríos y quebradas..... 101
Figura 7.11. Presencia/ausencia de TPH en sedimento en puntos aguas abajo y aguas arriba de los ríos y quebradas con respecto al Canal de flotación 102
Figura 7.12. Comparación de concentraciones de TPH registradas por OEFA (Abril 2016 y Diciembre 2018) 103
Figura 7.13. Imagen de cobertura fraccional de vegetación Sentinel 2 superpuesto a un Modelo de Elevación Digital (DEM) de 12,5 m de resolución. Píxeles de color rojizo oscuro representan vegetación arbórea en zonas de mayor elevación, en verde vegetación arbórea en zonas de menor elevación sujetas a inundaciones estacionales, azul áreas de mayor humedad e inundación; y en amarillo presencia de vegetación herbácea. 104
Figura 7.14. Riqueza (A) y abundancia (B) de microalgas versus los valores de TPH en sedimento registradas en las quebradas y ríos del Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000) 107
Figura 7.15. Riqueza (A) y abundancia (B) de peces versus los valores de TPH registradas en las quebradas y ríos del Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000) 108

1. INTRODUCCIÓN

El Oleoducto Norperuano (ONP) – operado por Petróleos del Perú - Petroperú S.A.[1]– transporta petróleo desde el departamento de Loreto, cruzando la selva, los andes y la costa peruana, hasta el Terminal de Bayóvar en el departamento de Piura. Su construcción se inició en 1974, posee una longitud de 1106 kilómetros, de los cuales 854 km corresponden al ducto principal (Tramo I y II) y 252 km al Ramal Norte[2].

El ONP inicia en la denominada Estación 1, ubicada en el centro poblado San José de Saramuro, a orillas del río Marañón en Loreto; está conformado por tuberías de 24 pulgadas de diámetro que recorren 306 km (Tramo I) en dirección oeste hasta llegar a la Estación 5. El recorrido continúa 548 km (Tramo II) hacia el oeste con tuberías de 36 pulgadas de diámetro hasta llegar al Terminal Bayóvar en la costa de Piura. Asimismo, existe un tramo adicional denominado Oleoducto Ramal Norte (ORN), que inicia en la denominada Estación Andoas (distrito Pastaza, Provincia Datem del Marañón, Departamento Loreto), que recorre 252 km en dirección suroeste con tuberías de 16 pulgadas hasta la Estación 5, donde se une al ONP.

En el Tramo I del ONP se han presentado 17 emergencias ambientales por derrames de petróleo crudo entre enero 2014 y marzo 2018 afectando suelo, agua superficial, sedimento, comunidades hidrobiológicas, flora y fauna. Una particularidad de este tramo es que posee una instalación llamada Canal de flotación, diseñada y construida para el tendido de aproximadamente 275 km de tubería[3], con el propósito de alojar el oleoducto y confinar el crudo en caso de un derrame. Actualmente el Canal de flotación se encuentra en total interacción con el ecosistema de la selva amazónica, lleno de agua superficial la mayor parte del año y brindando soporte para la vida acuática.

A solicitud de la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas (DSEM), el presente informe contiene la Evaluación Ambiental que determina Causalidad[4] en el Canal de flotación en el sector comprendido entre el km 39+500 y el km 90+000 del Tramo I del Oleoducto Norperuano, realizada del 29 de noviembre al 11 de diciembre de 2018 .

El área de estudio comprende 50,5 km del Canal de flotación y parte de los ríos Cuninico, Nucuray, Urituyacu y la quebrada Patoyacu (aproximadamente hasta 2 km aguas arriba y aguas abajo del Canal de flotación); entre los Km 39+500 y Km 90+000 del Tramo I del ONP; abarcando los distritos Urarinas y Lagunas, provincias Loreto y Alto Amazonas, respectivamente, en el departamento Loreto, en el ámbito de la cuenca del río Marañón. Asimismo, se encuentra dentro de la zona de amortiguamiento del Área Natural Protegida

---

1 Empresa de propiedad del Estado peruano y de derecho privado dedicada al transporte, refinación, distribución y comercialización de combustibles y otros productos derivados del petróleo.

2 Consultado en el siguiente link: https://www.petroperu.com.pe/proyectos-y-unidades-operativas/unidades-operativas/oleoducto/. Consultado el 2 de abril de 2019.

3 https://www.petroperu.com.pe/socio-ambiental/principal/gestion-ambiental/remediacion-ambiental-del-oleoducto-norperuano-onp-preguntas-frecuentes/ . Consultado el 15 de marzo de 2019.

4 Las evaluaciónes ambientales que realiza la DEAM pueden realizarse en dos escenarios: el primero, aplicable previo al inicio de actividades económicas fiscalizables de un administrado (Evaluación Ambiental Temprana - EAT), y el segundo, cuando la actividad económica está en ejecución (Evaluación ambiental que determina causalidad - EADC). Según el PLANEFA 2018 aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 027-2018-OEFA/CD una evaluación ambiental que determina causalidad comprende la realización de un análisis que permita determinar si existe relación de causalidad entre el estado de los componentes ambientales y los impactos que puedan generar las actividades de los sectores fiscalizados.

Reserva Nacional Pacaya Samiria y del sitio RAMSAR[5] Abanico del Pastaza.

Los componentes ambientales evaluados fueron: agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas. La descripción de parámetros y puntos de muestreo se amplía en el ítem 6 «Metodología». Cabe señalar que los parámetros de interés fueron hidrocarburos totales de petróleo (TPH) y metales, ya que ambos están relacionados a las actividades antropogénicas en la zona y a las emergencias ambientales suscitadas por los derrames de hidrocarburos en el ONP. Asimismo, los resultados han sido comparados con la normativa nacional, internacional y niveles de fondo[6] de acuerdo al parámetro evaluado.

2. ANTECEDENTES

Entre los Km 39+500 y Km 90+000 del Tramo I del ONP, han ocurrido 10 derrames de petróleo crudo durante el periodo del 2014 al 2018[7], los cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 2.1. Derrames de petróleo crudo ocurridos entre los Km 39+500 y Km 90+000 del Tramo I del ONP

N.°	Fecha	Ubicación	Coordenadas UTM WGS84 (Zona 18M)		Barriles	Área (m^2)
			Este	Norte		
1	30/06/2014	Tramo I - Km 41+833	467987	9474532	2358	87000
2	21/08/2016	Tramo I - Km 55+500	455912	9468096	2332	9213
3	21/08/2016	Tramo I - Km 54+200	456993	9468727	1710	9214
4	25/09/2016	Tramo I - Km 67+375	447305	9460217	1157	6640
5	14/10/2016	Tramo I - Km 82+460	435488	9451710	800	1418
6	22/10/2016	Tramo I - Km 53+310	457855	9469187	62	2444
7	11/07/2017	Tramo I - Km 59+127	452770	9466394	31	11000
8	15/09/2017	Tramo I - Km 51+570	459188	9469883	900	10000
9	15/09/2017	Tramo I - Km 51+767	459188	9469883		
10	11/03/2018	Tramo I - Km 87+887	430372	9449938	43	4100

Fuente: Memorándum N.° 3199-2018-OEFA/DSEM

Considerando la ocurrencia de los mencionados derrames, y a solicitud de la DSEM, el presente informe contiene la Evaluación Ambiental que determina causalidad en el Canal de flotación en el sector comprendido entre el km 39+500 y el km 90+000 del Tramo I del Oleoducto Norperuano, realizada del 29 de noviembre al 11 de diciembre de 2018 .

[5] Un sitio RAMSAR representa a humedales de importancia internacional para la conservación de la biodiversidad establecida por la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971). Es un tratado intergubernamental cuya misión es «la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales, regionales y nacionales y la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo». Consultado en http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/63CDE791FF2EB4CD05257C630051708F/$FILE/1_pdfsam_Manual_convenci%C3%B3n_de_Ramsar_2013.pdf, el 03 de abril de 2019.

[6] De acuerdo al Informe N.° 200-2019-OEFA/DEAM/SSIM «Determinación de Niveles de Fondo y Niveles de Referencia de hidrocarburos totales de petróleo y metales en sedimento de los ríos Cuninico, Nucuray y, Urituyacu y la quebrada Patoyacu, asociados al Canal de Flotación del Tramo I del Oleoducto Norperuano». (Ver Anexo 7)

[7] Según Memorándum N.° 3199-2018-OEFA/DSEM, y Petroperú S.A. Consultado en el siguiente link: https://www.petroperu.com.pe/socio-ambiental/principal/gestion-ambiental/remediacion-ambiental-del-oleoducto-norperuano-onp-preguntas-frecuentes/. Consultado el 27 de marzo de 2019.

Para tal efecto, en la presente evaluación se emplean los resultados de la «Determinación de niveles de fondo y niveles de referencia de hidrocarburos totales de petróleo y metales en sedimento de los ríos Cuninico, Nucuray, Urituyacu y la quebrada Patoyacu asociados al Canal de Flotación del Tramo I del Oleoducto Norperuano» presentada en el Informe N.° 200-2019-OEFA/DEAM-SIM (ver Anexo 7), aprobado el 3 de junio de 2019.

2.1 Instrumentos de gestión ambiental (IGA)

Los IGA asociados al ONP son detallados en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Instrumentos de gestión ambiental aprobados para el ONP

N.°	Administrado	Título del IGA	Documento de aprobación	Fecha de aprobación	Organismo que aprobó
1	Petróleos del Perú-Petroperú S.A.	Programa de Adecuación y Manejo Ambiental PAMA, operado por Petroperú S.A.[8]	Oficio N.º 136-95-EM/DGH	19/06/1995	Minem
2		Estudio de Impacto Ambiental Transporte de Crudo Pesado de la Cuenca del Marañón por el Oleoducto Norperuano*	Resolución Directoral N.° 320-2013-MEM/DGAAE	23/10/2013	Minem
3	Petróleos del Perú-Petroperú S.A.	Informe Técnico Sustentatorio «Modificación de Instalaciones para las Operaciones Temporales de Carga y Descarga de Crudo en la Estación 5 y el Terminal Bayóvar»	Resolución Directoral N.° 317-2016-MEM/DGAAE	30/11/2016	Minem
4		Informe Técnico Sustentatorio «Instalación de Facilidaddes de Carga y Descarga de Residual de Primaria en el Terminal Saramiriza y la Estación 5 del ONP»	Resolución Directoral N.° 494-2017-MEM/DGAAE	07/11/2017	Minem

(*) Este proyecto no ha sido ejecutado a la fecha de elaboración de este informe

[8] En mayo de 2003, se aprobó la Modificación del Impacto N.° 19 del Programa de Adecuación y Manejo Ambiental «Evaluación e Instalación de Válvulas en Cruces de Ríos» del ONP Ramal Norte según la R.D. N.º 215-2003-EM-DGAA.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar la calidad ambiental en el Canal de flotación, en los ríos Cuninico, Nucuray, Urituyacu y la quebrada Patoyacu comprendidos entre el Km 39+500 y el Km 90+000 del Tramo I del ONP; determinando si existe relación entre el estado de la calidad ambiental de los componentes ambientales y la actividad de transporte de hidrocarburos en el ONP.

3.2 Objetivos específicos

- Evaluar la calidad del agua superficial en el Canal de flotación, en los ríos Cuninico, Nucuray, Urituyacu y la quebrada Patoyacu.
- Evaluar la calidad de sedimentos en el Canal de flotación, en los ríos Cuninico, Nucuray, Urituyacu y la quebrada Patoyacu.
- Evaluar las comunidades hidrobiológicas en el Canal de flotación, en los ríos Cuninico, Nucuray, Urituyacu y la quebrada Patoyacu.
- Determinar si existe relación entre el estado de la calidad ambiental de los componentes ambientales y los derrames de hidrocarburos ocurridos en el Canal de flotación del Tramo I del ONP.

4. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende el Canal de flotación en el sector que va del Km 39+500 al Km 90+000 en el Tramo I del ONP; asimismo, los ríos Cuninico, Nucuray, Urituyacu y la quebrada Patoyacu, que abarcan los distritos Urarinas y Lagunas, provincias Loreto y Alto Amazonas, respectivamente, en el departamento Loreto.

El Canal de flotación evaluado, se ubica en la zona de amortiguamiento del Área Natural Protegida Reserva Nacional Pacaya Samiria y pertenece al sitio RAMSAR[9] Abanico del Pastaza. En la Figura 4.1 se muestra un esquema del área de estudio donde se ubica el Canal de flotación en el Tramo I del ONP.

El área de estudio se encuentra en la Selva Baja en las zonas de vida Bosque Húmedo Tropical (bh-T) y Bosque muy Húmedo Tropical (bmh-T) caracterizadas por presentar temperaturas cuyos promedios anuales máximo es 31,4° C y mínimo de 21,3° C con humedad relativa promedio anual de 81,72% y promedio de precipitación diaria de 9,3 mm (Holdridge, 1976); presentando ecosistemas acuáticos (inundables estacionales e inundables permanentes) y terrestres, con características propias de la amazonía (PAMA, 1995).

El recorrido del ONP entre la Estación 1 y el río Pastaza, pasando por los ríos Cuninico, Nucuray, Urituyacu y la quebrada Patoyacu; está conformado por terrenos cubiertos por aguajales y pantanos situados a lo largo de la orilla del río Marañón. Los cuerpos de agua evaluados intersecan el Canal de flotación y tributan sus aguas al río Marañón, en la cuenca

[9] Un sitio RAMSAR representa a humedales de importancia internacional para la conservación de la biodiversidad establecida por la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971). Es un tratado intergubernamental cuya misión es «la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales, regionales y nacionales y la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo». Consultado en http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/63CDE791FF2EB4CD05257C630051708F/$FILE/1_pdfsam_Manual_convenci%C3%B3n_de_Ramsar_2013.pdf, el 03 de abril de 2019.

del mismo nombre, donde el nivel del agua superficial varía aproximadamente 8 metros como máximo, entre la época de creciente y de estiaje, cubriendo la mayor parte del año terrenos pantanosos presentes a lo largo del Tramo I del ONP, siendo una zona de selva densa (PAMA, 1995).

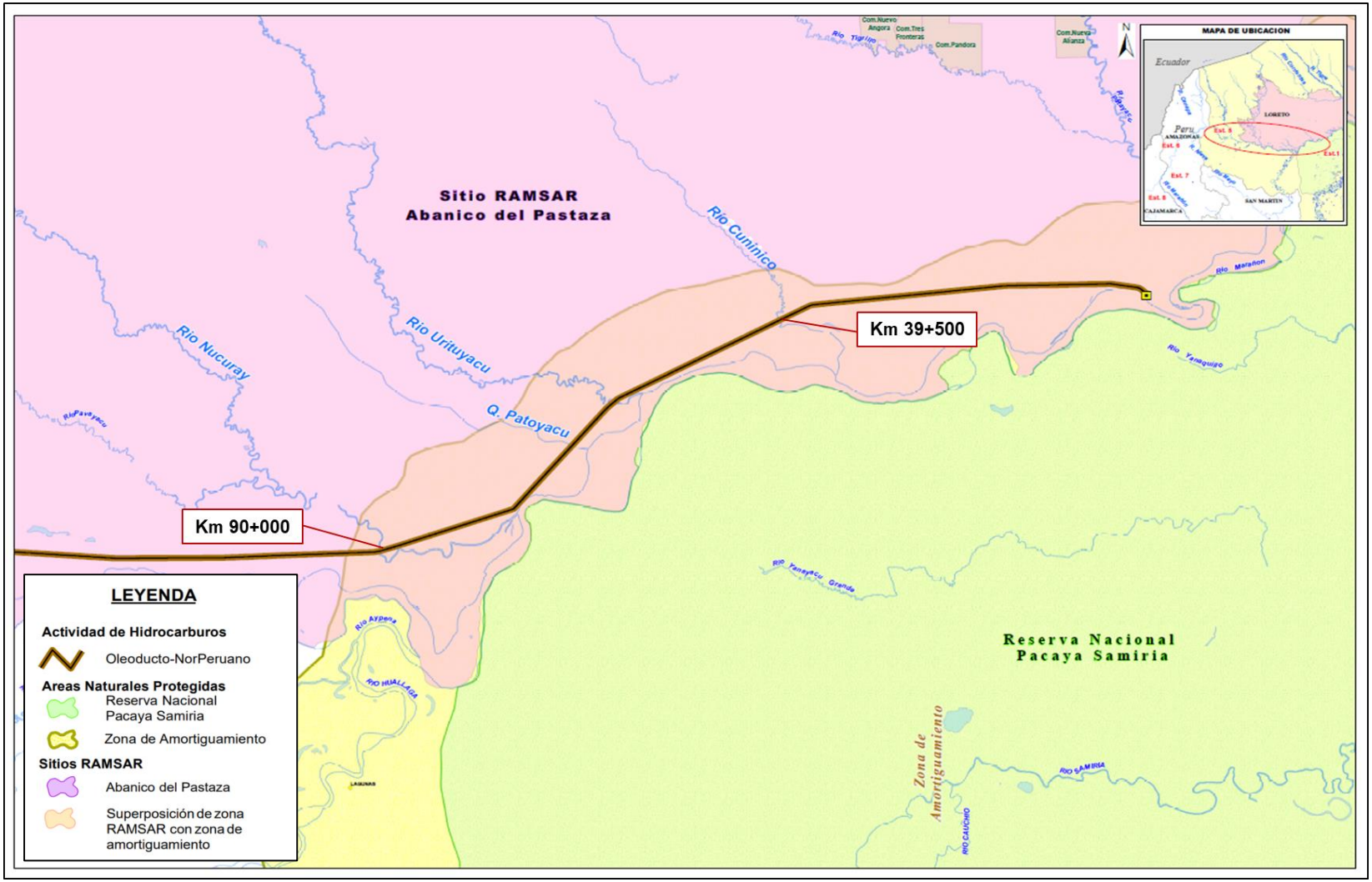


Figura 4.1. Esquema de ubicación del área de estudio en el Tramo I del Oleoducto Norperuano

5. METODOLOGÍA

La evaluación ambiental fue realizada en campo y gabinete. Durante el trabajo de campo se levantó información mediante el muestreo de agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas, empleando los protocolos y guías descritas en este capítulo. En gabinete la evaluación consitió en la interpretacion y análisis de resultados mediante comparaciones con normativas, guías aplicables y estudios antecedentes.

5.1 Agua superficial

5.1.1 Guías utilizadas para el muestreo

La toma de muestras de agua en los ríos, quebradas y Canal de flotación se realizó considerando los procedimientos establecidos en el capítulo 6 del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, tal como se presenta en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Referencias para el muestreo de agua superficial

Referencia	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales	Sección 6, ítem 6.1, 6.2, 6.3(a), 6.4, 6.8, 6.9, 6.10, 6.11, 6.14, 6.15 (a, b, e), 6.16, 6.17*	Perú	Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA	2016

Nota: Cabe señalar que también se consideraron los requierimientos establecidos por el laboratorio acreditado encargado de la analítica.
* Solo considera como control de calidad los duplicados de campo

5.1.2 Ubicación de puntos de muestreo

Se evaluó la calidad del agua superficial en un total de 88 puntos de muestreo, de los cuales 66 están ubicados en el Canal de flotación, y 22 en ríos y quebradas. Los criterios técnicos para ubicar los puntos de muestreo son descritos en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2. Diseño de la distribución de los puntos de muestreo de agua superficial

Descripción	Cantidad de puntos de muestreo
<u>Muestreo sistemático:</u> Equidistantes entre sí, - 36 puntos de muestreo aproximadamente cada 600 m (Km 39+500 al Km 60+000) - 30 puntos de muestreo aproximadamente cada 900 m (Km 60+000 al Km 90+000) - 6 puntos de muestreo aproximadamente cada 500 m, en el río Cuninico - 6 puntos de muestreo aproximadamente cada 500 m, en el río Urituyacu - 6 puntos de muestreo aproximadamente cada 500 m, en el río Nucuray - 4 puntos de muestreo aproximadamente cada 500 m, en la quebrada Patoyacu	88
<u>Muestreo en zonas de derrame:</u> - 1 punto de muestreo por cada lugar de ocurrencia de derrame (Km 39+500 al Km 90+000).	10*

*Los puntos ubicados en las zonas de derrame coinciden con los ubicados en el muestreo sistemático.

La distribución sistemática de los puntos de muestreo (muestreo aleatorio sistemático[10]) según se describe en la Tabla 6.2. fue de carácter exploratorio y establecida con la finalidad de asegurar la representatividad de los puntos de muestreo para caracterizar la calidad ambiental en el Canal de flotación y en los ríos y quebradas.

Para la evaluación del Canal de flotación se le dividió en 2 sectores: el primero entre los Km 39+500 (río Cuninico) y Km 60+000 (río Urituyacu); y el segundo, entre los Km 60+000 (río Urituyacu) y Km 90+000 (río Nucuray). La distancia comprendida en estos sectores es de 20,5 y 30 km respectivamente, haciendo un total aproximado de 50,5 km de Canal de flotación evaluado. Los puntos de muestreo fueron ubicados cada 600 m en el primer sector y cada 900 m en el segundo sector, para establecer estas distancias se consideró su longitud y la cantidad de emergencias ambientales[11] comprendidas en ellos. Adicionalmente, se establecieron puntos de muestreo en cada lugar de ocurrencia de derrames de petróleo crudo.

En los ríos y quebradas también se distribuyeron puntos de muestreo de manera sistemática. En los ríos Cuninico, Urituyacu y Nucuray se colocaron 6 puntos de muestreo, 3 aguas arriba y 3 aguas abajo del Canal de flotación, equidistantes entre sí en aproximadamente 500 m. En la quebrada Patoyacu, por ser un cuerpo de agua de un caudal significativamente menor[12] a los demás, se colocaron 4 puntos de muestreo, 2 aguas arriba y 2 aguas abajo del Canal de flotación, equidistantes entre sí en aproximadamente 500 m. Esto con el propósito de determinar la posible influencia del Canal de flotación sobre los cuerpos de agua superficial.

En el Anexo 2 se muestra la ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial. La descripción de los puntos de muestreo de agua se presenta en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial

N.°	Código del punto de muestreo	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este	Norte		
1	QCuni-AS-ONP-1	3/12/2018	09:40	470142	9476489	103	Río Cuninico, aproximadamente a 1250 m aguas arriba del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
2	QCuni-AS-ONP-2	3/12/2018	10:35	469865	9476072	102	Río Cuninico, aproximadamente a 750 m aguas arriba del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
3	QCuni-AS-ONP-3	3/12/2018	12:14	470029	9475671	107	Río Cuninico, aproximadamente a 250 m aguas arriba del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.

[10] Definición de muestreo sistemático según Casal, *et al.,* 2003: El muestreo sistemático es un tipo de muestreo que consiste en elegir el primer individuo al azar y el resto de manera sistemática. Este tipo de muestreo facilita la identificación de los componentes de la muestra.

[11] En el primer sector, comprendido entre el Km 39+500 y el Km 60+000, ocurrieron 7 derrames de crudo. En el segundo sector, comprendido entre el Km 60+000 y el Km 90+000, ocurrieron 3 derrames. En ambos casos se consideraron 30 puntos como minimo.

[12] La quebrada Patoyacu mantiene un caudal anual entre 0,2 y 8,6 m^3/s, según los Informes de la vigilancia de calidad ambiental del agua en el Tramo I del ONP: N.° 354-2018-OEFA-DEAM-STEC, N.° 378-2018-OEFA-DEAM-STEC y N.° 0001-2019-OEFA-DEAM-SSIM

N.°	Código del punto de muestreo	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este	Norte		
4	QCuni-AS-ONP-4	3/12/2018	13:10	470117	9475454	101	Río Cuninico, aproximadamente a 250 m aguas abajo del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
5	QCuni-AS-ONP-5	3/12/2018	14:04	470265	9475122	106	Río Cuninico, aproximadamente a 750 m aguas abajo del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
6	QCuni-AS-ONP-6	3/12/2018	15:05	470327	9474828	108	Río Cuninico, aproximadamente a 1250 m aguas abajo del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
7	CF-AS-ONP-1	4/12/2018	09:45	469782	9475476	106	Canal de flotación, aproximadamente a 200 m al oeste de la río Cuninico.
8	CF-AS-ONP-2	4/12/2018	11:05	469211	9475172	107	Canal de flotación, aproximadamente a 700 m al oeste de la río Cuninico.
9	CF-AS-ONP-3	4/12/2018	11:58	468647	9474874	113	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 41+000 del Tramo I del ONP.
10	CF-AS-ONP-4	4/12/2018	13:00	468126	9474604	120	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 41+600 del Tramo I del ONP.
11	CF-AS-ONP-5	4/12/2018	14:04	467987	9474532	110	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 41+833 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo.
12	CF-AS-ONP-6	4/12/2018	15:00	467606	9474327	111	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 42+300 del Tramo I del ONP.
13	CF-AS-ONP-7	9/12/2018	10:25	467072	9474052	107	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 42+900 del Tramo I del ONP.
14	CF-AS-ONP-8	9/12/2018	11:05	466545	9473767	105	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 43+500 del Tramo I del ONP.
15	CF-AS-ONP-9	9/12/2018	11:35	466015	9473486	115	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 44+100 del Tramo I del ONP.
16	CF-AS-ONP-10	9/12/2018	12:01	465484	9473205	116	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 44+700 del Tramo I del ONP.
17	CF-AS-ONP-11	9/12/2018	12:28	464954	9472926	114	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 45+300 del Tramo I del ONP.
18	CF-AS-ONP-12	9/12/2018	12:53	464422	9472647	111	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 45+900 del Tramo I del ONP.
19	CF-AS-ONP-13	9/12/2018	13:21	463892	9472367	110	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 46+500 del Tramo I del ONP.
20	CF-AS-ONP-14	9/12/2018	13:49	463361	9472086	112	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 47+100 del Tramo I del ONP.
21	CF-AS-ONP-16	9/12/2018	10:15	462299	9471528	96	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 48+300 del Tramo I del ONP.
22	CF-AS-ONP-17	9/12/2018	11:00	461769	9471248	98	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 48+900 del Tramo I del ONP.

N.°	Código del punto de muestreo	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este	Norte		
23	CF-AS-ONP-18	9/12/2018	11:45	461238	9470968	117	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 49+500 del Tramo I del ONP.
24	CF-AS-ONP-22	5/12/2018	13:37	460771	9470723	112	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 50+000 del Tramo I del ONP.
25	CF-AS-ONP-19	5/12/2018	12:34	460707	9470688	116	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 50+100 del Tramo I del ONP.
26	CF-AS-ONP-20	5/12/2018	11:50	460194	9470515	111	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 50+600 del Tramo I del ONP.
27	CF-AS-ONP-21	5/12/2018	11:05	459646	9470127	119	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 51+300 del Tramo I del ONP.
28	CF-AS-ONP-23	5/12/2018	10:11	459198	9469881	112	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 51+767 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo.
29	CF-AS-ONP-24	8/12/2018	10:32	458588	9469562	105	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 52+500 del Tramo I del ONP.
30	CF-AS-ONP-25	8/12/2018	11:28	458036	9469273	109	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 53+100 del Tramo I del ONP.
31	CF-AS-ONP-26	9/12/2018	12:30	457855	9469187	120	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 53+310 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo.
32	CF-AS-ONP-27	8/12/2018	12:08	457525	9469004	108	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 53+700 del Tramo I del ONP.
33	CF-AS-ONP-28	9/12/2018	14:45	456993	9468727	114	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 54+200 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo.
34	CF-AS-ONP-29	9/12/2018	14:00	456462	9468446	114	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 54+800 del Tramo I del ONP.
35	CF-AS-ONP-30	8/12/2018	16:07	455907	9468147	111	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 55+500 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo.
36	CF-AS-ONP-31	8/12/2018	15:35	455400	9467888	106	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 56+000 del Tramo I del ONP.
37	CF-AS-ONP-32	8/12/2018	14:54	454868	9467610	104	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 56+600 del Tramo I del ONP.
38	CF-AS-ONP-33	6/12/2018	13:33	454337	9467332	111	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 57+200 del Tramo I del ONP.
39	CF-AS-ONP-34	6/12/2018	13:00	453805	9467054	115	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 57+800 del Tramo I del ONP.
40	CF-AS-ONP-35	6/12/2018	11:05	453290	9466768	115	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 58+400 del Tramo I del ONP.

N.°	Código del punto de muestreo	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este	Norte		
41	CF-AS-ONP-36	6/12/2018	10:20	452811	9466431	102	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 59+000 del Tramo I del ONP. Al este del lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo identificado en la progresiva km 59+127.
42	CF-AS-ONP-37	6/12/2018	09:36	452708	9466344	119	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 59+150 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 150 m al este del río Urituyacu. Al oeste del lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo identificado en la progresiva km 59+127
43	RUri-AS-ONP-01	8/12/2018	15:25	451399	9466046	106	Río Urituyacu, aproximadamente a 1,74 km aguas arriba del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
44	RUri-AS-ONP-02	8/12/2018	14:30	451959	9466110	94	Río Urituyacu, aproximadamente. a 830 m aguas arriba del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
45	RUri-AS-ONP-03	8/12/2018	13:40	452380	9466452	106	Río Urituyacu, aproximadamente a 300 m aguas arriba del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
46	RUri-AS-ONP-04	8/12/2018	12:20	452778	9465965	101	Río Urituyacu, aproximadamente a 300 m aguas abajo del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
47	RUri-AS-ONP-05	8/12/2018	11:35	453090	9466286	96	Río Urituyacu, aproximadamente a 1 km aguas abajo del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
48	RUri-AS-ONP-06	8/12/2018	10:05	453809	9465984	93	Río Urituyacu, aproximadamente a 2 km aguas abajo del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
49	CF-AS-ONP-38	3/12/2018	11:20	452397	9466052	110	Canal de flotación, aproximadamente a 180 m al oeste del río Urituyacu.
50	CF-AS-ONP-39	4/12/2018	08:40	451995	9465681	101	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 60+200 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 725 m del rio Urituyacu en dirección suroeste.
51	CF-AS-ONP-40	4/12/2018	09:45	450963	9464521	106	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 61+700 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 2,3 km del rio Urituyacu en dirección suroeste.
52	CF-AS-ONP-41	4/12/2018	11:15	450322	9463765	105	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 62+600 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 3,3 km del rio Urituyacu en dirección suroeste.
53	CF-AS-ONP-42	4/12/2018	13:45	449765	9463114	105	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 63+500 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 4,1 km del rio Urituyacu en dirección suroeste.

N.°	Código del punto de muestreo	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este	Norte		
54	CF-AS-ONP-43	4/12/2018	14:40	449170	9462423	106	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 63+500 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 200 m al este de la quebrada Patoyacu.
55	RPatu-AS-ONP-01	6/12/2018	13:00	448314	9462121	110	Quebrada Patoyacu, aproximadamente a 1000 m aguas arriba del Canal de flotación.
56	RPatu-AS-ONP-02	6/12/2018	12:00	448799	9462347	108	Quebrada Patoyacu, aproximadamente a 300 m aguas arriba del Canal de flotación.
57	RPatu-AS-ONP-03	6/12/2018	10:55	449160	9462155	107	Quebrada Patoyacu, aproximadamente a 200 m aguas abajo del Canal de flotación.
58	RPatu-AS-ONP-04	6/12/2018	10:05	449481	9461702	88	Quebrada Patoyacu, aproximadamente a 1000 m aguas abajo del Canal de flotación.
59	CF-AS-ONP-44	4/12/2018	16:30	448614	9461767	103	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 64+400 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 670 m al oeste de la quebrada Patoyacu.
60	CF-AS-ONP-45	4/12/2018	15:50	448002	9461049	108	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 65+300 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 1,6 km del rio Urituyacu en dirección suroeste.
61	CF-AS-ONP-46	5/12/2018	09:30	447408	9460348	106	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 66+200 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 2,5 km de la quebrada Patoyacu en dirección suroeste.
62	CF-AS-ONP-47	5/12/2018	10:20	447194	9460086	103	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 67+375 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo. Aproximadamente a 2,86 km de la quebrada Patoyacu en dirección suroeste.
63	CF-AS-ONP-48	5/12/2018	11:20	446844	9459678	113	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 67+900 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 3,4 km de la quebrada Patoyacu en dirección suroeste.
64	CF-AS-ONP-49	5/12/2018	13:30	446271	9459005	112	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 68+800 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 4,25 km de la quebrada Patoyacu en dirección suroeste.
65	CF-AS-ONP-50	5/12/2018	14:15	445651	9458276	112	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 69+700 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 5,25 km del rio Urituyacu en dirección suroeste.
66	CF-AS-ONP-55	6/12/2018	08:30	442432	9454486	107	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 74+800 del Tramo I del ONP.
67	CF-AS-ONP-57	6/12/2018	11:00	441405	9453769	114	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 76+000 del Tramo I del ONP.

N.°	Código del punto de muestreo	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este	Norte		
68	CF-AS-ONP-58	6/12/2018	12:30	440701	9453532	92	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 76+750 del Tramo I del ONP.
69	CF-AS-ONP-59	5/12/2018	09:15	439523	9453115	100	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 78+000 del Tramo I del ONP.
70	CF-AS-ONP-60	5/12/2018	10:20	438890	9452888	102	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 78+600 del Tramo I del ONP.
71	CF-AS-ONP-61	5/12/2018	11:10	438039	9452595	106	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 79+500 del Tramo I del ONP.
72	CF-AS-ONP-62	5/12/2018	12:00	437189	9452300	109	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 80+400 del Tramo I del ONP.
73	CF-AS-ONP-63	5/12/2018	13:00	436338	9452005	106	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 81+300 del Tramo I del ONP.
74	CF-AS-ONP-64	4/12/2018	14:45	435488	9451710	113	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 82+460 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo.
75	CF-AS-ONP-65	4/12/2018	14:00	434638	9451414	101	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 83+100 del Tramo I del ONP.
76	CF-AS-ONP-66	4/12/2018	12:45	433788	9451119	106	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 84+000 del Tramo I del ONP.
77	CF-AS-ONP-67	4/12/2018	11:45	432937	9450825	109	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 84+900 del Tramo I del ONP.
78	CF-AS-ONP-68	4/12/2018	10:30	432492	9450668	108	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 85+400 del Tramo I del ONP.
79	CF-AS-ONP-70	3/12/2018	12:30	430372	9449938	112	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 87+887 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo.
80	CF-AS-ONP-71	3/12/2018	11:30	429532	9449655	112	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 88+800 del Tramo I del ONP.
81	CF-AS-ONP-72	3/12/2018	10:30	428454	9449295	114	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 89+900 del Tramo I del ONP.
82	CF-AS-ONP-73	3/12/2018	08:20	427941	9449141	112	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 90+400 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 150 m al este del río Nucuray.
83	RNuc-AS-ONP-1	7/12/2018	11:20	428053	9450280	106	Río Nucuray, aproximadamente a 1250 m aguas arriba del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
84	RNuc-AS-ONP-2	7/12/2018	12:00	427926	9449817	106	Río Nucuray, aproximadamente a 750 m aguas arriba del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
85	RNuc-AS-ONP-3	7/12/2018	12:45	427836	9449327	104	Río Nucuray, aproximadamente a 250 m aguas arriba del cruce con el Canal de flotación del Tramo I del ONP.

N.°	Código del punto de muestreo	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este	Norte		
86	RNuc-AS-ONP-4	7/12/2018	13:20	427835	9448847	104	Río Nucuray, aproximadamente a 250 m aguas abajo del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
87	RNuc-AS-ONP-5	7/12/2018	14:45	428243	9448566	109	Río Nucuray, aproximadamente a 750 m aguas abajo del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
88	RNuc-AS-ONP-6	7/12/2018	15:15	428568	9448235	105	Río Nucuray, aproximadamente a 1250 m aguas abajo del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.

Notas: La precisión de las coordenadas en todos los puntos de muestreo fue de ±3 m.

5.1.3 Parámetros y métodos de análisis

Los parámetros hidrocarburos totales de petróleo (C_{10}-C_{40}) y aceites y grasas fueron seleccionados por estar vinculados a la actividad del transporte de petróleo crudo por ductos. Además se consideró la evaluación de metales totales ya que algunos guardan relación con la actividad hidrocarburífera[13,14].

Los parámetros de campo medidos *in situ* fueron: temperatura, potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica y oxígeno disuelto (OD) en cada punto de muestreo de agua superficial.

Los parámetros establecidos y los métodos de análisis de laboratorio acreditados ante el Instituto Nacional de Calidad (Inacal) son presentados en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4. Parámetros evaluados y métodos de análisis según laboratorio para agua superficial

N.°	Parámetro	Unidad	Método de análisis	Laboratorio de ensayo acreditado
1	Hidrocarburos totales de petróleo (C_8-C_{40})	mg/L	EPA METHOD 8015 C Rev. 3, 2007 (Cromatografía de gases)	ALS LS Perú S.A.C.
2	Aceites y grasas	mg/L	ASTM D7066.04 (Validado), 2011 (Infrarrojo)	
3	Metales totales incluido mercurio	mg/L	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007 (ICP-Masas)*	

* Este método establece el análisis de un total de 33 metales totales
Fuente: Informes de ensayo del laboratorio ALS LS PERÚ S.A.C.

5.1.4 Equipos utilizados

La Tabla 5.5 presenta los equipos utilizados para la medición de parámetros *in situ* y toma de coordenadas de los puntos de muestreo.

[13] Según el PAMA, 1995., la composición química de los hidrocarburos traen consigo concentraciones cuantificables de vanadio, níquel, hierro, sales, entre otros. Además cobre (no cuantificado) señalado como elemento con potencial contaminante.

[14] Según Fakhru'l-Razi, *et.al* (2009) a nivel mundial los metales relacionados con aguas de producción de petróleo crudo son calcio, sodio, potasio, magnesio, aluminio, boro, bario, litio, estroncio y zinc, que pueden estar presentes en concentraciones cuantificables; asimismo, trazas de hierro, cadmio, cobre, cromo, manganeso, plomo, titanio, arsénico, mercurio, plata y berilio.

Tabla 5.5. Equipos utilizados en las mediciones *in situ*

N.°	Equipos	Marca	Modelo	Serie
1	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU005008
2	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU004971
3	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU004986
4	Multiparámetro portátil	Hach CO	HQ40d	150500000898
5	Multiparámetro portátil	Hach CO	HQ40d	150500000010
6	Multiparámetro portátil	Hach CO	HQ40d	150500000066
7	Multiparámetro portátil	Hach CO	HQ40d	150500000299
8	Multiparámetro portátil	Hach CO	HQ40d	150500000295

Nota: Los certificados de calibración de los equipos Multiparámetro portátiles son presentados en el Anexo 3: Reporte de Campo con N.° 040-2019-SSIM.

5.1.5 Aseguramiento de la calidad

El aseguramiento de la calidad en la colecta de las muestras de agua y su posterior análisis se basó en las indicaciones descritas en la publicación «Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales» aprobada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) mediante Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA, según se detalla en la Tabla 6.1. del ítem 5.1.1. Guías utilizadas para la evaluación.

5.1.6 Criterios de comparación

Los ríos Marañón, Urituyacu y Nucuray son clasificados con la Categoría 4 «Conservación del ambiente acuático» según el Anexo 1 de la Resolución Jefatural N.° 056-2018-ANA «Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales» de la Autoridad Nacional del Agua; asimismo, establece que los cuerpos de agua superficial que no cuentan con una clasificación asignada, adoptarán la categoría del cuerpo de agua al cual tributan, siendo este el caso particular del río Cuninico y la quebrada Patoyacu.

Los resultados obtenidos fueron comparados con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua aprobados en los años 2008[15] y 2017[16], para la subcategoría «Ríos de la selva» de la Categoría 4 «Conservación del ambiente acuático (en adelante, ECA para agua). Los ECA para agua 2008 son aplicables[17] en virtud del carácter imperativo de las normas ambientales, por ser de orden público; y en cumplimiento del principio de gradualidad[18], considerando que el plazo para la adecuación de los ECA para agua 2015

---

15 Aprobado mediante Decreto Supremo N.° 002-2008-MINAM el 30 de julio de 2008.

16 Aprobado mediante Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM el 07 de junio de 2017.

17 Según el ítem 1) del Memorándum N° 4233-2018-OEFA/DSEM.

18 **Ley N.° 28611 - Ley General del Ambiente**
«***Artículo 7.- Del carácter de orden público de las normas ambientales***
7.1 Las normas ambientales, incluyendo las normas en materia de salud ambiental y de conservación de la diversidad biológica y los demás recursos naturales, son de orden público. Es nulo todo pacto en contra de lo establecido en dichas normas legales.
[…].
Artículo 33.- De la elaboración de ECA y LMP
[…]

fue interrumpido con la comisión de los ECA para agua 2017, toda vez que el Decreto Supremo N.° 023-2009-MINAM estableció el plazo de (1) año para que los titulares adecúen su Plan de Manejo Ambiental a los ECA para agua 2008. En ese sentido, los ECA para agua 2017 se emplean de manera complementaria, ya que mantiene iguales casi todos los valores establecidos en el ECA para agua 2008, con excepción de aceites y grasas cuyo valor estándar se incrementa de 1,0 a 5,0 mg/L; e incluye un valor estándar de TPH.

5.2 Sedimento

5.2.1 Guías utilizadas para el muestreo

Debido a que aún no se cuenta con un protocolo nacional para la toma de muestras de sedimentos de agua continental, se utilizaron como referencia los manuales indicados en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6. Referencias para el muestreo de sedimentos

Referencia	Sección/capítulo	País	Institución	Año de aprobación
Manual de métodos de muestreo y preservación de muestras de las sustancias prioritarias para las matrices prioritarias del PRONAME	Sección 3.4.6.	México	Instituto nacional de ecología y cambio climático (INECC-CCA)	2010
Manual técnico Métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimento para análisis químicos y toxicológicos de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (*Methods for collection, storage and manipulation of sediments for chemical and toxicological analyses: technical manual*, 2001)	Capítulos 4	Estados Unidos	Agencia de Protección Ambiental (EPA)	2001
Procedimiento de Operación Estándar – *Standard Operating Procedure* (SOP). #EH-02, Muestreo de Sedimento, de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, adaptado del ERT/EAC SOP # 2016[19]	Capítulo 11			2003

Nota: Cabe señalar que también se consideraron los requierimientos establecidos por el laboratorio acreditado encargado de la analítica.

Las muestras colectadas fueron representativas del sedimento en el lugar de muestreo, según las cantidades requeridas por los ensayos de laboratorio. Cabe indicar que las muestras de sedimento se colectaron aproximadamente en el centro del lecho del Canal flotación.

33.4 En el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso».

[19] Environmental Protection Agency (EPA). *Technical Standard Operating Procedure #EH-02, Sediment Sampling* https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/r8-src_eh-02.pdf

5.2.2 Ubicación de puntos de muestreo

El criterio para establecer los puntos de muestreo de sedimentos fue el mismo que se empleó para agua superficial (Ver Tabla 5.2.); este criterio es fundamental para establecer, de ser el caso, alguna correlación entre los parámetros comunes de ambos componentes ambientales. Su descripción se presenta en la Tabla 5.7. En el Anexo 2 se muestra el mapa de ubicación de los puntos de muestreo de sedimento.

Tabla 5.7. Ubicación de los puntos de muestreo de sedimento

N.°	Código del punto de muestreo	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este	Norte		
1	Qcuni-SED-ONP-1	3/12/2018	09:51	470142	9476489	103	Río Cuninico, aproximadamente a 1250 m aguas arriba del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
2	Qcuni-SED-ONP-2	3/12/2018	10:44	469865	9476072	102	Río Cuninico, aproximadamente a 750 m aguas arriba del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
3	Qcuni-SED-ONP-3	3/12/2018	12:20	470029	9475671	107	Río Cuninico, aproximadamente a 250 m aguas arriba del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
4	Qcuni-SED-ONP-4	3/12/2018	13:20	470117	9475454	101	Río Cuninico, aproximadamente a 250 m aguas abajo del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
5	Qcuni-SED-ONP-5	3/12/2018	14:15	470265	9475122	106	Río Cuninico, aproximadamente a 750 m aguas abajo del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
6	Qcuni-SED-ONP-6	3/12/2018	16:05	470396	9474840	108	Río Cuninico, aproximadamente a 1250 m aguas abajo del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
7	CF-SED-ONP-1	4/12/2018	10:05	469782	9475476	106	Canal de flotación, aproximadamente a 200 m al oeste de la río Cuninico
8	CF-SED-ONP-2	4/12/2018	11:20	469211	9475172	107	Canal de flotación, aproximadamente a 700 m al oeste de la río Cuninico.
9	CF-SED-ONP-3	4/12/2018	12:15	468647	9474874	113	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 41+000 del Tramo I del ONP.
10	CF-SED-ONP-4	4/12/2018	13:08	468126	9474604	120	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 41+600 del Tramo I del ONP.
11	CF-SED-ONP-5	4/12/2018	14:15	467987	9474532	110	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 41+833 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo
12	CF-SED-ONP-6	4/12/2018	15:12	467606	9474327	111	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 42+300 del Tramo I del ONP.
13	CF-SED-ONP-7	9/12/2018	10:35	467072	9474052	107	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 42+900 del Tramo I del ONP.
14	CF-SED-ONP-8	9/12/2018	11:12	466545	9473767	105	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 43+500 del Tramo I del ONP.

N.°	Código del punto de muestreo	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este	Norte		
15	CF-SED-ONP-9	9/12/2018	11:41	466015	9473486	115	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 44+100 del Tramo I del ONP.
16	CF-SED-ONP-10	9/12/2018	12:07	465484	9473205	116	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 44+700 del Tramo I del ONP
17	CF-SED-ONP-11	9/12/2018	12:42	464954	9472926	114	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 45+300 del Tramo I del ONP.
18	CF-SED-ONP-12	9/12/2018	13:03	464422	9472647	111	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 45+900 del Tramo I del ONP.
19	CF-SED-ONP-13	9/12/2018	13:27	463892	9472367	110	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 46+500 del Tramo I del ONP.
20	CF-SED-ONP-14	9/12/2018	13:56	463361	9472086	112	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 47+100 del Tramo I del ONP.
21	CF-SED-ONP-16	9/12/2018	10:15	462299	9471528	96	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 48+300 del Tramo I del ONP.
22	CF-SED-ONP-17	9/12/2018	11:00	461769	9471248	98	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 48+900 del Tramo I del ONP.
23	CF-SED-ONP-18	9/12/2018	11:45	461238	9470968	117	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 49+500 del Tramo I del ONP.
24	CF-SED-ONP-22	5/12/2018	13:53	460771	9470723	112	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 50+000 del Tramo I del ONP.
25	CF-SED-ONP-19	5/12/2018	12:34	460707	9470688	116	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 50+100 del Tramo I del ONP.
26	CF-SED-ONP-20	5/12/2018	11:55	460194	9470515	111	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 50+600 del Tramo I del ONP.
27	CF-SED-ONP-21	5/12/2018	11:10	459646	9470127	119	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 51+300 del Tramo I del ONP.
28	CF-SED-ONP-23	5/12/2018	10:16	459198	9469881	112	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 51+767 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo.
29	CF-SED-ONP-24	8/12/2018	10:38	458588	9469562	105	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 52+500 del Tramo I del ONP.
30	CF-SED-ONP-25	8/12/2018	11:34	458036	9469273	109	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 53+100 del Tramo I del ONP.
31	CF-SED-ONP-26	9/12/2018	12:30	457855	9469187	120	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 53+310 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo.
32	CF-SED-ONP-27	8/12/2018	12:12	457525	9469004	109	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 53+700 del Tramo I del ONP.
33	CF-SED-ONP-28	9/12/2018	14:45	456993	9468727	114	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 54+200 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo.

N.°	Código del punto de muestreo	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este	Norte		
34	CF-SED-ONP-29	9/12/2018	14:00	456462	9468446	114	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 54+800 del Tramo I del ONP.
35	CF-SED-ONP-30	8/12/2018	16:12	455907	9468147	111	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 55+500 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo.
36	CF-SED-ONP-31	8/12/2018	15:41	455400	9467888	106	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 56+000 del Tramo I del ONP.
37	CF-SED-ONP-32	8/12/2018	14:59	454868	9467610	104	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 56+600 del Tramo I del ONP.
38	CF-SED-ONP-33	6/12/2018	13:37	454337	9467332	111	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 57+200 del Tramo I del ONP.
39	CF-SED-ONP-34	6/12/2018	13:07	453805	9467054	115	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 57+800 del Tramo I del ONP.
40	CF-SED-ONP-35	6/12/2018	11:10	453290	9466768	115	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 58+400 del Tramo I del ONP.
41	CF-SED-ONP-36	6/12/2018	10:26	452811	9466431	102	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 59+000 del Tramo I del ONP. Al este del lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo identificado en la progresiva km 59+127.
42	CF-SED-ONP-37	6/12/2018	09:48	452708	9466344	119	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 59+150 del Tramo I del ONP. aproximadamente a 150 m al este del río Urituyacu. Al este del lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo identificado en la progresiva km 59+127.
43	RUri-SED-ONP-01	8/12/2018	15:50	451399	9466046	106	Río Urituyacu, aproximadamente a 1,74 km aguas arriba del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
44	RUri-SED-ONP-02	8/12/2018	15:00	451959	9466110	94	Río Urituyacu, aproximadamente a 830 m aguas arriba del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
45	RUri-SED-ONP-03	8/12/2018	13:50	452380	9466452	106	Río Urituyacu, aproximadamente a 300 m aguas arriba del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
46	RUri-SED-ONP-04	8/12/2018	12:30	452778	9465965	101	Río Urituyacu, aproximadamente a 300 m aguas abajo del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
47	RUri-SED-ONP-05	8/12/2018	11:50	453090	9466286	96	Río Urituyacu, aproximadamente a 1 km aguas abajo del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
48	RUri-SED-ONP-06	8/12/2018	10:45	453809	9465984	93	Río Urituyacu, aproximadamente a 2 km aguas abajo del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.

N.°	Código del punto de muestreo	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este	Norte		
49	CF-SED-ONP-38	3/12/2018	11:40	452397	9466052	110	Canal de flotación, aproximadamente a 180 m al suroeste del río Urituyacu.
50	CF-SED-ONP-39	4/12/2018	09:10	451995	9465681	101	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 60+200 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 725 m del rio Urituyacu en dirección suroeste.
51	CF-SED-ONP-40	4/12/2018	10:20	450963	9464521	106	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 61+700 del Tramo I del ONP.
52	CF-SED-ONP-41	4/12/2018	11:45	450322	9463765	105	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 62+600 del Tramo I del ONP.
53	CF-SED-ONP-42	4/12/2018	14:10	449765	9463114	105	Canal de flotación, aproximadamente A 4,10 km del río Urituyacu en la progresiva km 63+500 del Tramo I del ONP.
54	CF-SED-ONP-43	4/12/2018	15:20	449170	9462423	106	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 63+500 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 200 m al este de la quebrada Patoyacu
55	RPatu-SED-ONP-01	6/12/2018	13:20	448314	9462121	110	Quebrada Patoyacu, aproximadamente a 1000 m aguas arriba del Canal de flotación.
56	RPatu-SED-ONP-02	6/12/2018	12:25	448799	9462347	108	Quebrada Patoyacu, aproximadamente a 300 m aguas arriba del Canal de flotación.
57	RPatu-SED-ONP-03	6/12/2018	11:30	449160	9462155	107	Quebrada Patoyacu, aproximadamente a 200 m aguas abajo del Canal de flotación.
58	RPatu-SED-ONP-04	6/12/2018	10:25	449481	9461702	88	Quebrada Patoyacu, aproximadamente a 1000 m aguas abajo del Canal de flotación.
59	CF-SED-ONP-44	4/12/2018	17:00	448614	9461767	103	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 64+400 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 670 m al oeste de la quebrada Patoyacu.
60	CF-SED-ONP-45	4/12/2018	16:05	448002	9461049	108	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 65+300 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 1,6 km de la quebrada Patoyacu en dirección suroeste.
61	CF-SED-ONP-46	5/12/2018	10:10	447408	9460348	106	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 66+200 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 2,5 km de la quebrada Patoyacu en dirección suroeste.
62	CF-SED-ONP-47	5/12/2018	11:10	447194	9460086	103	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 67+375 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo. Aproximadamente a 2,86 km de la quebrada Patoyacu en dirección suroeste

N.°	Código del punto de muestreo	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este	Norte		
63	CF-SED-ONP-48	5/12/2018	12:20	446844	9459678	113	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 67+900 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 3,4 km aproximadamente de la quebrada Patoyacu en dirección suroeste.
64	CF-SED-ONP-49	5/12/2018	14:05	446271	9459005	112	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 68+800 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 4,2 km de la quebrada Patoyacu en dirección suroeste.
65	CF-SED-ONP-50	5/12/2018	15:00	445651	9458276	112	Canal de flotación, aprox. en la progresiva km 69+700 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 5,2 km de la quebrada Patoyacu en dirección suroeste en el Canal de flotación.
66	CF-SED-ONP-55	6/12/2018	08:30	442432	9454486	107	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 74+800 del Tramo I del ONP.
67	CF-SED-ONP-57	6/12/2018	11:00	441405	9453769	114	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 76+000 del Tramo I del ONP.
68	CF-SED-ONP-58	6/12/2018	12:30	440701	9453532	92	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 76+750 del Tramo I del ONP.
69	CF-SED-ONP-59	5/12/2018	09:15	439523	9453115	100	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 78+000 del Tramo I del ONP.
70	CF-SED-ONP-60	5/12/2018	10:20	438890	9452888	102	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 78+600 del Tramo I del ONP.
71	CF-SED-ONP-61	5/12/2018	11:10	438039	9452595	106	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 79+500 del Tramo I del ONP.
72	CF-SED-ONP-62	5/12/2018	12:00	437189	9452300	109	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 80+400 del Tramo I del ONP.
73	CF-SED-ONP-63	5/12/2018	13:00	436338	9452005	106	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 81+300 del Tramo I del ONP.
74	CF-SED-ONP-64	4/12/2018	14:45	435488	9451710	113	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 82+460 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo.
75	CF-SED-ONP-65	4/12/2018	14:00	434638	9451414	101	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 83+100 del Tramo I del ONP.
76	CF-SED-ONP-66	4/12/2018	12:45	433788	9451119	106	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 84+000 del Tramo I del ONP.
77	CF-SED-ONP-67	4/12/2018	11:45	432937	9450825	109	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 84+900 del Tramo I del ONP.
78	CF-SED-ONP-68	4/12/2018	10:30	432492	9450668	108	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 85+400 del Tramo I del ONP.
79	CF-SED-ONP-70	3/12/2018	12:30	430372	9449938	112	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 87+887 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo.

N.°	Código del punto de muestreo	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este	Norte		
80	CF-SED-ONP-71	3/12/2018	11:30	429532	9449655	112	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 88+800 del Tramo I del ONP.
81	CF-SED-ONP-72	3/12/2018	10:30	428454	9449295	114	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 89+800 del Tramo I del ONP.
82	CF-SED-ONP-73	3/12/2018	08:20	427941	9449141	112	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva km 90+400 del Tramo I del ONP. Aprox. a 150 m al este del río Nucuray
83	RNuc-SED-ONP-1	7/12/2018	11:20	428053	9450280	106	Río Nucuray, aproximadamente a 1250 m aguas arriba del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
84	RNuc-SED-ONP-2	7/12/2018	12:00	427926	9449817	106	Río Nucuray, aproximadamente a 750 m aguas arriba del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
85	RNuc-SED-ONP-3	7/12/2018	12:45	427836	9449327	104	Río Nucuray, aproximadamente a 250 m aguas arriba del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
86	RNuc-SED-ONP-4	7/12/2018	13:20	427835	9448847	104	Río Nucuray, aproximadamente a 250 m aguas abajo del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
87	RNuc-SED-ONP-5	7/12/2018	14:45	428243	9448566	109	Río Nucuray, aproximadamente a 750 m aguas abajo del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
88	RNuc-SED-ONP-6	7/12/2018	15:15	428568	9448235	105	Río Nucuray, aproximadamente a 1250 m aguas abajo del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.

Notas: La precisión de las coordenadas en todos los puntos de muestreo fue de ±3 m.
Las muestras de sedimento fueron tomadas de la parte central del lecho del Canal de flotación.

5.2.3 Equipos utilizados

Los equipos utilizados durante el muestreo de sedimentos *in situ* se detallan en la Tabla 5.8.

Tabla 5.8. Equipos utilizados para el muestreo de sedimento

N.°	Equipo	Marca	Modelo	Serie
1	Barreno	AMS	-	BARRE-OEFA-11
2	Barreno	AMS	-	BARRE-OEFA-04
3	Barreno	AMS	-	BARRE-OEFA-14
4	Barreno tipo espada	-	-	-
5	Draga	-	Van Veen	DVV311155
6	Draga	-	Van Veen	-
7	Draga	-	Van Veen	DVV131704
8	Cámara fotográfica digital	Canon	Powershot D30BL	82051001005
9	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU005008

5.2.4 Parámetros y métodos de análisis

Los parámetros evaluados fueron seleccionados considerando su utilidad para realizar la evaluación ambiental en función a la actividad económica del transporte de petróleo crudo[20,21] por ducto que se desarrolla en la zona de estudio y se presentan en la Tabla 5.9.

Tabla 5.9. Parámetros evaluados y métodos de análisis según laboratorio para sedimento

N.°	Parámetro	Unidad	Método de análisis	Laboratorio de ensayo acreditado
1	Fracción de hidrocarburos F_1 (C_6-C_{10}) Fracción de hidrocarburos F_2 (C_{10}-C_{28}) Fracción de hidrocarburos F_3 (C_{28}-C_{40})	mg/kg PS	EPA METHOD 8015 C, Rev. 3 2007	ALS LS PERÚ S.A.C.
2	Hidrocarburos Totales de Petróleo - TPH (C_{10}-C_{40})	mg/kg PS	EPA METHOD 8015 C, Rev. 3 2007	
3	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	mg/kg PS	EPA METHOD 8270 D, Rev. 5 2014	
4	Metales totales, incluido mercurio	mg/kg PS	EPA 3050 B:1996 / EPA 6010 B:1996, para mercurio: EPA 7471 B Rev. 2, *February* 2007 (ICP-OES)	
5	Análisis Granulométrico	-	(Granulometría) S-0002-PE	AGQ PERÚ S.A.C.

Fuente: Informes de ensayo del laboratorio de ALS LS PERÚ S.A.C y de AQG PERÚ S.A.C.
PS: peso seco

5.2.5 Aseguramiento de la calidad

Respecto al aseguramiento de calidad del muestreo de sedimento, no hay actividades especificas respecto al control de calidad; sin embargo, se aplicaron los siguientes procedimientos:

- ✓ Toda la data recopilada en campo fue documentada en las hojas de campo del muestreo.
- ✓ Todos los instrumentos fueron operados de acuerdo con las instrucciones provistas por el proveedor.

Durante el muestreo la cantidad de muestra colectada fue de acuerdo a las especificaciones del laboratorio de ensayo encargado de la analítica.

[20] Según el PAMA, 1995., la composición química de los hidrocarburos traen consigo concentraciones cuantificables de vanadio, níquel, hierro, sales,entre otros. Además cobre (no cuantificado) señalado como elemento con potencial contaminante.

[21] Según Fakhru'l-Razi, et.al (2009) a nivel mundial los metales relacionados con aguas de producción de petróleo crudo son calcio, sodio, potasio· magnesio, aluminio, boro, bario, litio, estroncio y zinc, que pueden estar presentes en concentraciones cuantificables; asimismo, trazas de hierro, cadmio, cobre, cromo, manganeso, plomo, titanio, arsénico, mercurio, plata y berilio.

5.2.6 Criterios de Comparación

Puesto que a la fecha no se cuenta con una normativa nacional sobre estándares de calidad ambiental para sedimentos, este estudio consideró la comparación con los niveles de fondo[22,23] para sedimentos establecidos de manera específica en el área de estudio y con guías o normativas internacionales[24] conforme al pronunciamiento emitido por el Ministerio del Ambiente (en adelante, MINAM), en el marco del artículo 33 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente[25,26].

22 La U.S. EPA define nivel de fondo como la concentración de una sustancia en un medio ambiental (aire, agua o suelo) que ocurre de forma natural o que no es resultado de actividades humanas. Disponible en https://espanol.epa.gov/espanol/terminos-n. Consultado el 29 de mayo de 2019.

23 Informe N.° 200-2019-OEFA/DEAM/SSIM «Determinación de Niveles de Fondo y Niveles de Referencia de hidrocarburos totales de petróleo y metales en sedimento de los ríos Cuninico, Nucuray y, Urituyacu y la quebrada Patoyacu, asociados al Canal de Flotación del Tramo I del Oleoducto Norperuano». (Ver Anexo 7).

24 Guía «*Atlantic RBCA (Risk – Based Corrective Actions) for Petroleum Impacted Sites in Atlantic Canada version 3 – User Guidance*, 2015» para la comparación de resultados de TPH, y la Guía de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales (*Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life of Freshwater* – CEQG-SQG, 2002) para la comparación de metales.

25 Ley N.° 28611 Ley General del Ambiente, establece:
«Artículo 33.- De la elaboración de ECA y LMP

(…) 33.2 La Autoridad Ambiental Nacional, en el proceso de elaboración de los ECA, LMP y otros estándares o parámetros para el control y la protección ambiental, debe tomar en cuenta los establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) o de las entidades de nivel internacional especializadas en cada uno de los temas ambientales. (subrayado agregado)

33.3 La Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con los sectores correspondientes, dispondrá la aprobación y registrará la aplicación de estándares internacionales o de nivel internacional en los casos que no existan ECA o LMP equivalentes aprobados en el país.» (subrayado agregado)

«Segunda. - Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles
En tanto no se establezca en el país, Estándares de Calidad Ambiental, Límites Máximos Permisibles y otros estándares o parámetros para el control y la protección ambiental, son de uso referencial los establecidos por instituciones de Derecho Internacional Público, como los de la Organización Mundial de la Salud (OMS).» (subrayado agregado).

26 Mediante Informe N.° 00242-2018-MINAM/VMGA/DGCA/DCAE remitido al OEFA mediante Oficio N.° 121-2018-MINAM/VMGA del 7 de setiembre de 2018, el Ministerio del Ambiente señala:

«Numeral 2.21 En ese contexto, a partir de lo indicado en ios numerales 33.2 y 33.3 del artículo 33, se observa que, conforme a la Ley General del Ambiente, los estándares a ser utilizados: (i) pueden proceder de "entidades de nivel internacional especializadas en cada uno de los temas ambientales"; y, (ii) constituir estándares internacionales o de nivel internacional.

Numeral 2.22 (…) se debe entender que las instituciones de Derecho Internacional Público señaladas en la Segunda Disposición Transitoria, Complementaria y Final de la Ley N.° 28611, Ley General del Ambiente, pueden incluir no solo a las organizaciones internacionales que aprueban estándares internacionales para su aplicación por un conjunto de países, sino también a las instituciones gubernamentales especializadas en temas ambientales, en tanto estas emiten estándares ambientales que pueden ser utilizados como referencia por otros Estados (entre ellas, por ejemplo, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente).

Numeral 2.23 De modo que, en el caso puntual de los sedimentos, se pueden aplicar los estándares emitidos por organizaciones internacionales, así como los estándares de nivel internacional de entidades gubernamentales, como las señaladas en el párrafo precedente. Lo cual permite contar con un marco más amplio al momento de aplicar estándares de referencia, ante la falta de ECA para sedimentos.».(subrayado agregado)

a) Nivel de fondo

Para TPH y metales:

El nivel de fondo utilizado, según se muestra en la Tabla 5.10, fue calculado con base en los resultados de muestras tomadas en zonas no afectadas por los derrames de crudo ocurridos en el Canal de flotación, específicamente en los ríos Cuninico, Nucuray, Urituyacu y la quebrada Patoyacu aguas arriba con respecto a la intersección con el Canal de Flotación, según el Informe N.° 200-2019-OEFA/DEAM/SSIM. Estos ríos y quebradas presentan una dinámica similar al Canal de flotación, el cual se ha configurado como un ecosistema[27] estacionalmente inundable con características típicas de cuerpos de agua amazónicos que tiene interacción con los cuerpos de agua mencionados. Además es de importancia para las comunidades nativas, ya que en él desarrollan actividades de pesca para consumo humano, entre otras. Por lo tanto, los niveles de fondo establecidos para TPH y metales fueron comparados con los resultados del Canal de flotación y aguas abajo de los ríos y quebradas que intersecan el Canal.

Tabla 5.10. Niveles de fondo de TPH y metales en sedimentos de ríos y quebradas del Tramo I del ONP

N.°	Parámetros	Ríos y quebradas
		Nivel de fondo (mg/kg) PS
1	TPH(C_{10}-C_{40})	45,46
2	Aluminio	20356
3	Bario	211,9
4	Calcio	3256
5	Cobalto	15,6
6	Cobre	22,98
7	Cromo	26,44
8	Estroncio	56,92
9	Fósforo	675,3
10	Hierro	26460
11	Magnesio	3295
12	Manganeso	727,7
13	Níquel	22,08
14	Potasio	549,3
15	Silicio	498,1
16	Sodio	458,9
17	Titanio	949,2
18	Vanadio	71,11
19	Zinc	64,48

Fuente: Informe N.° 200-2019-OEFA/DEAM/SSIM

[27] Definición de ecosistema: «Complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional». Tomado de la «Metodología para la Estimación del Nivel de Riesgo a la Salud y al Ambiente de Sitios Impactados» (Anexo único) de la Directiva para la Identificación de Sitios Impactados por Actividades de Hidrocarburos a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo Nº 028-2017-OEFA/CD.

b) Guías y normas internacionales

Guía Atlantic RBCA para TPH:

Las concentraciones de TPH en sedimento fueron comparadas referencialmente[25] con el valor establecido en la Guía «*Atlantic RBCA (Risk – Based Corrective Actions) for Petroleum Impacted Sites in Atlantic Canada version 3 – User Guidance*, 2015», emitida por el Atlantic PIRI[28] (*Partners In RBCA Implementation*) y aceptada por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente, institución gubernamental especializada en temas ambientales; cuya aplicación es admitida por el MINAM[29] (Ver Anexo 5 Oficio N.°121-2018-MINAM/VMGA). Esta guía establece el siguiente valor estándar de referencia:

- *Ecological Screening Level (ESL)*, que representa el valor máximo de detección de TPH modificado[30], que es análogo a un valor límite de gestión.

Este valor estándar fue desarrollado con base en estudios ecotoxicológicos validados por ensayos de laboratorio y datos de campo, y el desarrollo de un modelo estadístico[31] para la determinación de la toxicidad de hidrocarburos sobre diversas especies de macroinvertebrados bentónicos, algas y peces. Se aplica para una evaluación ecológica[32], donde se consideran a los sedimentos como hábitats de ecosistemas acuáticos sensibles tanto de agua dulce[33], marina o estuarina con importancia para la

28 Atlantic PIRI es un grupo de múltiples partes interesadas que supervisa el proceso de implementación del Atlantic RBCA (Risk-Based Corrective Action) en Nueva Escocia, Nuevo Brunswick, la Isla del Príncipe Eduardo y Terranova y Labrador; en la costa Atlántica de Canadá. Consultado en https://atlanticrbca.com/atlantic-piri-mandate-update/ el 17 de mayo de 2019.

29 Mediante Informe N.° 00242-2018-MINAM/VMGA/DGCA/DCAE remitido al OEFA mediante Oficio N.° 121-2018-MINAM/VMGA del 7 de setiembre de 2018, el Ministerio del Ambiente señala:

«Numeral 2.22 (…) se debe entender que las instituciones de Derecho Internacional Público señaladas en la Segunda Disposición Transitoria, Complementaria y Final de la Ley N.° 28611, Ley General del Ambiente, pueden incluir no solo a las organizaciones internacionales que aprueban estándares internacionales para su aplicación por un conjunto de países, sino también a las instituciones gubernamentales especializadas en temas ambientales, en tanto estas emiten estándares ambientales que pueden ser utilizados como referencia por otros Estados (entre ellas, por ejemplo, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente)».(subrayado agregado)

30 TPH modificado = TPH (C_6 – C_{32}) – Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno.

31 El modelo PETROTOX, es un modelo de relación de actividad de estructura cuantitativa (QSAR) diseñado para imitar pruebas de toxicidad acuática que es utilizada para investigar la carga de producto de hidrocarburo de petróleo o la concentración de fracciones de hidrocarburos de petróleo responsables de provocar efectos agudos o crónicos en un organismo acuático. Mayor información en: https://www.concawe.eu/reach/petrotox/

32 En el ítem *2.3 Ecological Screening,* del «*Atlantic Canada User Guidance Versión 3. 2015*» se señala que el objetivo es evaluar los riesgos potenciales para la salud humana, y el Apéndice 2, *Ecological Screening Protocol For Petroleum Impacted Sites In Atlantic Canada*, proporciona un marco de toma de decisiones para determinar si el sitio evaluado representa o no un riesgo para los receptores o hábitats. El *Ecological Screening* o Nivel I (Nivel de proyección de riesgos) además es el nivel (valor ESL) de detección ecológica al que el sitio debe ser remediado. El Nivel I se basa en la protección de la salud humana y los receptores ecológicos.

33 El Apéndice 2. Parte I. ítem 5 (*Ecological Screening - Sediment*) del RBCA define a los sedimentos como «típicos» y «otros». Típicos, definidos como hábitats para componentes sensibles de ecosistemas acuáticos con importancia para su conservación (tales como humedales, hábitats de importancia para el desove de peces y albergue de la vida silvestre, hábitats de especies protegidas, áreas bajo acuerdos de conservación o áreas establecidas como ecológicamente sensibles, etc.). Y «otros» sedimentos, como zanjas [o canales], áreas de recepción con influencia industrial, como puertos urbanos, etc., para los que se recomienda que los sedimentos sean analizados como sedimentos «típicos» cuando se justifique su importancia.

protección de la vida, como es el caso del área de estudio, situada en el área de amortiguamiento de un Área Natural Protegida[34] y en un sitio RAMSAR.

El ESL para TPH es un valor de concentración a partir del cual se consideran efectos perjudiciales para organismos acuáticos[35]; además, este valor es análogo a un límite de gestión[36]; es decir, que a partir de su excedencia se hace necesaria la adopción de acciones para el manejo de los riesgos ecológicos o la remediación[37]. En el mismo sentido, si las concentraciones de TPH no superan el valor ESL, no significa que el riesgo ecológico sea nulo[37]; sino que debería ser materia de acciones [investigaciones] adicionales[38].

CEQG-SQG para metales totales:

Para la comparación de concentraciones de metales totales se utilizó de manera referencial[39] los valores de los estándares de la «Guía de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales» (*Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life of Freshwater* – CEQG-SQG, 2002)[40] del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente.

La «Guía de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales» define 2 valores límites, los cuales se describen a continuación:

- *Interim Sediment Quality Guidelines* - ISQG (valores guía provisional de calidad de sedimento): representa el nivel por debajo del cual no se esperan efectos biológicos adversos.
- *Probable Effect Level* - PEL (nivel de efecto probable): representa el nivel de concentración química más bajo que -usualmente o siempre- está asociado a efectos biológicos adversos.

---

34 Reserva Nacional Pacaya Samiria.

35 Según el *«Atlantic RBCA (Risk-Based Corrective Action). Version 3. 2012 – Scientific Rationale to support the Adoption/Development of Tier 1 Ecological Screening Levels for Soil, Surface Water, Groundwater and Sediment»* los valores de detección ecológica (ESL) para sedimento se basan en puntos de referencia de niveles de toxicidad (*letal concentración* – LC50, *chronic hazardous* – HC5, y entre otros) sobre especies acuáticas sensibles, resultantes de estudios ecotoxicológicos, complementados y derivados del modelo PETROTOX.

36 Según se indica en el ítem 2.3. Parte I, Parte III y la Tabla 4. *Tier 1 Sediment Ecological Screening Levels for the Protection of Freshwater and Marine Aquatic Life* del *«Atlantic Canada User Guidance Versión 3. 2015»*

37 En el Anexo *2.3 Ecological Screening, Ecological Screening* (Nivel I) del *«Atlantic Canada User Guidance Versión 3. 2015»* se establecen valores numéricos estándar (valores ESL) basados en el riesgo ecológico para la protección de los receptores ecológicos, que al ser superado deben adoptarse medidas complementarias como: (1) La identificación del ámbito de influencia de la zona afectada (Nivel II), y (2) Examinar las posibles vías de exposición presentes en el sitio donde los hidrocarburos de petróleo tienen el potencial de influir en los receptores y hábitats ecológicos identificados (Nivel III); para el manejo de los riesgos ecológicos o la remediación hasta el valor del Nivel I (*ecological screening level* – ESL), indicando que, cuando las concentraciones que están por debajo de los ESL, no se requiere ninguna otra acción a menos que el juicio profesional basado en las condiciones específicas del sitio apoye la acción en sentido contrario.

38 Según se expone en el ítem *5.6 Sediment Toxicity Testing* de la guía *«Atlantic RBCA (Risk-Based Corrective Action). Version 3. 2012 – Scientific Rationale to support the Adoption/Development of Tier 1 Ecological Screening Levels for Soil, Surface Water, Groundwater and Sediment».*

39 Según indica en Ministerio del Ambiente mediante el Oficio N.°121-2018-MINAM/VMGA (Ver Anexo 6)

40 Disponible en: https://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/ Consultado el 26 de febrero de 2019.

Los valores referenciales de comparación para TPH y metales pesados, tomados de ambas normas internaciones para calidad de sedimento se presentan en la Tabla 5.11.

Tabla 5.11. Valores referenciales de comparación para TPH y metales pesados en sedimento

Guía o Normativa referencial	Parámetro	Unidad	Valor referencial	
			ESL (*Ecological Screening Level*) o Valor Máximo para sedimento	
Appendix 2 - Atlantic RBCA Version 3 (Risk – Based Corrective Actions) - Ecological Screening Protocol for Petroleum Impacted Sites in Atlantic Canada	TPH*	mg/kg PS	500	
			ISQG	PEL
Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life (CEQG-SQG, 2002) – Canadá.	Arsénico	mg/kg PS	5,9	17
	Cadmio	mg/kg PS	0,6	3,5
	Cobre	mg/kg PS	35,7	197
	Cromo	mg/kg PS	37,3	90
	Mercurio	mg/kg PS	0,17	0,486
	Plomo	mg/kg PS	35	91,3
	Zinc	mg/kg PS	123	315

TPH*: TPH modificado = TPH (C_6 - C_{32}) - BTEX (Ver *Table 4.0 Appendix 2 - «Atlantic RBCA Version 3 Ecological Screening Protocol for Petroleum Impacted Sites In Atlantic Canada»*)
PS: Peso seco

5.3 Comunidades hidrobiológicas

En este apartado, se presenta información relacionada a los métodos empleados en la evaluación de las comunidades hidrobiológicas (perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces), siendo utilizadas ampliamente como indicadoras de la calidad del medio acuático (Roldán, 2008).

5.3.1 Guía utilizada para el muestreo

En la Tabla 5.11 se presenta la guía de referencia nacional para el muestreo de comunidades hidrobiológicas, donde se describen las diferentes técnicas de muestreo, y de las cuales se eligieron las aplicables a la zona de trabajo:

Tabla 5.12. Guía de referencia para el muestreo de comunidades hidrobiológicas

Matriz	Autoridad emisora	País	Dispositivo legal	Referencia	Año	Sección
Hidrobiología	Ministerio del Ambiente (Minam)	Perú	-	Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú	2014	4.1.2 Técnicas de colecta – perifiton
						5.1.2.2 Métodos de recolección cuantitativos – bentos (macroinvertebrados)
						6.1.2 Diseño del monitoreo – necton (peces)

La guía referenciada en la Tabla 5.11 describe las diferentes técnicas de muestreo para cada comunidad teniendo en cuenta lo siguiente:

La colecta de perifiton se realizó haciendo raspados superficiales en tallos, troncos y hojas sumergidas en un área de 4x2 cm^2, 4x2 cm^2 y 3x3 cm^2 obteniendo una muestra compuesta de 25 cm^2. Para la colecta de macroinvertebrados bentónicos se utilizó una draga Van Veen de 15 cm x 15 cm de área de mordida y realizando tres réplicas para obtener una muestra compuesta. Y para la colecta de peces se utilizaron varias artes de pesca, entre ellas: una red de espera o agallera de 3" de abertura de malla y 20 metros de largo, dejándolas por un periodo entre 2 y 3 horas aproximadamente; red de arrastre de 5 m x 3 m de 5 mm de abertura de malla con 5 réplicas; y red atarraya de 2,5" de abertura de malla realizando 8 lances en cada punto de muestreo. A mayor detalle se describe en el Anexo 3 Reporte de Campo N.° 040-2019-SSIM.

5.3.2 Ubicación de puntos de muestreo

En el Canal de flotación los puntos de muestreo fueron ubicados en los lugares de ocurrencia de derrames y en zonas cercanas a las intersecciones con los ríos y quebradas. Asimismo, respecto a los ríos Cuninico, Nucuray, Urituyacu y la quebrada Patoyacu, los puntos fueron ubicados aguas arriba y aguas abajo del Canal de flotación. Esto con la finalidad de caracterizar el ambiente acuático e indentificar su posible afectación.

Se evaluó un total de 29 puntos de muestreo, de los cuales 21 se ubicaron en el Canal de flotación, y 8 en ríos y quebradas; 2 puntos por cada río y quebrada (1 punto aguas arriba y 1 punto aguas abajo con respecto a la intersección con el Canal de flotación). En la Tabla 5.12 se presentan las comunidades hidrobiológicas evaluadas por zona de estudio y puntos de muestreo.

El esfuerzo de muestreo empleado fue el mismo en todos los puntos evaluados. Sin embargo, en el caso de peces no se logró la colecta de individuos en algunos puntos debido a condiciones desfavorables[41] para el muestreo, tal como se presenta en la Tabla 5.12.

Tabla 5.13. Puntos de muestreo de hidrobiología en las zonas de estudio

Zona de estudio	Comunidades hidrobiológicas	Puntos de muestreo	Cantidad
Canal de flotación	Perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces	CF-HB-ONP-1, CF-HB-ONP-3, CF-HB-ONP-5, CF-HB-ONP-20, CF-HB-ONP-22, CF-HB-ONP-23, CF-HB-ONP-26, CF-HB-ONP-28, CF-HB-ONP-30, CF-HB-ONP-35, CF-HB-ONP-36, CF-HB-ONP-37 CF-HB-ONP-38, CF-HB-ONP-41*, CF-HB-ONP-44, CF-HB-ONP-47*, CF-HB-ONP-50, CF-HB-ONP-63*, CF-HB-ONP-64*, CF-HB-ONP-70*, CF-HB-ONP-73*	21
Río Nucuray	Perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces	RNuc-HB-ONP-3 y RNuc-HB-ONP-4	2
Quebrada Patuyacu		RPatu-HB-ONP-3 y RPatu-HB-ONP-4*	2
Río Urituyacu		RUri-HB-ONP-3 y RUri-HB-ONP-4	2

[41] Las condiciones desfavorables fueron: zonas muy inundadas, con poco o casi nada de ensombramiento, sin vegetación flotante ni troncos sumergidos.

Zona de estudio	Comunidades hidrobiológicas	Puntos de muestreo	Cantidad
Río Cuninico		QCuni-HB-ONP-2 y QCuni-HB-ONP-6*	2

(*) Se realizó el mismo esfuerzo de pesca en todos los puntos; sin embargo, no se logró la captura de peces

La descripción de los puntos de muestreo de comunidades hidrobiológicas se presenta en la Tabla 5.13.

Tabla 5.14. Ubicación de los puntos de muestreo de comunidades hidrobiológicas

N.°	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	CF-HB-ONP-73	427941	9449141	112	Canal de flotación, aproximadamente a 100 m del río Nucuray.
2	CF-HB-ONP-70	430372	9449938	112	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva Km 87+887. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo.
3	CF-HB-ONP-64	435488	9451710	113	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva Km 82+460 del Tramo I del ONP.
4	CF-HB-ONP-63	436338	9452005	106	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva Km 81+560 del Tramo I del ONP.
5	CF-HB-ONP-50	445651	9458276	112	Ubicado a 5,25 km de la quebrada Patoyacu en dirección suroeste, en el Canal de flotación del Oleoducto Norperuano.
6	CF-HB-ONP-47	447194	9460086	103	Ubicado a 2,86 km de la quebrada Patoyacu en dirección suroeste, en el Canal de flotación del Oleoducto Norperuano.
7	CF-HB-ONP-44	448614	9461767	103	Ubicado a 670 m de la quebrada Patoyacu en dirección suroeste, en el Canal de flotación del Oleoducto Norperuano.
8	CF-HB-ONP-41	450322	9463765	105	Ubicado a 3,30 km del río Urituyacu en dirección suroeste, en el Canal de flotación del ONP.
9	CF-HB-ONP-38	452397	9466052	110	Ubicado a 180 m del río Urituyacu en dirección suroeste, en el Canal de flotación del Oleoducto Norperuano.
10	CF-HB-ONP-37	452708	9466344	119	Canal de flotación, aproximadamente a 100 m del río Urituyacu.
11	CF-HB-ONP-36	452811	9466431	102	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva Km 59+127 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo.
12	CF-HB-ONP-35	453290	9466768	115	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva Km 58+400 del Tramo I del ONP. Aproximadamente a 600 m del río Urituyacu.
13	CF-HB-ONP-30	455912	9468096	113	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva Km 55+500. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo.
14	CF-HB-ONP-28	456993	9468727	114	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva Km 54+200. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo.
15	CF-HB-ONP-26	457855	9469187	120	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva Km 53+310. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo.
16	CF-HB-ONP-23	459198	9469881	112	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva Km 51+767 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo.
17	CF-HB-ONP-22	460771	9470723	112	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva Km 51+570 del Tramo I del ONP.
18	CF-HB-ONP-20	460194	9470515	111	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva Km 50+600 del Tramo I del ONP.

N.°	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 M		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
19	CF-HB-ONP-5	467987	9474532	110	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva Km 41+833 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo.
20	CF-HB-ONP-3	468647	9474874	113	Canal de flotación, aproximadamente en la progresiva Km 41+000 del Tramo I del ONP.
21	CF-HB-ONP-1	469782	9475476	106	Canal de flotación, aproximadamente a 100 m de la río Cuninico.
22	QCuni-HB-ONP-2	469865	9476072	102	Río Cuninico, aproximadamente a 750 m aguas arriba del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
23	QCuni-HB-ONP-6	470327	9474828	108	Río Cuninico, aproximadamente a 1250 m aguas abajo del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
24	RUri-HB-ONP-03	452380	9466452	106	Ubicado a 300 m aguas arriba del río Urituyacu, en el cruce del Oleoducto Norperuano.
25	RUri-HB-ONP-04	452778	9465965	101	Ubicado a 300 m aguas abajo del río Urituyacu, en el cruce del Oleoducto Norperuano.
26	RPatu-HB-ONP-2	448799	9462347	108	Ubicado a 300 m aguas arriba de la quebrada Patoyacu, en el cruce con el ONP.
27	RPatu-HB-ONP-3	449160	9462155	107	Ubicado a 200 m aguas abajo de la quebrada Patoyacu, en el cruce con el oleoducto norperuano.
28	RNuc-HB-ONP-3	427836	9449327	104	Río Nucuray, aproximadamente a 250 m aguas arriba del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.
29	RNuc-HB-ONP-4	427835	9448847	104	Río Nucuray, aproximadamente a 250 m aguas abajo del cruce con el Canal de flotación, del Tramo I del ONP.

Notas: La precisión de las coordenadas en todos los puntos de muestreo fue de ±3 m.

5.3.3 Métodos de análisis

Las comunidades hidrobiológicas evaluadas y los métodos de análisis empleados se presentan en la Tabla 5.14.

Tabla 5.15. Comunidades hidrobiológicas y métodos de análisis

N.°	Comunidades hidrobiológicas*	Método de análisis / unidades	Cantidad
1	Perifiton	SMEWW 10300C, SMEWW 10300E y EPA 841-B-99-002/ Organismos / cm^2	29
2	Macroinvertebrados bentónicos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 10500 C. 1, 2. Pp. 10-74-10-76. 21 st. Ed./ Organismos / 0,0675 m^2	29
3	Peces	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 600 D, 22nd Ed. 2012 / Número de individuos	20
4	HAP en tejido muscular (peces)	EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014	11
5	TPH en tejido muscular (peces)	EPA METHOD 8015 C, Rev. 3, 2007	14

*: La identificación taxonómica de las muestras fue realizada por especialistas del OEFA.

5.3.4 Equipos utilizados

Se utilizaron equipos y herramientas como: GPS (sistema de posicionamiento global), draga, redes de pesca de método activo como la atarraya, red de arrastre y red cal-cal; y de método pasivo como la red de espera, los cuales se detallan en el Anexo 3 Reporte de Campo N.º 040-2019-SSIM.

5.3.5 Aseguramiento de calidad

El aseguramiento de la calidad en la colecta de comunidades hidrobiológicas y su posterior análisis se basa en las indicaciones descritas en la publicación «Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú», de las secciones 4.3 Aseguramiento de la calidad (perifiton), 5.3 Aseguramiento de la calidad (macroinvertebrados) y 6.3 Comprobación de la calidad (peces).

5.3.6 Procesamiento y análisis de datos

Para el análisis de los resultados obtenidos en la evaluación de comunidades hidrobiológicas, se procedió a caracterizar la composición, riqueza, abundancia, índices de diversidad alfa y beta, en base a los reportes de identificación taxonómica.

Los análisis estadísticos para determinar asociaciones y/o cambios específicos en los taxones, se realizaron mediante el *software* de código abierto *Paleontological Data Analysis Past v3.15*.

a) Composición, riqueza y abundancia

La clasificación taxonómica (*phylum*, clase, orden, familia, género y especie) de las comunidades hidrobiológicas evaluadas se presentan en el Anexo 5, Reporte de Resultados N.º 038-2019-SSIM.

La riqueza y la abundancia del perifiton fueron agrupadas para el análisis de datos en la categoría taxonómica «phylum», los peces en «orden»; mientras que, los macroinvertebrados bentónicos en «familia», «género» o «especie». Es necesario indicar que la abundancia de peces se estimó con el número total de individuos; en el caso de los macroinvertebrados bentónicos se estimó la abundancia representada en organismos/0,0675 m^2 y la abundancia del perifiton se representó en organismos/cm^2.

b) Diversidad alfa

Para la evaluación de la diversidad alfa se utilizó el índice de diversidad verdadera (Números de Hill) y el índice de equidad de Pielou.

El índice de diversidad verdadera (Números de Hill), cuyas unidades son números de especies, miden lo que se denomina el número efectivo de especies presentes en una muestra, y son una medida del grado de distribución de las abundancias relativas entre las especies; N1 es el número de las especies abundantes y N2 es el número de las especies muy abundantes en la muestra. Los números de diversidad de Hill se determinan mediante las siguientes ecuaciones:

$$N1 = exp(H`) \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde:

$H^{¨}$: índice de Shannon - Wiener

$$N2 = 1/DSi \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Donde:

D_{Si} : índice de Simpson

El índice de equidad de Pielou mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$J' = \frac{H\prime}{H'max} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

J' : índice de equidad de Pielou
H' : índice de diversidad de Shannon-Wiener
H' max : Ln(S), S es el número de especies

c) Análisis multivariados

- **Diversidad beta**

Para la evaluación de diversidad beta se utilizó el coeficiente de similitud de Bray Curtis en base a la similitud de especies entre puntos de muestreo para cada comunidad hidrobiológica y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$IBC = 1 - \frac{(\Sigma \text{ xi} - \text{yi})}{(\Sigma \text{ xi} + \text{yi})} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde:
IBC : índice de Bray Curtis
Xi : abundancia o densidad de especies i en un conjunto 1
Yi : abundancia de las especies i en otro conjunto

Para facilitar el análisis de los valores de similitud de manera visual, se procedió a la elaboración de dendrogramas mediante la unión de pares promedio (Sokal y Michener, 1958; Crisci y López, 1983) utilizando el programa estadístico PAST (Hammer *et al.*, 2001).

6. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados organizados de acuerdo a los cuerpos de agua evaluados: el Canal de flotación y los ríos y quebradas.

6.1 Comparación con la normativa ambiental y estándares o valores de calidad aplicable

El Plan de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) del Oleoducto Norperuano no contempla normas o estándares de calidad ambiental para los componentes agua y sedimento.

En consecuencia, atendiendo al carácter de orden público de las normas ambientales, los resultados de agua superficial fueron comparados con el ECA para agua superficial Cat. 4 (2008) « Conservación del ambiente acuático – Ríos de la selva» y complementariamante con el ECA vigente para agua superficial Cat.4 E2 (2017) «Conservación del ambiente acuático – Ríos de la selva» aplicables para los ríos y quebradas evaluadas y al Canal de flotación según las características atribuibles como ecosistema, condiciones que son argumentadas en el ítem 5.1.6 (Criterios de comparación).

Los resultados de la evaluación de sedimentos fueron comparados referencialmente con la Guía «*Atlantic RBCA (Risk – Based Corrective Actions) for Petroleum Impacted Sites in Atlantic Canada version 3 – User Guidance*, 2015» para TPH y la «Guía de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales» (*Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life of Freshwater* – CEQG-SQG, 2002) para metales totales según lo especificado en el ítem 6.2.6. Asimismo, las concentraciones de TPH y metales totales fueron comparados con los niveles de fondo (en adelante, NF) obtenidos en la evaluación realizada en sedimentos de ríos y quebradas del área de estudio según el Informe N.° 200-2019-OEFA/DEAM/SSIM[42].

6.1.1 Agua superficial

Los resultados fueron obtenidos de 22 puntos de muestreo ubicados en los ríos Cuninico, Nucuray, Urituyacu y la quebrada Patoyacu; y de 66 puntos de muestreo ubicados en el Canal de flotación, tal como se muestra en el mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial (Ver Anexo 2) . A continuación, se presentan los resultados:

6.1.1.1 Ríos y quebradas

Los resultados muestran los parámetros medidos en los ríos Cuninico, Nucuray, Urituyacu y la quebrada Patoyacu. Los parámetros medidos *in situ* fueron pH, oxígeno disuelto (OD), conductividad (C) y temperatura (T); y los parámetros analizados en laboratorio fueron: aceites y grasas, TPH y metales totales.

[42] «Determinación de Niveles de Fondo y Niveles de Referencia de hidrocarburos totales de petróleo y metales en sedimento de los ríos Cuninico, Nucuray y, Urituyacu y la quebrada Patoyacu, asociados al Canal de flotación del Tramo I del Oleoducto Norperuano»

- **Mediciones *in situ***

Los valores registrados de pH y OD se encontraron por debajo del límite mínimo establecido en los ECA para agua 2008 y 2017 según se presenta en la Tabla 6.1. Asimismo, los valores de conductividad y temperatura no superaron dichos estándares.

Tabla 6.1. Comparación de las mediciones *in situ* con los ECA para agua Cat. 4 E2 (2017) en ríos y quebradas

N.º	Cuerpo de agua	Código OEFA	Fecha	pH	OD (mg/L)	C (µS/cm)	T (°C)
1	Río Cuninico	QCuni-AS-ONP-1	03/12/2018	6,00	1,61	28,30	26,40
2		QCuni-AS-ONP-2	03/12/2018	5,97	1,42	28,40	26,70
3		QCuni-AS-ONP-3	03/12/2018	5,95	1,24	28,90	26,70
4		QCuni-AS-ONP-4	03/12/2018	5,96	1,34	28,90	26,70
5		QCuni-AS-ONP-5	03/12/2018	5,94	1,27	28,90	26,70
6		QCuni-AS-ONP-6	03/12/2018	5,95	1,15	29,00	26,70
7	Río Urituyacu	RUri-AS-ONP-01	08/12/2018	6,22	1,63	36,5	26,3
8		RUri-AS-ONP-02	08/12/2018	6,18	1,64	35,6	26,40
9		RUri-AS-ONP-03	08/12/2018	6,18	1,58	35,5	26,30
10		RUri-AS-ONP-04	08/12/2018	6,18	1,61	35,7	26,10
11		RUri-AS-ONP-05	08/12/2018	6,20	1,60	35,4	26,10
12		RUri-AS-ONP-06	08/12/2018	6,28	1,60	44,3	25,9
13	Quebrada Patoyacu	RPatu-AS-ONP-01	06/12/2018	5,81	0,16	28,1	26,6
14		RPatu-AS-ONP-02	06/12/2018	5,80	0,26	28	26,6
15		RPatu-AS-ONP-03	06/12/2018	5,78	0,27	28,5	26,8
16		RPatu-AS-ONP-04	06/12/2018	5,73	0,17	30,1	26,7
17	Río Nucuray	RNuc-AS-ONP-1	07/12/2018	6,09	1,69	38,2	26,2
18		RNuc-AS-ONP-2	07/12/2018	6,11	1,74	38,3	26,3
19		RNuc-AS-ONP-3	07/12/2018	6,22	1,69	38,2	26,2
20		RNuc-AS-ONP-4	07/12/2018	6,18	1,81	41,7	26,3
21		RNuc-AS-ONP-5	07/12/2018	6,23	1,82	40,3	26,3
22		RNuc-AS-ONP-6	07/12/2018	6,16	1,82	41,2	26,4
ECA Cat. 4 (2008) - Ríos de Selva				6,5 a 8,5	≥ 5	-	-
ECA Cat. 4 – E2 (2017) - Ríos de Selva				6,5 a 9,0	≥ 5	1000	Δ 3

Valor por debajo del límite mínimo de los ECA para agua Categoría 4 «Ríos de la Selva» del D.S. N.° 002-2008-MINAM y los ECA para agua Categoría 4, Subcategoría E2 del D.S. N.° 004-2017-MINAM

Los valores de pH registrados en el rango de 5,73 - 6,28 se encontraron por debajo del límite mínimo establecido en los ECA para agua 2008 y 2017 (Figura 6.1).

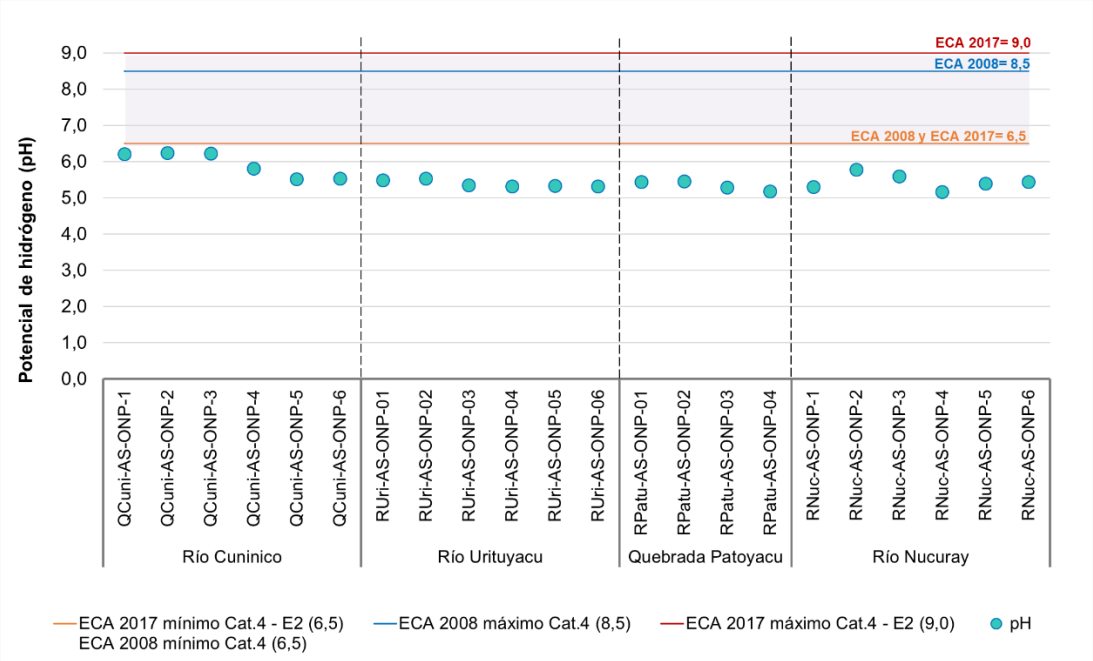


Figura 6.1. Valores de pH en quebradas y ríos en el área de estudio

Los valores de OD fueron registrados en el rango de 0,16 - 1,82 mg/L, se encontraron por debajo del límite mínimo (≥ 5 mg/L) establecido en los ECA para agua 2008 y 2017, tal como se observa en la Figura 6.2.

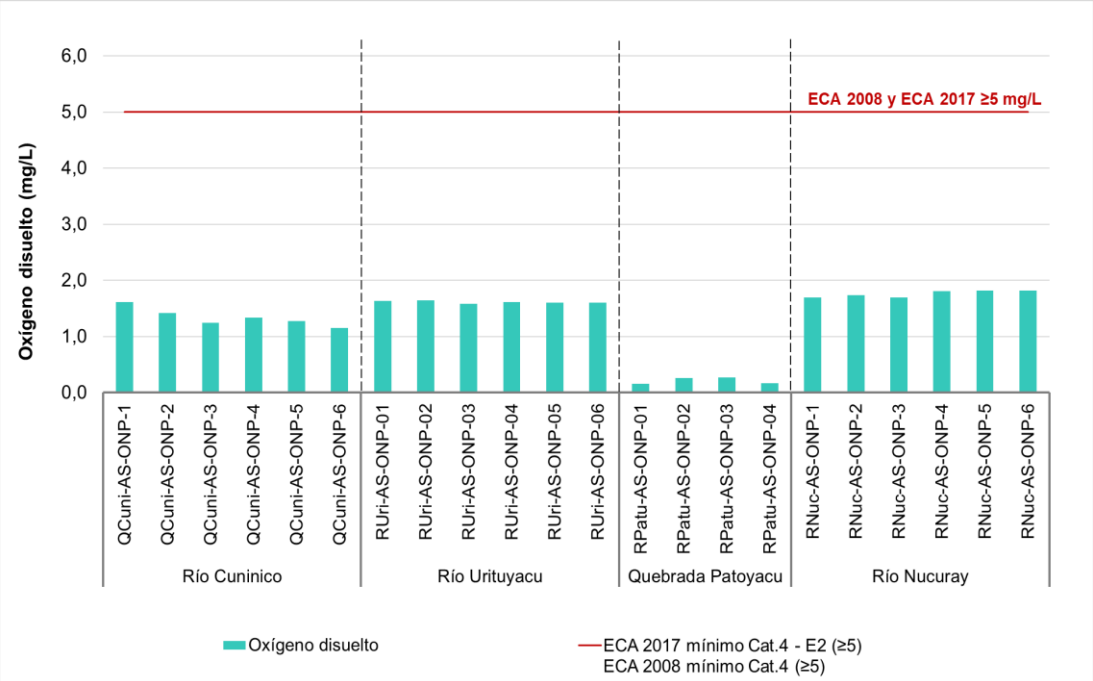


Figura 6.2. Valores de oxígeno disuelto en quebradas y ríos en el área de estudio

- **Hidrocarburos totales de petróleo (TPH) y Aceites y grasas**

Se registraron concentraciones de TPH y aceites y grasas menores al límite de cuantificación del método de análisis (0,0008 mg/L para TPH y 0,100 mg/L para aceites y grasas) en todos los puntos de muestreo en ríos y quebradas, cuyos valores no superan los ECA para agua 2017 según el Anexo 4 Reporte N.° 039-2019-SSIM. Los resultados de los parámetros en mención fueron comparados con los ECA para agua 2017, dado que esta norma considera valores cuantitativos para su comparación.

- **Metales totales**

En los puntos de muestreo ubicados en el río Cuninico se registró presencia de antimonio, níquel, cobre y bario; en el río Urituyacu, bario, cobre, níquel y plomo; en la quebrada Patoyacu, arsénico, bario, cobre, níquel y plomo; y en el río Nucuray, arsénico, bario, cobre y níquel; sin embargo, en ninguna de los ríos y quebradas las concentraciones de metales superaron los ECA para agua 2008 y 2017.

6.1.1.2 Canal de flotación

Los resultados muestran los valores registrados de parámetros medidos en el Canal de flotación entre el Km 39+500 al Km 90+000. Los parámetros medidos *in situ* fueron pH, oxígeno disuelto (OD), conductividad (C) y temperatura (T); y los parámetros analizados en laboratorio fueron aceites y grasas, TPH y metales totales.

- **Mediciones *in situ***

Los valores registrados de pH y OD estuvieron por debajo del límite mínimo establecido en los ECA para agua 2008 y 2017, según se presenta en la Tabla 6.2; mientras que, los valores de conductividad y temperatura no superaron dichos estándares.

Tabla 6.2. Comparación de las mediciones *in situ* con los ECA para agua 2008 y 2017 en el Canal de flotación

N.°	Sector	Código OEFA	Fecha	pH	OD (mg/L)	C (µS/cm)	T (°C)
1	Km 39+500 (río Cuninico) al Km 60+000 (río Urituyacu)	CF-AS-ONP-1	4/12/2018	5,75	0,21	34,70	26,40
2		CF-AS-ONP-2	4/12/2018	5,75	0,46	33,70	26,60
3		CF-AS-ONP-3	4/12/2018	5,83	0,23	33,20	26,70
4		CF-AS-ONP-4	4/12/2018	5,81	0,22	33,60	26,70
5		CF-AS-ONP-5*	4/12/2018	5,82	0,22	33,80	26,70
6		CF-AS-ONP-6	4/12/2018	5,78	0,20	33,80	26,70
7		CF-AS-ONP-7	9/12/2018	5,77	0,24	36,10	25,80
8		CF-AS-ONP-8	9/12/2018	5,79	0,12	36,10	26,20
9		CF-AS-ONP-9	9/12/2018	5,78	0,23	35,50	26,10
10		CF-AS-ONP-10	9/12/2018	5,78	0,23	35,00	26,20
11		CF-AS-ONP-11	9/12/2018	5,72	0,11	34,20	26,40
12		CF-AS-ONP-12	9/12/2018	5,70	0,30	34,00	26,20

N.°	Sector	Código OEFA	Fecha	pH	OD (mg/L)	C (µS/cm)	T (°C)
13		CF-AS-ONP-13	9/12/2018	5,74	0,50	33,50	26,20
14		CF-AS-ONP-14	9/12/2018	5,67	0,46	29,50	26,10
15		CF-AS-ONP-16	9/12/2018	5,64	0,37	32,3	25,6
16		CF-AS-ONP-17	9/12/2018	5,70	0,29	31,4	25,7
17		CF-AS-ONP-18	9/12/2018	5,73	0,22	30,2	25,8
18		CF-AS-ONP-19	5/12/2018	5,68	0,27	26,30	27,00
19		CF-AS-ONP-20	5/12/2018	5,71	0,27	26,30	27,20
20		CF-AS-ONP-21	5/12/2018	5,73	0,28	27,10	27,60
21		CF-AS-ONP-22	5/12/2018	5,69	0,25	26,30	27,20
22		CF-AS-ONP-23*	5/12/2018	5,67	0,24	24,70	26,50
23		CF-AS-ONP-24	8/12/2018	5,87	0,46	24,80	25,50
24		CF-AS-ONP-25	8/12/2018	5,87	0,61	23,50	25,60
25		CF-AS-ONP-26*	9/12/2018	5,70	1,02	22,8	26,3
26		CF-AS-ONP-27	8/12/2018	5,91	0,93	32,30	25,60
27		CF-AS-ONP-28*	9/12/2018	5,65	1,41	21,2	25,4
28		CF-AS-ONP-29	9/12/2018	5,72	0,35	32,3	26,5
29		CF-AS-ONP-30*	8/12/2018	5,95	0,18	31,10	25,70
30		CF-AS-ONP-31	8/12/2018	6,00	0,16	30,70	25,70
31		CF-AS-ONP-32	8/12/2018	6,05	0,16	30,50	25,80
32		CF-AS-ONP-33	6/12/2018	6,11	0,24	32,60	26,30
33		CF-AS-ONP-34	6/12/2018	6,30	0,80	32,90	27,60
34		CF-AS-ONP-35	6/12/2018	5,84	0,31	32,60	28,20
35		CF-AS-ONP-36*	6/12/2018	5,86	0,19	31,00	28,40
36		CF-AS-ONP-37*	6/12/2018	5,94	0,20	33,20	27,60
37	Km 60+000 (río Urituyacu) al Km 90+000 (río Nucuray)	CF-AS-ONP-38	3/12/2018	5,90	0,36	29	27,1
38		CF-AS-ONP-39	4/12/2018	5,95	0,41	30,1	26,3
39		CF-AS-ONP-40	4/12/2018	5,86	0,26	28,2	26,4
40		CF-AS-ONP-41	4/12/2018	5,85	0,21	28	26,8
41		CF-AS-ONP-42	4/12/2018	5,85	0,22	27,5	26,6
42		CF-AS-ONP-43	4/12/2018	5,62	0,20	26,8	26,5
43		CF-AS-ONP-44	4/12/2018	5,60	0,16	35,4	26,4
44		CF-AS-ONP-45	4/12/2018	5,51	0,14	32,9	26,5
45		CF-AS-ONP-46	5/12/2018	5,45	0,21	33,6	25,9

N.°	Sector	Código OEFA	Fecha	pH	OD (mg/L)	C (µS/cm)	T (°C)
46		CF-AS-ONP-47*	5/12/2018	5,40	0,21	34,3	26
47		CF-AS-ONP-48	5/12/2018	5,17	0,25	45,5	27
48		CF-AS-ONP-49	5/12/2018	5,60	0,19	45,2	28
49		CF-AS-ONP-50	5/12/2018	5,78	0,22	51,4	27,9
50		CF-AS-ONP-55	6/12/2018	5,31	0,58	39,1	25,9
51		CF-AS-ONP-57	6/12/2018	5,18	0,91	33,3	28,6
52		CF-AS-ONP-58	6/12/2018	5,29	0,58	36,00	28
53		CF-AS-ONP-59	5/12/2018	5,47	0,33	42,8	25,7
54		CF-AS-ONP-60	5/12/2018	5,45	0,79	43,4	28,1
55		CF-AS-ONP-61	5/12/2018	5,32	0,44	40,2	27,8
56		CF-AS-ONP-62	5/12/2018	5,34	0,32	40,3	28,5
57		CF-AS-ONP-63	5/12/2018	5,33	0,31	41,2	28,1
58		CF-AS-ONP-64*	4/12/2018	5,35	0,39	42,7	26,8
59		CF-AS-ONP-65	4/12/2018	5,54	0,32	34,7	26,6
60		CF-AS-ONP-66	4/12/2018	5,50	0,20	33,1	27,1
61		CF-AS-ONP-67	4/12/2018	5,54	0,38	31,7	27
62		CF-AS-ONP-68	4/12/2018	5,52	0,90	30,6	26,1
63		CF-AS-ONP-70*	3/12/2018	5,81	0,18	53,1	26,1
64		CF-AS-ONP-71	3/12/2018	6,23	0,59	39,9	26,6
65		CF-AS-ONP-72	3/12/2018	6,24	0,69	39,5	26,8
66		CF-AS-ONP-73	3/12/2018	6,21	0,48	40,4	26,8
ECA Cat. 4 (2008) - Ríos de Selva				6,5 a 8,5	≥ 5	-	-
ECA Cat. 4 – E2 (2017) - Ríos de Selva				6,5 a 9,0	≥ 5	1000	Δ 3
	Valor por debajo del límite mínimo de los ECA para agua Categoría 4 «Ríos de la Selva» del D.S. N.° 002-2008-MINAM y los ECA para agua Categoría 4, Subcategoría E2 del D.S. N.° 004-2017-MINAM						

* Puntos ubicados en el lugar de ocurrencia de un derrame.

Los valores de pH registrados en el rango de 5,17 - 6,30, se encontraron por debajo del límite mínimo establecido en los ECA para agua 2008 y 2017 (Figura 6.3).

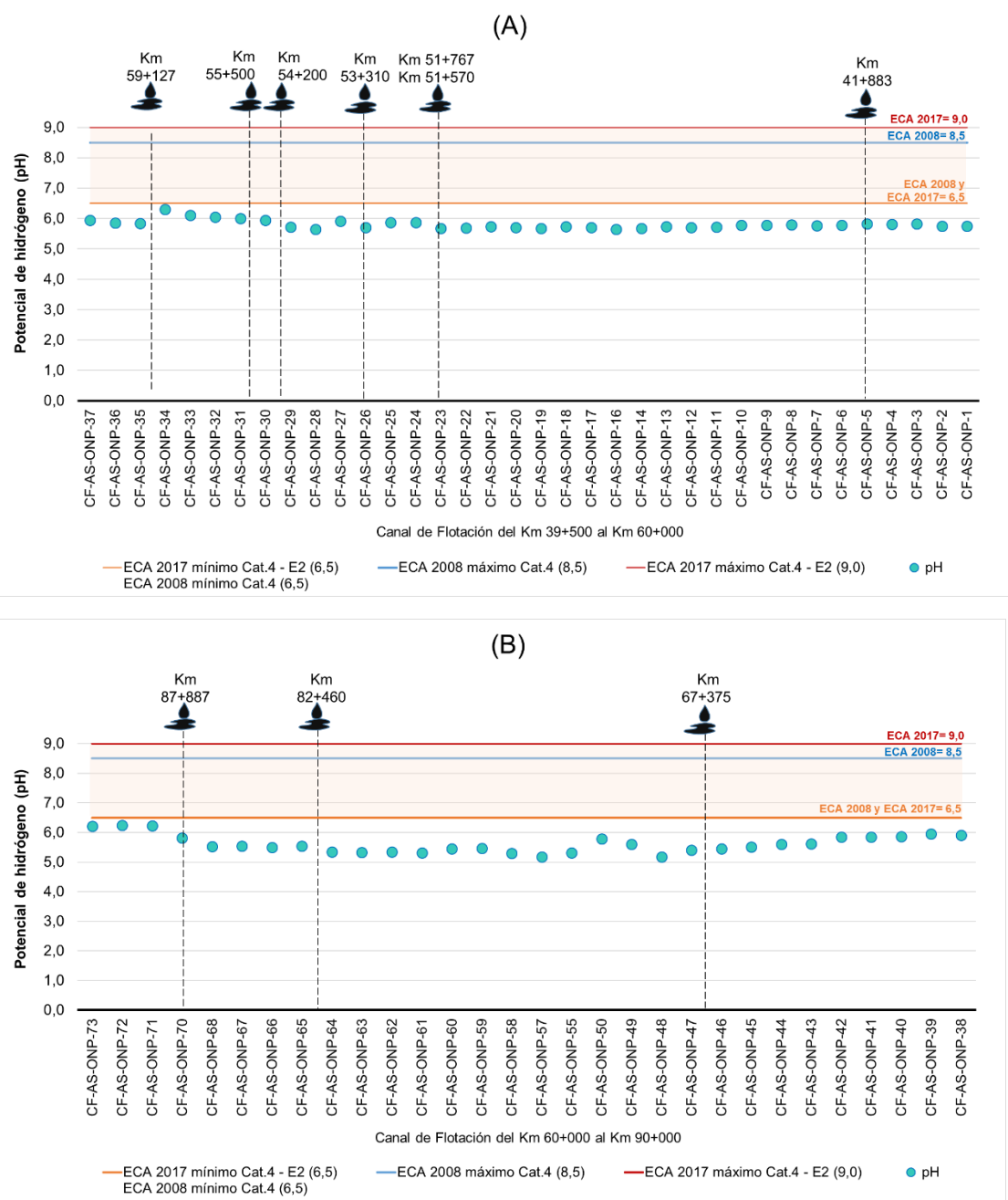


Figura 6.3. Valores de pH en el Canal de flotación entre el Km 39+500 (río Cuninico) y Km 60+000 (río Urituyacu) (A); y entre el Km 60+000 (río Urituyacu) y Km 90+000 (río Nucuray) (B)

Los valores de OD registrados en el rango de 0,11 - 1,41 mg/L, se encontraron por debajo del límite mínimo ≥ 5mg/L establecido en los ECA para agua 2008 y 2017 (Figura 6.4).

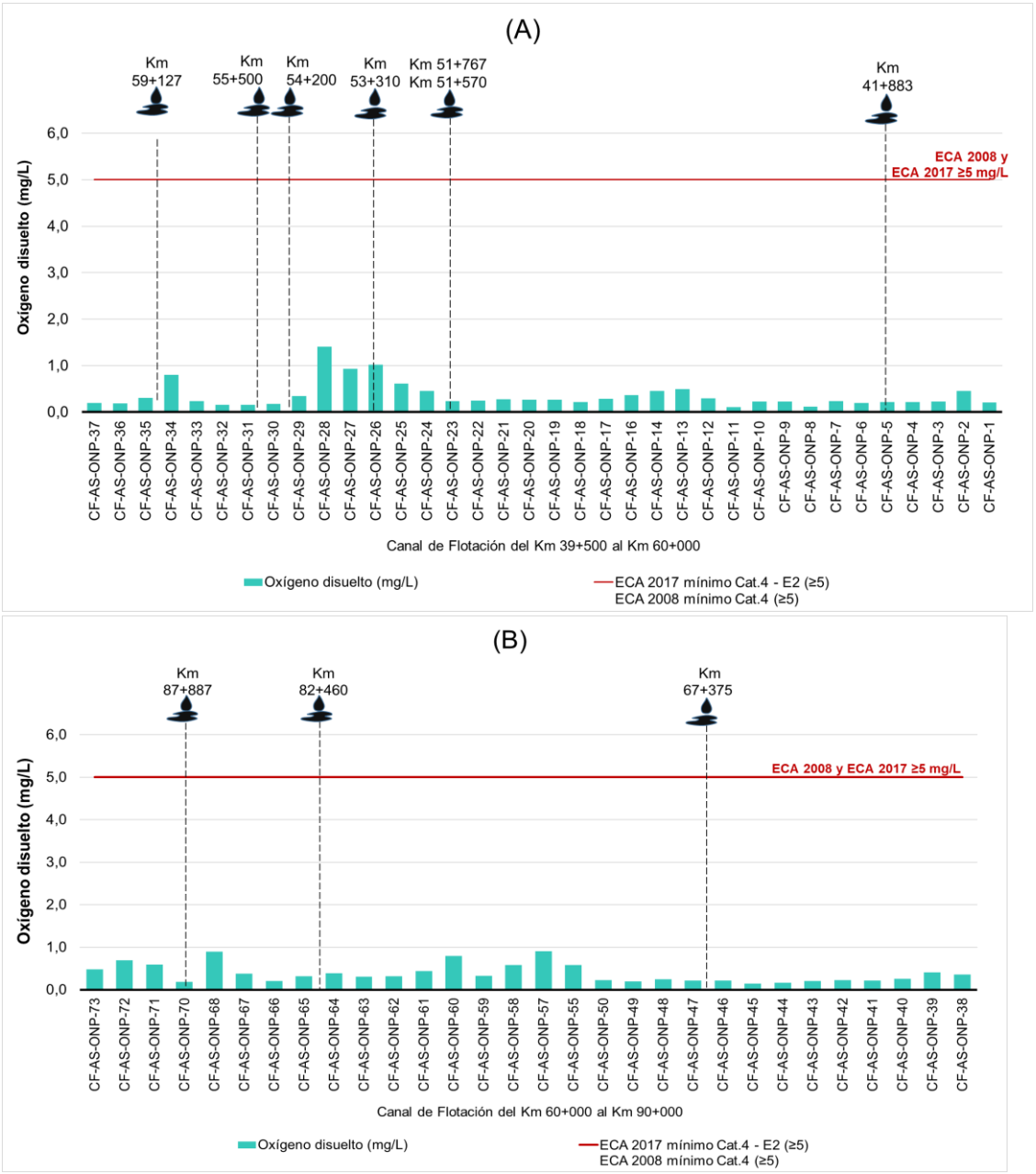


Figura 6.4. Valores de oxígeno disuelto en el Canal de flotación, entre el Km 39+500 (río Cuninico) y Km 60+000 (río Urituyacu) (A); y entre el Km 60+000 (río Urituyacu) y Km 90+000 (río Nucuray) (B)

- **Hidrocarburos totales de petróleo (TPH) y Aceites y Grasas**

Se registraron concentraciones de TPH y aceites y grasas menores al límite de cuantificación del método de análisis (0,0008 mg/L para TPH y 0,100 mg/L para aceites y grasas) en todos los puntos de muestreo en el Canal de flotación, cuyos valores no superaron los ECA para agua 2017 según se muestra en el Anexo 4 Reporte de resultados N.°039-2019-SSIM. Los resultados de los parámetros en mención fueron comparados con los ECA para agua 2017, dado que esta norma considera valores cuantitativos para su comparación.

- **Metales totales**

De los 66 punto de muestreo evaluados, 6 superaron los valores establecidos en los ECA para agua 2008 según se presentan en la Tabla 6.3; sin embargo, estas concentraciones no superaron los ECA para agua 2017. Cabe precisar que se registró presencia de arsénico, antimonio, bario, cobre, níquel, plomo, selenio, selenio y zinc.

Tabla 6.3. Comparación de las concentraciones de metales que superan los ECA para agua 2008 y 2017 en el Canal de flotación

Cuerpo de agua	Código	Cobre (mg/L)	Plomo (mg/L)
Canal de flotación Km 39+500 al Km 60+000	CF-SED-ONP-21	0,01039	0,0011
	CF-SED-ONP-29	0,02338	0,0005
	CF-SED-ONP-37	0,03304	0,0018
Canal de flotación Km 60+000 al Km 90+000	CF-SED-ONP-47	0,00112	0,001
	CF-SED-ONP-66	0,00617	0,0016
	CF-SED-ONP-70	0,00974	0,0011
ECA Cat. 4 Ríos de Selva (2008)		0,02	0,001
ECA Cat. 4 - E2 Ríos de Selva (2017)		0,1	0,0025

Concentración que supera el ECA para agua Categoría 4«Ríos de la Selva» del D.S. N.° 002-2008-MINAM

En el Anexo 4 Reporte de resultados N.° 039-2019-SSIM se encuentran los resultados obtenidos para la evaluación de los metales totales comparados con los ECA para agua.

6.1.2 Sedimento

Los resultados fueron obtenidos de los 66 puntos de muestreo ubicados en el Canal de flotación, y de 22 puntos ubicados en ríos y quebradas cercanos al ONP. El criterio de ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos fue el mismo que se empleó para agua superficial.

6.1.2.1 Ríos y quebradas

Se evaluaron los sedimentos de los ríos Cuninico, Nucuray, Urituyacu y la quebrada Patoyacu, donde los parámetros evaluados se describen a continuación:

- **Caracterización textural**

El análisis granulométrico, según se muestra en la Figura 6.5, registró la predominancia de arena en la composición del sedimento de los cuerpos de agua evaluados. En los ríos Cuninico y Urituyacu el contenido de arena se encontró en el rango de 85 - 100 %; en la quebrada Patoyacu en el rango de 45 - 90 %; y en el río Nucuray en el rango de 85 - 90 %.

El contenido de limo y arcilla fue porcentualmente menor en todos los puntos. El limo se encontró en el rango de 5 - 15 %, y arcilla en el rango de 0 - 20 %.

Las clases texturales predominantes en el sedimento, en todos los cuerpos de agua evaluados, fueron arenosa y areno-francosa.

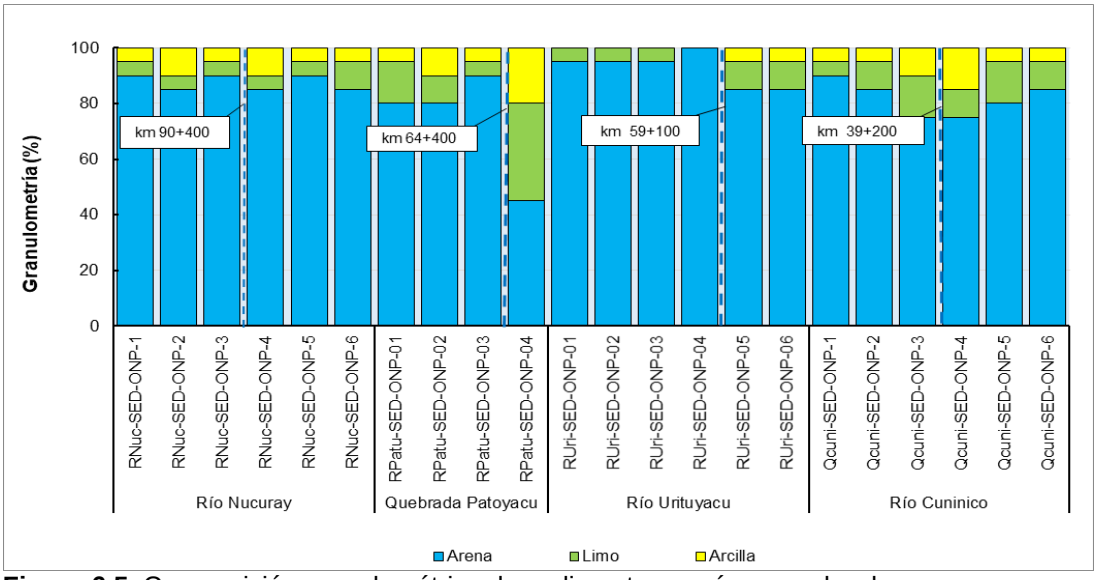


Figura 6.5. Composición granulométrica de sedimentos en ríos y quebradas

- **Hidrocarburos totales de petróleo (TPH)**

Los informes de ensayo evidenciaron presencia de hidrocarburos por encima del límite de cuantificación en al menos un punto de muestreo en todos los ríos y quebradas evaluados.

La comparación con el nivel de fondo para TPH (NF_{TPH}=45,46 mg/kg); se realizó en 11 puntos ubicados aguas abajo de la intersección con el Canal de flotación, de los cuales, 5 superaron el NF_{TPH}: 3 en el río Cuninico (797,1; 218,4 y 84,6 mg/kg) y 2 en el río Nucuray (60 y 65,9 mg/kg). El río Cuninico presentó las mayores concentraciones respecto al resto de ríos y quebradas, de los cuales el punto Qcuni-SED-ONP-4 presentó la concentración máxima (797,1 mg/kg), la misma que superó el valor referencial de la guía Atlantic RBCA (ESL=500 mg/kg). La Figura 6.6 muestra las concentraciones de TPH en cada río y quebrada evaluado.

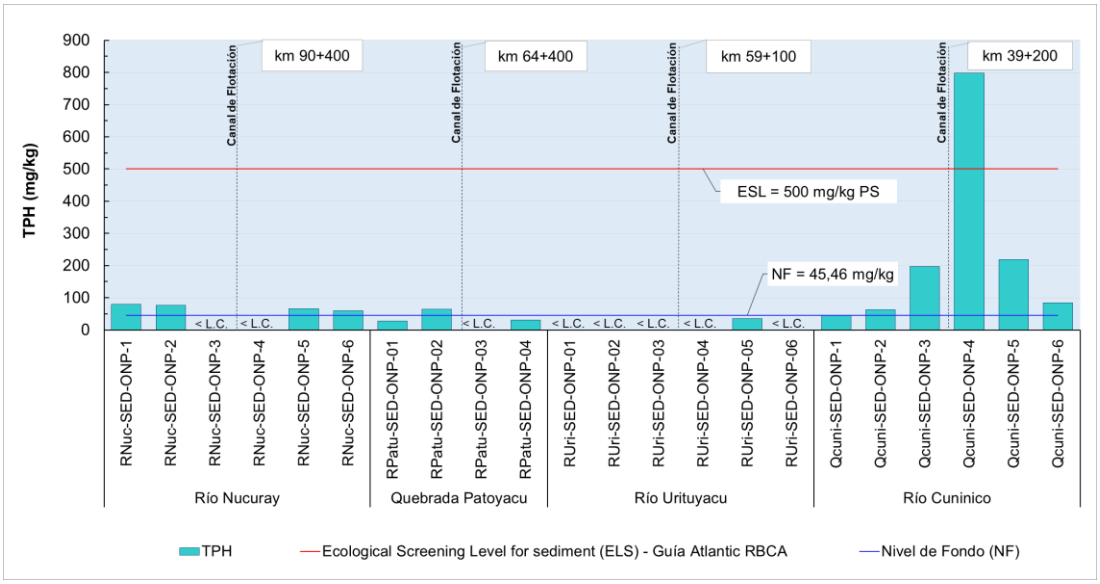


Figura 6.6. Concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo en ríos y quebradas comparados referencialmente con el valor de la guía Atlantic RBCA

- **Fracciones de hidrocarburos**

Se evaluaron 3 fracciones de hidrocarburos: de cadena carbonada corta C_6-C_{10} en la fracción F_1, de cadena carbonada entre C_{10}-C_{28} en la fracción F_2 y de cadena larga C_{28}-C_{40} como fracción F_3.

La composición de hidrocarburos en todos los ríos y quebradas, tal como se muestra en la Figura 6.7, presentó predominancia de cadenas de secuencia carbonada larga F_3 y en menor proporción de cadenas carbonadas de la fracción F_2; mientras que, en ninguno de los puntos se registraron concentraciones de la fracción F_1.

Particularmente, el río Cuninico registró mayores concentraciones de fracciones F_2 y F_3 con respecto a los demás cuerpos de agua y las mayores concentraciones fueron registradas en los puntos próximos al Canal de flotación.

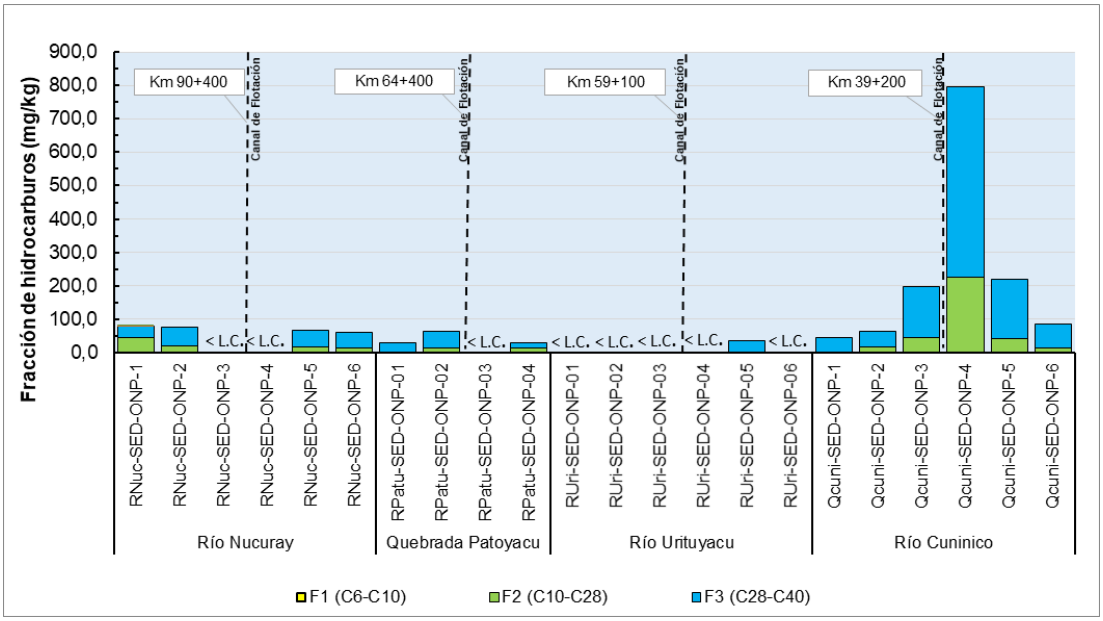


Figura 6.7. Fracciones de hidrocarburos (F_1, F_2 y F_3) en ríos y quebradas

- **Hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAP)**

Las concentraciones de hidrocarburos policíclicos aromáticos en sedimentos no superaron el límite de cuantificación (0,0054 mg/kg) del método de ensayo en ninguno de los puntos de muestreo.

- **Metales totales**

La norma canadiense CEQG-SQG establece valores de comparación para 7 metales (arsénico, cobre, zinc, plomo, cadmio, cromo y mercurio) con potencial de afectación a la calidad ambiental de sedimentos. Las concentraciones de cobre superaron los valores ISQG de la CEQG-SQG en 2 puntos de muestreo, y el nivel de fondo (NF) en 3 puntos; mientras que, metales como el cromo y zinc en 2 puntos de muestreo cada uno; y el bario, níquel y vanadio en un punto de muestreo, tal como se presenta en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4. Concentraciones de metales de interés que superaron los niveles de fondo y referencialmente los valores de la norma CEQG-SQG

N.°	Cuerpo de agua	Ubicación respecto al Canal de flotación	Código OEFA	Cobre (mg/kg)	Cromo (mg/kg)	Zinc (mg/kg)	Bario (mg/kg)	Níquel (mg/kg)	Vanadio (mg/kg)
1	Río Cuninico	Aguas arriba	Qcuni-SED-ONP-1	11,6	16,5	52,7	101,1	16	40,5
2			Qcuni-SED-ONP-2	19,4	23,3	72,8	164,7	15	52,3
3			Qcuni-SED-ONP-3	17,7	19,7	60,2	130,6	15	45,7
4		Aguas abajo	Qcuni-SED-ONP-4	21,4	17,8	56,2	126,1	14	41,1
5			Qcuni-SED-ONP-5	17,2	17,8	55	126,4	15	40,9
6			Qcuni-SED-ONP-6	10	13,6	44,7	93,8	10	30,8
7	Río Urituyacu	Aguas arriba	RUri-SED-ONP-01	8	16,7	34,2	70,9	15	56,1
8			RUri-SED-ONP-02	11,3	20,5	57,4	129,3	25	72,8
9			RUri-SED-ONP-03	11,8	20,4	62,7	146,4	20	78
10		Aguas abajo	RUri-SED-ONP-04	8,6	19,4	52	101	20	69,4
11			RUri-SED-ONP-05	20,6	24,4	49,5	143,2	21	59,1
12			RUri-SED-ONP-06	27,3	28,4	67,9	205,3	26	72,1
13	Quebrada Patoyacu	Aguas arriba	RPatu-SED-ONP-01	10,9	16,4	55,1	87,8	8	47,5
14			RPatu-SED-ONP-02	14,6	18,9	66,5	100,1	12	45,4
15		Aguas abajo	RPatu-SED-ONP-03	18,2	27,4	63,1	144,1	21	63,9
16			RPatu-SED-ONP-04	38,5	22,5	93	156,5	17	46,7
17	Río Nucuray	Aguas arriba	RNuc-SED-ONP-1	37,6	27,9	66,9	216,5	27	63,9
18			RNuc-SED-ONP-2	29,9	31,4	71,1	213,6	25	67,1
19			RNuc-SED-ONP-3	35,3	24,3	62,1	160,6	28	74,6
20		Aguas abajo	RNuc-SED-ONP-4	16,4	15	41,8	114,1	17	42
21			RNuc-SED-ONP-5	21	18,7	51	126,2	18	47,1
22			RNuc-SED-ONP-6	16,9	17,8	43,1	94,4	19	45,5
CEQG-SQG			ISQG	35,7	37,3	123	-	-	-
			PEL	197,0	90	315	-	-	-
Informe N.° 200-2019-OEFA/DEAM-SSIM			Nivel de fondo	22,98	26,44	64,48	211,9	22,08	71,11

Concentración que supera el valor ISQG de la norma CEQG-SQG

Concentración que supera solo el nivel de fondo

Nota: Solo los puntos ubicados aguas abajo con la intersección con el Canal de flotación fueron comparados con el nivel de fondo

6.1.2.2 Canal de flotación

Se evaluó el Canal de flotación entre el Km 39+500 y el Km 90+000, donde los parámetros evaluados se describen a continuación:

- **Caracterización textural**

El análisis granulométrico, según se muestra en la Figura 6.8, registró la predominancia de arena en la composición del sedimento: arena en el rango de 45 - 95 %, arcilla en el rango de 0 - 20 % y limo en el rango de 5 - 40 %. Las clases texturales predominantes en el sedimento fueron Arenosa y Franco-Arenosa.

Los puntos próximos a los ríos y quebradas presentaron mayor contenido de arcilla y limo con respecto al resto de puntos ubicados en el Canal de flotación.

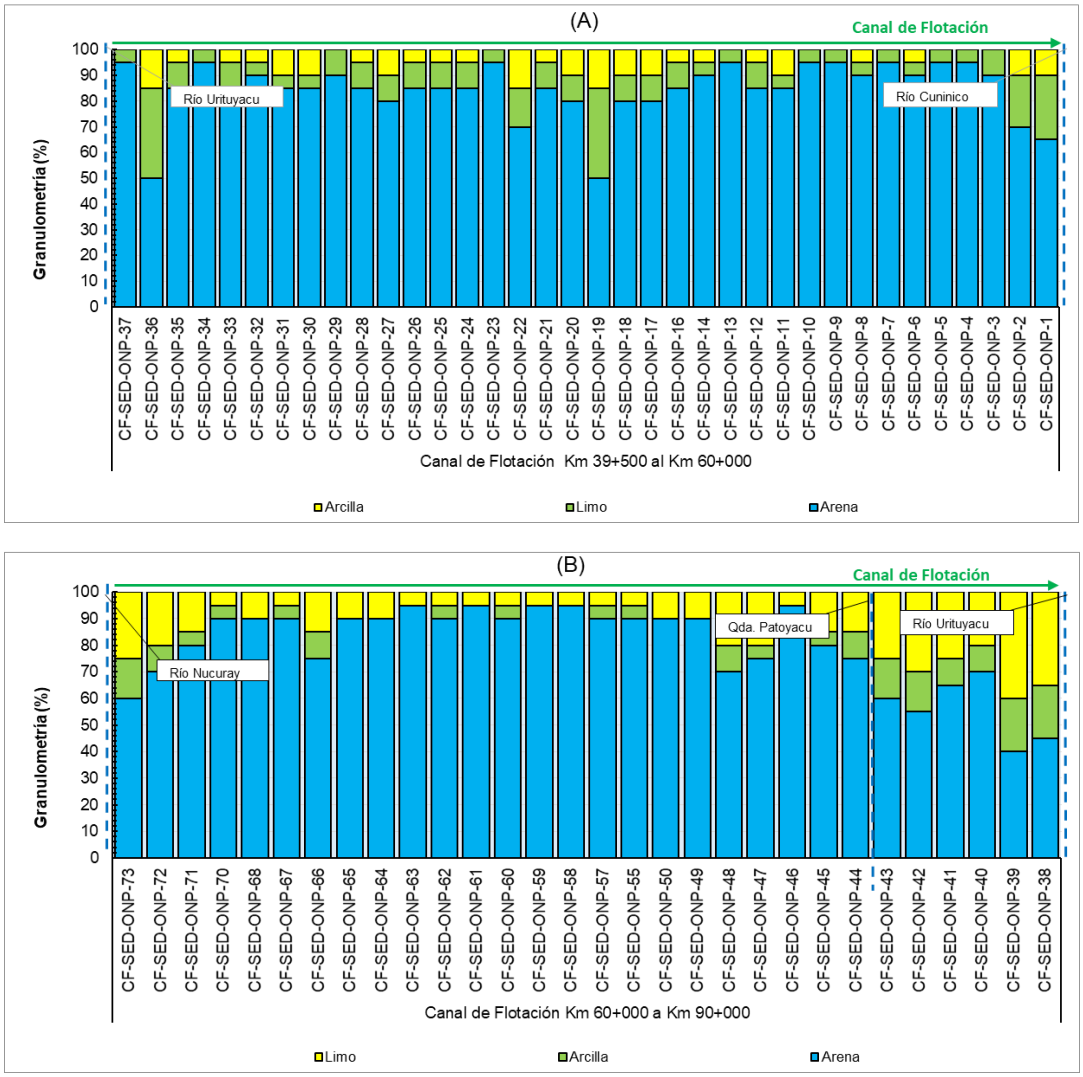


Figura 6.8. Clase textural en el Canal de flotación entre el Km 39+500+000 (río Cuninico) y Km 60+000 (río Urituyacu) (A); y entre el Km 60+000 (río Urituyacu) y Km 90+000 (río Nucuray) (B)

- **Hidrocarburos totales de petróleo (TPH)**

En 52 puntos de muestreo se registraron concentraciones de TPH mayores al límite de cuantificación (> 13,3 mg/kg) en un rango de 22,5 - 2 454,0 mg/kg. Asimismo, en 20 puntos se superó referencialmente el valor ESL=500 mg/kg establecida en la guía Atlantic RBCA (Figura 6.9).

El punto CF-SED-ONP-3 próximo al río Cuninico presentó el valor máximo de 2 454,0 mg/kg, superando ampliamente al valor de comparación en mención.

Los resultados de TPH también fueron comparados con el valor establecido como nivel de fondo en ríos y quebradas derivado del Informe N.° 200-2019-OEFA/DEAM-SSIM)[43]. De los 66 puntos evaluados, 56 superaron el valor de nivel de fondo para TPH (NF_{TPH}=44,46 mg/kg) representando el 84,9 % del total, resultados que evidencian concentraciones de origen distinto a las condiciones naturales en ambientes amazónicos. (Ver Figura 6.9.)

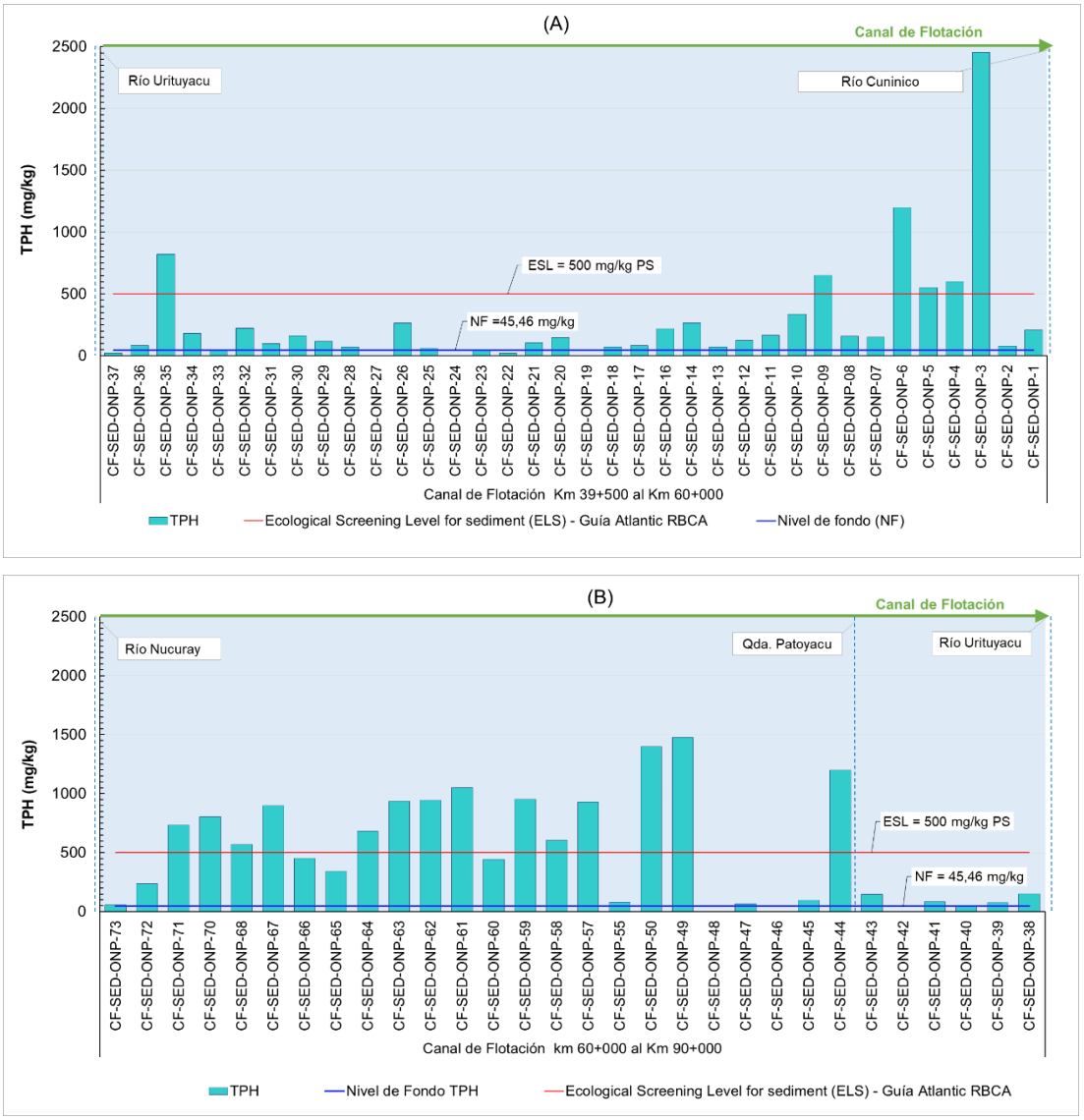


Figura 6.9. Concentraciones de TPH en el Canal de flotación entre el Km 39+500 (río Cuninico) y Km 60+000 (río Urituyacu) (A); y entre el Km 60+000 (río Urituyacu) y Km 90+000 (río Nucuray) (B)

- **Fracciones de hidrocarburos**

La composición de hidrocarburos en el Canal de flotación presentó predominancia de cadenas de secuencia carbonada larga F_3 y en menor proporción de cadenas carbonadas

43 «Determinación de Niveles de Fondo y Niveles de Referencia de hidrocarburos totales de petróleo y metales en sedimento de los ríos Cuninico, Nucuray y, Urituyacu y la quebrada Patoyacu, asociados al Canal de flotación del Tramo I del Oleoducto Norperuano».

de la fracción F_2; mientras que, en ninguno de los puntos se registraron concentraciones de la fracción de hidrocarburos F_1.

La fracción de hidrocarburos F_3 fue registrada en 60 puntos de muestreo y la fracción F_2 en 58 puntos; mientras que, la fracción F_1 no fue detectada por el método empleado (L.C.=1,9 mg/kg). Las concentraciones de cada fracción se distribuyen según se muestra en la Figura 6.10.

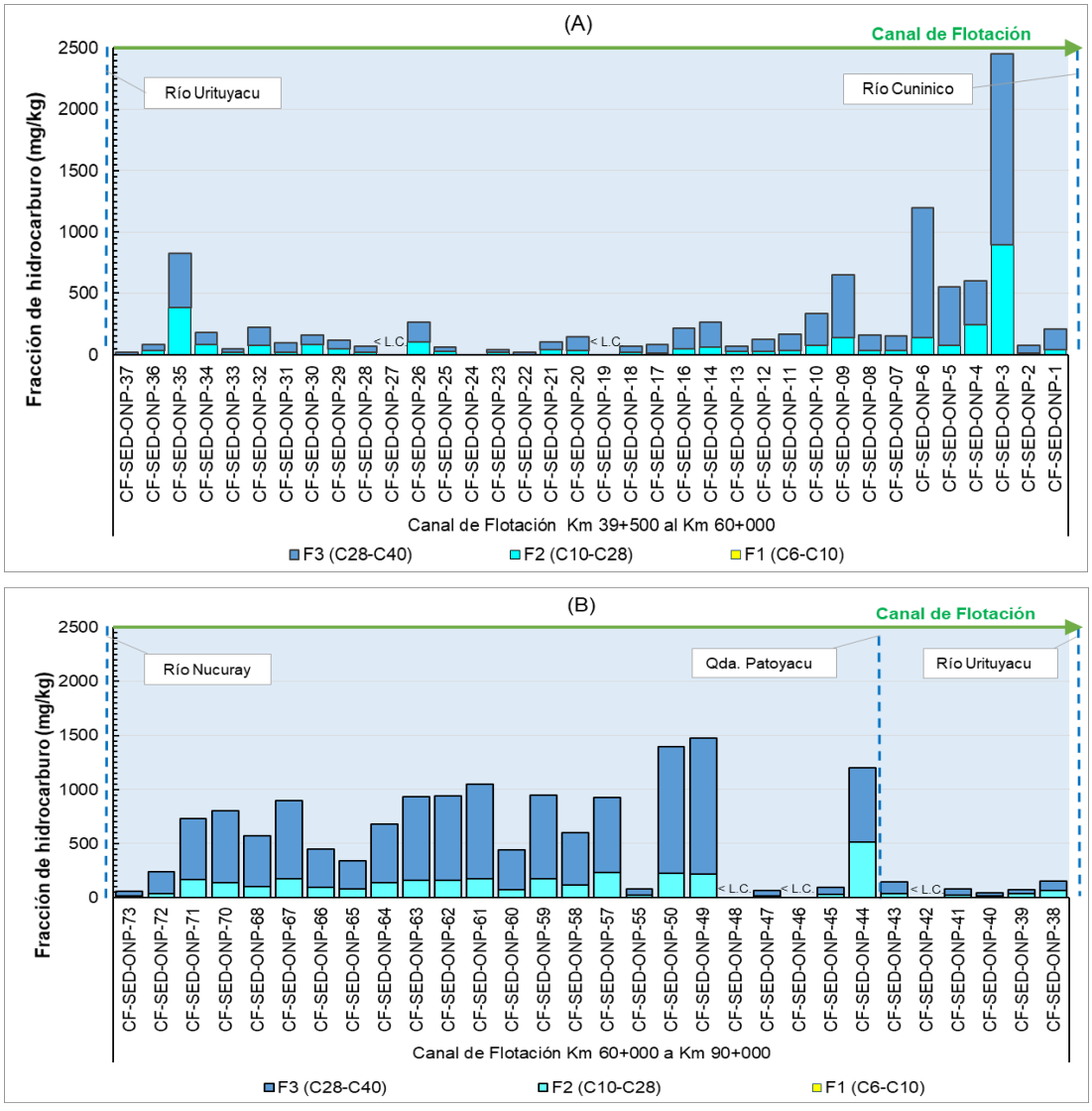


Figura 6.10. Fracciones de hidrocarburos (F_1, F_2 y F_3) en el Canal de flotación entre el Km 39+500 (río Cuninico) y Km 60+000 (río Urituyacu) (A); y entre el Km 60+000 (río Urituyacu) y Km 90+000 (río Nucuray) (B)

- **Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)**

Las concentraciones de hidrocarburos policíclicos aromáticos en sedimentos no superaron el límite de cuantificación (0,0054 mg/kg) del método de ensayo en ninguno de los puntos de muestreo.

- **Metales totales**

Los metales que superaron los valores ISQG o PEL de la norma CEQG-SQG son cobre, cadmio, zinc, mercurio y arsénico; siendo el cobre el metal más abundante encontrado en todo el tramo evaluado. Asimismo, estos metales fueron comparados con los niveles de fondo establecidos para los cuerpos de agua del área de estudio[44]. Dichos resultados son presentados en la Tabla 6.5.

El cobre fue registrado en 42 puntos en concentraciones que superaron el valor ISQG (35,7 mg/kg), de los cuales ninguno superó el valor PEL de dicha norma. Asimismo, superó el nivel de fondo establecido (NF_{cobre}=22,98 mg/kg) en 57 puntos de muestreo.

El zinc superó el valor ISQG (123 mg/kg) en el punto CF-SED-ONP-71; y el nivel de fondo (NF_{zinc}=64,48 mg/kg) en 30 puntos de muestreo.

El cadmio fue registrado en 4 puntos en concentraciones que superaron el valor ISQG (0,6 mg/kg), en los puntos CF-SED-ONP-20, CF-SED-ONP-70, CF-SED-ONP-71 y CF-SED-ONP-73. El mercurio superó el valor de comparación ISQG (0,17 mg/kg) en los puntos CF-SED-ONP-49, CF-SED-ONP-68 y CF-SED-ONP-71. El arsénico superó los valores ISQG (5,9 mg/kg) y PEL (17 mg/kg) en los puntos CF-SED-ONP-07, CF-SED-ONP-09 y CF-SED-ONP-64.

No se realizó la comparación del arsénico con el valor ISQG (5,9 mg/kg), debido a que el límite de cuantificación (L.C. <17,5 mg/kg) del método empleado supera el valor en mención; de manera similar, el límite de cuantificación del cadmio (L.C. < 1,0 mg/kg) fue mayor al valor ISQG (0,6 mg/kg), por lo tanto, su comparación solo fue realizada con valores cuantificables.

La CEQG-SQG solo considera 7 metales con potencial de afectación a la calidad ambiental de sedimentos provenientes de cualquier actividad productiva; sin embargo, otros metales con potencial de afectación guardan relación con la actividad hidrocarburífera, tales como el bario[45,46], níquel y vanadio[46]; por lo tanto, estos fueron comparados con los niveles de fondo.

El bario superó el nivel de fondo (NF_{bario}=211,9 mg/kg) en 14 puntos, el níquel ($NF_{níquel}$=22,08 mg/kg) en 26 puntos y el vanadio ($NF_{vanadio}$=71,11 mg/kg) en 20 puntos de muestreo. Estos resultados, incluyendo el resto de metales, son presentados en el Anexo 4 Reporte de resultados N.° 039-2019-SSIM.

[44] Informe N.° 200-2019-OEFA/DEAM-SSIM. «Determinación de Niveles de Fondo y Niveles de Referencia de hidrocarburos totales de petróleo y metales en sedimento de los ríos Cuninico, Nucuray y, Urituyacu y la quebrada Patoyacu, asociados al Canal de Flotación del Tramo I del Oleoducto Norperuano». (Ver Anexo 7)

[45] Según Fakhru'l-Razi, *et.al* (2009), el bario se encuentra en cantidades cuantificables en aguas de producción de petróleo crudo a nivel global.

[46] PNUD, *et al.,* 2018. Estudio técnico independiente (ETI) del Ex Lote 1AB. Lineamientos estratégicos para la remediación de los impactos de las operaciones petroleras en el ex Lote 1AB en Loreto, Perú. Disponible en http://www.pe.undp.org/content/peru/es/home/library/democratic_governance/eti-del-ex-lote-1ab.html

Tabla 6.5. Metales totales en sedimento del Canal de flotación que superan los niveles de fondo y referencialmente los valores de la CEQG-SQG

Sector	Código OEFA	Arsénico (mg/kg)	Cobre (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Zinc (mg/kg)	Mercurio (mg/kg)	Cromo (mg/kg)	Bario (mg/kg)	Níquel (mg/kg)	Vanadio (mg/kg)
Canal de Flotación	CF-SED-ONP-1	< 17,5	39,1	< 1,0	66,7	< 0,10	23	140,4	16	53,6
	CF-SED-ONP-2	< 17,5	33,7	< 1,0	95,6	< 0,10	23,3	174,7	15	45,8
	CF-SED-ONP-3	< 17,5	89,2	< 1,0	52,3	0,12	14,2	183,5	14	75,7
	CF-SED-ONP-4	< 17,5	74,5	< 1,0	60,7	< 0,10	19,1	211,3	14	67
	CF-SED-ONP-5*	< 17,5	82,8	< 1,0	56,7	< 0,10	17,2	234,4	16	75,7
	CF-SED-ONP-6	< 17,5	56	< 1,0	23,5	< 0,10	8,9	182,1	12	70,5
	CF-SED-ONP-07	23,5	137,6	< 1,0	51,9	< 0,10	20,5	322,2	23	127,2
	CF-SED-ONP-08	< 17,5	87	< 1,0	84,2	< 0,10	22,2	222,2	21	84,3
	CF-SED-ONP-09	18,2	95,5	< 1,0	62,3	< 0,10	18,6	273,4	20	93
	CF-SED-ONP-10	< 17,5	155,4	< 1,0	39,5	< 0,10	21,8	380,8	27	146,5
	CF-SED-ONP-11	< 17,5	98	< 1,0	82,8	< 0,10	26,4	258,1	33	109,7
	CF-SED-ONP-12	< 17,5	115,5	< 1,0	67,3	< 0,10	25,6	357,8	28	88
	CF-SED-ONP-13	< 17,5	19	< 1,0	32,1	< 0,10	18,1	52,6	40	49,9
	CF-SED-ONP-14	< 17,5	29,5	< 1,0	39,4	< 0,10	21,4	76,9	29	51,4
	CF-SED-ONP-16	< 17,5	21,6	< 1,0	29,4	< 0,10	17,5	52,5	32	43,8
	CF-SED-ONP-17	< 17,5	58,3	< 1,0	31,9	< 0,10	23,2	82,7	28	59,2
	CF-SED-ONP-18	< 17,5	59,9	< 1,0	50,6	< 0,10	22,6	216	23	65,7
	CF-SED-ONP-19	< 17,5	35,8	< 1,0	67,3	< 0,10	23,6	136,9	20	59,2
	CF-SED-ONP-20	< 17,5	127,1	2,1	88,6	< 0,10	31,8	310,1	22	103,5
	CF-SED-ONP-21	< 17,5	33,9	< 1,0	43,6	< 0,10	21,3	92	25	55,9
	CF-SED-ONP-22	< 17,5	42,9	< 1,0	73,8	< 0,10	24,1	153,5	17	63,6
	CF-SED-ONP-23	< 17,5	15	< 1,0	37,6	< 0,10	19,6	71,5	34	51,2
	CF-SED-ONP-24	< 17,5	100,4	< 1,0	44,1	< 0,10	21,6	181,7	31	70,7
	CF-SED-ONP-25	< 17,5	99,1	< 1,0	43,5	< 0,10	22,4	203,7	30	78

Sector	Código OEFA	Arsénico (mg/kg)	Cobre (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Zinc (mg/kg)	Mercurio (mg/kg)	Cromo (mg/kg)	Bario (mg/kg)	Níquel (mg/kg)	Vanadio (mg/kg)
	CF-SED-ONP-26*	< 17,5	37,9	< 1,0	39,4	< 0,10	18,4	94	28	50,4
	CF-SED-ONP-27	< 17,5	35,1	< 1,0	40,9	< 0,10	18,3	95,7	27	49,9
	CF-SED-ONP-28	< 17,5	32,4	< 1,0	37,4	< 0,10	19,3	92,4	29	50,4
	CF-SED-ONP-29	< 17,5	34,6	< 1,0	28,2	< 0,10	16,2	67	29	49,5
	CF-SED-ONP-30	< 17,5	34,2	< 1,0	29,9	< 0,10	19,1	72,6	27	52,3
	CF-SED-ONP-31	< 17,5	47,2	< 1,0	34,9	< 0,10	23,1	116,1	27	60,2
	CF-SED-ONP-32	< 17,5	41,5	< 1,0	42,7	< 0,10	22,3	93,6	34	62,7
	CF-SED-ONP-33	< 17,5	33,5	< 1,0	44,8	< 0,10	24,4	90,1	30	59,4
	CF-SED-ONP-34	< 17,5	15,9	< 1,0	31,5	< 0,10	20,9	30,3	40	55,2
	CF-SED-ONP-35	< 17,5	52,5	< 1,0	42,8	< 0,10	25,7	102,9	26	79,6
	CF-SED-ONP-36*	< 17,5	56,8	< 1,0	64,7	< 0,10	28,5	172,9	21	74,1
	CF-SED-ONP-37	< 17,5	15,3	< 1,0	39,5	< 0,10	20	77,1	21	58
Canal de Flotación (Km 60+000 al Km 90+000)	CF-SED-ONP-38	< 17,5	44	< 1,0	111,2	< 0,10	24,3	158,2	17	55,8
	CF-SED-ONP-39	< 17,5	35,2	< 1,0	97,9	< 0,10	22,9	134,6	13	49,8
	CF-SED-ONP-40	< 17,5	47,2	< 1,0	75,3	< 0,10	27,9	152,8	18	62,9
	CF-SED-ONP-41	< 17,5	30,6	< 1,0	75,7	< 0,10	22,3	154,2	12	48,2
	CF-SED-ONP-42	< 17,5	30,5	< 1,0	84,3	< 0,10	24,3	146,4	14	53,3
	CF-SED-ONP-43	< 17,5	30,6	< 1,0	87,1	< 0,10	23,7	118,5	16	48,2
	CF-SED-ONP-44	< 17,5	51,5	< 1,0	69,1	< 0,10	22,4	167,3	14	74,1
	CF-SED-ONP-45	< 17,5	20,5	< 1,0	36	< 0,10	13,3	54,9	11	59,1
	CF-SED-ONP-46	< 17,5	12,2	< 1,0	35,5	< 0,10	15	50,6	15	57,5
	CF-SED-ONP-47	< 17,5	28	< 1,0	87,3	< 0,10	26,2	245,5	9	49,4
	CF-SED-ONP-48	< 17,5	53,6	< 1,0	95,3	< 0,10	26,1	234	13	71,6
	CF-SED-ONP-49	< 17,5	28	< 1,0	22,5	0,28	12,9	145,9	< 5	31,6
	CF-SED-ONP-50	< 17,5	21,3	< 1,0	9,8	0,11	7	96,3	< 5	33,8

Sector	Código OEFA	Arsénico (mg/kg)	Cobre (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Zinc (mg/kg)	Mercurio (mg/kg)	Cromo (mg/kg)	Bario (mg/kg)	Níquel (mg/kg)	Vanadio (mg/kg)
	CF-SED-ONP-55	< 17,5	48,8	< 1,0	109,9	< 0,10	24	214,9	23	57,9
	CF-SED-ONP-57	< 17,5	41,4	< 1,0	67,9	0,1	16,7	162,2	17	43,9
	CF-SED-ONP-58	< 17,5	56,4	< 1,0	72,4	< 0,10	19,1	191,8	23	62,7
	CF-SED-ONP-59	< 17,5	34,3	< 1,0	23,9	< 0,10	8,6	116,1	7	43,2
	CF-SED-ONP-60	< 17,5	56,5	< 1,0	68,2	< 0,10	16,8	160,6	13	69,4
	CF-SED-ONP-61	< 17,5	49,7	< 1,0	55,8	< 0,10	17,5	159,9	16	58,7
	CF-SED-ONP-62	< 17,5	60,7	< 1,0	49,7	0,11	11,5	141,5	9	62,7
	CF-SED-ONP-63	< 17,5	73,4	< 1,0	53,3	0,12	12,2	156,4	8	50,1
	CF-SED-ONP-64*	18,1	63,3	< 1,0	52,8	0,13	11,8	119,7	11	73
	CF-SED-ONP-65	< 17,5	129,7	< 1,0	74	0,1	19,8	274,5	19	82
	CF-SED-ONP-66	< 17,5	85,7	< 1,0	75,1	< 0,10	20,9	217,6	15	78,9
	CF-SED-ONP-67	< 17,5	100,1	< 1,0	66,1	0,12	16,4	208,5	12	90,4
	CF-SED-ONP-68	< 17,5	121,9	< 1,0	88,7	0,19	20,8	174,2	12	86,5
	CF-SED-ONP-70*	< 17,5	116,8	2,3	87,4	0,11	21,2	210,2	21	99,1
	CF-SED-ONP-71	< 17,5	68,9	2,1	132,1	0,2	22,3	189,1	23	59,3
	CF-SED-ONP-72	< 17,5	46,3	< 1,0	97,8	< 0,10	24,3	166	20	58,1
	CF-SED-ONP-73	< 17,5	31,9	2,6	79,3	< 0,10	22,8	142,7	20	51,2
CEQG-SQG	ISQG	5,9	35,7	0,6	123	0,17	-	-	-	-
	PEL	17	197	3,5	315	0,486	-	-	-	-
Nivel de fondo		N.D.	22,98	N.D.	64,48	N.D.	26,44	211,9	22,08	71,11

Supera el valor ISQG de la CEQG-SQG

Supera el valor PEL de la CEQG-SQG

Supera solo el valor de nivel de fondo

* Puntos ubicados en el lugar de ocurrencia de un derrame

N.D.: No determinado

6.2 Estudios especializados

6.2.1 Comunidades hidrobiológicas

En el presente apartado se presentan y analizan los resultados de la evaluación de las comunidades hidrobiológicas desarrolladas en el área de estudio (Ver Anexo 5 Reporte de resultados N.° 038-2019-SSIM). Se evaluaron 29 puntos de muestreo, 21 corresponden al Canal de flotación, 2 en el río Nucuray, 2 en la quebrada Patoyacu, 2 en el río Urituyacu y 2 en el río Cuninico. En la Tabla 6.6 se detallan las comunidades hidrobiológicas evaluadas por zona de estudio y puntos de muestreo.

Tabla 6.6. Comunidades hidrobiológicas evaluadas por punto de muestreo

N.°	Zona de estudio	Puntos de muestreo	Identificación taxonómica			Determinación	
			Perifiton	MIB *	Peces	HAP en peces	TPH en peces
1	Río Nucuray	RNuc-HB-ONP-3	x	x	x	x	x
2		RNuc-HB-ONP-4	x	x	x	x	x
3	Canal de flotación (Km 39+500 al Km 60+000)	CF-HB-ONP-73	x	x	x	-	-
4		CF-HB-ONP-70 **	x	x	x	-	-
5		CF-HB-ONP-64	x	x	x	-	x
6		CF-HB-ONP-63	x	x	x	x	-
7		CF-HB-ONP-50	x	x	-	-	-
8		CF-HB-ONP-47	x	x	x	-	-
9		CF-HB-ONP-44	x	x	-	-	-
10	Quebrada Patoyacu	RPatu-HB-ONP-2	x	x	-	-	-
11		RPatu-HB-ONP-3	x	x	x	-	x
12	Canal de flotación	CF-HB-ONP-41	x	x	x	-	-
13		CF-HB-ONP-38	x	x	-	-	-
14	Río Urituyacu	RUri-HB-ONP-03	x	x	x	x	x
15		RUri-HB-ONP-04	x	x	x	x	x
16	Canal de flotación (Km 60+000 al Km 90+000)	CF-HB-ONP-37	x	x	x	-	-
17		CF-HB-ONP-36 **	x	x	x	x	-
18		CF-HB-ONP-35	x	x	x	-	-
19		CF-HB-ONP-30 **	x	x	x	-	x
20		CF-HB-ONP-28 **	x	x	x	-	x
21		CF-HB-ONP-26 **	x	x	x	-	x
22		CF-HB-ONP-23 **	x	x	x	-	x
23		CF-HB-ONP-22	x	x	x	x	x
24		CF-HB-ONP-20	x	x	x	x	x
25		CF-HB-ONP-5 **	x	x	x	-	-
26		CF-HB-ONP-3	x	x	x	x	x
27		CF-HB-ONP-1	x	x	x	x	-
28	Río Cuninico	QCuni-HB-ONP-2	x	x	x	-	-
29		QCuni-HB-ONP-6	x	x	-	-	-

(*) MIB: macroinvertebrados bentónicos
(**) Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo
x Se realizó el muestreo de comunidades hidrobiológicas
- No se efectuó el muestreo debido a condiciones desfavorables para la pesca

Como se aprecia en la Tabla 6.6, se colectaron muestras para dos tipos de análisis: i) identificación taxonómica para perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces, y ii) determinación de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en tejido muscular de peces.

En el caso de la identificación taxonómica, las muestras de perifiton y macroinvertebrados bentónicos fueron colectadas en todos los puntos; mientras que, las muestras de peces solo fueron colectadas en donde se encontraron lugares propicios para la pesca, esto es zonas próximas a las orillas con vegetación abundante. En el caso de la determinación de TPH y HAP en tejido muscular de peces, solo se utilizaron las especies de consumo seleccionando los individuos más grandes para extraer la cantidad de muestra requerida.

6.2.1.1 Ríos y quebradas

Se colectaron muestras de perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces. Se evaluaron tres ríos (Cuninico, Nucuray, Urituyacu) y una quebrada (Patoyacu) y en cada una se tomaron muestras tanto aguas arriba como aguas abajo, tomando como punto medio el Canal de flotación, teniendo en cuenta que la menor numeración corresponde a aguas arriba y la mayor a aguas abajo.

A. Perifiton

A.1. Microalgas

a) Composición y riqueza

Fueron encontradas un total de 109 especies, distribuidas en 8 puntos de muestreo evaluados. El phylum más representativo fue Bacillariophyta, el cual representó la mayor riqueza en todos los puntos. Los phyla restantes, en orden decreciente, fueron Cyanobacteria, Chlorophyta, Charophyta, Euglenozoa, Ochrophyta y Cryptophyta (Figura 6.11).

La riqueza varió entre 14 y 40 especies, perteneciendo el menor valor al punto RPatu-HB-ONP-2 y el mayor valor al punto QCuni-HB-ONP-6.

En el punto RNuc-HB-ONP-3, ubicado en la quebrada Nucuray aguas arriba del Canal de flotación, se registraron 32 especies distribuidas en 4 phyla: Bacillariophyta, Cyanobacteria, Chlorophyta y Charophyta; mientras que, en el punto RNuc-HB-ONP-4 aguas abajo se registraron 20 especies y adicionalmente el phyla Euglenozoa.

En el punto QCuni-HB-ONP-2 ubicado en el río Cuninico aguas arriba del Canal de flotación, se registró una riqueza de 34 especies distribuidas en los 7 phyla; mientras que, en el punto QCuni-HB-ONP-6, aguas abajo, se registraron 40 especies, entre ellas especies de los phyla más representativos en ambientes amazónicos (Bacillariophyta, Cyanobacteria, Chlorophyta y Charophyta) según Ortega *et al*. (2007).

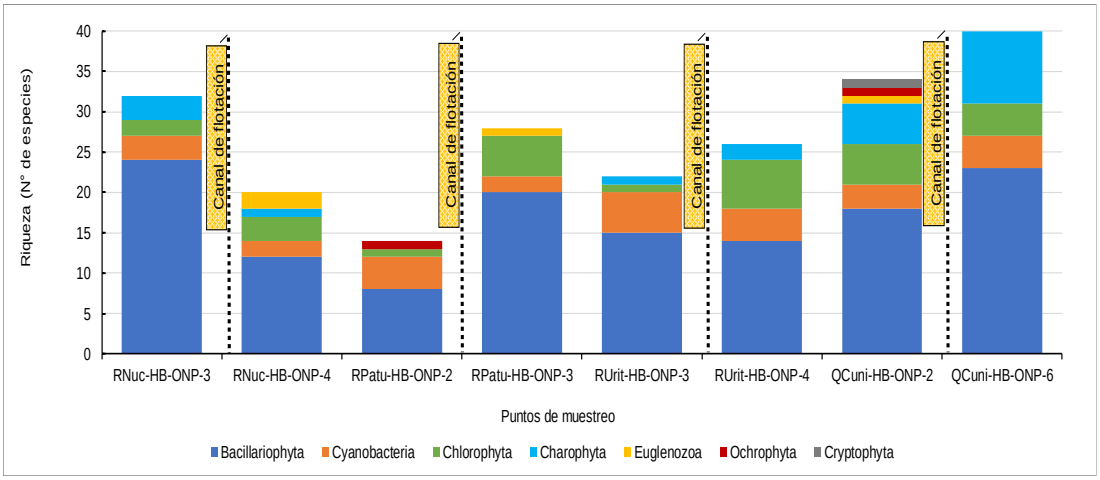


Figura 6.11. Composición y riqueza de especies de microalgas del perifiton registradas en ríos y quebradas del Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000)

b) Abundancia

Fueron encontrados un total de 175 542 organismos distribuidos en 8 puntos de muestreo evaluados. El phylum con mayor número de organismos fue Bacillariophyta, el cual representó la mayor abundancia en la mayoría de los puntos, excepto en RPatu-HB-ONP-2. Los phyla restantes, en orden decreciente, fueron Cyanobacteria, Chlorophyta, Charophyta, Euglenozoa, Ochrophyta y Cryptophyta (Figura 6.12).

La abundancia varió entre 6 912 y 31 133 organismos, perteneciendo el menor valor al punto RPatu-HB-ONP-2 y el mayor valor al punto RNuc-HB-ONP-3.

Se observa que en los ríos Cuninico, Nucuray y Urituyacu la abundancia en los puntos evaluados aguas arriba (RNuc-HB-ONP-3, RUri-HB-ONP-3, QCuni-HB-ONP-2) es mayor que los evaluados hacia aguas abajo. Solo en la quebrada Patoyacu la abundancia en el punto aguas arriba (RPatu-HB-ONP-2) es menor que en el punto aguas abajo (RPatu-HB-ONP-3).

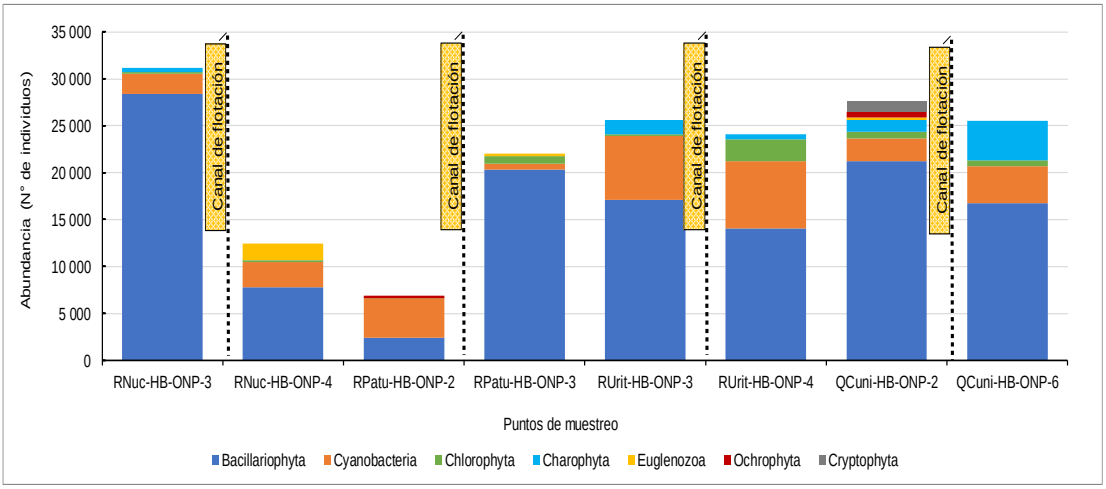


Figura 6.12. Abundancia de especies de microalgas del perifiton registradas en ríos y quebradas del Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000)

c) Diversidad alfa

Con respecto al índice N1 y N2, el menor valor se presentó en el punto RPatu-HB-ONP-2, mientras que el mayor valor en el punto QCuni-HB-ONP-6 (Tabla 6.7.).

Con respecto al índice J', el menor valor se presentó en el punto RNuc-HB-ONP-3 y RPatu-HB-ONP-2, mientras que el mayor valor se presentó en el punto QCuni-HB-ONP-6. El índice de equidad de Pielou (J') presenta valores altos (> 0,5) cuando todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001).

Tabla 6.7. Comunidades hidrobiológicas evaluadas por punto de muestreo

Puntos de muestreo	N1	N2	J'
RNuc-HB-ONP-3	15,50	9,56	0,79
RNuc-HB-ONP-4	13,80	11,21	0,88
RPatu-HB-ONP-2	8,10	4,64	0,79
RPatu-HB-ONP-3	17,11	11,78	0,85
RUri-HB-ONP-3	15,69	11,73	0,89
RUri-HB-ONP-4	15,56	11,60	0,84
QCuni-HB-ONP-2	21,92	15,40	0,88
QCuni-HB-ONP-6	29,39	22,98	0,92

: Valores altos de índices de diversidad alfa
: Valores bajos de índices de diversidad alfa

d) Diversidad beta

Se evaluó la diversidad beta generándose un dendrograma de similitud correspondiente, teniendo como base el índice de similitud de Bray-Curtis.

En la Figura 6.13 se aprecia la formación de muchos grupos pequeños con diferentes niveles de similitud. Sin embargo, los puntos que tienen una similitud mayor al 50 % son los puntos que corresponden al río Urituyacu (RUri-HB-ONP-3 y RUri-HB-ONP-4) con una similitud del 51 %.

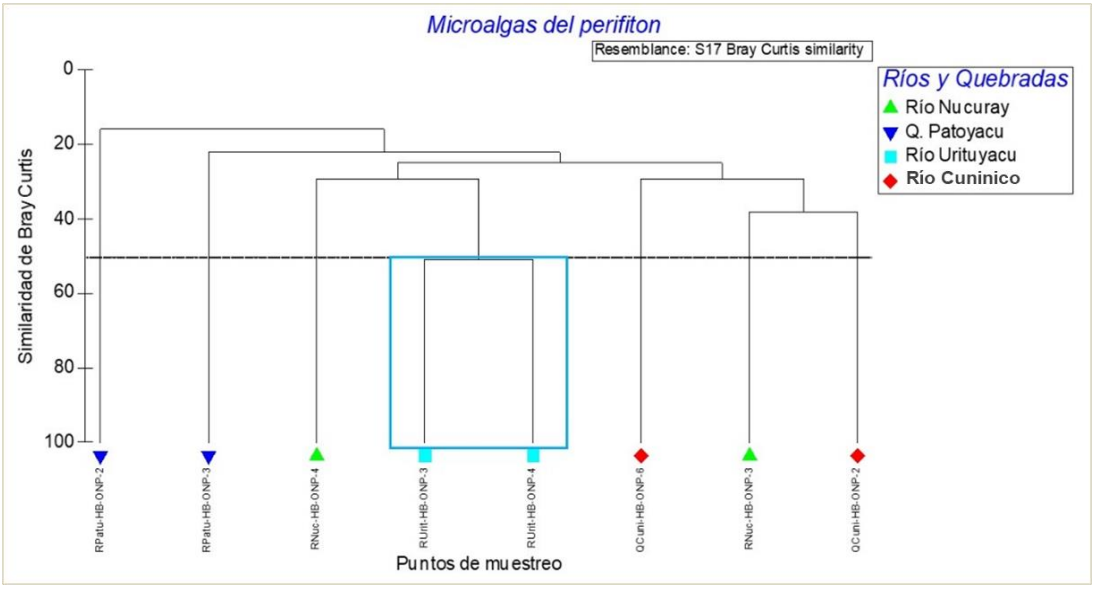


Figura 6.13. Dendrograma de similitud de las microalgas del perifiton en ríos y quebradas

A.2. Perifiton animal

a) Composición y riqueza

Se encontraron un total de 12 especies, distribuidas en 8 puntos de muestreo evaluados. El phylum más representativo fue Rotifera, porque estuvo presente en todos los puntos de muestreo. Los phyla restantes, en orden decreciente, fueron Cercozoa, Ciliophora y Amoebozoa (Figura 6.14).

La riqueza varió entre 1 y 6 especies, perteneciendo el menor valor al punto RUri-HB-ONP-4 y el mayor valor al punto QCuni-HB-ONP-6. Es preciso indicar que en los puntos evaluados en el río Nucuray (RNuc-HB-ONP-3 y RNuc-HB-ONP-4) no se evidenciaron microorganismos.

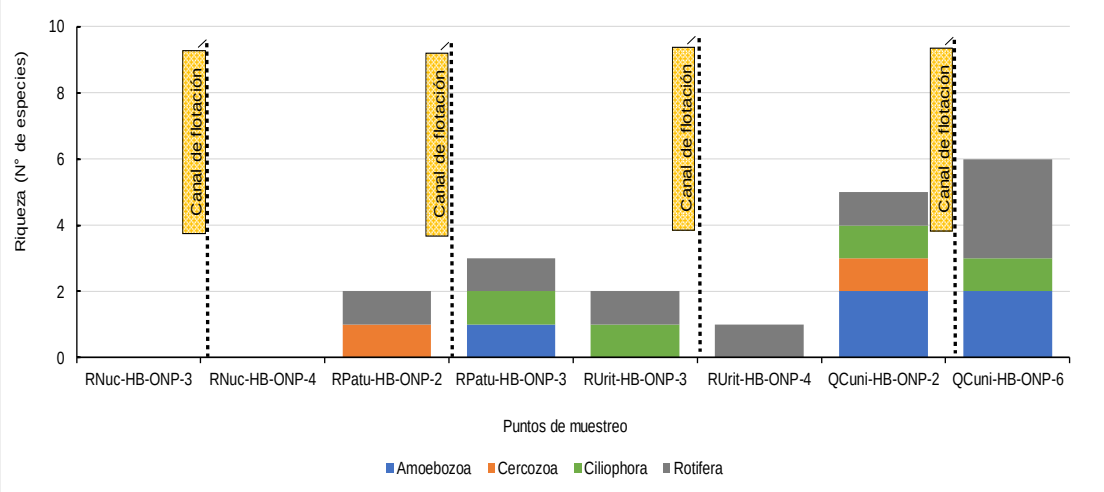


Figura 6.14. Composición y riqueza de especies de perifiton animal registradas en ríos y quebradas del Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000).

b) Abundancia

Se encontró un total de 372 organismos distribuidos en 8 puntos de muestreo evaluados. El phylum con mayor número de organismos fue Ciliophora y los phyla restantes, en orden decreciente, fueron Rotifera, Amoebozoa y Cercozoa (Figura 6.15).

La abundancia varió entre 12 y 120 organismos, perteneciendo el menor valor al punto RUri-HB-ONP-4 y el mayor valor al punto QCuni-HB-ONP-6.

Se observa en el punto RUri-HB-ONP-3, aguas arriba del Canal de flotación, que el phylum Ciliophora fue dominante; esto puede estar asociado a que estos organismos exhiben un amplio rango de estrategias de alimentación y ocupan una diversidad de nichos (Lynn, 2008). En los demás puntos no se observó una diferencia importante entre los puntos evaluados aguas arriba y aguas abajo del Canal de flotación.

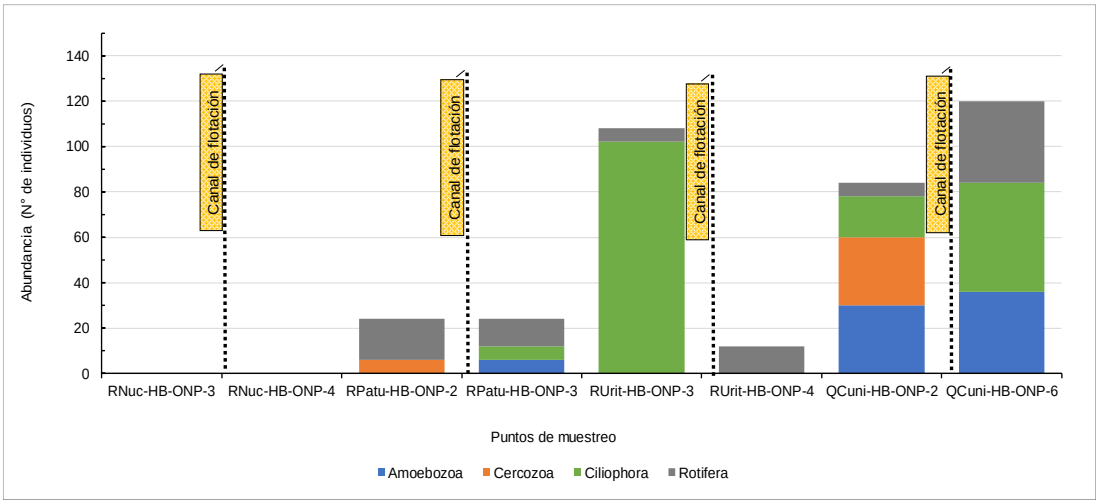


Figura 6.15. Abundancia de especies de perifiton animal registradas en ríos y quebradas del Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000)

c) Diversidad alfa

Con respecto al índice N1 y N2, el menor valor se presentó en los puntos RUri-HB-ONP-3 y RUri-HB-ONP-4, mientras que el mayor valor en los puntos RPatu-HB-ONP-3 y QCuni-HB-ONP-6, respectivamente. Para el índice J', el menor valor se presentó en el punto RUri-HB-ONP-4; mientras que el mayor valor en los puntos QCuni-HB-ONP-2 y QCuni-HB-ONP-6 (Tabla 6.8). El índice de equidad de Pielou (J') presenta valores altos cuando todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001).

Tabla 6.8. Índices de diversidad alfa registrados en los puntos de muestreo

Puntos de muestreo	N1	N2	J'
RNuc-HB-ONP-3	****	****	****
RNuc-HB-ONP-4	****	****	****
RPatu-HB-ONP-2	0,81	1,76	1,60
RPatu-HB-ONP-3	0,95	2,83	2,67
RUri-HB-ONP-3	0,31	1,24	1,12
RUri-HB-ONP-4	****	1,00	1,00
QCuni-HB-ONP-2	0,93	4,46	4,08
QCuni-HB-ONP-6	0,88	4,87	4,08

: Valores altos de índices de diversidad alfa
: Valores bajos de índices de diversidad alfa

B. Macroinvertebrados bentónicos

Esta comunidad tuvo una representatividad mínima en el Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000), habiéndose encontrado organismos solo en 2 puntos de muestreo de los 8 evaluados. En esta zona fueron encontrados un total de 4 organismos, distribuidos en 4 especies, pertenecientes a los phyla Annelida, Arthropoda y Mollusca. Dada su escasa representatividad, los índices de diversidad alfa hallados presentaron valores muy bajos, los cuales son detallados en la Tabla 6.9.

Tabla 6.9. Índices de diversidad alfa del macroinvertebrados bentónicos en ríos y quebradas del Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000)

Phylum	Clase	Orden	Especie	Río Nucuray		Quebrada Patuyacu		Río Urituyacu		Río Cuninico	
				AA	AD	AA	AD	AA	AD	AA	AD
				RNuc-HB-ONP-3	RNuc-HB-ONP-4	RPatu-HB-ONP-2	RPatu-HB-ONP-3	RUri-HB-ONP-3	RUri-HB-ONP-4	QCuni-HB-ONP-2	QCuni-HB-ONP-6
Annelida	Clitellata	ND	ND	0	0	1	0	0	0	0	0
Annelida	Hirudinea	ND	ND	0	0	0	0	0	0	0	1
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironominae	0	0	0	0	0	0	0	1
Mollusca	Bivalvia	Veneroida	ND	0	0	0	0	0	0	0	1
Riqueza de especies (S)				0	0	1	0	0	0	0	3
Abundancia de individuos (N)				0	0	1	0	0	0	0	3
Número de Hill N1				***	***	1	***	***	***	***	3
Número de Hill N2				***	***	1	***	***	***	***	3
Equidad de Pielou (J')				***	***	***	***	***	***	***	1

AA: Aguas arriba del Canal de flotación
AD: Aguas abajo del Canal de flotación
(***): Valores indefinidos

C. Peces

a) Composición

En esta evaluación se colectaron 47 individuos distribuidos en 23 especies, 12 familias y 04 ordenes. El orden Characiformes fue el más diverso con 15 especies, seguido por Siluriformes (5 especies), Cichliformes (2 especies) y Perciformes (1 especie). Los Characiformes y Siluriformes conforman el 87 % del número total de especies registradas, estos grupos corresponden al superorden Ostariophysi, característicos por ser diversos y ser más representativos en ambientes tropicales (Reis, 2003). También están presentes los órdenes Cichliformes y Perciformes (Figura 6.16).

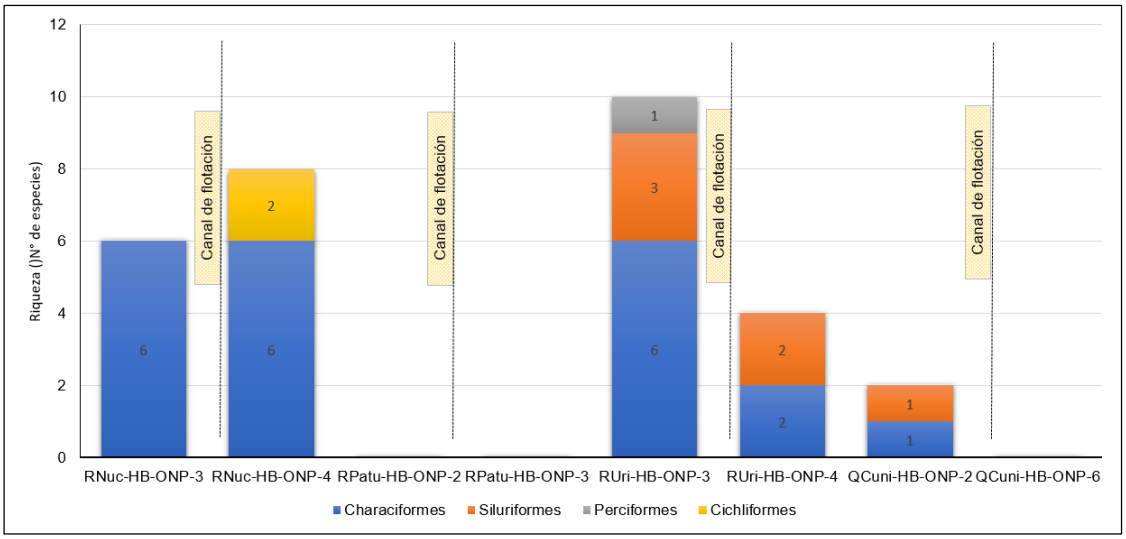


Figura 6.16. Riqueza de especies de peces registradas en ríos y quebradas

Las especies fueron capturadas con red atarraya, de arrastre y de espera, siendo esta última la más empleada. En el río Nucuray en los puntos evaluados RNuc-HB-ONP-3 y RNuc-HB-ONP-4 se encontraron 12 especies de los ordenes Characiformes y Cichliformes; en el río Urituyacu en los puntos RUri-HB-ONP-3 y RUri-HB-ONP-4 se registraron 10 especies de los órdenes Characiformes, Siluriformes y Perciformes; en el río Cuninico en el punto QCuni-HB-ONP-2 únicamente 2 especies de los órdenes Characiformes y Siluriformes; y en los puntos de la quebrada Patoyacu no se registraron peces (Tabla 6.10). Dentro de las especies colectadas se encontraron varias registradas para el consumo humano García-Dávila *et al*., 2018.

Tabla 6.10. Especies registradas en cada uno de los ríos y quebradas evaluados

N°	Río Nucuray	Río Urituyacu	Río Cuninico
1	*Mylossoma aureum* (palometa)[a]	*Abramites* sp.(san pedrito)[b]	*Anodus* sp. (julilla)[a,b]
2	*Pygocentrus nattereri* (paña roja)[a]	*Leporinus fasciatus* (lisa)[a]	*Calophysus* sp. (mota)[a,b]
3	*Serrasalmus rhombeus* (paña blanca)[a]	*Leporinus arpuanaensis* (lisa)[a]	-
4	Curimatidae 1	Curimatidae 2	-
5	Curimatidae 2	*Triportheus angulatus* (sardina)[a]	-
6	*Curimata* sp. (Cho ichio)[a,b]	*Roeboides* sp.(dentón)b	-
7	*Potamorhina altamazonica (*yahuarachi)[a]	*Doradidae 2* - de barbillas ramificadas	-
8	*Triportheus angulatus (*sardina)[a]	*Pimelodus sp.* (cunshi)[a,b]	-
9	*Acestrorhynchus* sp.(peje zorro)[a,b]	*Hypostomus* sp. (carachama)[a,b]	-
10	*Stethaprion erythrops (*palometita)	*Plagioscion squamosissimus* (corvina)[a]	-
11	*Crenicichla* sp.(anashua)[a,b]	-	-
12	*Satanoperca* sp.(bujurqui)[a,b]	-	-

: Characiformes : Siluriformes : Cichliformes : Perciformes

[a] Peces de consumo humano
[b] Nombre común tomado de la «Lista anotada de los peces de aguas continentales de Perú».(Ortega *et al*., 2012)

b) Abundancia

En total se registraron 47 individuos, de los cuales la mayoría pertenecieron a la especie *Triportheus angulatus* que registró 8 individuos distribuidos en los puntos RNuc-HB-ONP-3 (2 individuos), RNuc-HB-ONP-4 (1 individuo), RUri-HB-ONP-3 (4 individuos) y RUri-HB-ONP-4 (1 individuo) (Figura 6.17).

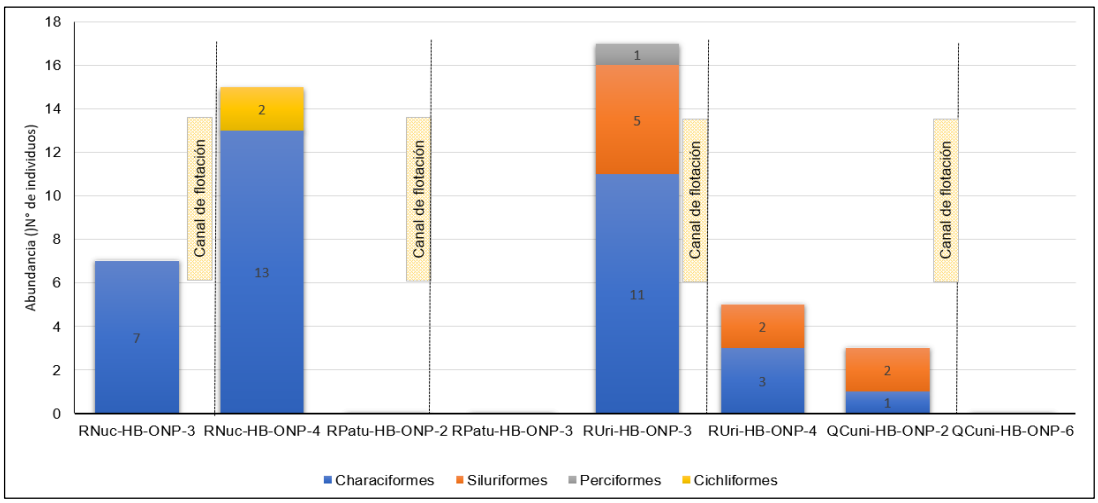


Figura 6.17. Abundancia de especies de peces registradas en ríos y quebradas

c) Composición trófica

Dentro de las especies registradas se encontraron diferentes categorías tróficas como se observa en la Tabla 6.11.

Tabla 6.11. Categoría trófica de las espcies colectadas en ríos y quebradas

Riqueza	Abundancia	Categoría trófica	Referencia*
Mylossoma aureum	1	herbívoro, con tendencia omnívora	García, 2016
Pygocentrus nattereri	2	carnívoro-piscívoros	http://www.pecesdebolivia.com/atlas/pygocentrus-nattereri
Serrasalmus rhombeus	4	carnívoro-piscívoros	Agostinho *et al.* 2003
Anodus sp.	1	detritívoro	Arce y Sanchez, 2002 en Galvis *et al.* 2006
Abramites sp.	2	omnívoro	Galvis *et al.* 2006
Leporinus fasciatus	1	omnívoro	Duraes *et al.* 2001
Leporinus arpuanaensis	1	omnívoro	Duraes *et al.* 2001
Curimatidae 1	4	-	-
Curimatidae 2	5	-	-
Curimata sp.	1	detritívoro	Galvis *et al.* 2006
Potamorhina altamazonica	1	detritívoro	Soares *et al.* 1986 en correa 2005
Triportheus angulatus	8	omnívoro	Galvis *et al.* 2006
Acestrorhynchus sp.	1	carnívoro-piscívoros	Gutiérrez, 2003 en Galvis *et al.* 2006
Stethaprion erythrops	1	carnívoro-herbívoro	Prieto *et al.* 2015
Roeboides sp.	2	carnívoro-piscívoros	Arce y Sanchez, 2002 en Galvis *et al.* 2006
Doradidae 1	1	-	-
Doradidae 2 (barbillas ramificadas)	2	-	-
Calophysus sp.	2	carroñera y oportunista	Galvis *et al.* 2006
Pimelodus sp.	3	omnívoro	Abujanra *et al.* 2008

Riqueza	Abundancia	Categoría trófica	Referencia*
Hypostomus sp.	1	detritívoro	-
Crenicichla sp.	1	carnívoro-piscívoros	Castellanos, 2002 en Galvis *et al.* 2006
Satanoperca sp.	1	herbívoro	Gutiérrez, 2003 en Galvis *et al.* 2006
Plagioscion squamosissimus	1	piscívoros	Galvis *et al.* 2006

* Datos extraídos de Chuctaya, 2014

En relación a la riqueza, se registraron 3 grupos dominantes que conforman el 83 % de la riqueza total, los carnívoros-piscívoros con 6 especies, los omnívoros con 5 especies y detritívoros con 4 especies; los herbívoros y carroñero-oportunistas corresponden al 17 % restante. Con respecto a la abundancia, se observaron 2 grupos dominantes que representan el 76 % los omnívoros y carnivoros-piscívoros con 15 y 11 especies, respectivamente, ver Figura 6.18.

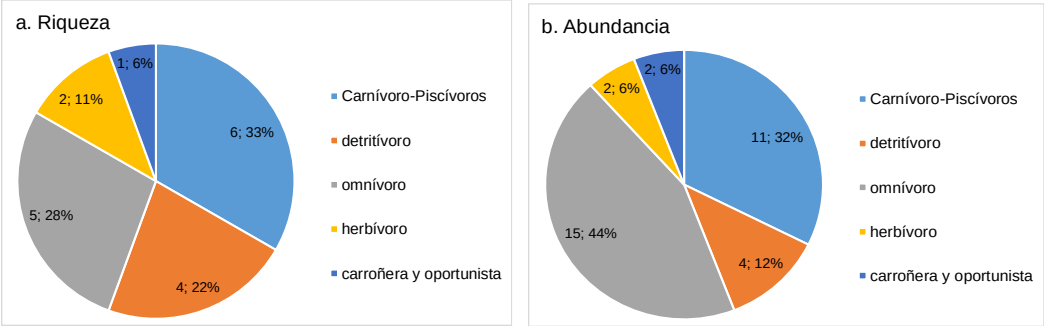


Figura 6.18. Composición trófica en relación a la riqueza (a) y abundancia (b) de los peces colectados en ríos y quebradas

d) Diversidad alfa

Según la Tabla 6.12 se observó que el punto RUri-HB-ONP-3 registró el mayor número de especies abundantes (8,59) con respecto al resto de puntos y un alto valor de equidad (0,93) que indica una distribución homogénea de las especies.

Tabla 6.12. Índices de diversidad alfa de peces en el Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000)

Puntos de muestreo	N1	N2	Índice de Equidad de Pielou (J')
RNuc-HB-ONP-3	3,79	3,57	0,96
RNuc-HB-ONP-4	5,74	4,90	0,90
RUri-HB-ONP-3	8,59	7,41	0,93
RUri-HB-ONP-4	3,79	3,57	0,96
QCuni-HB-ONP-2	1,89	1,80	0,92

e) Compuestos orgánicos en peces

Se tomaron 5 muestras de tejido muscular correspondientes a las especies *Triportheus* sp. «sardina» y *Crenicichla* sp. «anashua» procedentes de 5 puntos de muestreo: RUri-HB-ONP-3, RUri-HB-ONP-4, RPatu-HB-ONP-3, RNuc-HB-ONP-3 y RNuc-HB-ONP-4 para análisis de hidrocarburos totales de petróleo (C_9-C_{40}) (TPH). Adicionalmente, se tomaron 5 muestras de tejido muscular correspondientes a las especies *Acestrorhynchus* sp. y Curimatidae «curimatidos» en 4 puntos de muestreo: RUri-HB-ONP-3, RUri-HB-ONP-4, RNuc-HB-ONP-3 y RNuc-HB-ONP-4 (2 muestras) para análisis de hidrocarburos

aromáticos policíclicos (HAP). Es importante indicar que las especies capturadas corresponden a las categorías tróficas detritívoros (Curimatidae), omnívoros (*Triportheus* sp.) y piscívoros (*Acestrorhynchus* sp. y *Crenicichcla* sp.) García *et al.* (2009).

Como se observa en la Tabla 6.13, las concentraciones de compuestos orgánicos en tejido muscular de peces, tanto para TPH como para los HAP, no superaron el límite de cuantificación del método de ensayo en ninguna de las muestras de tejido en los puntos evaluados, incluso en las especies con hábitos omnívoros asociadas al detritus (*Triportheus* sp. y Curimatidae) ni en especies carnívoras (*Acestrorhynchus* sp., *Crenicichla* sp.), estas últimas relacionadas con la biomagnificación.

Tabla 6.13. Resultados de los análisis de compuestos orgánicos en músculo de peces por puntos de muestreo en ríos y quebradas.

Parámetro	Unidad	LD	LQ	Ríos y quebradas						
				RUri-HB-ONP-3-Musc-1	RUri-HB-ONP-4-Musc-1	RPatu-HB-ONP-3-Musc-1	RNuc-HB-ONP-3-Musc-1	RNuc-HB-ONP-3-Musc-2	RNuc-HB-ONP-4-Musc-3	RNuc-HB-ONP-4-Musc-5
TPH										
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C9-C40)	mg/kg	2	5	< 2	< 2	< 2	-	< 2	-	< 2
HAP										
Acenafteno	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009	< 0,0009	-	< 0,0009	-	< 0,0009	< 0,0009
Acenaftileno	mg/kg	0,0006	0,0054	< 0,0006	< 0,0006	-	< 0,0006	-	< 0,0006	< 0,0006
Antraceno	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009	< 0,0009	-	< 0,0009	-	< 0,0009	< 0,0009
Benzo (a) Antraceno	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009	< 0,0009	-	< 0,0009	-	< 0,0009	< 0,0009
Benzo (a) Pireno	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009	< 0,0009	-	< 0,0009	-	< 0,0009	< 0,0009
Benzo (b) Fluoranteno	mg/kg	0,0006	0,0054	< 0,0006	< 0,0006	-	< 0,0006	-	< 0,0006	< 0,0006
Benzo (g,h,i) Perileno	mg/kg	0,0006	0,0054	< 0,0006	< 0,0006	-	< 0,0006	-	< 0,0006	< 0,0006
Benzo (k) Fluoranteno	mg/kg	0,0006	0,0054	< 0,0006	< 0,0006	-	< 0,0006	-	< 0,0006	< 0,0006
Criseno	mg/kg	0,0006	0,0054	< 0,0006	< 0,0006	-	< 0,0006	-	< 0,0006	< 0,0006
Dibenzo (a,h) Antraceno	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009	< 0,0009	-	< 0,0009	-	< 0,0009	< 0,0009
Fenantreno	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009	< 0,0009	-	< 0,0009	-	< 0,0009	< 0,0009
Fluoranteno	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009	< 0,0009	-	< 0,0009	-	< 0,0009	< 0,0009
Fluoreno	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009	< 0,0009	-	< 0,0009	-	< 0,0009	< 0,0009
Indeno (1,2,3-c,d) Pireno	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009	< 0,0009	-	< 0,0009	-	< 0,0009	< 0,0009
Naftaleno	mg/kg	0,0006	0,0054	< 0,0006	< 0,0006	-	< 0,0006	-	< 0,0006	< 0,0006
Pireno	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009	< 0,0009	-	< 0,0009	-	< 0,0009	< 0,0009
Especie analizada							*Acestrorhynchus* sp.	*Triportheus* sp.	Curimatidae	*Crenicichla* sp.

Fuente: Informes de ensayo N.º: 72076/2018, 72078/2018 y 72079/2018.
(-) No se analizó el parámetro.

6.2.1.2 Canal de flotación

Se colectaron muestras de perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces. Se colectó el mayor número de muestras de cada una de las 3 comunidades, así como el mayor número de muestras destinadas a determinar la concentración de TPH y HAP en tejido muscular de peces. A continuación, se presenta lo encontrado para cada una de las comunidades hidrobiológicas evaluadas.

A. Perifiton

A.1. Microalgas

a) Composición y riqueza

Fueron encontradas un total de 232 especies, distribuidas en 21 puntos de muestreo evaluados. El phylum más representativo fue Bacillariophyta, el cual representó la mayor riqueza en la mayoría de los puntos, excepto CF-HB-ONP-35 y CF-HB-ONP-36. Los phyla restantes, en orden decreciente, fueron Cyanobacteria, Chlorophyta, Charophyta, Euglenozoa, Ochrophyta y Cryptophyta (Figura 6.19).

La riqueza varió entre 17 y 58 especies, perteneciendo el menor valor al punto CF-HB-ONP-41 y el mayor valor al punto CF-HB-ONP-5. Se observa que en los puntos que se evaluaron después del derrame ocurrido en el 2014, tienen una mayor riqueza con respecto a los demás puntos evaluados en el Canal de flotación.

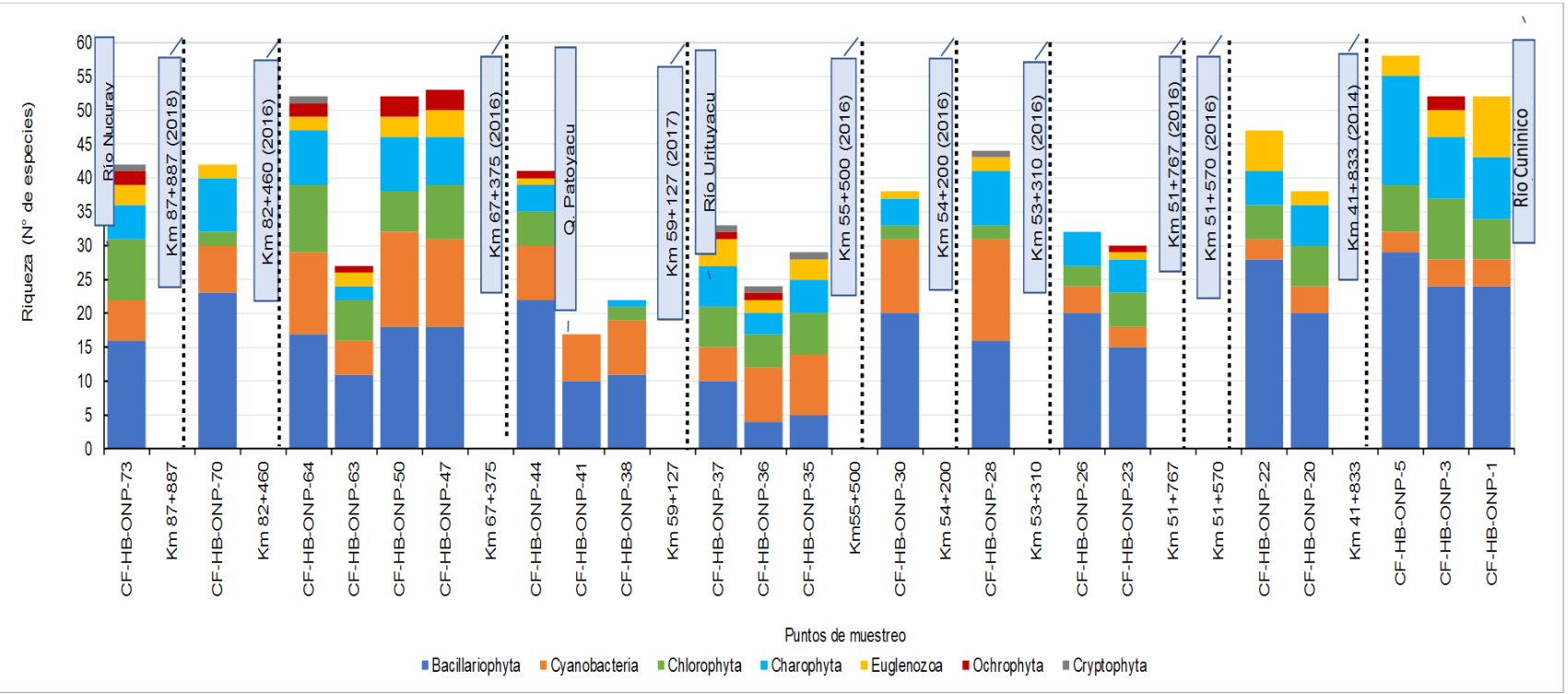


Figura 6.19. Composición y riqueza de especies de microalgas registradas en el Canal de flotación (Km 39+500 al Km 90+000)

b) Abundancia

Fueron encontrados un total de 595 424 organismos distribuidos en 21 puntos de muestreo evaluados. El phylum con mayor número de organismos fue Bacillariophyta, el cual representó la mayor abundancia en la mayoría de los puntos, excepto en CF-HB-ONP-64, CF-HB-ONP-47, CF-HB-ONP-41 CF-HB-ONP-38, CF-HB-ONP-37, CF-HB-ONP-36, CF-HB-ONP-35 y CF-HB-ONP-28. Los phyla restantes, en orden decreciente, fueron Cyanobacteria, Chlorophyta, Charophyta, Euglenozoa, Ochrophyta y Cryptophyta (Figura 6.20).

La abundancia varió entre 10 176 y 61 852 organismos, perteneciendo el menor valor al punto CF-HB-ONP-41 y el mayor valor al punto CF-HB-ONP-5.

A lo largo del Canal de flotación, se observa que los valores de abundancia son mayores al este del punto donde ocurrió el derrame del 2014 (Km 41+833), con respecto a los demás puntos ubicados al oeste. Este cambio posiblemente se haya dado porque las especies se habrían adaptado a las nuevas condiciones ambientales.

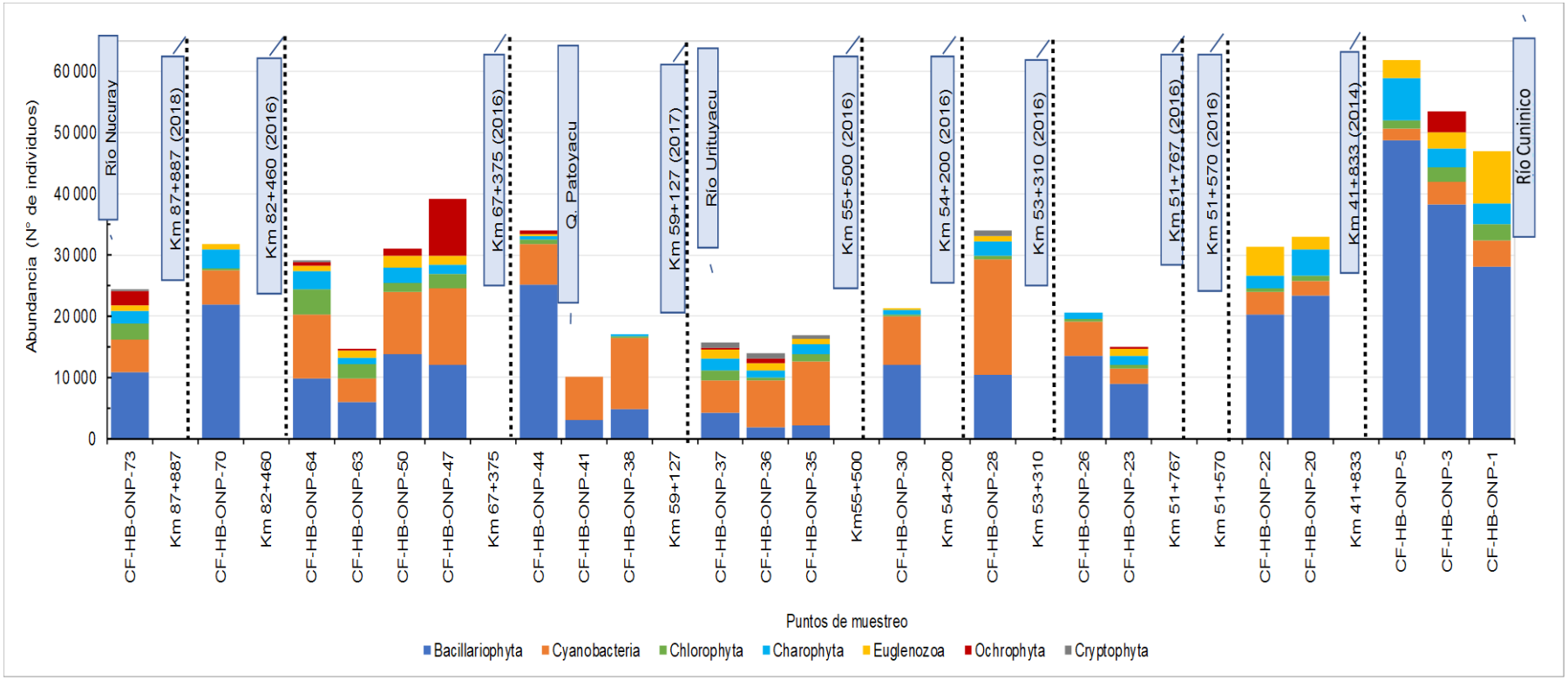


Figura 6.20. Abundancia de especies de microalgas registradas en el Canal de flotación (Km 39+500 al Km 90+000)

c) Diversidad alfa

Con respecto al índice N1, el menor valor se presentó en el punto CF-HB-ONP-41, mientras que el mayor valor en el punto CF-HB-ONP-64. Con respecto al índice N2, el menor valor se presentó en el punto CF-HB-ONP-38, mientras que el mayor valor en el punto CF-HB-ONP-64.

Para el índice J', el menor valor se presentó en el punto CF-HB-ONP-35, mientras que el mayor valor en los puntos CF-HB-ONP-63 y CF-HB-ONP-30. El índice de equidad de Pielou (J') presenta valores altos (> 0,5) cuando todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001), pudiendo alcanzar aún valores altos cuando la riqueza y abundancia es muy baja como se observó en el punto CF-HB-ONP-41 (Tabla 6.14).

Tabla 6.14. Índices de diversidad alfa de las comunidades de microalgas por punto de muestreo

Puntos de muestreo	N1	N2	Equidad de Pielou (J')
CF-HB-ONP-73	32,51	26,09	0,93
CF-HB-ONP-70 **	30,74	23,75	0,92
CF-HB-ONP-64	41,36	34,90	0,94
CF-HB-ONP-63	22,83	20,37	0,95
CF-HB-ONP-50	39,13	30,16	0,93
CF-HB-ONP-47	33,28	22,32	0,88
CF-HB-ONP-44	25,58	18,16	0,87
CF-HB-ONP-41	13,66	11,33	0,92
CF-HB-ONP-38	14,64	11,20	0,87
CF-HB-ONP-37	25,87	21,34	0,93
CF-HB-ONP-36 **	18,37	15,89	0,92
CF-HB-ONP-35	17,67	12,12	0,85
CF-HB-ONP-30 **	31,32	27,32	0,95
CF-HB-ONP-28 **	31,25	22,64	0,91
CF-HB-ONP-26 **	22,35	17,50	0,90
CF-HB-ONP-23 **	21,72	17,24	0,91
CF-HB-ONP-22	34,43	27,43	0,92
CF-HB-ONP-20	24,70	18,23	0,88
CF-HB-ONP-5 **	36,28	27,90	0,88
CF-HB-ONP-3	30,98	19,97	0,87
CF-HB-ONP-1	35,90	26,50	0,91

(**) : Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo
: Valores altos de índices de diversidad alfa
: Valores bajos de índices de diversidad alfa

d) Diversidad beta

Se evaluó la diversidad beta generándose un dendrograma de similitud correspondientes teniendo como base el índice de similitud de Bray-Curtis.

En la Figura 6.21 se aprecia la formación de muchos grupos pequeños con diferentes niveles de similitud. Los pares de puntos CF-HB-ONP-35 y CF-HB-ONP-36; CF-HB-ONP-22 y CF-HB-ONP-26 tienen una similitud de 51 %; y el par CF-HB-ONP-5 y CF-HB-ONP-20 registraron la mayor similitud con 55%.

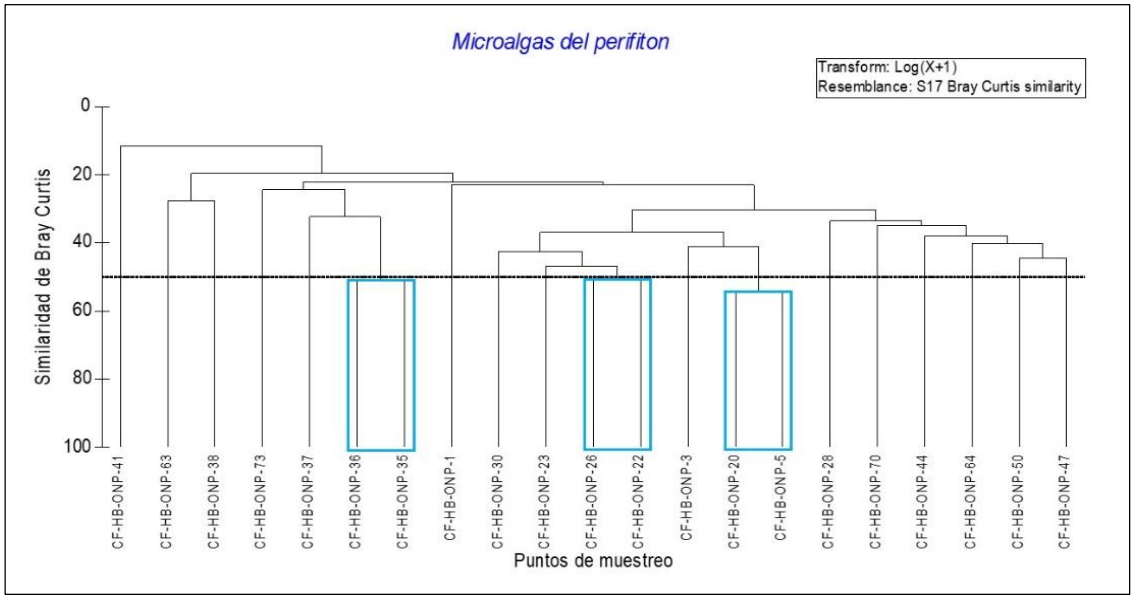


Figura 6.21. Dendrograma de similitud de las microalgas del perifiton en el Canal de flotación

A.2. Perifiton animal

a) Composición y riqueza

Se encontró un total de 45 especies, distribuidas en 21 puntos de muestreo. El phylum Rotifera fue el más representativo con la mayor riqueza; a excepción de los puntos CF-HB-ONP-63, CF-HB-ONP-50, CF-HB-ONP-47, CF-HB-ONP-38, CF-HB-ONP-37, CF-HB-ONP-23, CF-HB-ONP-22 y CF-HB-ONP-5. Los phyla restantes, en orden decreciente, fueron Amoebozoa, Ciliophora, Cercozoa, Arthropoda y Nematoda (Figura 6.22).

La riqueza varió entre 2 y 14 especies, en los puntos CF-HB-ONP-23 y CF-HB-ONP-1 respectivamente. Se observa que en los puntos evaluados después del derrame ocurrido en el año 2014 en el Km 41+833, tienen una mayor riqueza con respecto a los demás puntos evaluados en el Canal de flotación (ver Figura 6.22).

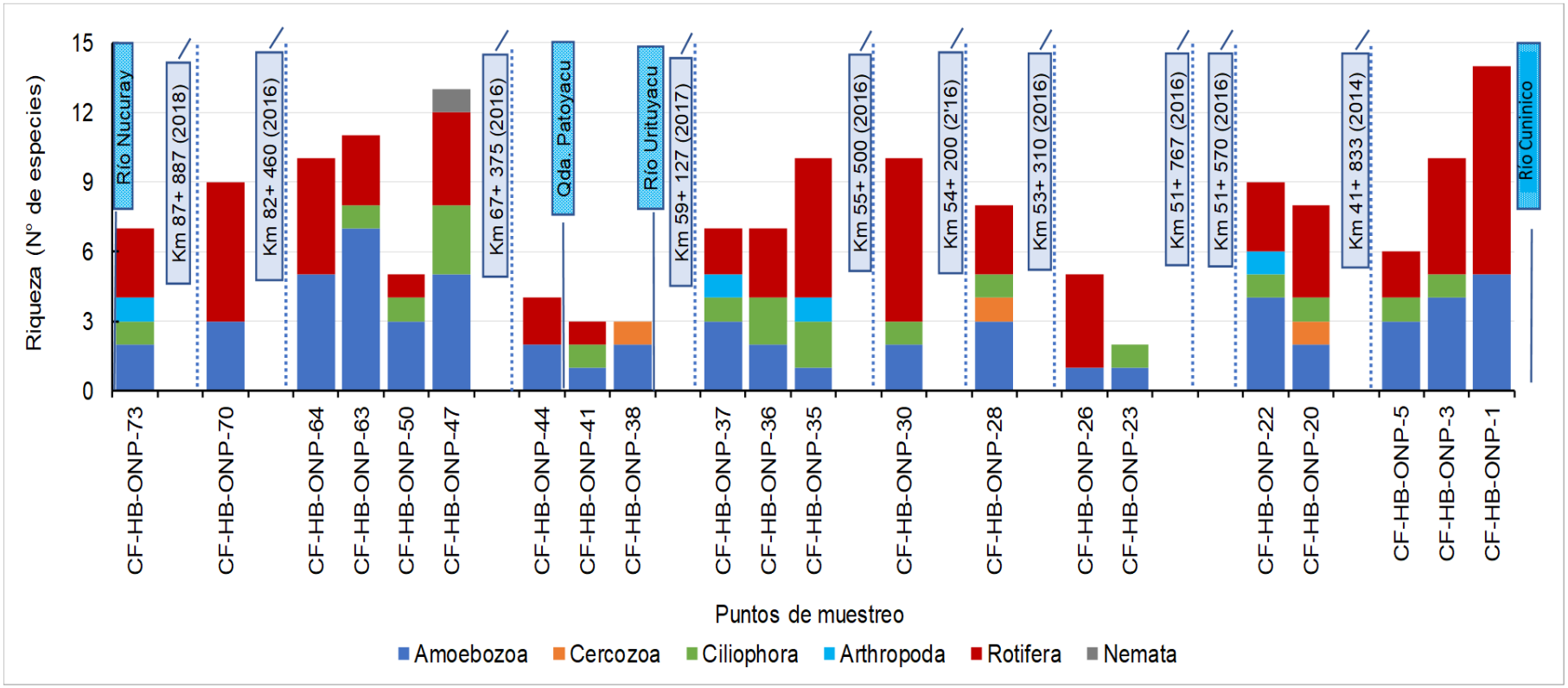


Figura 6.22. Composición y riqueza de especies de perifiton animal registradas en el Canal de flotación (Km 39+500 al Km 90+000)

b) Abundancia

Se encontró un total de 2 640 organismos distribuidos en 21 puntos de muestreo evaluados. Los phyla con mayor número de organismos fueron Amebozoa, Ciliophora y Rotifera en la mayoría de los puntos, excepto en CF-HB-ONP-38. Los phyla restantes, en orden decreciente, fueron Cercozoa, Arthropoda y Nematoda (Figura 6.23).

La mayor abundancia se presentó en el punto de muestreo CF-HB-ONP-37 y la menor abundancia en el punto de muestreo CF-HB-ONP-44.

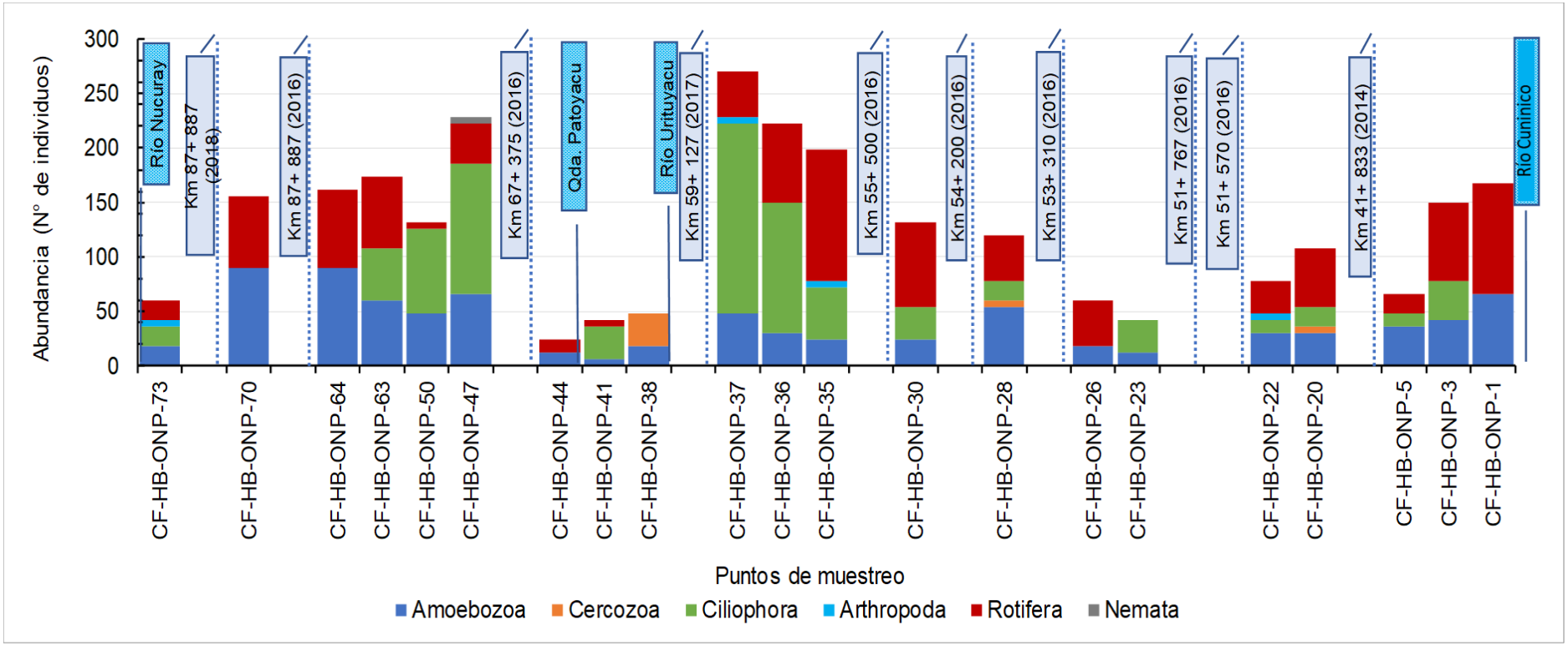


Figura 6.23. Abundancia de especies de perifiton animal registradas en el Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000)

c) Diversidad alfa

Con respecto al índice N1 y N2, mostrados en la Tabla 6.15, el menor valor se presentó en el punto CF-HB-ONP-23, mientras que, el mayor valor en el punto CF-HB-ONP-1. Con respecto al índice J', el menor valor se presentó en el punto CF-HB-ONP-37, mientras que el mayor valor en el punto CF-HB-ONP-44. El índice de equidad de Pielou (J') presenta valores altos cuando todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001).

Tabla 6.15. Índices de diversidad alfa registrados en los puntos de muestreo

Puntos de muestreo	N1	N2	Equidad de Pielou J'
CF-HB-ONP-73	6,26	5,56	0,94
CF-HB-ONP-70 **	7,65	6,76	0,93
CF-HB-ONP-64	7,41	5,93	0,87
CF-HB-ONP-63	8,04	6,14	0,87
CF-HB-ONP-50	3,36	2,52	0,75
CF-HB-ONP-47	7,90	5,05	0,81
CF-HB-ONP-44	4,00	4,00	1,00
CF-HB-ONP-41	2,22	1,82	0,72
CF-HB-ONP-38	2,46	2,13	0,82
CF-HB-ONP-37	3,42	2,26	0,63
CF-HB-ONP-36 **	5,67	4,80	0,89
CF-HB-ONP-35	8,20	7,21	0,91
CF-HB-ONP-30 **	8,66	7,56	0,94
CF-HB-ONP-28 **	6,43	5,56	0,90
CF-HB-ONP-26 **	4,50	4,17	0,94
CF-HB-ONP-23 **	1,82	1,69	0,86
CF-HB-ONP-22	8,49	8,05	0,97
CF-HB-ONP-20	7,07	6,48	0,94
CF-HB-ONP-5 **	5,59	5,26	0,96
CF-HB-ONP-3	8,10	6,87	0,91
CF-HB-ONP-1	12,21	10,89	0,95

(**) : Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo
: Valores altos de índices de diversidad alfa
: Valores bajos de índices de diversidad alfa

B. Macroinvertebrados bentónicos

Esta comunidad tuvo una representatividad mínima en el Canal de flotación (Km 39+500 al Km 90+000), habiéndose encontrado organismos solo en 8 puntos de muestreo de los 21 evaluados. En esta zona fueron encontrados un total de 19 organismos, distribuidos en 4 especies, pertenecientes a los phyla Annelida y Mollusca. Dada su escasa representatividad, los índices de diversidad alfa hallados presentaron valores muy bajos, los cuales son detallados en la Tabla 6.16.

Tabla 6.16. Índices de diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos en el Canal de flotación (Km 39+500 al Km 90+000)

Phylum	Clase	Orden	Especie	CF-HB-ONP-63	CF-HB-ONP-41	CF-HB-ONP-38	CF-HB-ONP-37	CF-HB-ONP-35	CF-HB-ONP-30	CF-HB-ONP-22	CF-HB-ONP-20
	Organismos / 0,0675 m^2										
Annelida	Clitellata	ND	ND	1	2	1	1	1	0	1	2
Mollusca	Gasteropoda	Architaenioglossa	*Pomacea* sp.	0	0	0	0	0	1	0	0
Mollusca	Gasteropoda	Neotaenioglossa	*Melanoides* sp.	0	3	0	0	0	0	0	0
Mollusca	Gasteropoda	Neotaenioglossa	*Melanoides tuberculata*	0	6	0	0	0	0	0	0
	Índices de diversidad alfa										
Riqueza de especies (S)				1	3	1	1	1	1	1	1
Abundancia de individuos (N)				1	11	1	1	1	1	1	2
Número de Hill N1				1	2,71	1	1	1	1	1	1
Número de Hill N2				1	2,47	1	1	1	1	1	1
Equidad de Pielou (J')				****	0,91	****	****	****	****	****	****

(****): Valores indefinidos

C. Peces

a) Composición y riqueza

Se registraron cuatro órdenes de peces, tres de ellos (Characiformes, Siluriformes y Gymnotiformes) corresponden al superorden Ostariophysi, característicos por ser diversos y ser más representativos en ambientes tropicales (Reis, 2003). También está presente el orden Cichliformes, tal como se observa en la Figura 6.24.

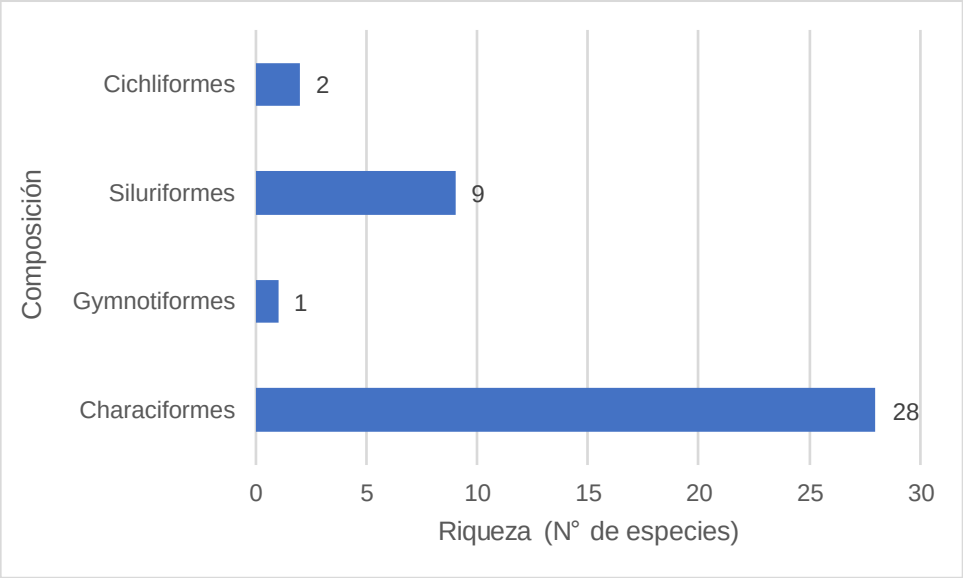


Figura 6.24. Composición de especies registradas en el Canal de flotación.

Se encontraron un total de 40 especies capturadas con los diferentes artes de pesca (red de arrastre, atarraya y de espera), siendo la captura más constante con la red de espera. Se observa que en los puntos CF-HB-ONP-36 y CF-HB-ONP-37 la riqueza fue alta con valores de 17 y 16 especies, los cuales se ubicaron entre el Km 55+500 y el Km 59+127. En los puntos CF-HB-ONP-1, CF-HB-ONP-5, CF-HB-ONP-23, CF-HB-ONP-47 y CF-HB-ONP-73 se encontró solo una especie (Figura 6.25).

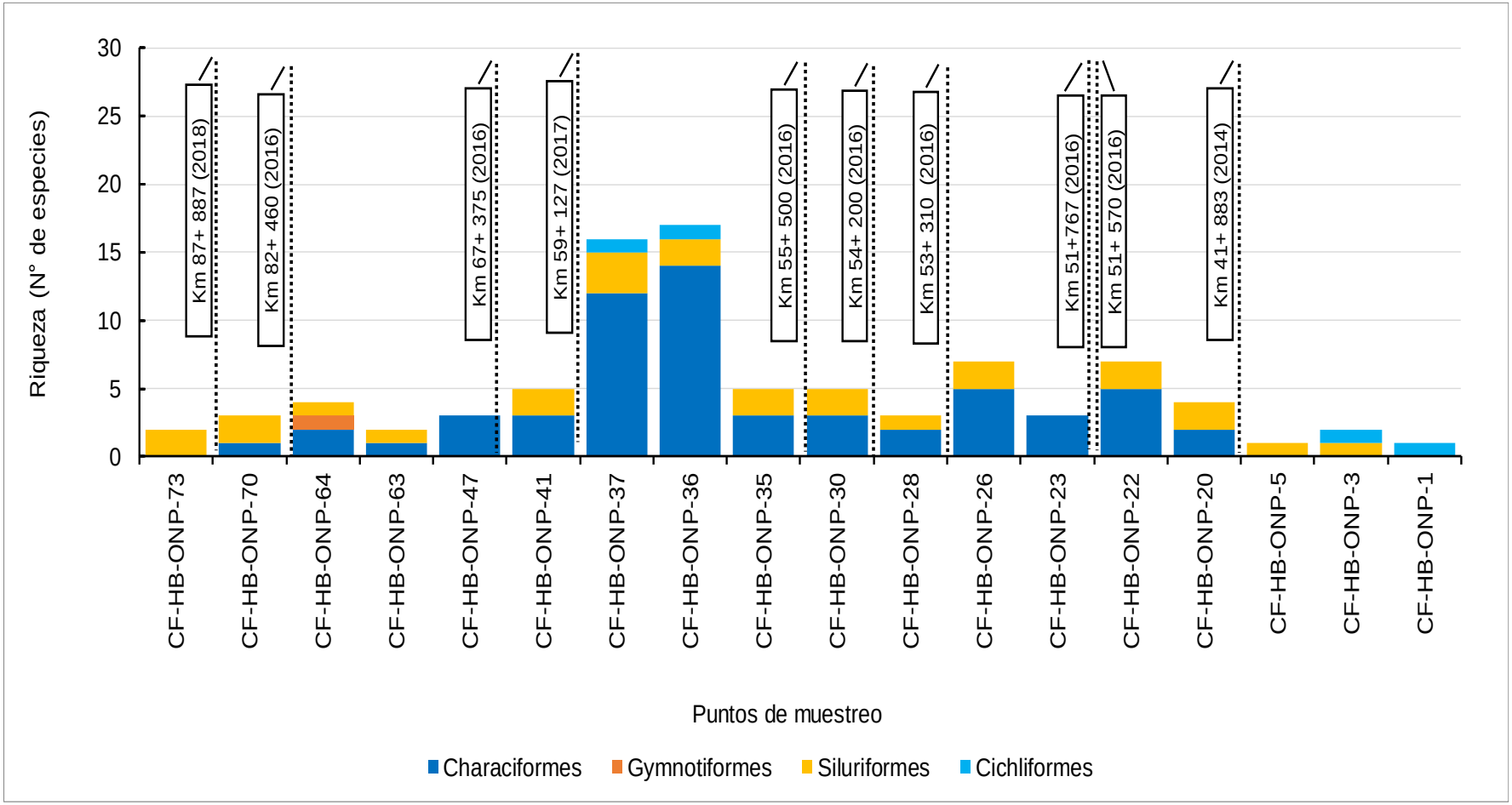


Figura 6.25. Riqueza de especies de peces registradas en el Canal de flotación

Las especies fueron capturadas con diferentes artes de pesca (red de arrastre, atarraya y de espera), siendo la red de espera la más empleada. Los mayores valores de riqueza se encontraron en los puntos CF-HB-ONP-37 y CF-HB-ONP-36, en el primero se encontraron 8 especies de los órdenes Characiformes, Siluriformes y Cichliformes y en el punto CF-HB-ONP-36 se registraron 9 especies, de los órdenes Characiformes y Cichliformes. Cabe indicar que las especies mencionadas no fueron registradas en el resto de puntos ubicados en el Canal de flotación (Tabla 6.17).

Tabla 6.17. Especies registradas en los puntos de muestreo con mayor riqueza del Canal de flotación

N°	Puntos de muestreo hidrobiológico	
	CF-HB-ONP-37	CF-HB-ONP-36
1	*Anostomidae* [a]	*Hoplias malabaricus* (fasaco) [b]
2	Curimatidae 3 [a]	*Abramites* sp. (san pedrito)[b,c]
3	*Triportheus* sp. (sardina) [a,b,c]	*Leporinus* sp. (lisa)[b,c]
4	*Triportheus angulatus* (sardina)[b]	*Steindachnerina guentheri* (chio chio)
5	*Acestrorhynchus* sp.(peje zorro)[b,c]	*Prochilodus nigricans,* (boquichico)[b]
6	Characidae	Lebiasinidae
7	*Pterygoplichthys* sp.	*Carnegiella strigata (*pechito)
8	*Aequidens tetramerus* (bujurqui)	*Moenkhausia* sp. (mojarrita)[b,c]
9	-	*Pterophyllum scalare* (pez ángel)

: Characiformes : Siluriformes : Cichliformes

[a] Peces juveniles
[b] Peces de consumo humano
[c] Nombre común tomado de la «Lista anotada de los peces de aguas continentales de Perú».(Ortega *et al*., 2012).

b) Composición trófica

Dentro de las especies registradas tenemos los géneros *Hoplias*, *Abramites*, *Leporinus*, *Steindachnerina*, *Prochilodus*, *Triportheus*, *Carnegiella*, *Acestrorhynchus*, *Moenkhausia*, *Pterigoplichthys*, *Aequidens*, *Pterophyllum* y las familias Anostomidae, Curimatidae, Lebiasinidae y Characidae que corresponden a diferentes categorías tróficas: detritívoros (*Leporinus*, *Steindachnerina*, *Prochilodus* y Curimatidae), omnívoros (*Leporinus* y *Triportheus*) y piscívoros (*Hoplias* y *Acestrorhynchus*), según García *et al.* (2009).

c) Abundancia

En total se registraron 324 individuos. Se observó el mismo patrón que en la riqueza desde el Km 55+500 al Km 59+127, registrándose la mayor abundancia en el punto CF-HB-ONP-36 con 117 individuos, seguido de 61 individuos en el punto CF-HB-ONP-37 (Figura 6.26).

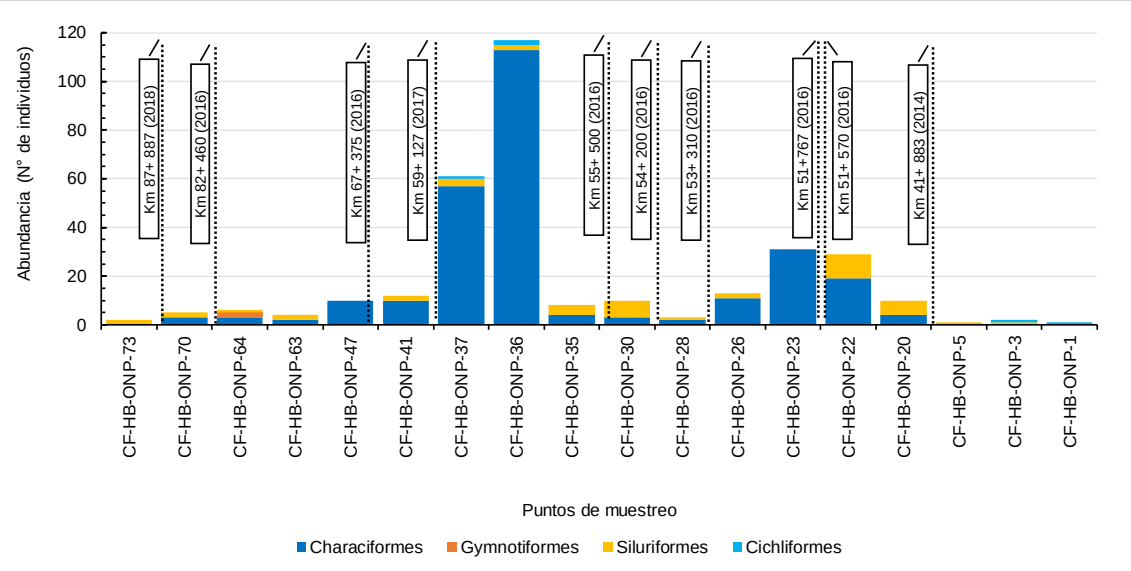


Figura 6.26. Abundancia de especies de peces registradas en el Canal de flotación

d) Diversidad alfa

Los valores del índice N1, mostrados en la Tabla 6.18, indican que el menor valor se presentó en el punto CF-HB-ONP-63, mientras que, el mayor valor en el punto CF-HB-ONP-37. El índice N2, registró el menor valor en el punto CF-HB-ONP-63, mientras que, el mayor valor en el punto CF-HB-ONP-35. Con respecto al índice J', el menor valor se presentó en el punto CF-HB-ONP-36 y el mayor valor en los puntos CF-HB-ONP-28 y CF-HB-ONP-3. El índice de equidad de Pielou (J') presenta valores altos cuando todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001).

Tabla 6.18. Índices de diversidad alfa de peces en el Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000)

N.°	Zona de estudio	Puntos de muestreo	N1	N2	índice de Equidad de Pielou (J')
1	Canal de Flotación (Km 39+500 al Km 60+000)	CF-HB-ONP-73	2,00	2,00	1
2		CF-HB-ONP-70 **	2,59	2,27	0,87
3		CF-HB-ONP-64	2,87	2,78	0,96
4		CF-HB-ONP-63	1,00	1,00	****
5		CF-HB-ONP-47	2,97	2,94	0,99
6		CF-HB-ONP-41	3,44	2,57	0,77
7	Canal de Flotación (Km 60+000 al Km 90+000)	CF-HB-ONP-37	6,21	3,26	0,67
8		CF-HB-ONP-36 **	5,31	3,29	0,59
9		CF-HB-ONP-35	4,76	4,57	0,97
10		CF-HB-ONP-30 **	2,46	2,13	0,82
11		CF-HB-ONP-28 **	2,00	2,00	1
12		CF-HB-ONP-26 **	4,66	3,79	0,86
13		CF-HB-ONP-23 **	2,25	2,12	0,74
14		CF-HB-ONP-22	4,88	3,84	0,81
15		CF-HB-ONP-20	2,55	2,31	0,85

N.°	Zona de estudio	Puntos de muestreo	N1	N2	índice de Equidad de Pielou (J')
16		CF-HB-ONP-5 **	1,00	1,00	****
17		CF-HB-ONP-3	2,00	2,00	1,00
18		CF-HB-ONP-1	1,00	1,00	****

(**) : Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo
: Valores altos de índices de diversidad alfa
: Valores bajos de índices de diversidad alfa
(****) : No se obtuvo un valor debido a que solo se registró una sola especie.

e) Compuestos orgánicos en peces

Se tomaron 9 muestras de tejido muscular correspondientes a 8 puntos de muestreo: CF-HB-ONP-3, CF-HB-ONP-20, CF-HB-ONP-22, CF-HB-ONP-23, CF-HB-ONP-26, CF-HB-ONP-28, CF-HB-ONP-30 (2 muestras) y CF-HB-ONP-64 para análisis de hidrocarburos totales de petróleo (C_9-C_{40}) (TPH). Adicionalmente, se tomaron 6 muestras de tejido muscular correspondientes a 6 puntos de muestreo: CF-HB-ONP-1, CF-HB-ONP-3, CF-HB-ONP-20, CF-HB-ONP-22, CF-HB-ONP-36 y CF-HB-ONP-63 para análisis de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). Es importante indicar que la especie capturada corresponde a la categoría trofica piscívoro (*Erythrinus*), según García *et al.* (2009)

Como se observa en la Tabla 6.19, las concentraciones de compuestos orgánicos en tejido muscular de peces, tanto para TPH como para los HAP, no superaron el límite de cuantificación del método de ensayo en ninguno de los puntos evaluados, incluso en la muestra de «Erythrinus» a pesar de tener un comportamiento carnívoro, ya que al alimentarse de otros peces pequeños podría bioacumularlo y biomagnificarlo.

Tabla 6.19. Resultados de los análisis de compuestos orgánicos en músculo de peces por puntos de muestreo en el Canal de flotación

Parámetro	Unidad	LD	LQ	CF-HB-ONP-1-Musc-1	CF-HB-ONP-3-Musc-1	CF-HB-ONP-3-Musc-2	CF-HB-ONP-20-Musc-1	CF-HB-ONP-22-Musc-1	CF-HB-ONP-23-Musc-1	CF-HB-ONP-26-Musc-1	CF-HB-ONP-28-Musc-1	CF-HB-ONP-30-Musc-1	CF-HB-ONP-30-Musc-2	CF-HB-ONP-36-Musc-2	CF-HB-ONP-63-Musc-2	CF-HB-ONP-64-Musc-1
TPH																
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C9-C40)	mg/kg	2	5	-	< 2	-	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	-	-	< 2
HAP																
Acenafteno	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009	-	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0009	-	-	-	-	-	< 0,0009	< 0,0009	-
Acenaftileno	mg/kg	0,0006	0,0054	< 0,0006	-	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	-	-	-	-	-	< 0,0006	< 0,0006	-
Antraceno	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009	-	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0009	-	-	-	-	-	< 0,0009	< 0,0009	-
Benzo (a) Antraceno	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009	-	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0009	-	-	-	-	-	< 0,0009	< 0,0009	-
Benzo (a) Pireno	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009	-	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0009	-	-	-	-	-	< 0,0009	< 0,0009	-
Benzo (b) Fluoranteno	mg/kg	0,0006	0,0054	< 0,0006	-	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	-	-	-	-	-	< 0,0006	< 0,0006	-
Benzo (g,h,i) Perileno	mg/kg	0,0006	0,0054	< 0,0006	-	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	-	-	-	-	-	< 0,0006	< 0,0006	-
Benzo (k) Fluoranteno	mg/kg	0,0006	0,0054	< 0,0006	-	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	-	-	-	-	-	< 0,0006	< 0,0006	-
Criseno	mg/kg	0,0006	0,0054	< 0,0006	-	< 0,0006	< 0,0006	< 0,0006	-	-	-	-	-	< 0,0006	< 0,0006	-
Dibenzo (a,h) Antraceno	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009	-	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0009	-	-	-	-	-	< 0,0009	< 0,0009	-

Parámetro	Unidad	LD	LQ	CF-HB-ONP-1-Musc-1	CF-HB-ONP-3-Musc-1	CF-HB-ONP-3-Musc-2	CF-HB-ONP-20-Musc-1	CF-HB-ONP-22-Musc-1	CF-HB-ONP-23-Musc-1	CF-HB-ONP-26-Musc-1	CF-HB-ONP-28-Musc-1	CF-HB-ONP-30-Musc-1	CF-HB-ONP-30-Musc-2	CF-HB-ONP-36-Musc-2	CF-HB-ONP-63-Musc-2	CF-HB-ONP-64-Musc-1
Fenantreno	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009	-	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0009	-	-	-	-	-	< 0,0009	< 0,0009	-
Fluoranteno	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009	-	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0009	-	-	-	-	-	< 0,0009	< 0,0009	-
Fluoreno	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009	-	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0009	-	-	-	-	-	< 0,0009	< 0,0009	-
Indeno (1,2,3-c,d) Pireno	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009	-	< 0,0009	< 0,0006	< 0,0009	-	-	-	-	-	< 0,0009	< 0,0009	-
Naftaleno	mg/kg	0,0006	0,0054	< 0,0006	-	< 0,0006	< 0,0009	< 0,0006	-	-	-	-	-	< 0,0006	< 0,0006	-
Pireno	mg/kg	0,0009	0,0054	< 0,0009	-	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0009	-	-	-	-	-	< 0,0009	< 0,0009	-
Especie analizada				N.D.	-	N.D.	*Erithrinus* sp.	N.D.	-	-	-	-	-	N.D.	N.D.	-

Fuente: Informes de ensayo N.°: 72076/2018, 72078/2018 y 72079/2018.
(-) No se analizó el parámetro
N.D.: No determinado

7. DISCUSIÓN

A continuación, se discuten los resultados de la evaluación ambiental realizada en el Canal de flotación y ríos y quebradas, del 29 de noviembre al 11 de diciembre de 2018 entre los Km 39+500 y Km 90+000 del Tramo I del ONP, para determinar la influencia de la actividad de transporte de petróleo crudo sobre la calidad ambiental del agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas en el Canal de flotación, los ríos y las quebradas que intersecan dicho canal.

Los principales aspectos considerados para el desarrollo de la discusión son los siguientes:

- Características de los cuerpos de agua: (1) Canal de flotación; y (2) Ríos Cuninico, Nucuray, Urituyacu y quebrada Patoyacu clasificados por la ANA[47] como «Ríos de la Selva» con categoría 4.
- Las posibles vías de transporte de petróleo crudo desde el Canal de flotación hacia los ríos y quebradas que lo intersecan; tomando en cuenta el transporte físico del contaminante a nivel de la columna de agua y en su distribución espacial (Figura 7.1).

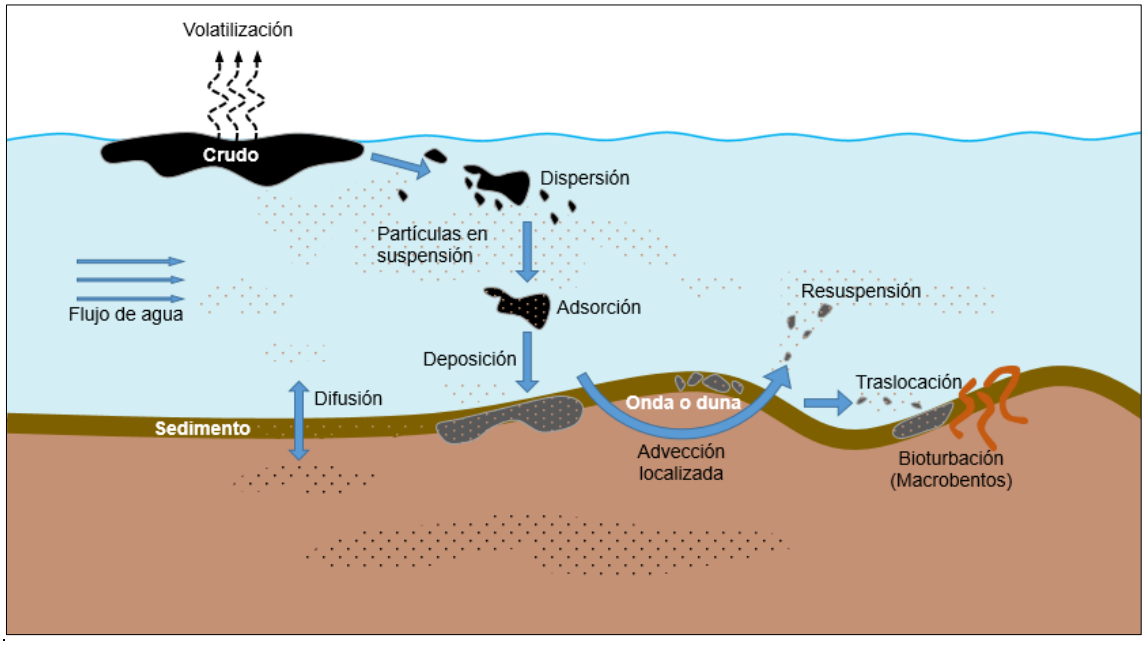


Figura 7.1. Modelo conceptual del transporte físico del contaminante en el medio acuático
Fuente: Adaptado de Reible, 2014

El área evaluada está comprendida en el llano Amazónico, entre las zonas de vida Bosque Húmedo Tropical (bh-T) y Bosque muy Húmedo Tropical (bmh-T), donde la precipitación media es de 2400 mm y la temperatura media anual máxima y mínima oscila entre 21,3 °C y 31,4 °C; y humedad relativa media anual es de 81,72 % (PAMA, 1995). Se caracteriza por

[47] Resolución Jefatural N.° 056-2018-ANA «Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales» y la tercera disposición complementaria transitoria del Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM, entendido como «aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas». Los ríos Nucuray y Urituyacu son clasificados con la Categoría 4 «Conservación del ambiente acuático; asimismo, el río Cuninico y la quebrada Patoyacu adoptan esta categoría del cuerpo de agua al cual tributan.

ser muy lluvioso debido a la intensidad y distribución de las precipitaciones durante el año (Holdridge, 1976). El periodo de evaluación corresponde a inicios de la temporada de lluvias.

La red hidrográfica del área evaluada está comprendida en la intercuenca medio bajo Marañón[48], compuesta por los ríos Cuninico, Nucuray, Urituyacu y la quebrada Patoyacu, tributarios del río Marañón, además del Canal de flotación que comprende un Canal de agua dentro de los 255 km de terreno inundable del Tramo I del ONP (PAMA, 1995).

7.1 Canal de flotación

El Canal de flotación es una infraestructura construida por Petroperú S.A. con la finalidad de funcionar como una barrera de contención para confinar el petróleo crudo en caso de derrames (Petroperú)[49]. Con el trascurrir del tiempo se ha configurado como un ecosistema[50] estacionalmente inundable con características típicas de cuerpos de agua amazónicos que tiene interacción permanente con los ambientes acuáticos próximos. Además, este ambiente se encuentra en la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional Pacaya Samiria y en el Abanico del Pastaza[51] reconocido como sitio RAMSAR[52] más grande de toda la Amazonía, que consta de un complejo de bosques inundados y aguajales que albergan gran biodiversidad.

Los componentes ambientales en el área de estudio fueron afectados por 10 derrames de petróleo crudo ocurridos entre 2014 y 2018 (Ver Tabla 2.1). En este caso, la tubería por donde se transportan los hidrocarburos, resulta ser la última barrera efectiva para confinar el crudo, que una vez derramado en el Canal de flotación, como destino inmediato, entra en interacción con el agua, sedimento, suelo, flora y fauna del ecosistema de la selva amazónica transportándose principalmente por los mecanismos señalados en la Figura 7.1. Debido a esto, resultó pertinente evaluar la calidad ambiental (agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas) para determinar la posible causalidad y el efecto de los derrames de petróleo crudo sobre los componentes ambientales señalados.

Los resultados de agua superficial fueron comparados con los ECA para agua 2008[53] y 2017[54], para la subcategoría «Ríos de la selva» de la Categoría 4 «Conservación del

48 Código de Unidad Hidrográfica en el nivel 4: 4983

49 https://www.petroperu.com.pe/socio-ambiental/principal/gestion-ambiental/remediacion-ambiental-del-oleoducto-norperuano-onp-preguntas-frecuentes/ . Consultado el 15 de marzo de 2019.

50 Definición de ecosistema «Complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional». Tomado de la «Metodología para la Estimación del Nivel de Riesgo a la Salud y al Ambiente de Sitios Impactados» (Anexo único) de la Directiva para la Identificación de Sitios Impactados por Actividades de Hidrocarburos a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo Nº 028-2017-OEFA/CD.

51 El Abanico del Pastaza fue declarado como sitio RAMSAR en junio de 2002. Alberga especies consideradas en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y 17 especies que se encuentran en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Disponible en: https://www.ramsar.org/es/humedal/peru?site=28854#map-leaflet y http://www.wwf.org.pe/?200118/Pastaza#.

52 Sitio RAMSAR es una clasificación determinada por la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971) para definir espacios de gran importancia para la conservación, considera a humedales de importancia internacional donde se concentra y alberga una extraordinaria biodiversidad. Disponible en: https://www.ramsar.org/es.

53 Aprobado mediante Decreto Supremo N.° 002-2008-MINAM el 30 de julio de 2008.

54 Aprobado mediante Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM el 07 de junio de 2017.

ambiente acuático», teniendo en cuenta que los ECA para agua 2017 se emplean de manera complementaria, ya que mantiene iguales casi todos los valores establecidos en el ECA para agua 2008.

Los resultados de sedimento (TPH y metales) fueron comparados con los niveles de fondo[55] de cuerpos de agua ubicados en zonas no afectadas por los derrames de crudo ocurridos en el Canal de flotación. Adicionalmente, los resultados de TPH fueron comparados con la guía Atlantic RBCA (*Risk-Based Corrective Action*) del 2015 y los resultados de metales totales con la Guía de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales «*Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life of Freshwater* – CEQG-SQG» del 2002.

El agua superficial presentó pH en el rango de 5,17 - 6,30 y bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el rango de 0,11 - 1,41 mg/L, valores que estuvieron por debajo de los límites mínimos establecidos en los ECA para agua 2008 y 2017 (Ver Figura 7.2). La conductividad fue registrada entre 21,2 y 53,1 µS/cm, aguas con baja conductividad que junto con el pH son características propias de «aguas negras amazónicas» tal como se describe en la Tabla 7.1.

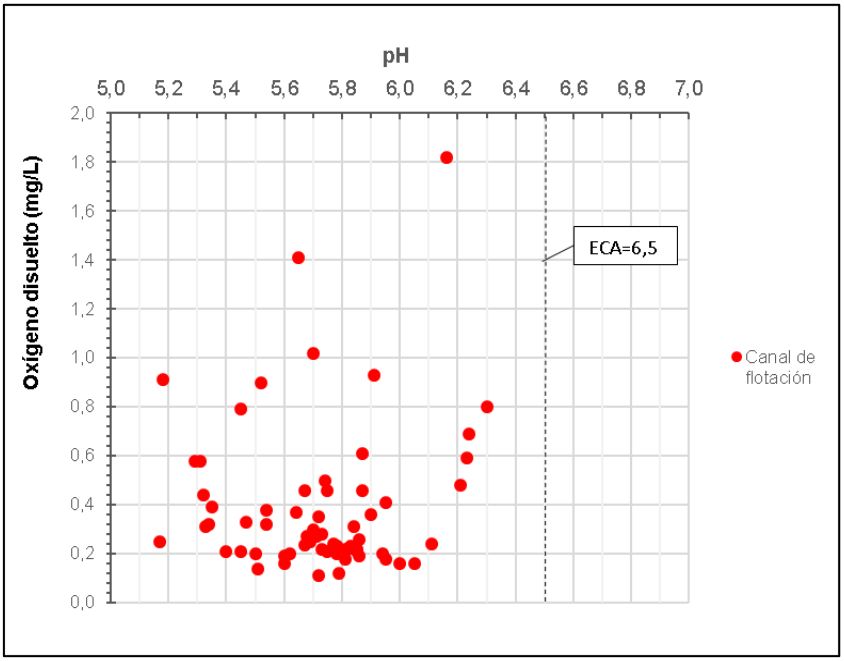


Figura 7.2. Relación entre oxígeno disuelto y pH en el Canal de flotación
Nota: La escala ha sido modificada con fines de mejorar la visualización de los datos

Los valores de pH y conductividad registrados son característicos de «aguas negras amazónicas» donde el pH varía de ácido a ligeramente ácido y con coloración café oscuro, tal como fue verificado en campo (Ver Anexo 3 Reporte de Campo N.° 040-2019-SSIM), debido a la presencia de ácidos húmicos y fúlvicos (Roldán, 2008) resultantes de la descomposición de la materia orgánica (Sioli, 1984). Las bajas concentraciones de OD en

[55] De acuerdo al Informe N.° 200-2019-OEFA/DEAM/SSIM «Determinación de Niveles de Fondo y Niveles de Referencia de hidrocarburos totales de petróleo y metales en sedimento de los ríos Cuninico, Nucuray y, Urituyacu y la quebrada Patoyacu, asociados al Canal de Flotación del Tramo I del Oleoducto Norperuano». (Ver Anexo 7).

este tipo de ambientes se deben principalmente al consumo del oxígeno libre por oxidación de la materia orgánica (Roldán, 2008); sin embargo, también son influenciados por procesos fisicoquímicos y por factores físicos como la variación temporal de la temperatura del agua; y todo ello sumado al bajo dinamismo del agua en la mayor parte del Canal de flotación (según verificación en campo) dificulta su oxigenación.

Tabla 7.1. Características de los tipos de aguas amazónicas peruanas

Características	Tipología de aguas amazónicas peruanas			
	Aguas claras	Aguas blancas	Aguas intermedias a mixtas	Aguas negras
Color	Cristalina a verde claro	Lodoso, turbio, marrón amarillento	Marrón claro, verde amarillento	Marrón rojizo, café oscuro
pH	6,2-8,8	5-9,5	4,1-6,9	3,5-6,9
Conductividad eléctrica (µS/cm)	35-9900	106-450	19-180	23-118
Materia orgánica (mg/kg)	Muy escasa	150 a 1900	30-250, materia fresca	Poca
Origen	Andino y subandino	Bosques húmedos subandinos	Subandino (Ecuatoriano)	Bosques húmedos
Ríos	Tocache, Challhuayacu, Uchiza, Cachiyacu, Huaynabe	Amazonas, Marañón, Napo, Pastaza, Tonchima, Mayo	Tigre, Macusari, Corrientes	Ríos Nanay, Samiria, Cuninico, Nucuray, Itaya, Chambira Aypena

Adaptado de Maco, 2016. Basado en Sioli,1984 y modificado de Geisler *et al*. 1973

Resultados similares en la zona de estudio han sido registrados por el OEFA[56] desde el 2014, donde tanto el pH como el OD mostraron valores por debajo del rango establecido en los ECA para agua 2008 y 2017, mostrando ligeros incrementos en los valores en temporada lluviosa (creciente) con respecto a la temporada seca (vaciante), las que fueron consideradas como condiciones naturales.

En consecuencia, con respecto al pH ácido y bajos niveles de OD en el agua, no podrían ser atribuidos a la actividad hidrocarburífera; sin embargo, cabe señalar que cada evento de derrame de crudo influye temporalmente en la demanda de oxígeno disuelto en el agua, condición necesaria para atender los procesos aeróbicos de degradación del crudo; dado que en el agua, una vez que el petróleo es derramado es alterado debido a procesos físicos, químicos y biológicos, denominados en conjunto como degradación. Los cambios físicos como la volatilización y la solubilización, son los que ocurren más rápidamente ocasionando la degradación de los hidrocarburos livianos en el intervalo de C_6 - C_{16} (Payne, *et al*. 1991), y la biodegradación altera los hidrocarburos cuando el petróleo es expuesto a condiciones ambientales (McCarthy, *et al*. 1998). En condiciones tropicales, los hidrocarburos de fracciones livianas pueden degradarse completamente en pocos días o semanas (PNUD, *et al.,* 2018).

Al respecto, cabe mencionar que en todas las acciones de supervisión[57] (DSEM - OEFA) realizadas de 1 a 3 días después de ocurridos los derrames de petróleo crudo, se ha

[56] Informe N.° 00023-2015-OEFA-DE-SDCA-CEAI «Informe de Evaluación Ambiental de la Cuenca Baja del Marañón, ejecutado durante los años 2014 y 2015».

[57] Informes de supervisión directa N.° 5281-2016-OEFA/DS-HID y N.° 462-2017-OEFA/DS-HID y N.° 5922-2016-OEFA/DS-HID, entre otros.

verificado la presencia de TPH en el agua superficial, así como de aceites y grasas (parámetros también relacionados al crudo); sin embargo, en evaluaciones ambientales[58] (DEAM - OEFA) realizadas meses o años después no se han registrado concentraciones detectables en el agua superficial, debido principalmente a las actividades de limpieza ejecutadas por el administrado; así como a los procesos naturales de desplazamiento y degradación de hidrocarburos.

Con respecto a la presencia de metales en el agua superficial, las concentraciones de cobre y plomo superaron los ECA para agua 2008, en 2 y 5 puntos de muestreo respectivamente, tal como se muestra en la Tabla 6.3 del ítem Resultados; sin embargo no superaron los ECA para agua 2017. Según informes realizados por el OEFA[58, 59], las concentraciones de cobre no superaron el ECA agua 2008 (0,02 mg/L) ni los ECA para agua 2017 (0,1 mg/L) en puntos ubicados en el Canal de flotación y en ríos y quebrada aledañas al Canal; mientras que, el plomo fue encontrado frecuentemente en concentraciones superiores al ECA para agua 2008 (0,001 mg/L) en el río Cuninico y la quebrada Patoyacu y en ríos próximos como el Marañón. Las concentraciones de cobre y plomo, estarían presentes por influencia de cuerpos de agua aledaños y algún otro factor no identificado. En consecuencia, estos metales en agua superficial no podrían ser relacionados directamente a los derrames de petróleo ocurridos en el área de estudio.

Los resultados obtenidos del muestreo realizado en diciembre de 2018 no han evidenciado presencia de TPH en agua superficial (se reportó valores debajo del límite de cuantificación); sin embargo, en el sedimento su presencia (TPH) sí fue registrada, y resultados similares fueron encontrados en los muestreos realizados por el OEFA entre el 2014 y 2016[60].

Los 10 derrames de petróleo crudo ocurridos desde el 2014 al 2018 en los 50,5 km evaluados (Ver Anexo 1 Mapa de derrames ocurridos entre el Km 39+500 al Km 90+000), son la fuente de TPH en los 60 de los 66 puntos de muestreo de sedimentos, donde se registraron concentraciones mayores al límite de cuantificación (>13,3 mg/kg) con valores en el rango de 22,5 - 2 454,0 mg/kg. En el Anexo 8 se muestra en el mapa de las concentraciones de TPH en sedimento en el Canal de flotación.

En 56 de los 66 puntos de muestreo se superó de nivel de fondo (NF_{TPH}=45,46 mg/kg) para sedimento, evidenciando que las concentraciones encontradas tienen origen distinto a las condiciones naturales en en la zona de estudio. Por otro lado, en 20 de los 66 puntos de muestreo se registraron concentraciones de TPH que superaron el valor referencial de comparación ESL (500 mg/kg) de la guía Atlantic RBCA para sedimentos (Ver Figura 7.3), puntos que representan concentraciones con potencial de afectación a organismos acuáticos.

58 Informe N.º 128-2016-SDCA «Informe de monitoreo ambiental de agua, sedimento y recursos hidrobiológicos, realizado del 21 al 23 de abril de 2016, en el río Cuninico y Marañón, ubicado en el distrito de Urarinas, provincia y departamento de Loreto»

59 Informe N.° 098-2019-OEFA-SSIM «Vigilancia ambiental de la calidad de agua superficial en los cuerpos de agua influenciados por los derrames de petróleo ocurridos en el Tramo I del Oleoducto Norperuano y en la Estación 1 de Petróleos del Perú - Petroperú S.A., del 21 al 28 de febrero de 2019» e Informe N.° 153-2019-OEFA-SSIM «Vigilancia ambiental de la calidad de agua superficial en los cuerpos de agua influenciados por los derrames de petróleo ocurridos en el Tramo I del Oleoducto Norperuano y en la Estación 1 de Petróleos del Perú – Petroperú S.A., del 7 al 14 de abril de 2019».

60 Informe N.° 00023-2015-OEFA-DE-SDCA-CEAI; Informe N.° 128-2016-SDCA «Informe de monitoreo ambiental de agua, sedimento y recursos hidrobiológicos, realizado del 21 al 23 de abril de 2016, en el río Cuninico y Marañón, ubicado en el distrito de Urarinas, provincia y departamento de Loreto»; y Reporte Público del Informe de Supervisión Directa N.° 4763-2016-OEFA/DS-HID.

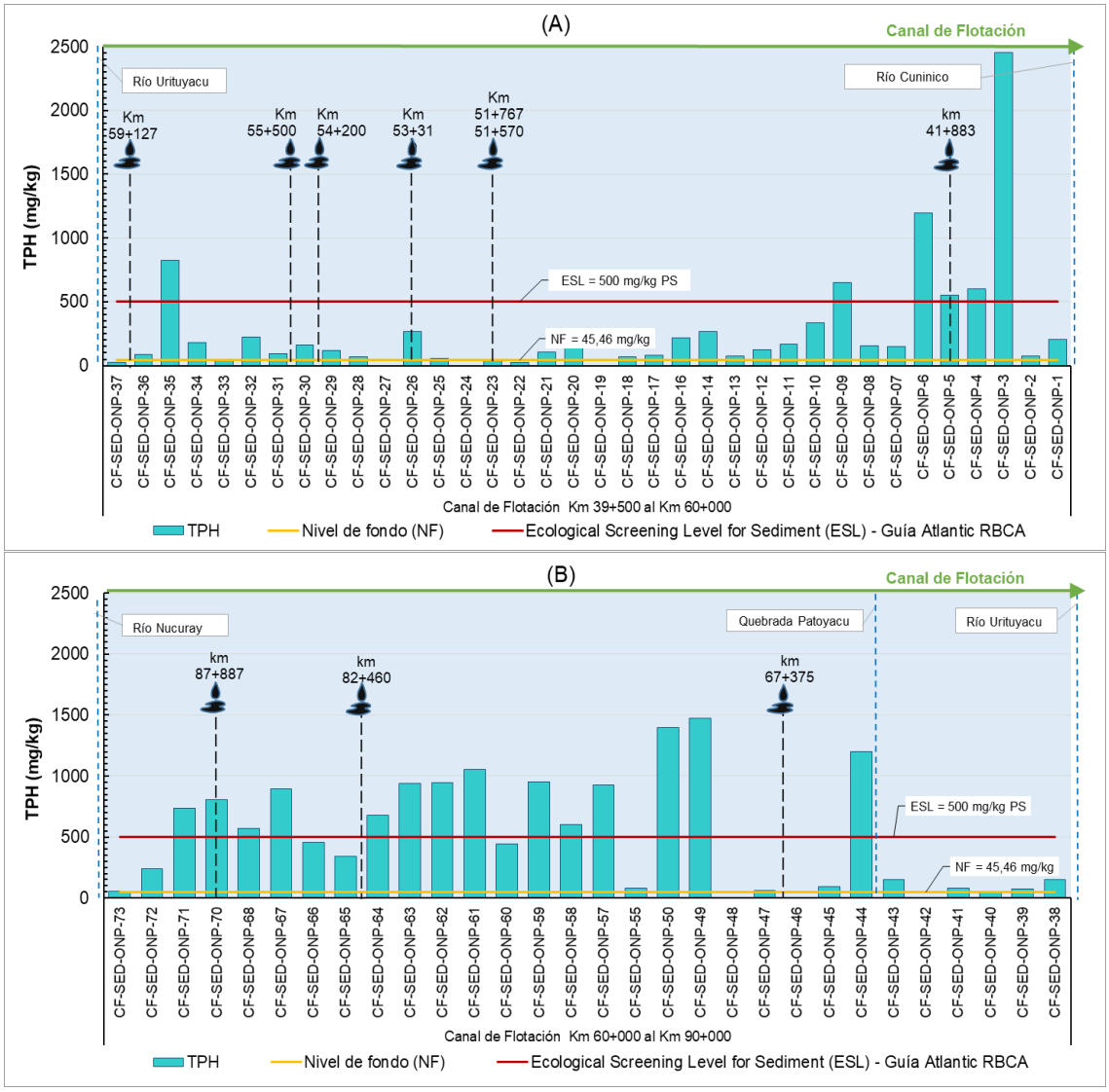


Figura 7.3. Concentraciones de TPH en sedimento en el Canal de flotación entre el Km 39+500 (río Cuninico) y Km 60+000 (río Urituyacu) (A); y entre el Km 60+000 (río Urituyacu) y Km 90+000 (río Nucuray) (B)

Los puntos de muestreo CF-SED-ONP-3 al CF-SED-ONP-6 y CF-SED-ONP-09 ubicados próximos al río Cuninico mostrados en la Figura 7.3, presentaron valores de TPH hasta 2 500 mg/kg, los que superaron significativamente al valor referencial de comparación de la guía Atlantic RBCA, los que se ubican en zonas afectadas por el derrame de petróleo crudo (2 812 barriles) ocurrido en el Km 41+883 en el año 2014[61].

En 13 puntos de muestreo ubicados entre los Km 70+000 y Km 90+000 también se registraron concentraciones que superaron la norma en mención, entre estas progresivas se

61 Resolución Directoral N.° 844-2015-OEFA/DFSAI. Disponible en http://www.oefa.gob.pe/wp-content/uploads/2015/09/RES-844-2015-OEFA-DFSAI-COLORES.pdf. Consultado el 22-02-2019, e Informe Técnico Acusatorio (ITA) N°284-2014-OEFA/DS, emitido por la Dirección de Supervisión del OEFA el 5 de agosto de 2014.

reportaron 3 derrames de petróleo crudo[62], lo que constituye la fuente de TPH en el sedimento. Asimismo, la Figura 7.4 muestra una representación gráfica de los valores de las concentraciones de TPH en los puntos muestreados de manera sistemática.

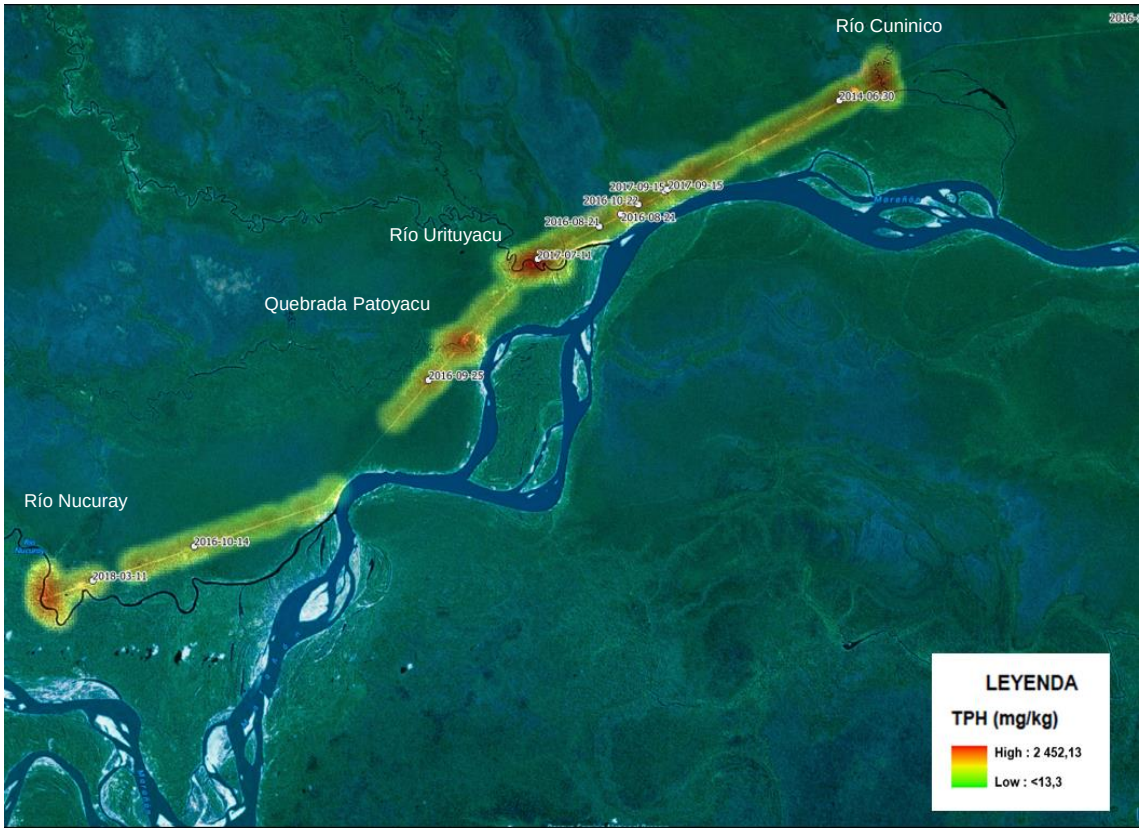


Figura 7.4. Imagen referencial de «puntos de calor» para las concentraciones de TPH en Canal de flotación entre los Km 39+500 al Km 90+000. La mayor saturación de color (rojo) corresponde a concentraciones más altas y menor saturación de color (verde) a menores concentraciones. (Elaborado en QGis versión 2.3).

La distribución del TPH y metales a lo largo del Canal de flotación, se debería principalmente a las características del Canal, y a su régimen hidrológico determinado por la temporalidad, el cual depende de los flujos de agua desde y hacia los ambientes acuáticos próximos; condiciones que determinan los procesos físicos de distribución de los contaminantes en la columna de agua y su transporte a nivel espacial.

Según la Figura 7.3 y Figura 7.4, los hidrocarburos están presentes en todo el sector evaluado – independientemente de la diferencia temporal entre un derrame y otro – que indicaría la prevalencia del TPH; esta condición se sustenta en:

1) Los resultados de muestreos realizados después del primer derrame de petróleo crudo – ocurrido en el Km 41+883 en junio de 2014 próximo al río Cuninico – evidenciaron la

62 Derrames ocurridos el 25 de setiembre de 2016 en el Km 887+375, el 14 de octubre de 2016 en el km 82+460 y el 11 de marzo de 2018 en los km 87+887.

presencia de TPH en sedimento en puntos ubicados en el Canal de flotación. La supervisión ambiental realizada en mayo de 2016[63], evidenció la presencia de TPH en concentraciones detectables (52,8-1057 mg/kg) en 6 puntos ubicados en el Canal entre los Km 40+000 al Km 42+100.

2) La predominancia de fracciones de hidrocarburos de cadenas largas (F_2 y F_3) se evidenció tanto en los resultados obtenidos en el presente estudio como en los obtenidos en mayo de 2016[60]. En diciembre de 2018 se registró la presencia de la fracción F_3 (C_{28}-C_{40}) en 60 puntos de 66, y la fracción F_2 (C_{10}-C_{28}) en 58 puntos de muestreo de 66; mientras que, la fracción F_1 no fue detectada por el método empleado (L.C.<1,9 mg/kg). Asimismo, en la supervisión ambiental realizada en mayo de 2016 se obtuvieron resultados similares, donde se registró predominancia de la fracción F_3 (39,6 - 726 mg/kg) sobre la fracción F_2 (8,93-331 mg/kg) y fracción F_1 por debajo del límite de cuantificación (<5,0 mg/kg).

La prevalencia de hidrocarburos encontraría respuesta en la naturaleza del contaminante, que siendo un compuesto de origen orgánico es fuente de carbono para la microbiota, donde la fracción de cadenas cortas (F_1) es transformada o utilizada como nutriente, reduciendo directa o indirectamente las concentraciones en un proceso de degradación (Corona-Ramírez, 2004), y los componentes más complejos (fracciones F_2 y F_3) son más difíciles de degradar, debido a que necesita de una serie de condiciones favorables. Adicionalmente, otros factores intervienen en la reducción de las concentraciones del contaminante, tales son los fenómenos físicos (advección, dispersión, dilución, difusión, volatilización, sorción/desorción) y las reacciones químicas (intercambio iónico, complejación, transformación abiótica), tal como indica Corona-Ramírez (2004) que se da en todo cuerpo de agua (como en el Canal de flotación).

Los hidrocarburos pueden contener más de 300 compuestos diferentes[64] (Wang & Fingas, 1994), los que en función a su estructura química, las fracciones poseen diferentes grados de toxicidad para los organismos y tienen diferentes posibilidades de biodegradación (Head, *et al*. 2006). Mientras que, la atenuación natural puede remover la fracción más ligera y simple del petróleo[65], los residuos más pesados pueden permanecer por décadas (Sánchez-Fernández, 2009) con inherencia recalcitrante.

Por otro lado, las concentraciones de TPH en sedimentos registradas en las proximidades a los derrames de petróleo crudo durante la evaluación de diciembre de 2018, si bien están relacionadas con dichos eventos, no guardarían relación directa con la cantidad de barriles derramados ni con el tiempo transcurrido desde la ocurrencia de los derrames, excepto en los puntos CF-SED-ONP-70, CF-SED-ONP-5 y CF-SED-ONP-64 (Figura 7.5).

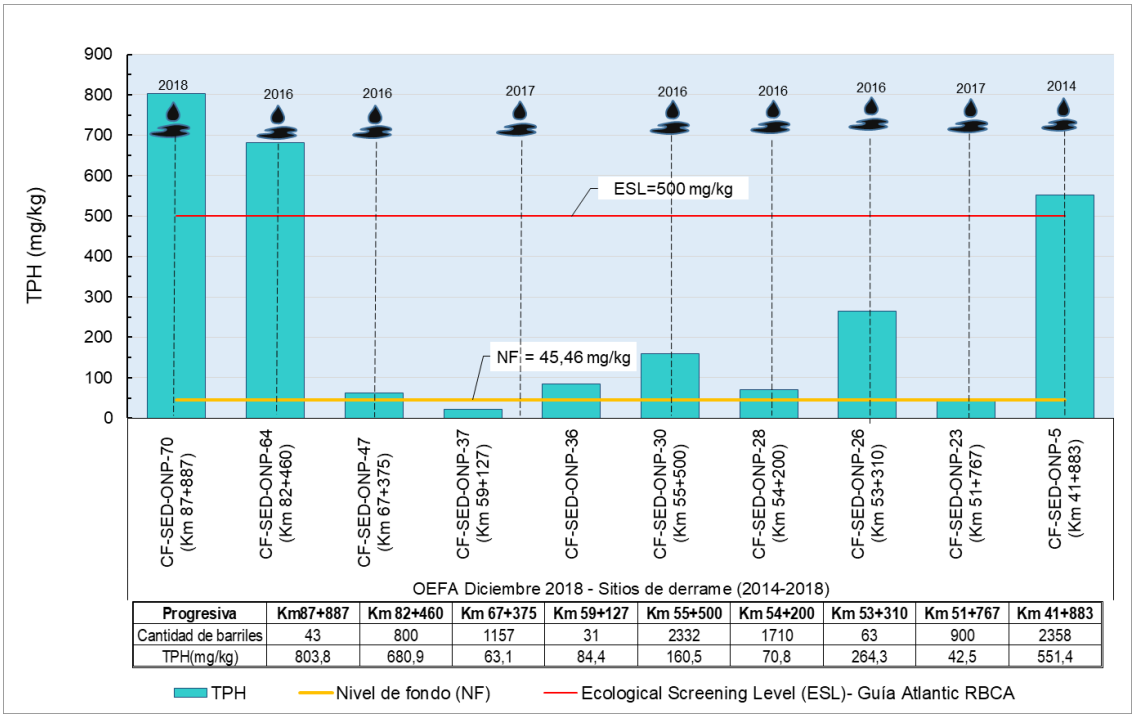
El punto CF-SED-ONP-70 ubicado en el sitio de derrame más reciente (2018) en el Km 87+887 (próximo al río Nucuray) registró 803,8 mg/kg de TPH; el punto CF-SED-ONP-5, ubicado en el Km 41+883 (próximo al río Cuninico) registró 551,4 mg/kg de TPH, y el punto CF-SED-ONP-64, ubicado en el derrame del Km 82+460, registró 680,9 mg/kg de

63 Reporte Público del Informe de Supervisión Directa N.° 4763-2016-OEFA/DS-HID

64 La estructura química de petróleo crudo consiste en hidrocarburos saturados, olefinas, aromáticos, compuestos polares y asfaltenos. (Wang & Fingas, 1994).

65 Las fracciones ligeras de hidrocarburos contienen alcanos de cadena corta y compuestos aromáticos simples, y fracciones pesadas consisten en alcanos de cadena larga y ramificada, cicloalcanos, hidrocarburos aromáticos policíclicos, y asfaltenos. (Sánchez-Fernández, 2009)

TPH. Tales puntos superaron el valor de comparación ESL de la guía Atlantic RBCA y el nivel de fondo. La prevalencia de TPH en el punto CF-SED-ONP-5 y CF-SED-ONP-64 se debería al volumen de crudo derramado, 2 358 barriles en el primer punto y 800 barriles en el segundo; mientras que, en el punto CF-SED-ONP-70, debido a que el derrame es reciente (mayo 2018). Esta condición permanecería aún cuando el administrado ha ejecutado acciones de respuesta a tales eventos (como las actividades de descontaminación).



Progresiva	Km87+887	Km 82+460	Km 67+375	Km 59+127	Km 55+500	Km 54+200	Km 53+310	Km 51+767	Km 41+883
Cantidad de barriles	43	800	1157	31	2332	1710	63	900	2358
TPH(mg/kg)	803,8	680,9	63,1	84,4	160,5	70,8	264,3	42,5	551,4

Figura 7.5. Concentraciones de TPH en sitios de ocurrencia de derrame de petróleo crudo con respecto a la cantidad de barrilles derramados

Además de hidrocarburos en sedimento, se encontraron metales totales[66], tanto metales pesados[67] como cobre, zinc, cadmio, mercurio, cromo y arsénico[68], y otros metales tóxicos asociados a la actividad hidrocarburífera como el vanadio, níquel[69] y bario[66] en concentraciones que superaron, en al menos un punto, los valores ISQG o PEL de la norma CEQG-SQG así como los niveles de fondo establecidos.

Las concentraciones de cobre superaron el ISQG (35,7 mg/kg) en 42 puntos de muestreo, cuyos valores fueron registrados en el rango de 35,8 - 155,4 mg/kg. Estas concentraciones

66 Según Fakhru'l-Razi, et.al (2009) a nivel mundial los metales relacionados con aguas de producción de petróleo crudo son calcio, sodio, potasio, magnesio, aluminio, boro, bario, litio, estroncio y zinc, que pueden estar presentes en concentraciones cuantificables; asimismo, trazas de hierro, cadmio, cobre, cromo, manganeso, plomo, titanio, arsénico, mercurio, plata y berilio.

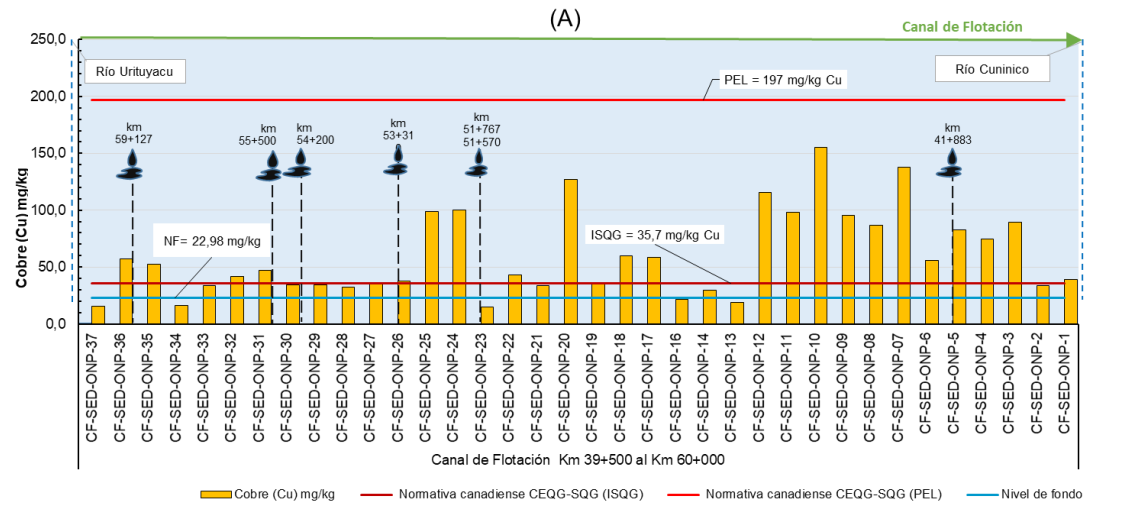
67 Se definen como metales pesados los elementos químicos que en su forma elemental tienen una densidad mayor a 6 g/cm^3 (Alloway, 1995; Duffus, 2002) y que su peso atómico es superior a 20 (Kabata y Pendias, 1992).

68 Metaloide considerado elemento traza tóxico (López Arias & Grau, 2005). *Metales pesados, materia orgánica y otros parámetros de los suelos agrícolas y pastos de España*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino. Gobierno de España.

69 PNUD, *et al.,* 2018. Estudio técnico independiente (ETI) del Ex Lote 1AB. Lineamientos estratégicos para la remediación de los impactos de las operaciones petroleras en el ex Lote 1AB en Loreto, Perú. Disponible en http://www.pe.undp.org/content/peru/es/home/library/democratic_governance/eti-del-ex-lote-1ab.html

representan niveles de concentración asociadas a efectos biológicos adversos ocasionales en organismos del medio acuático al superar el ISQG. Por otro lado, superaron el nivel de fondo (NF_{cobre}=22,98 mg/kg) en 58 de puntos de muestreo, evidenciando concentraciones superiores a los encontrados en condiciones naturales en ríos y quebradas del área de estudio.

Según la Figura 7.6, las mayores concentraciones de cobre fueron registradas entre los Km 40+000 y Km 45+000 del Canal de flotación (próximo al derrame ocurrido en el Km 41+883[63]); y entre los Km 82+000 y Km 90+000, donde ocurrieron 2 derrames de petróleo crudo, el primero en marzo de 2018 (Km 82+406) y el segundo en octubre de 2016 (Km 87+887)[70] (Ver Anexo 1 Mapa de derrames ocurridos entre el Km 39+500 al Km 90+000). No obstante, el cobre en el resto del Canal presentó valores que superaron el nivel de fondo (NF_{cobre}=22,98 mg/kg) y próximos al valor ISGQ (35,7 mg/kg). Esta condición indica la posibilidad de relacionar la presencia del cobre con los derrames de petróleo crudo; asimismo, su distribución y acumulación dependerían principalmente del régimen hidrológico del Canal de flotación y por otros factores como las actividades de descontaminación realizadas por el administrado.



70 Según el Memorándum N.° 3199-2018-OEFA/DSEM.

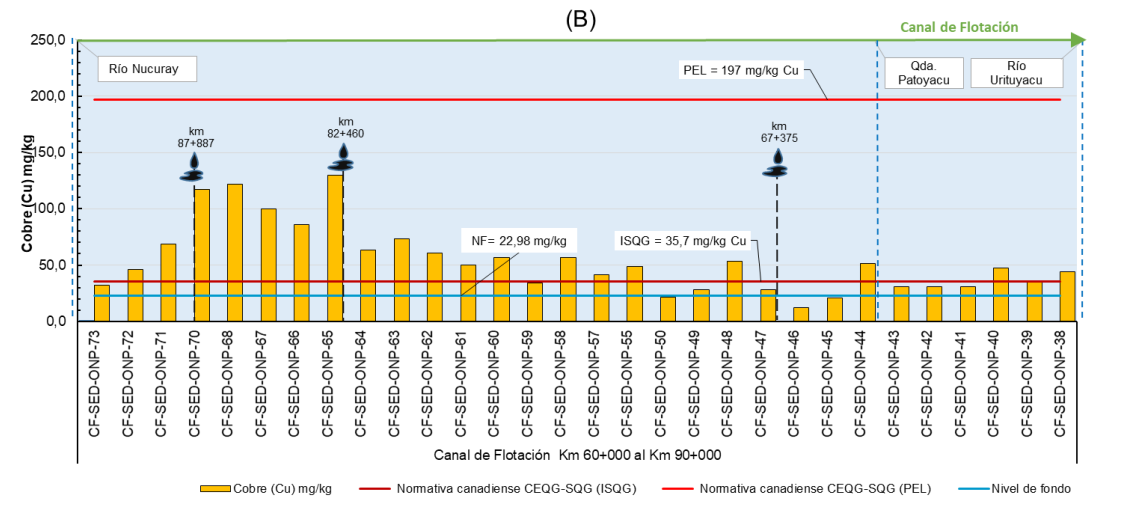


Figura 7.6. Concentraciones de cobre (Cu) en el Canal de flotación, entre el Km 39+500 (río Cuninico) y 60+000 (río Urituyacu) (A); y entre el Km 60+000 (río Urituyacu) y Km 90+000 (río Nucuray) (B)

El zinc superó el ISQG (123 mg/kg) en 1 punto de muestreo, y el nivel de fondo (NF_{zinc}=64,48 mg/kg) en 30 puntos según se presenta en el ítem Resultados (Tabla 6.5). El cadmio y mercurio superaron los valores ISQG respectivos en 4 y 3 puntos de muestreo respectivamente según se presenta en la Tabla 6.5. Con respecto al cadmio, no fue posible determinar aquellos puntos que superaron el ISQG (0,6 mg/kg), debido a que el límite de cuantificación (L.C. < 1,0 mg/kg) del método empleado supera el ISQG. Por otro lado, no pudo realizarse la comparación del cadmio y mercurio con niveles de fondo debido a que el Informe N.° 200-OEFA/DEAM-SSIM puesto que no establecieron valores para estos metales que usualmente son encontrados en trazas, es decir, por debajo del límite de cuantificación (L.C.<1,0 para cadmio y L.C.<0,1 para mercurio).

El cromo se encontró en concentraciones por debajo del ISQG (37,3 mg/kg), por esta razón solo fue comparado con el nivel de fondo (NF_{cromo}=26,44 mg/kg). Este metal superó el nivel de fondo en 3 puntos de muestreo.

El arsénico superó el nivel PEL (17 mg/kg) en 3 puntos de muestreo; indicando que en estos puntos el nivel de concentración química está asociado a efectos biológicos adversos frecuentes. Sin embargo, no fue posible determinar aquellos puntos que superaron el ISQG (5,9 mg/kg) debido a que el límite de cuantificación (L.C. <17,5 mg/kg) del método supera este valor; por lo tanto, su comparación solo fue realizada con valores cuantificables. Asimismo, tampoco fue posible el cálculo de un nivel de fondo por presentar valores por debajo del límite de cuantificación en la mayoría de puntos de muestreo (Ver Tabla 6.5).

Resultados similares fueron encontrados en la supervisión ambiental realizada en mayo de 2016[71], que evidenció la presencia de cobre en concentraciones que superaron el valor ISQG en 3 puntos ubicados en el Canal de flotación entre los Km 40+000 y Km 42+100; asimismo, se encontraron concentraciones de arsénico, cadmio y mercurio en 1, 2 y 2 puntos de muestreo respectivamente, que superaron los valores ISQG en cada caso.

[71] Reporte Público del Informe de Supervisión Directa N.° 4763-2016-OEFA/DS-HID

Según PNUD, *et al.*, 2018, y Fakru'l-Razi, *et al.* (2009) otros metales tóxicos asociados a la producción hidrocarburífera son el vanadio, níquel y bario. Las concentraciones encontradas en el Canal superaron los niveles de fondo de vanadio ($NF_{vanadio}$=71,11 mg/kg) en 26 puntos de muestreo, el nivel de fondo de níquel ($NF_{níquel}$=22,08 mg/kg) en 20 puntos, y el nivel de fondo de bario (NF_{bario}=211,9 mg/kg) en 14 puntos, según se presenta en el ítem Resultados (Tabla 6.5). Estos valores, indicarían que son concentraciones que naturalmente no pueden ser encontrados en los cuerpos de agua del área de estudio. Aunque, la CEQG no establece niveles de concentración asociados a efectos biológicos, son metales que pueden representar un riesgo potencial para la vida y salud de las plantas, animales o del hombre (López-Arias & Grau, 2005).

Para evaluar la relación entre el TPH y los metales se realizó un análisis de correlación bivariada de Pearson (1920) mediante un agrupamiento multidimensional (Ver Figura 7.7), encontrándose que a partir de un escenario con coeficiente de correlación de 0,65 (en A) hasta 0,8 (en D), ningún metal representado en la figura se relaciona con las concentraciones de TPH; no obstante, permite visualizar la relación significativa[72] entre metales (entre ellos tóxicos) como el vanadio, cobre, bario y aluminio; y metales como el cromo, hierro y manganeso; que se extienden en el primer caso, hasta un escenario de 0,8 de correlación (D).

[72] La relación por agrupamiento se determina por la proximidad de los puntos, que indica que las variables que están altamente correlacionadas aparecen más juntas y están unidas por rutas (líneas de tonalidades azules).

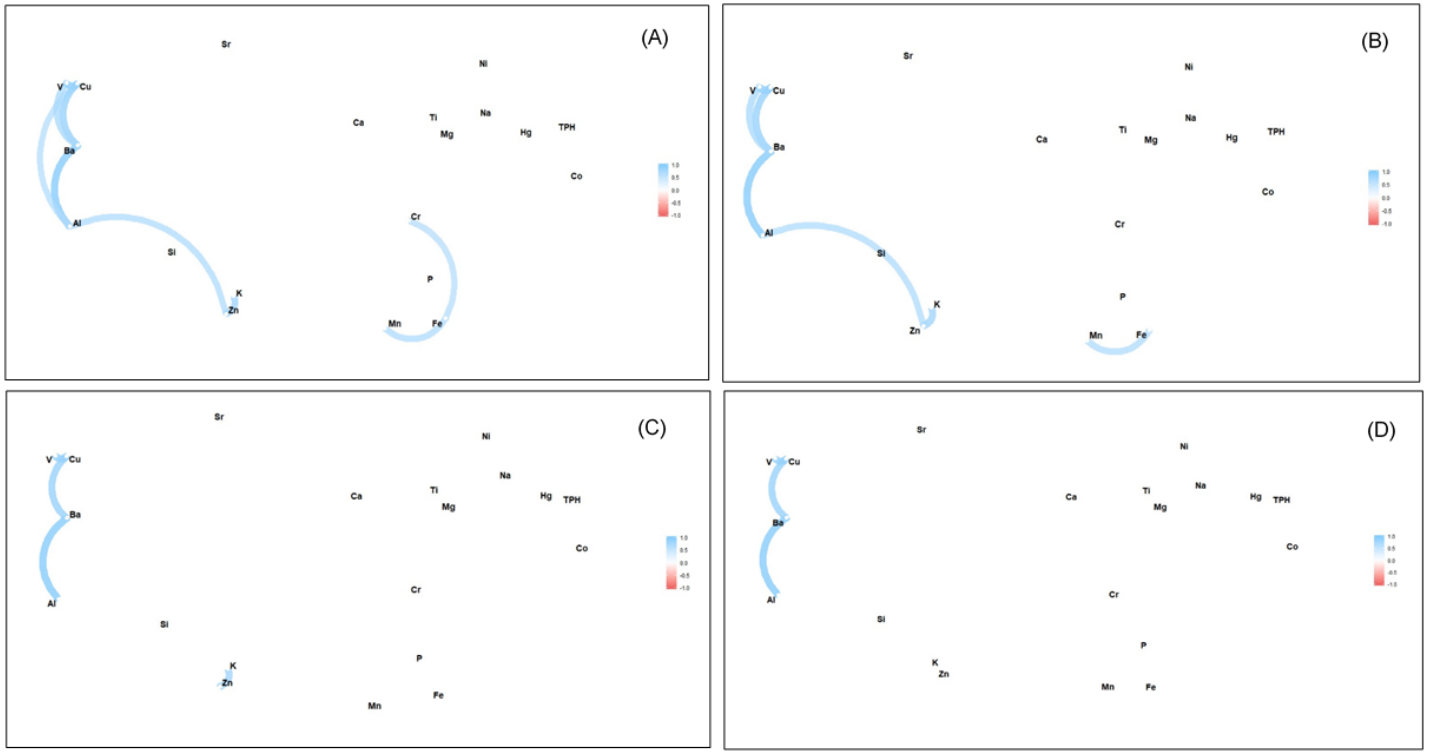


Figura 7.7. Diagramas de red[73] para la representación de la correlación bivariada de Pearson (1920) para metales y TPH. Escenarios con coeficientes de correlación: 0,65 en (A); 0,70 en (B); 0,75 en (C); y 0,80 en (D).

[73] Representación gráfica realizada con la función «*network_plot*» del *package* «*corrr*» del software libre «R». Disponible en: https://rdrr.io/cran/corrr/man/network_plot.html. Los valores por debajo el límite de cuantificación fueron imputados con el *package* «*zComposition*» (Palarea & Martín, 2015) con la finalidad de no perder información relevante contenida en la estructura de variación de los datos. Variables con un número mayor al 50% de datos censurados (valores por debajo del L.C.) no permitieron representar correlaciones, tales como en el caso del arsénico, plata, berilio, plomo, cadmio, molibdeno, antimonio, selenio, talio, boro, bismuto, litio y estaño que no se encuentran en la figura.

Según el PAMA, en la caracterización de la composición química del crudo señala la existencia de trazas de cobre (no cuantificado); el cual, además de otros compuestos y metales como el vanadio (135 ppm) y níquel (55,5 ppm), fueron considerados como potenciales contaminantes.

En consecuencia, las concentraciones de cobre y otros metales de interés en el sedimento del Canal de flotación no reflejan una relación estadística significativa con el TPH; sin embargo, al superar los niveles de fondo indican que las concentraciones encontradas no representan las condiciones naturales de los cuerpos de agua del área de estudio. Por lo tanto, no se descarta que exista relación entre estos metales y los derrames de petróleo crudo considerando la caracterización de la composición química del crudo señalada en el PAMA.

La importancia radica en que los metales de interés se encuentran en un medio que favorece su transporte y acumulación (pH ácido), dado que la mayoría de los metales pesados son poco móviles en los sedimentos quedando usualmente acumulados en los primeros centímetros de este; sin embargo, en medios ácidos tienden a estar más disponibles (Mauro, 2014). Particularmente, el cobre se presenta en diversas formas (sulfatos, carbonatos, sulfuros y óxidos) y puede adsorberse fácilmente (así como otros metales pesados) sobre las partículas sólidas en suspensión e incorporarse rápidamente al sedimento (Marcano, 2012), y su disponibilidad en el medio dependería de factores condicionantes como la solubilidad, movilidad y su biodisponibilidad del cobre en los sedimentos se incrementa a medida que baja el pH ; además es fácilmente disponible en condiciones de pH<6 (Cuizano *et al*., 2010).

En ecosistemas acuáticos, la concentración de metales totales proporciona una evaluación del nivel de contaminación, tanto en forma removible como biodisponible (fácilmente adsorbibles como iones intercambiables) los que representan un riesgo de contaminación (Chen *et al.,* 1999) y toxicidad por su capacidad de ser bioacumulable en determinadas condiciones ambientales favorables (como aguas con pH ácido) (Mudroch *et al*., 1997). Además, el contenido de metales pesados produce una inhibición significativa de la actividad microbiana responsable de biodegradar los hidrocarburos cuando estos metales se encuentran biodisponibles (Pucci, *et al*. 2003).

Al respecto, se encontró que la mayoría de metales presentaron concentraciones debajo del límite de cuantificación del método de ensayo. Por otro lado, el cobre, registró concentraciones superiores al estándar referencial de comparación ISQG en el 63,64% del total de puntos evaluados. No obstante, en la presente evaluación, no se pudo establecer una relación entre las concentraciones de metales en sedimentos y la riqueza o abundancia de las comunidades hidrobiológicas (microalgas, macroinvertebrados bentónicos y peces).

Con respecto a las microalgas del perifiton, el phylum Bacillariophyta fue dominante en cuanto a riqueza con 112 especies, corroborando la afirmación de que este grupo de algas es el más representativo en los sistemas acuáticos continentales (MINAM, 2014; Moreno y Aguirre, 2013; Esteves, 2011; Roldán y Ramírez, 2008); asimismo, fue el más abundante (319 113 organismos/cm^2; 54 %). De forma similar a lo descrito para la relación entre metales y las comunidades hidrobiológicas, no se encontró una relación entre las concentraciones de TPH y la riqueza o abundancia de microalgas en todos los puntos evaluados (Figura 7.8).

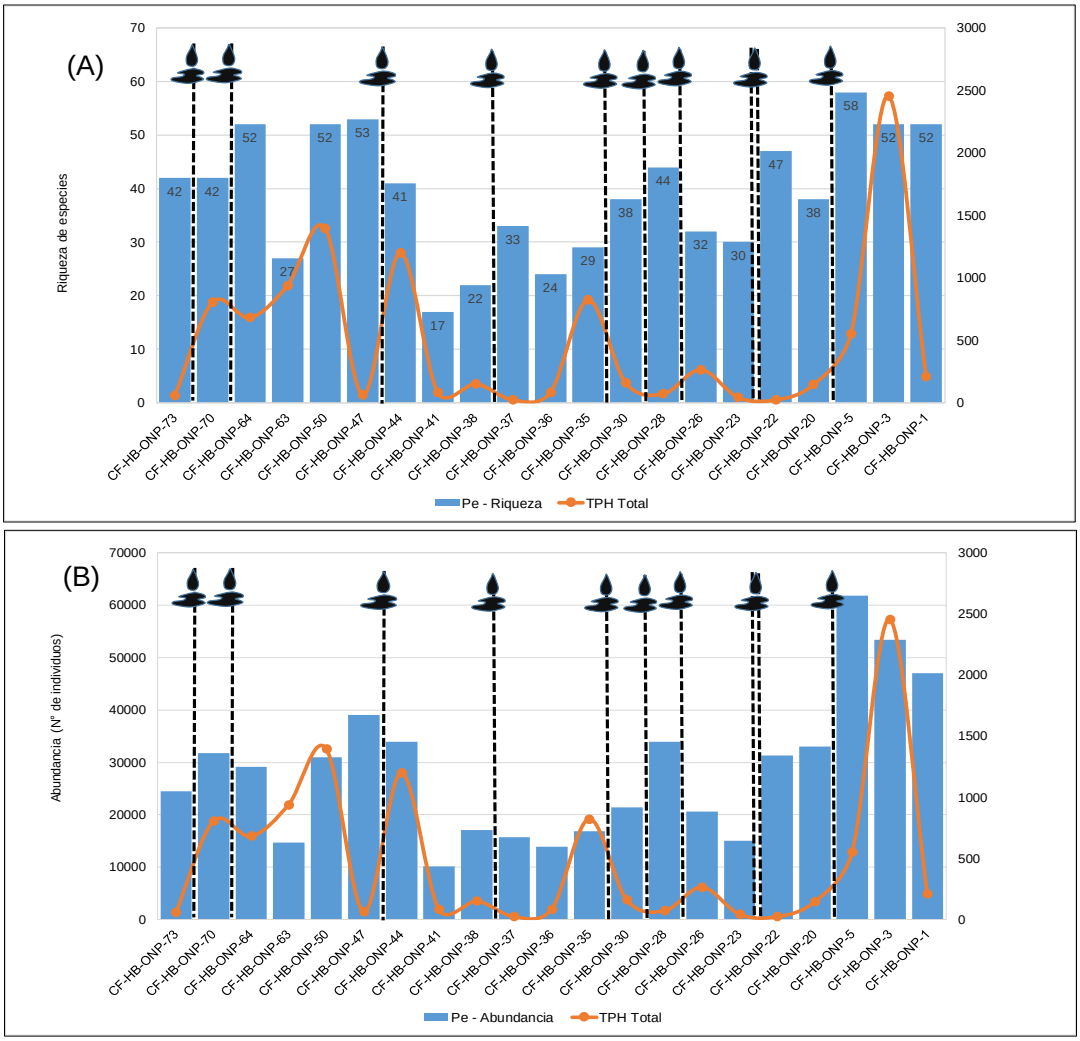


Figura 7.8. Riqueza (A) y abundancia (B) de microalgas versus los valores de TPH registradas en el Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000)

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo escasamente representada a lo largo del Canal de flotación, pues estuvo presente solo en 8 de los 21 puntos evaluados, en los cuales se encontraron bajos valores de riqueza y abundancia. La riqueza estuvo reducida a cuatro especies, siendo una de ellas un oligoqueto y las otras tres, los moluscos *Pomacea* sp., *Melanoides* sp. y *Melanoides tuberculata*. Esta última es una especie cosmopolita presente en ecosistemas lénticos o lóticos (Gutiérrez Gregoric y Vogler, 2010) y posee una gran capacidad de colonización y adaptación a nuevos hábitats (Guimarães *et al.* 2001, Giovanelli *et al*. 2003), lo que podría explicar su supervivencia en ambientes artificiales o aquellos sometidos a una considerable acción antropogénica. Esta escasez de organismos no permite evidenciar contrastes entre los puntos ubicados en el Canal de flotación antes y después de los sitios donde se registraron derrrames de hidrocarburos.

Al respecto, se debe tener en cuenta que el Canal de flotación viene configurándose como un ecosistema con características muy particulares, tanto a nivel hidrológico como biológico, que no es uniforme en todos los tramos ni épocas del año.

En relación al sitio de muestreo, se eligió la zona central del lecho del Canal por encontrarse menos expuesta a las variaciones del nivel de agua propias de los cambios de estación; no

obstante, en dicha ubicación los macroinvertebrados bentónicos se encontraron a una mayor profundidad (> 3 m en promedio) y relativamente alejados de la zona ribereña, lo que configura un hábitat poco favorable para su desarrollo. En esta zona el sedimento estuvo conformado principalmente por materia orgánica fina y arena, sustrato que constituyó un hábitat muy inestable para el establecimiento de una comunidad diversa, además de proveer menos fuentes de alimentación en comparación con las zonas de orilla, donde la abundancia y diversidad de materia orgánica alóctona procedente de la vegetación ribereña favorece la aparición de especies de nichos ecológicos más especializados (p. ej. fragmentadores y predadores). Así, queda clara la influencia que tienen los factores físicos y fisicoquímicos del ambiente acuático sobre el desarrollo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos (Arana y Cabrera, 2017; Villamarín *et al*., 2014, Rice *et al*., 2010; Roldán y Ramírez, 2008).

El Canal de flotación presenta «aguas negras amazónicas» con color verde oscuro o negro (Sioli, 1967; Sioli, 1984) con un pH ligeramente ácido y niveles bajos de OD, asociado a la descomposición del material orgánico como hojas y ramas que aporta el bosque ribereño (Sioli, 1984). Este tipo de ecosistema esta influenciado por las fluctuaciones de los niveles de agua, denominados pulsos de inundación, principales responsables de la existencia de productividad y de las interacciones de la biota en el sistema río-planicie inundable, los cuales intervienen en la dinámica de los peces (Goulding, 1980; Junk *et al.*, 1989; Junk, 1997; Melack y Fosrberg, 2001, Junk y Wantzen, 2004 en Chuctaya, 2014). Estos ambientes proveen de una amplia gama de nutrientes y recursos, tanto a plantas como animales, e integran un ciclo energético que involucran las fases acuáticas y terrestres (Junk, 1997 en Chuctaya 2014).

En los grupos de peces encontrados, los órdenes Characiformes, Siluriformes y Perciformes fueron dominantes, concordando con otros estudios para la Amazonía, según Ortega *et al.*, 2007 y Ortega *et. al*., 2010. Es importante indicar que los peces al ser dinámicos se desplazan hasta encontrar hábitats favorables para su establecimiento; esto coincide con la mayor riqueza y abundancia de peces observada en los puntos CF-HB-ONP-36 y CF-HB-ONP-37 donde se registraron los menores valores de TPH de todo el Canal de flotación, encontrándose una relación inversa entre la riqueza y abundancia de peces con las concentraciones de TPH. Además, se registró a los Characiformes como dominantes, lo que puede estar asociado a que ciertas especies como *Triportheus* sp. y *Abramites* sp. (Goulding, 1980) presenten adaptaciones que les permitan migrar a la superficie cuando los niveles de oxígeno se reducen en los ambientes acuáticos (Winemiller, 1989). Asimismo, los peces tienen gran importancia para las comunidades amazónicas y juegan un papel muy importante para el mantenimiento del equilibrio de los ecosistemas (García-Dávila *et al*., 2018).

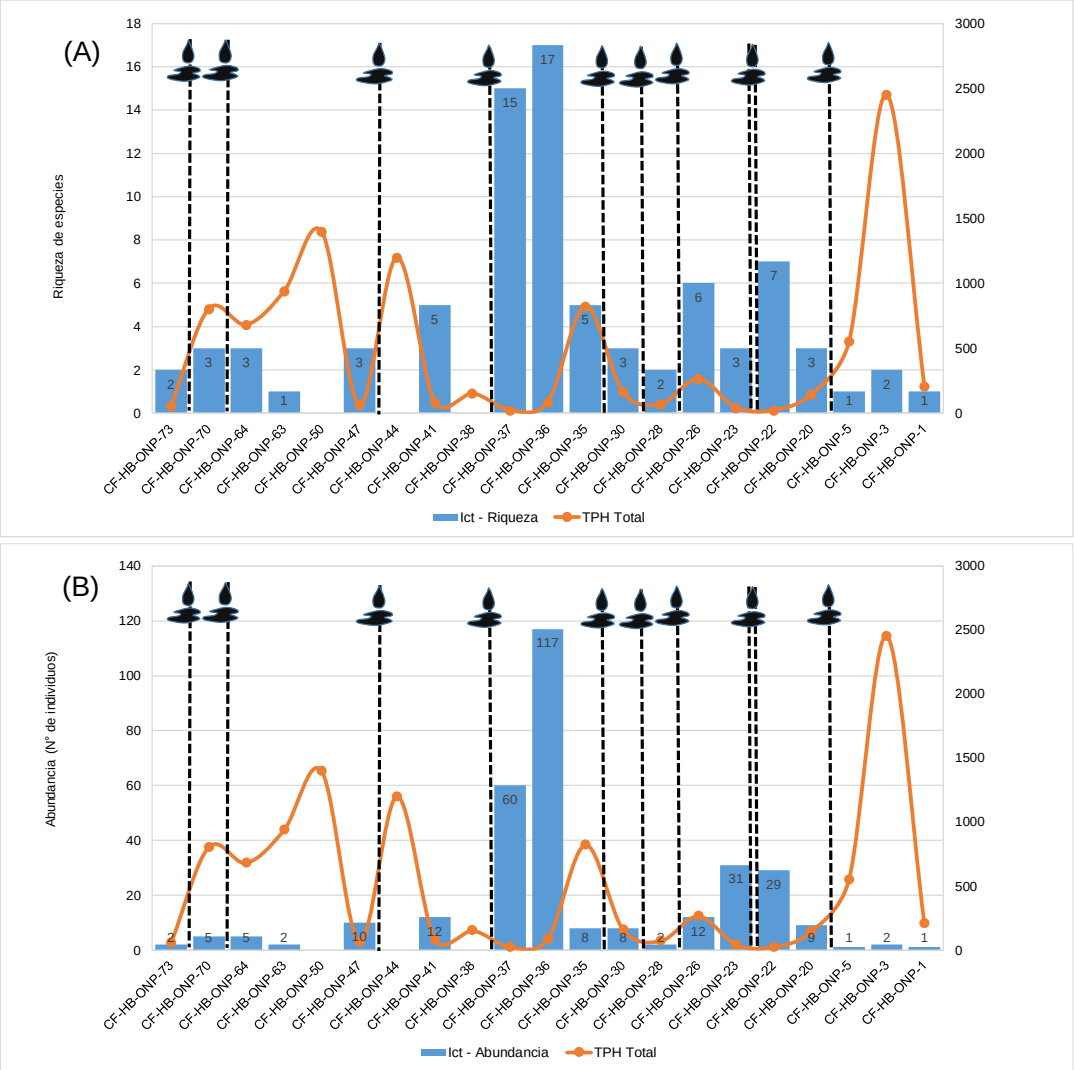


Figura 7.9. Riqueza (A) y abundancia (B) de peces versus los valores de TPH registradas en el Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000)

Así también, no se encontraron concentraciones cuantificables de TPH y HAP en el tejido muscular de peces, a pesar que en el sedimento se encontraron fracciones de hidrocarburos (F_2 y F_3). Esto debido a que los derrames han sido reportados a OEFA desde 2014, por lo que hasta la fecha los procesos físicos de intemperismo (ver Figura 7.1) puede reducir la biodisponibilidad[74] de algunos componentes individuales del petróleo hacia los organismos dependiendo de sus propiedades físicas y químicas (por ejemplo, la biodisponibilidad de HAP desde los sedimentos y alimentos es menor que desde el agua); asimismo, estas condiciones de disponibilidad y la persistencia de estos contaminantes dentro de los ambientes bénticos influyen en los procesos de bioacumulación[74] y biomagnificación[74] (Neff and Haensly, 1982; Berthou *et al*., 1987 en García, 2006).

[74] Según García, 2006, la «biodisponibilidad» es la cantidad de petróleo que está biológicamente disponible para un organismo a través de varios procesos ambientales (sea por ingestión o absorción); la «bioacumulación» se define como la acumulación de contaminantes por los organismos debido a la extensión de su exposición y la capacidad del organismo para las transformaciones metabólicas de los mismos; y la «biomagnificación» es la concentración de contaminantes sobre dos o más niveles tróficos debido a la habilidad de los organismos para acumular y metabolizar algunos contaminantes.

Por otro lado, el necton debido a su movilidad suele ser capaz de evitar el contacto con el petróleo cuando ocurre un derrame (García, 2006). En caso contrario, los efectos pueden ser letales, al afectar las branquias y provocar su muerte por asfixia. Los efectos de una exposición prolongada se manifiestan con la disminución en el crecimiento, hiperplasia de las branquias, hipertrofia del hígado y corazón, incidencia de tumores y otros desórdenes histopatológicos en peces que habitan fondos y modificación del comportamiento en aspectos como la alimentación, migración, reproducción, natación y habitos crípticos (NOAA, 1992a; Kennish, 1997; NRC, 2002, Neff and Haensly, 1982; Berthou *et al*., 1987). En tanto, durante la identificación de especímenes de peces del Canal de flotación no se observaron modificaciones cualitativas externas del crecimiento y tumoraciones.

A la fecha, algunos estudios indican que los efectos adversos más graves se manifiestan en las comunidades bénticas, mientras que los peces y otros organismos superiores son los menos afectados (Botello *et al*., 1996).

7.2 Ríos y quebradas

La evaluación se realizó en los ríos Cuninico, Nucuray, Urituyacu y la quebrada Patoyacu, aguas arriba y aguas abajo de la intersección con el Canal de flotación; estos cuerpos de agua presentaron similares características fisicoquímicas, con pH y conductividad que corresponden a la tipología «aguas negras amazónicas» (Ver Tabla 7.1).

El pH fue ácido en el rango 5,73 - 6,28 y el oxígeno disuelto varió entre 0,16 - 1,82 mg/L, valores que se encontraron por debajo de los límites mínimos establecidos en los ECA para agua 2008 y 2017 tal como se observa en la Figura 7.10.

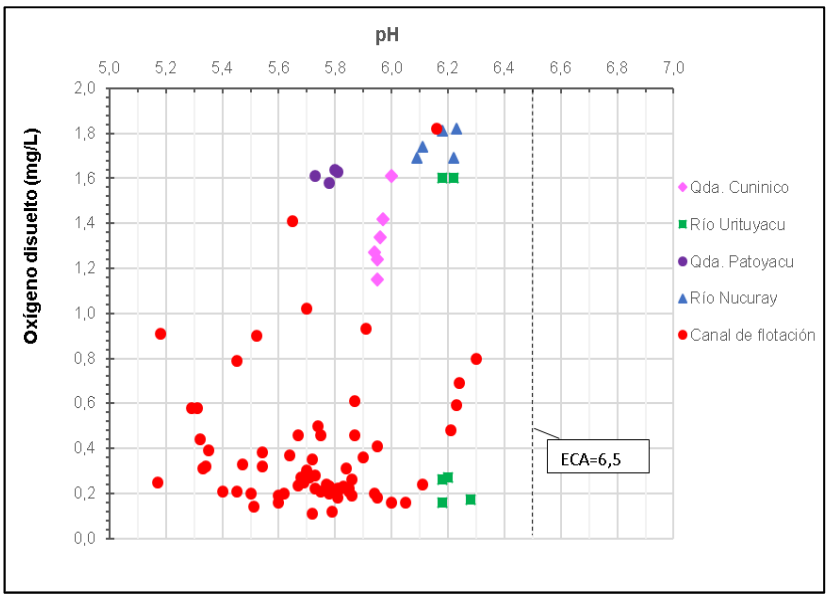


Figura 7.10. Relación entre oxígeno disuelto y pH en ríos y quebradas
Nota: La escala ha sido modificada con fines de mejorar la visualización de los datos

Las bajas concentraciones de oxígeno disuelto resultan principalmente del proceso de consumo de oxígeno por la descomposición de materia orgánica en el medio acuático, tal como se ha descrito anteriormente; sin embargo, las concentraciones de OD registradas en ríos y quebradas fueron mayores respecto al Canal de flotación, esta condición estaría dada por la naturaleza de los cuerpos de agua meándricos, propios de la llanura Amazónica que

tienen características muy complejas, dinámicas y cambiantes (Tuukki *et al.*, 1996), las que permiten mayor oxigenación del agua respecto al Canal de flotación.

En el sedimento, en 14 de los 22 puntos evaluados se registraron concentraciones de TPH mayores al límite de cuantificación (L.C. >13,3 mg/kg), 6 en el río Cuninico, 1 en el río Urituyacu, 3 en la quebrada Patoyacu y 4 en el río Nucuray (Figura 7.11). Cabe precisar que 7 de los 14 puntos con presencia de TPH, se ubican aguas abajo de la intersección con el Canal de flotación.

La comparación con el nivel de fondo de TPH (NF_{TPH}=45,46 mg/kg) en ríos y quebradas; se realizó con los puntos ubicados aguas abajo de la intersección con el Canal de flotación, de los cuales 5 superaron el NF_{TPH}; 3 en el río Cuninico (797,1; 218,4 y 84,6 mg/kg) y 2 en el río Nucuray (60 y 65,9 mg/kg) (Ver Figura 7.11). Respecto al valor de comparación Atlantic RBCA (ESL=500 mg/kg), únicamente el punto Qcuni-SED-ONP-4 (797,1 mg/kg) superó el ESL.

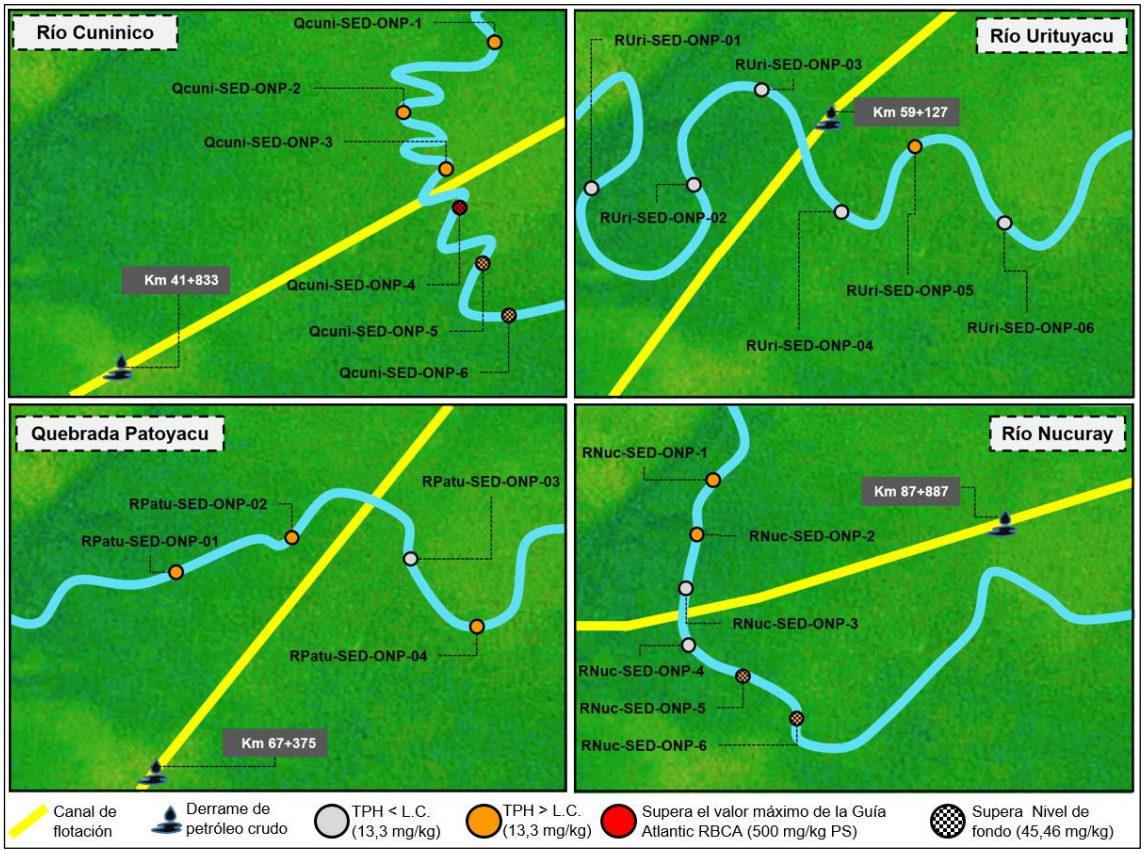


Figura 7.11. Presencia de TPH en sedimento en puntos aguas abajo y aguas arriba de los ríos y quebradas con respecto al Canal de flotación

El río Cuninico presentó las mayores concentraciones de TPH con respecto al resto de cuerpos de agua, su presencia fue registrada tanto aguas arribas como aguas abajo de la intersección con el Canal de flotación. En el punto Qcuni-SED-ONP-4, ubicado aproximadamente a 250 m aguas abajo del Canal, se registró la concentración máxima de de TPH (797,1 mg/kg), la misma que superó el ESL y NF_{TPH}. Cabe destacar, que la

evaluación realizada por OEFA en abril de 2016[75] también encontró TPH en el río Cuninico aguas arriba y abajo de la intersección con el Canal de flotación (Figura 7.12).

El flujo del río Cuninico – así como en otros ríos y quebradas – habría sido el medio principal de transporte del petróleo crudo hacia aguas abajo, cuyos restos serían retenidos en el sedimento después de ocurridos los derrames de petróleo crudo. Las concentraciones registradas de TPH indicarían la prevalencia de hidrocarburos hasta la actualidad; asimismo, las mayores concentraciones de fracciones de hidrocarburos de cadena larga (F_3) y de cadenas intermedias (F_2) registradas reforzarían la idea anterior, dado que, la solubilidad, reactividad, transporte y degradabilidad de los hidrocarburos generalmente disminuye a medida que se incrementa el número de átomos de carbono (Simpson *et al.*, 2013).

En abril de 2016[76], el OEFA registró presencia de TPH en puntos cercanos[77] al Canal de flotación (Figura 7.12), así como una mayor proporción de la fracción F_3 con respecto a la fracción F_2 y la fracción F_1 (<L.C. del método analítico). Estos resultados advierten que la presencia de TPH permanece en el tiempo, determinando su prevalencia en el sedimento del río Cuninico; y de manera similar sucedería en los demás ríos y quebradas.

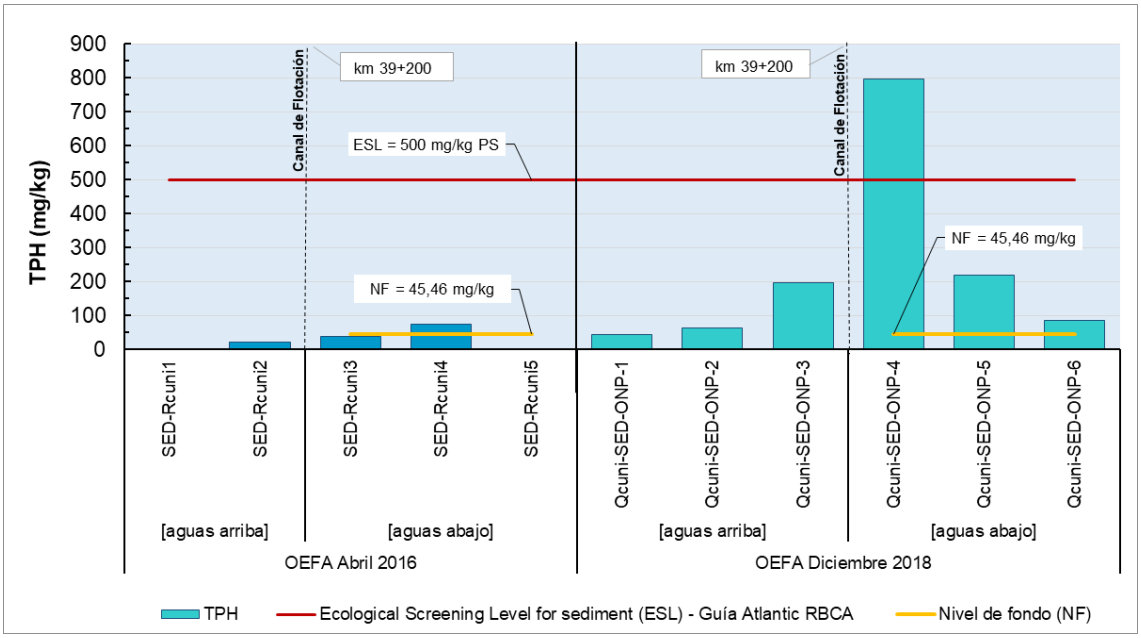


Figura 7.12. Comparación de concentraciones de TPH registradas por OEFA (Abril 2016 y Diciembre 2018)

75 Informe N.° 128-2016-SDCA. «Informe de monitoreo ambiental de agua, sedimento y recursos hidrobiológicos, realizado del 21 al 23 de abril de 2016, en el río Cuninico y Marañón, ubicado en el distrito de Urarinas, provincia y departamento de Loreto»

76 Informe N.º 128-2016-SDCA «Informe de monitoreo ambiental de agua, sedimento y recursos hidrobiológicos, realizado del 21 al 23 de abril de 2016, en el río Cuninico y Marañón, ubicado en el distrito de Urarinas, provincia y departamento de Loreto»

77 Los puntos de muestreo evaluados en el Informe N.º 128-2016-SDCA, ubicados en el río Cuninico entre 2,5 km aguas arriba y 4,5 km aguas abajo del Canal de flotación, no son los mismos que los evaluados en diciembre de 2018.

El transporte de hidrocarburos provenientes de los derrames hacia los ríos y quebradas tanto aguas arriba como aguas abajo del Canal de flotación, dependen de las características hidromorfológicas[78] de estos cuerpos de agua en la intersección con el Canal. Según Petroperú[79], el Canal fue establecido sobre una mayor elevación con respecto al terreno (en las intersecciones y los cursos de agua), esta característica sumada a las condiciones inundables del área facilitarían el transporte local de hidrocarburos tanto hacia aguas arriba y aguas abajo en eventos de inundación temporal.

Además, el área evaluada se configura de «aguajales», ambientes de terrenos pantanosos inundados por aguas negras (Ruíz & Levistre, 2011), condiciones que favorecerían el transporte, sedimentación y acumulación de partículas con restos de hidrocarburos durante las inundaciones temporales. Tal como puede visualizarse en la Figura 7.13, existen zonas inundables al noreste del punto de derrame (Km 41+883), las cuales facilitarían el traslado del contaminante siguiendo las posibles vías que conectan con el río Cuninico.

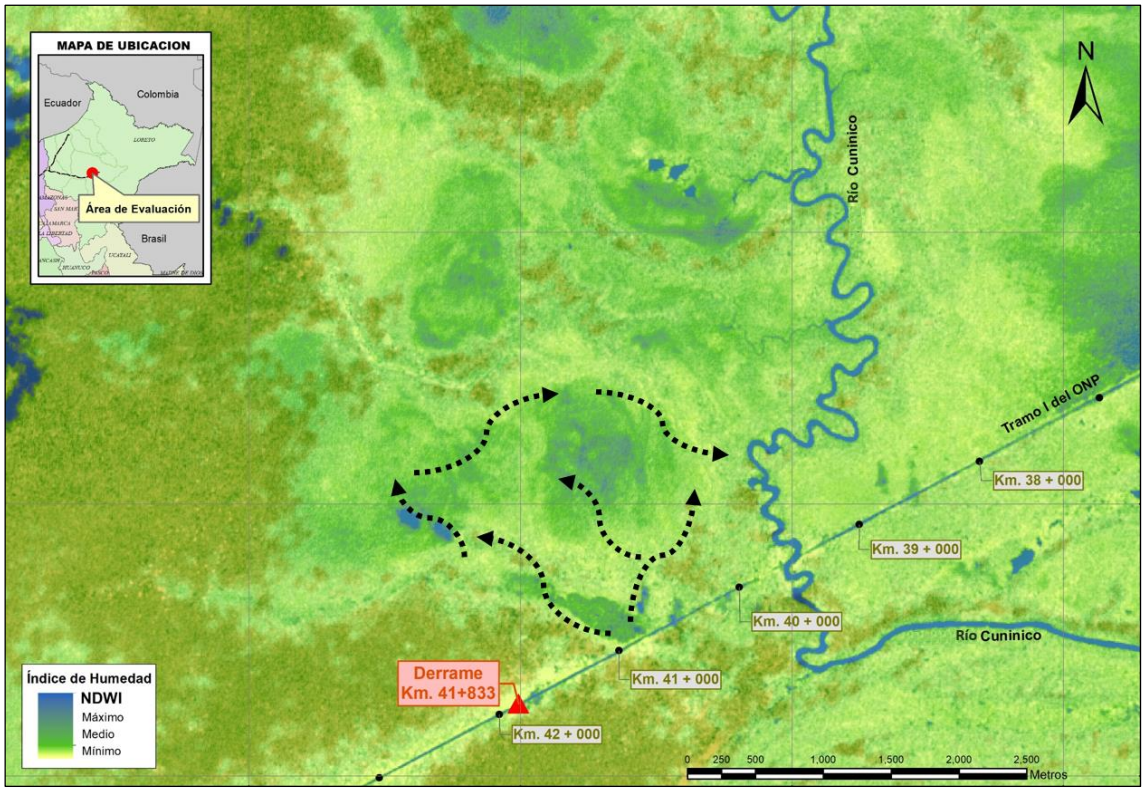


Figura 7.13. Imagen de cobertura fraccional de vegetación Sentinel 2 superpuesto a un Modelo de Elevación Digital (DEM) de 12,5 m de resolución. Píxeles de color rojizo oscuro representan vegetación arbórea en zonas de mayor elevación, en verde vegetación arbórea en zonas de

78 Referido a características hidromorfológicas como la estructura física asociada a los ecosistemas fluviales, que demarca su régimen hidrológico, la continuidad fluvial y condiciones morfológicas. (Directiva Marco del Agua - Directiva 2000/60). Consultado en:

http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=27697&idMenu=4030

79 https://www.petroperu.com.pe/socio-ambiental/principal/gestion-ambiental/remediacion-ambiental-del-oleoducto-norperuano-onp-preguntas-frecuentes/ Consultado el 13 de marzo de 2019.

menor elevación sujetas a inundaciones estacionales, azul áreas de mayor humedad e inundación; y en amarillo presencia de vegetación herbácea.

La configuración textural de los sedimentos sería otro factor importante para la prevalencia de hidrocarburos, dado que la composición granulométrica (arenas, limos y arcillas[80]) (Ver Figura 6.5 y Anexo 4 Reporte de resultados N.°039-2019-SSIM-OEFA es determinante en los procesos de dispersión-adsorción-sedimentación de partículas en la columna de agua (Reible, 2014).

La composición textural está sujeta al dinamismo del sistema, es decir, que los ríos y quebradas con mayor variabilidad en su régimen hídrico, así como con mayor caudal (tales como el Nucuray y Urituyacu)[81] preferentemente están dominados por arenas (Reible, 2014), textura arenosa predominante según el análisis textural mostrada en la Figura 6.5; por otro lado, los ríos como el Cuninico y la quebrada Patoyacu presentan un mayor contenido de arcillas y limos en su composición (textura areno-francosa).

Los depósitos de grano fino poseen una alta superficie de contacto y debido a su composición química, es más probable que adsorba contaminantes orgánicos hidrofóbicos (tales como los hidrocarburos) e inorgánicos (como los metales pesados) (Mudroch *et al*.,1997); además, típicamente son enriquecidos con materia orgánica (por contribución de ríos y quebradas según verificación en campo), condición que favorece la asociación preferente a los tipos de contaminantes en mención (Reible, 2014).

Por otro lado, el carácter dinámico de los cuerpos de agua influye en la variabilidad espacial y temporal de partículas (en este caso el TPH), los que resultan en la heterogeneidad de su acumulación y distribución según la naturaleza físicoquímica del contaminante (Gibbs, 1977; Palanques, 1994) debido también a los mecanismos de transporte y distribución de partículas hasta acumularse en el lecho de los cuerpos de agua (Ver Figura 7.1.).

Por tanto, la presencia de hidrocarburos de cadenas largas (F_2 y F_3) en medios donde el agua superficial presenta bajas concentraciones de oxígeno disuelto y pH ácido en agua; y sedimento con texturas areno-francosas y francosas ralentizarían la degradación de hidrocarburos más complejos en condiciones naturales.

Asimismo, el menor dinamismo en las quebradas (por ser de tipo meándrico y de flujo laminar) facilitarían la acumulación y transporte en sedimentos con restos de hidrocarburos, tanto en la columna de agua como en su distribución espacial, cuyo alcance sería previsiblemente «local» (según estudios antecedentes del OEFA no se han registrado hidrocarburos en sedimentos a 4,5 km aguas abajo del río Cuninico); sin embargo, no se descarta que seguiría las rutas o vías de transporte antes descritas (como en el caso del Cuninico) advirtiendo que su transporte depende de la variabilidad de su régimen fluvial, entendido como los cambios en el cauce y caudal a nivel espacial (a lo largo del mismo río) y temporal (entre periodos de tiempo) (Tukki *et al*., 1996).

Con respecto a metales en sedimento, las concentraciones de cobre, cromo y zinc superaron los niveles de fondo en 2 puntos ubicados en la quebrada Patoyacu y; bario, níquel y vanadio

[80] Según Reible (2014), la arena comprende a partículas > 69 µm, limos entre 2-60 µm y arcillas < 2 µm.

[81] El caudal medio del río Nucuray en el 2018 varió entre 183,6 y 307,2 m^3/s; el río Urituyacu entre 60,8 y 237,0 m^3/s; el río Cuninico entre 6,2 y 87,9 m^3/s; y la quebrada Patoyacu entre 0,2 y 8,6 m^3/s, según los Informes de la vigilancia de calidad ambiental del agua en el Tramo I del ONP: N.° 354-2018-OEFA-DEAM-STEC, N.° 378-2018-OEFA-DEAM-STEC y N.° 0001-2019-OEFA-DEAM-SSIM.

en 1 punto en el río Urituyacu, tal como se muestra en el ítem Resultados (Tabla 6.4). Estos metales superaron puntualmente los niveles de fondo en estos cuerpos de agua, por lo tanto, no podrían ser atribuidos directamente a la influencia del Canal de flotación y los derrames ocurridos.

Con respecto a las comunidades hidrobiológicas evaluadas, dentro de las microalgas del perifiton, el phylum Bacillariophyta fue el grupo que presentó la mayor riqueza con 134 especies, corroborando que este grupo de algas es el más representativo en los sistemas acuáticos continentales (Roldán y Ramírez, 2008). En relación a la abundancia, se encontró que esta es menor aguas abajo de la intersección del Canal de flotación con los cuerpos de agua evaluados (Nucuray, Urituyacu y Cuninico), respecto a lo registrado aguas arriba del citado Canal; a excepción de la quebrada Patoyacu. Asimismo, no se aprecia relación entre las concentraciones de hidrocarburos en sedimento con la riqueza y abundancia de microalgas, puesto que a concentraciones similares de hidrocarburos (62,7 - 84,6 mg/kg), se encontraron puntos con altos valores de riqueza y abundancia (Qcuni-HB-ONP-2 y Qcuni-HB-ONP-6), así como puntos con bajos valores de riqueza y abundancia (RPatu-HB-ONP-2), ver Figura 7.14.

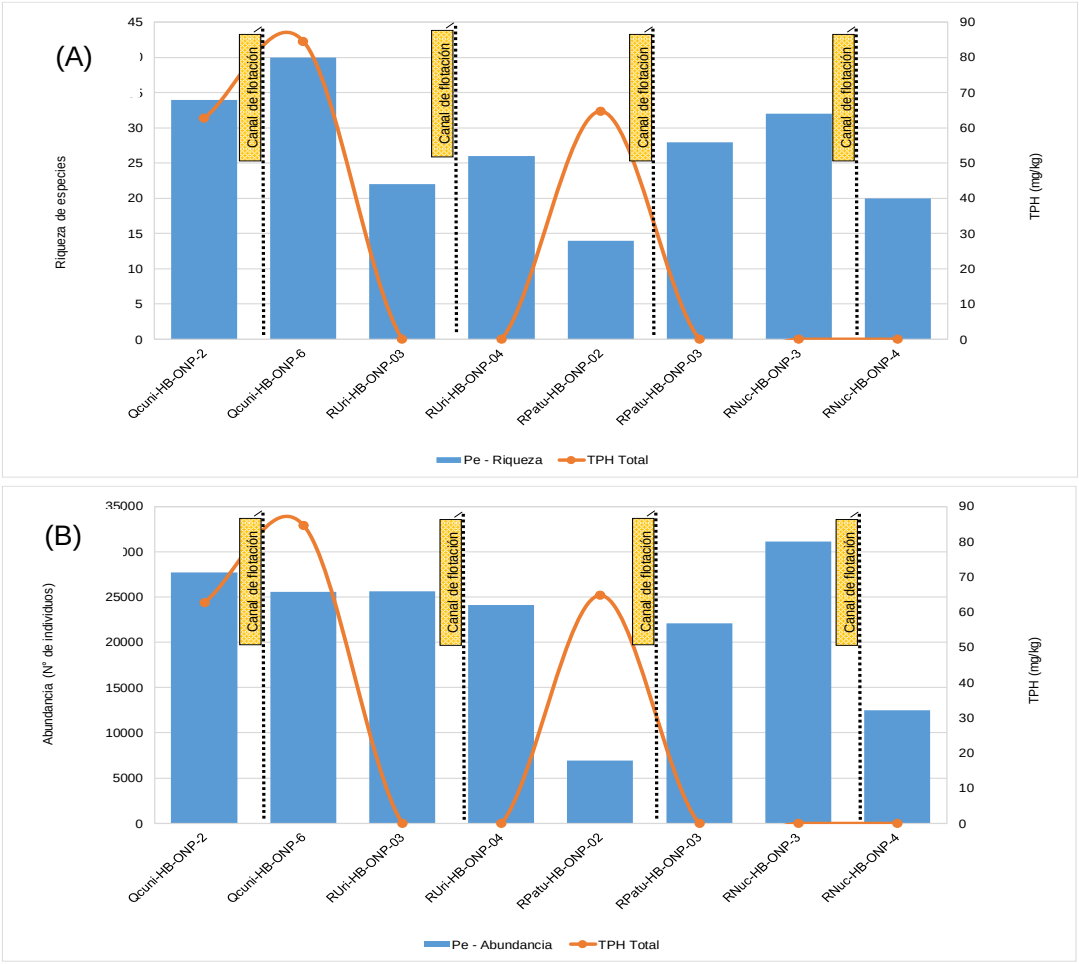


Figura 7.14. Riqueza (A) y abundancia (B) de microalgas versus los valores de TPH en sedimento registradas en las quebradas y ríos del Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000)

Los macroinvertebrados bentónicos fueron muy escasos en los puntos evaluados en los ríos y quebradas, pues estuvieron presentes solo en 2 de los 8 puntos, en los cuales se encontraron bajos valores de riqueza y abundancia. La riqueza estuvo reducida a 4 especies (2 oligoquetos, 1 díptero y 1 bivalvo), cada una de ellas con 1 solo individuo. Esta escasez de organismos no permite evidenciar contrastes entre la riqueza y abundancia de los puntos ubicados aguas arriba y aguas abajo de la intersección con el Canal de flotación, de forma similar a lo observado a lo largo del Canal de flotación.

Como se observó para el Canal de flotación, la zona central de los ríos evaluados, presentó un rango de profundidad de 1,5 m - 13 m, donde el sedimento estuvo conformado mayoritariamente por materia orgánica y arena. Este sedimento constituye un sustrato muy inestable, el cual no brinda una variedad de lugares de refugio y alimentación que favorezca una mayor diversidad de especies con diferentes grados de especialización trófica. Estas condiciones difieren de las zonas de orilla donde por lo general, hay una mayor oxigenación y una mayor disponibilidad de sitios de alimentación refugio y reproducción. Con ello se confirma la influencia de los factores físicos y fisicoquímicos del ambiente acuático sobre el desarrollo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos (Arana y Cabrera, 2017;

Villamarín *et al*., 2014, Rice *et al*., 2010; Roldán y Ramírez, 2008), que en el caso particular de los ríos y quebradas evaluados, constituyen condiciones limitantes.

Para los peces, los órdenes Characiformes (15) y Siluriformes (5) fueron los predominantes, concordando con anteriores estudios para la Amazonía (Ortega *et al.*, 2010; Ortega *et al.*, 2007). Se observa que los mayores valores de riqueza y abundancia estarían relacionados con los puntos de muestreo (RUri-HB-ONP-03, RUri-HB-ONP-04, RNuc-HB-ONP-03 y RNuc-HB-ONP-04) donde los valores de TPH estuvieron por debajo del L.C. (ver Figura 7.15).

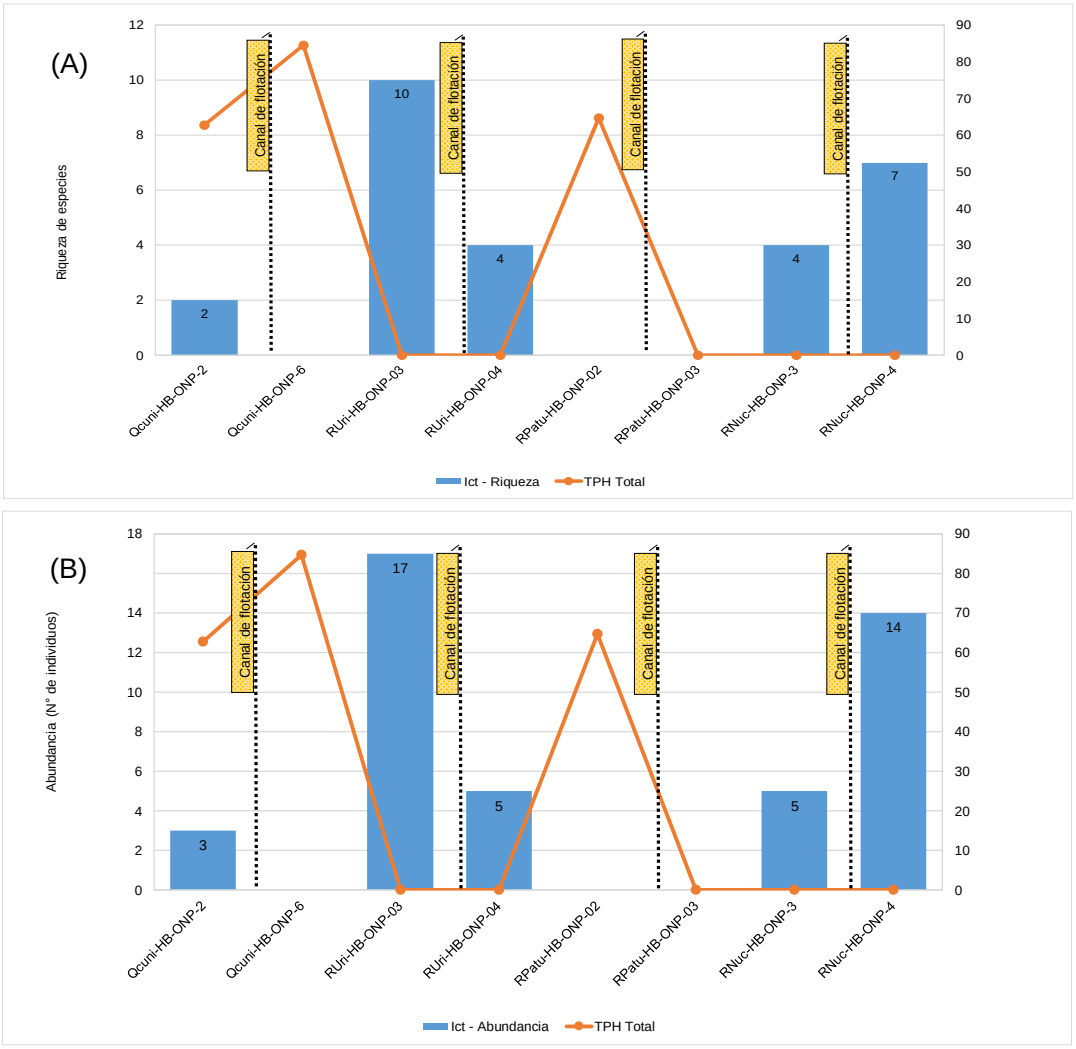


Figura 7.15. Riqueza (A) y abundancia (B) de peces versus los valores de TPH registradas en las quebradas y ríos del Tramo I del Oleoducto Norperuano (Km 39+500 al Km 90+000)

En tanto, en el presente estudio, no se registraron concentraciones detectables de HAP y TPH en tejido muscular de peces, por las mismas razones explicadas anteriormente en el ítem 7.1 Canal de flotación. Además, Muñoz *et al*., 2010 menciona que el mecanismo de metabolización de los HAP en peces es muy complejo, por lo que usualmente no se observa una correlación directa entre la contaminación presente en los sedimentos y las encontradas en vísceras y músculos de peces.

Las supervisiones[82] (DSEM-OEFA) realizadas desde el 2014 hasta el 2017 con motivo del derrame ocurrido en el Km 41+833, mostraron que la riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos fue baja (4 taxas y 4 individuos) en días cercanos al derrame; sin embargo, a lo largo de las supervisiones de seguimiento se evidenció un aumento paulatino de la riqueza y la abundancia. Asimismo, en la determinación de concentraciones de HAP en muestras de tejido muscular realizadas en 2014, se evidenció la presencia de fenantreno en el shuyo «*Hoplerytrrinus unitaeniatus*» y turushuqui «*Oxydoras niger*», y en vísceras de lisa «*Schizodon fasciatus*» y boquichico «*Prochilodus nigricans*» siendo el primero de hábitos carnívoros y los demás omnívoros; mientras que, en supervisiones posteriores en especies de los mismos grupos tróficos, las concentraciones de HAP en músculo no fueron detectables, siendo estos resultados similares a los de la presente evaluación.

8. CONCLUSIONES

- El Canal de flotación del Tramo I del ONP es un ecosistema estacionalmente inundable con características típicas de cuerpos de agua amazónicos que tiene interacción permanente con los ambientes acuáticos próximos y que sirve de soporte para la vida acuática; se encuentra dentro de un complejo de bosques y aguajales que albergan gran biodiversidad por ubicarse en la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional Pacaya Samiria y en el Abanico del Pastaza reconocido como el sitio RAMSAR más grande de toda la Amazonía.

- Los resultados de la presente evaluación fueron comparados, para agua superficial con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (2008) Categoría 4 «Conservación de ambientes acuáticos – Ríos de la Selva» y complementariamente con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (2017), Categoría 4 «Conservación de ambientes acuáticos» subcategoría E2 «Ríos de la Selva»; y para sedimentos, las concentraciones de TPH y metales totales fueron comparados con los niveles de fondo obtenidos de ríos y quebradas según el Informe N.° 200-2019-OEFA/DEAM-SSIM. Adicional y referencialmente, para TPH, con la guía Atlantic RBCA [*Risk-Based Corrective Action]* del 2015; para metales totales con la Guía de calidad ambiental canadiense para sedimentos de aguas continentales [CEQG-SQG] del 2002. En el caso de las comunidades hidrobiológicas se evaluó la riqueza, abundancia y diversidad para cada comunidad evaluada y la concentración de TPH y HAP en tejido muscular de peces.

8.1 Calidad de agua superficial

- En el Canal de flotación las concentraciones de TPH y HAP no superaron los ECA para agua 2017; siendo menores al Límite de Cuantificación analítico; mientras que las concentraciones de plomo y cobre superaron los ECA para agua 2008 en 5 y 2 puntos de muestreo respectivamente. Asimismo, el pH registró valores en el rango de 5,17 - 6,30 (ácido) y oxígeno disuelto en el rango de 0,11 - 1,41 mg/L, cuyos valores se encuentran por debajo del valor mínimo establecido en los ECA para agua 2008 y 2017; además, presentaron baja conductividad en el rango de 21,2 - 53,1 µS/cm. Siendo estas

[82] Informe Técnico Complementario N.° 464-2014-OEFA/DS-HID, Informe de Supervisión Directa N.° 3118-2016-OEFA/DS-HID, Informe de Supervisión N.° 533-2017-OEFA/DS-HID, Informe de Supervisión N.° 87-2018-OEFA/DSEM-CHID.

características propias de «aguas negras amazónicas» sumado al bajo dinamismo del agua en el Canal de flotación.

- En los ríos Cuninico, Nucuray, Urituyacu y la quebrada Patoyacu las concentraciones de TPH y HAP no superaron los ECA para agua 2017; siendo menores al Límite de Cuantificación analítico; y los metales totales encontrados no superaron los ECA para agua 2008 y 2017. Asimismo, el pH registró valores en el rango de 5,73 - 6,28 (ácido) y oxígeno disuelto en el rango de 0,16 - 1,82 mg/L, cuyos valores se encuentran por debajo del valor mínimo establecido en los ECA para agua 2008 y 2017; además, presentaron baja conductividad en el rango de 28,0 - 44,3 µS/cm. Estas condiciones son típicas de cuerpos de agua meándricos, propios de la llanura Amazónica que por su origen son «aguas negras amazónicas».

8.2 Calidad del sedimento

- En el Canal de flotación los resultados entre los Km 39+500 y Km 90+000 del Tramo I del ONP fueron:

  - Las concentraciones de TPH en el sedimento fueron mayores al Límite de Cuantificación analítico (13,3 mg/kg) en 60 de los 66 puntos de muestreo (90,91%) en el rango de 22,5 - 2 454,0 mg/kg. Asimismo, 56 de los 66 puntos de muestreo (84,85%) superaron el nivel de fondo para TPH (NF_{TPH}=45,46 mg/kg). Esto evidencia que las concentraciones de TPH encontradas en el sedimento tienen origen en los derrames de petróleo crudo ocurridos en el área evaluada, como única fuente antropogénica de hidrocarburos.

  - Por otro lado, en 20 de los 66 puntos de muestreo (30,30%) las concentraciones de TPH superaron el valor referencial de comparación ESL (500 mg/kg) de la guía Atlantic RBCA, lo cual indica una posible afectación de organismos acuáticos sensibles en estos puntos, representando un riesgo ecológico aun por debajo de dicho nivel tomado como referencia.

  En ese sentido, los resultados obtenidos justificarían la adopción de acciones complementarias por parte del administrado.

- En el Canal de flotación, entre los Km 39+500 y Km 90+000, las concentraciones de los principales metales asociados a la actividad hidrocarburífera – arsénico, bario, cobre, zinc, cadmio, cromo, mercurio, níquel y vanadio – registraron concentraciones que superaron los niveles de fondo o los valores referenciales de comparación ISQG o PEL de la norma CEQG-SQG:

  - El cobre estuvo presente en todos los puntos evaluados, superando el valor ISQG en 42 de los 66 puntos de muestreo (63,64%); y los niveles de fondo (NF_{cobre}=22,98 mg/kg) en 58 de los 66 puntos de muestreo (87,88%). Por otro lado, el cadmio, zinc y mercurio superaron los valores ISQG en 4, 1 y 3 puntos de muestreo respectivamente; y el arsénico superó el PEL en 3 puntos.

  - De los metales zinc, cromo, níquel, vanadio y bario, de los 66 puntos muestreados superaron los niveles de fondo; el zinc en 30, el cromo en 3, el níquel en 26, el vanadio en 20 y el bario en 14 puntos de muestreo.

Los metales, cuyas concentraciones superan los niveles de fondo indican que, en el Canal de flotación, dichas concentraciones no son propias de ambientes acuáticos de la zona de estudio, pudiendo tener un origen antropogénico. Asimismo, al superar los valores ISQG o PEL de la CEQG-SQG indicaría que dichas concentraciones están asociadas a efectos biológicos adversos ocasionales o frecuentes. Dependiendo de su disponibilidad, tienen potencial de afectación por su capacidad de ser bioacumulable. Además, las condiciones del medio acuático (pH ácido) del Canal de flotación facilitaría la biodisponibilidad de estos metales tóxicos, contituyendo así un potencial de afectación para los organismos acuáticos, tanto por su capacidad de ser bioacumulable, como por la posibilidad de influir en la disminución de la actividad microbiana responsable de la atenuación natural de hidrocarburos.

- Al realizar un análisis de correlación bivariada de Pearson mediante un agrupamiento multidimensional, las concentraciones de cobre y otros metales de interés en el sedimento del Canal de flotación, no reflejan una relación estadística significativa con las concentraciones de TPH registradas en este estudio. Sin embargo, no se descarta que exista relación entre la presencia de estos metales y los derrames de petróleo crudo, considerando la caracterización de su composición química señalada en el PAMA.

- Los resultados de TPH en sedimento obtenidos en los ríos Cuninico, Nucuray, Urituyacu y la quebrada Patoyacu, aguas abajo de la intersección con el Canal de flotación, fueron comparados con el nivel de fondo (NF_{TPH}=45,46 mg/kg); donde 5 de los 11 puntos de muestreo superaron el NF_{TPH}. Asimismo, el punto Qcuni-SED-ONP-4, ubicado en el río Cuninico superó referencialmente el valor ESL (500 mg/kg) del Atlantic RBCA. La presencia de TPH registrada en los ríos y quebradas se debería a la migración del sedimento con restos de hidrocarburos provenientes del Canal de flotación durante eventos de inundación temporal, considerando al Canal como la fuente principal de hidrocarburos de origen antropogénico.

- En el río Cuninico se registraron las mayores concentraciones de TPH en sedimento en el rango de 45,1 - 797,1 mg/kg con relación a los demás cuerpos de agua evaluados. La presencia de hidrocarburos fue registrada tanto aguas arribas como aguas abajo de la intersección con el Canal de flotación; por lo que, la fuente atribuible es el Canal de flotación donde existe presencia de TPH producto de los derrames de petróleo, como es el caso del acontecido en el Km 41+883 en junio de 2014.

- La presencia de TPH y fracciones de hidrocarburos de cadenas intermedias (F_2) y largas (F_3) en concentraciones cuantificables, registradas en la presente evaluación, confirma la prevalencia del contaminante en el sedimento del Canal de flotación desde la ocurrencia de los primeros derrames reportados al OEFA a partir de 2014. Estas concentraciones persisten en el Canal de flotación, aun cuando el administrado ha realizado acciones de respuesta a los mencionados derrames. Considerando que existen bajas concentraciones de oxígeno disuelto, esta situación prevalente conlleva a la lenta degradación de los hidrocarburos.

- El flujo de agua es el medio de transporte del TPH desde el Canal de flotación hacia, ríos, quebradas y otros cuerpos de agua, siguiendo el curso natural aguas abajo; mientras que, su transporte hacia aguas arriba dependería de:

- Las características hidromorfológicas próximas a la intersección de los ríos y quebradas con el Canal de flotación. El Canal de flotación ha sido establecido en una elevación mayor con respecto al terreno asociados a los cursos de agua, facilitando el transporte de hidrocarburos aguas arriba y abajo durante eventos de inundación temporal, como se evidencia en la intersección con el río Cuninico.
- La presencia de zonas inundables (aguajales) que serían las vías de traslado del contaminante hacia los ríos y quebradas, como se refleja en la superposición de un Modelo de Elevación Digital (DEM) y una imagen de cobertura fraccional de vegetación, al noroeste de la intersección con el río Cuninico.

8.3 Comunidades hidrobiológicas

- Con respecto a las microalgas del perifiton correspondientes al Canal de flotación y los ríos y quebradas evaluadas, el phylum Bacillariophyta fue el grupo que presentó la mayor riqueza y abundancia, corroborando que este grupo de algas es el más representativo en los sistemas acuáticos continentales. Además, no se observó relación entre las concentraciones de TPH en sedimento con la riqueza y abundancia de microalgas.

- Los macroinvertebrados bentónicos estuvieron escasamente representados en los ambientes evaluados. En los ríos y quebradas solo se encontraron en 2 de los 8 puntos evaluados; y en el Canal de flotación en 8 de los 21 puntos evaluados. El registro más alto de abundancia correspondió al punto CF-HB-ONP-41, ubicado en el Canal de flotación, donde se encontraron 11 individuos pertenecientes a 3 especies. Estos resultados, de escasa abundancia, estarían relacionados con la naturaleza química y física del sedimento del fondo, cuya textura arenosa y areno – francosa limita su desarrollo.

- Los peces mostraron mayor número de especies e individuos en los puntos evaluados en el Canal de flotación con respecto a los registrados en ríos y quebradas. La mayor diversidad de especies en el Canal estaría asociada, principalmente, a la mayor cantidad de microhábitats observados en la evaluación (época creciente).

- Las muestras de tejido muscular de peces del Canal de flotación, ríos y quebradas evaluados, registraron valores de TPH y HAP menores al límite de cuantificación, los que estarían asociados a su biodisponibilidad por el intemperismo que sufre el crudo derramado en el tiempo.

9. RECOMENDACIÓN

- Derivar el presente informe a la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas para las acciones que correspondan en el marco de sus funciones.

10. ANEXOS

Anexo 1: Mapa de derrames ocurridos entre el Km 39+500 y el Km 90+000

Anexo 2: Mapas de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas

Anexo 3: Reporte de campo N.° 040-2019-SSIM (agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas)

Anexo 4: Reporte de resultados N.° 039-2019-SSIM (agua superficial y sedimento)

Anexo 5: Reporte de resultados N.° 038-2019-SSIM (comunidades hidrobiológicas)

Anexo 6: Oficio N.° 121-2018-MINAM/VMGA

Anexo 7: Informe N.° 200-2019-OEFA/DEAM-SSIM «Determinación de Niveles de Fondo y Niveles de Referencia de hidrocarburos totales de petróleo y metales en sedimento de los ríos Cuninico, Nucuray y, Urituyacu y la quebrada Patoyacu, asociados al Canal de Flotación del Tramo I del Oleoducto Norperuano»

Anexo 8: Mapa de concentraciones de TPH en sedimento del Canal de flotación, ríos y quebradas evaluadas

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abujanra, F., Agostinho, A. & Hahn, NS. (2009). Effects of the flood regime on the body condition of fish of different trophic guilds in the Upper Paraná River floodplain, Brazil. Braz. J. Biol., 69(2, Suppl.): 469-479.
- Arce, M. & P. Sánchez. (2002). Estudio ecológico de la fauna íctica del río Amazonas en los alrededores de Leticia, Amazonia Colombiana. Tesis de pregrado, Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Atlantic, R. B. C. A. (2015). *Atlantic risk-based corrective action for petroleum impacted sites in Atlantic Canada. Version 3.0 User guidance*. Disponible en: www.atlanticrbca.com.
- Atlantic, R. B. C. A. (2006). *Atlantic risk-based corrective action for petroleum impacted sites in Atlantic Canada: user guidance: appendix 9: guidance for soil vapour and indoor air monitoring assessments. 2.* Disponible en: www.atlanticrbca.com
- Arana, J. & Cabrera, C. (2017). Macroinvertebrados acuáticos y caracterización ecológica de los ambientes dulceacuícolas del área de influencia del gasoducto PERÚ LNG en los departamentos de Ica y Huancavelica. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*, 20(40), 86-93.
- Berthou, F., G. Balouet, G. Bodennec, & M. Marchand. (1987). The occurrence of hydrocarbons and histopathological abnormalities in oysters for seven years following the wreck of the Amoco Cadiz in Brittany (France). *Marine Environmental Research* 23:103-133.
- Botello, A. V., G. Ponce Vélez, A. Toledo, G. Díaz González & S. Villanueva. (1996a). *Ecología, recursos costeros y contaminación en el Golfo de México*, p. 25 – 44. En: A.V. Botello, J.L. Rojas-Galaviz, J. A. Benítez, D. Zárate Lomelí. (Eds.) Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: y Tendencias. Universidad Autónoma de Campeche. *EPOMEX. Serie Científica,* 5. 666 p.
- Canadian Council of Ministers of the Environment. (2002). *Canadian environmental quality guidelines (Vol. 2).* Canadian Council of Ministers of the Environment. Dsiponible en: https://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/
- Casal, J., & Mateu, E. (2003). Tipos de muestreo. *Rev. Epidem. Med. Prev*, *1*(1), 3-7.
- Chen, M.; Ma, L. Q. & Harris, W. G. (1999). Baseline concentrations of 15 Trace Elements in Florida Surface Soils. *Journal of Environmental Quality,* 28(4),1173:1181.
- Chuctaya, J. (2014). Diversidad de la Ictiofauna y variaciones espacio temporales en los ambientes Lénticos de la cuenca del río Ampiyacu (Loreto) en el período agosto 2009 – julio 2010 (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú.
- Clifford, C. & Heffernan, J. (2018). Artificial aquatic ecosystems. *Water*, 10:1096.

- Corona-Ramírez, L. & Iturbe-Arguelles, R. (2004) Atenuación natural en suelos contaminados con hidrocarburos. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*.,6(2), 119-126.
- Cuizano, N., Reyes, U., Dominguez, S., Llanos, B. & Navarro, A. (2010). Relevancia del pH en la adsorción de iones metálicos mediante algas pardas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 76(2):123-130
- Durães, R., Pompeu, P., E. & Godinho, A. (2001). Alimentação de quatro espécies de Leporinus (Characiformes, Anostomidae) Durante uma formação de um no reservatório sudeste de Brasil. Iheringia, Série Zoologia, 90: 183-191.
- Esteves, F. (2011). *Fundamentos de Limnología* (3ra Edición). Río de Janeiro: Editorial Interciencia. 771 pp.
- Fakhru'l-Razi A., Alireza P., Luqman Ch., Dayang R., Sayed S. & Zurina Z. (2009). Review of technologies for oil and gas produced water treatment. *Elsevier. Journal of Hazardous Materials*, (170) 530-548.
- Galvis, G., J. I. Mojica, S. R. Duque, C. Castellanos, P. Sánchezduarte, M. Arce, A. Gutiérrez, L. F. Jiménez, M. Santos, S. Vejarano Rivadeneira, F. Arbeláez, E. Prieto & M. Leiva. (2006). Peces del medio Amazonas. Región de Leticia. Serie de Guías Tropicales de Campo Nº 5. Conservación Internacional. Editorial Panamericana, Formas e Impresos. Bogotá, Colombia. 548 pp.
- García, A.; Tello, S.; Vargas, G. & Duponchelle, F. (2009). Patterns of commercial fish landings in the Loreto region (Peruvian Amazon) between 1984 and 2009. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35(1): 53-67.
- García, A. (2016). Evaluación de los parámetros reproductivos de palometa Mylossoma duriventre como base para el manejo sostenible de su pesquería en la región Loreto – Perú (Tesis de maestría). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos-Perú.
- García-Dávila, C., Sánchez, H., Flores, M., Mejia, J., Angulo, C., Castro-Ruiz, D., Estivals, G., García, A., Vargas, G., Nolorbe, C., Núñez, J., Mariac, C., Duponchelle, F., Renno, J.-F. (2018). *Peces de Consumo de la Amazonía Peruana*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Iquitos, Perú, 218 pp
- García, J. (2006). *Análisis del impacto de la industria petrolera en el ecosistema y su relación con las pesquerías de la sonda de Campeche, México* (Tesis doctoral). Centro de investigaciones biológicas del noroeste, s.c.: Mexico
- Geisler, R.; Koppel, H.A. & Sioli, H. (1973) The ecology of freshwater fishes in Amazonia: Present status and future task for research. *Applied Sciences and Development* ,2:144-162
- Gibbs, R. (1977) Transport phases of transition metals in the Amazon and Yukon rivers. *Geol. Soc. of. Amer. Bull. 88*: 829-843 en Martínez, G., & Senior, W. (Especiación de metales pesados (Cd, Zn, Cu y Cr) en el material en suspensión de la pluma del río Manzanares, Venezuela).
- Giovanelli, A., Vieira , M.V. & Da Silva, C.L.P.A.C. (2003). Apparent Competition Through Facilitation between Melanoides tuberculatus and Biomphalaria glabrata and the Control of Schistosomiasis. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 98:429-431.
- Gutiérrez Gregoric, D.E. & Vogler, R.E. (2010). Colonization risks of the invading freshwater gastropod Melanoides tuberculatus (Thiaridae) in Rio de la Plata (Argentina – Uruguay). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: 573–577.
- Head, I., Jones, D. & Röling, W. (2006) Marine Microorganisms Make a Meal of Oil. *Nature Reviews*. 4: 173-182.

- Holdridge, L. (1976). *Mapa ecológico del Perú*. Ministerio de Agricultura. Lima, Perú: ONERN
- Kennish, M., J. (1997). *Practical Handbook of Estuarine and Marine Pollution*. CRC Press. New York. 315 p.
- López-Arias, M., Grau, J. M. (2005). *Metales pesados, materia orgánica y otros parámetros de la capa superficial de los suelos agrícolas y de pastos de la España peninsular*. I Resultados globales. Ed. INIA, Madrid. 256p.
- Lynn, D. H. (2008). *The Ciliated Protozoa. Characterization, classification, and guide to the literature*. New York: Springer
- NRC (National Research Council). (2002). *Oil in the sea III: Inputs, fates and effects.* National Academy Press. Washington, DC 265 pp.
- Neff, J., M. & W., E., Haensly. (1982). Long-term impact of the Amoco Cadiz oil spill on oysters, Crassostrea gigas, and plaice, Pleuronectes platessa, from Aber-Benoit and Aber-Wrach, Brittany, France. Pages 269-328 in Ecological Study of the Amoco Cadiz Oil Spill. NOAACNEXO Report.
- NOAA. (1992a). *Oil spills, case histories 1967 – 1991*. *Summaries of Significant U.S. and International Spills.* National Oceanic and Atmospheric Administration/Hazardous Material Response and Assessment Division. Washington, 224 p.
- Maco, G., J. (2006). Tipos de ambientes acuáticos de la Amazonía Peruana. *Folia Amazónica,* 15:1-2.
- Marcano, Y. (2012). Fraccionamiento geoquímico de metales pesados en sedimentos superficiales del sector marino costero Arapito – Santa Fe, Estado Sucre, Venezuela (Tesis doctoral). Universidad de Oriente Núcleo de Sucre: Venezuela.
- Martínez G. & Senior W. (2001) Especiación de metales pesados (Cd, Zn, Cu y Cr) en el material en suspensión de la pluma del río Manzanares, Venezuela. *Interciencias*, 26(2), 53-61.
- Mauro, L. (2014). *Estudio de los procesos de adsorción-desorción de los metales Cu, Mn, Pb y Zn en la cuenca del río Maipo.* (Tesis de maestría) Universidad de Chile.
- McCarthy, K. J., Uhler, A. D., & Stout, S. A. (1998). Weathering affects petroleum identification. Soil and Groundwater Cleanup, Aug/Sept. En PNUD, 2018. Estudio técnico independiente (ETI) del Ex Lote 1AB. Lineamientos estratégicos para la remediación de los impactos de las operaciones petroleras en el ex Lote 1AB en Loreto, Perú. Disponible en http://www.pe.undp.org/content/peru/es/home/library/democratic_governance/eti-del-ex-lote-1ab.html)
- Moreno, C. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M & T - Manuales y Tesis SEA (1ª ed.) Zaragoza, España: CYTED, ORCYT/UNESCO & SEA.
- Moreno, Y. M. & Aguirre, N. (2013). Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en Colombia. *Gestión y ambiente*, 16(3), 91-117.
- Mudroch, A.; Azcue, J.M & Mudroch, P. (1997). *Manual of physico-chemical analysis of aquatic sediments*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA., en Simpson, S., L., Batley, G., B., and Chariton, A., A. (2013). Revision of the ANZECC/ARMCANZ Sediment Quality Guidelines. CSIRO Land and Water Science Report 08/07. CSIRO Land and Water.
- Ortega, H., Rengifo, B., Samanez, I., & Palma, C. (2007). Diversidad y el estado de conservación de cuerpos de agua Amazónicos en el nororiente del Perú. *Revista peruana de Biología*, 13(3), 185-194.

- Ortega, H., Chocano, L., Palma, C., & Samanez, I. (2010). Biota acuática en la Amazonía Peruana: diversidad y usos como indicadores ambientales en el Bajo Urubamba (Cusco-Ucayali). *Revista Peruana de Biología*, 17(1), 29-36.
- Palanques A. (1994) Distribution and heavy metal pollution of the suspended particulate matter on the Barcelona continental shelf (North-Western Mediterranean). *Environ.Poll*.85: 205-215 en Martínez G., & Senior W. (Especiación de metales pesados (Cd, Zn, Cu y Cr) en el material en suspensión de la pluma del río Manzanares, Venezuela).
- Palarea, A., J. & Martín, F., J., A. (2015) zCompositions — R package for multivariate imputation of left-censored data under a compositional approach. *Elsevier. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 143 (2015) 85–96.
- Payne, J. R., Clayton, J. R., McNabb, G. D. & Kirstein, B. E. (1991). Exxon Valdez oil weathering fate and behavior: Model predictions and field observations. *Proceeding of the 1991 Oil Spill Conference*, 641-654. En PNUD, 2018. Estudio técnico independiente (ETI) del Ex Lote 1AB. Lineamientos estratégicos para la remediación de los impactos de las operaciones petroleras en el ex Lote 1AB en Loreto, Perú. Disponible en http://www.pe.undp.org/content/peru/es/home/library/democratic_governance/eti-del-ex-lote-1ab.html)
- Pearson, K. (1920). Notes on the History of Correlation. *Biometrika*, Vol. 13, No. 1, pp. 25-45. Disponible en: http://www.jstor.org/stable/2331722.
- PNUD, 2018. Estudio técnico independiente (ETI) del Ex Lote 1AB. Lineamientos estratégicos para la remediación de los impactos de las operaciones petroleras en el ex Lote 1AB en Loreto, Perú. Disponible en http://www.pe.undp.org/content/peru/es/home/library/democratic_governance/eti-del-ex-lote-1ab.html)
- Prieto, P., Duque S. & Sabogal A. (2015). Estructura trófica del ensamblaje íctico de los lagos de Yahuarcaca, Amazonas, Colombia. Mundo Amazonico 6(2):67-85. ISSN2145-5074.
- Reible, D. (2014) *Processes, Assessment and Remediation of Contaminated Sediments*. Springer, 496 p.
- Reis, R., S., O., Kullander & C. J. Ferraris Jr. (2003). *Check List of the Freshwater fishes of South and Central America*. Pontifícia Universidade Católica do Río Grande do Sul. EDIPUCRS Brasil. 985 pp.
- Rice, S. P., Little, S., Wood, P. J., Moir, H. J. y Vericat, D. (2010). The Relative contributions of Ecology and Hydraulics to Ecohydraulics. *River Research and Applications*, 26 (4): 363–366.
- Roldán – Pérez, G. y Ramírez R., J., J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. 2da Edición. Editorial Universidad de Antioquía, Medellín, 442 p.
- Ruíz – Murrieta, J. y Levistre – Ruíz, J. (2011) «El aguajal»: El bosque de la vida en la Amazonía peruana. *Ciencia Amazónica (Iquitos)* Vol. 1, No 1, 31-40.
- Sánchez-Fernández, J., A. & Valdes, R. (2009) Proceso para eliminar hidrocarburos en lodos provenientes de las perforaciones petroleras y lodos de sedimentación. Centro de Investigación en Química Aplicada, México. *Desarrollo Químico Avanzado*.
- Sioli, H. (1984) *The Amazon. Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Springer Netherlands. 800 p.
- Simpson, S., L., Batley, G., B., & Chariton, A., A. (2013). Revision of the ANZECC/ARMCANZ Sediment Quality Guidelines. CSIRO Land and Water Science Report 08/07. CSIRO Land and Water. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/269819076_Revision_of_the_ANZECCARMCANZ_Sediment_Quality_Guidelines

- Soares, M.G.M., Almeida R.G., & Junk W. 1986. The trophic status of the fish fauna in Lago Camaleao, a macrophyte dominated floodplain lake in the middle Amazon. *Amazoniana* 9(4): 511-526.
- Tuukki E., Jokinen P. & Kalliolla., R. (1996) Migraciones en el río Amazonas en las últimas décadas, sector confluencia ríos Ucayali y Marañón - Isla de Iquitos. *Folia Amazónica*, Vol. 8(1):111-130
- Villamarín, C., Prat, N., & Rieradevall, M. (2014). Caracterización física, química e hidromorfológica de los ríos altoandinos tropicales de Ecuador y Perú. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42(5), 1072-1086.
- Wang, Z., Fingas M. & Li, K. (1994) Fractionation of ASMB Oil. Identification and Quantification of Aliphatic, Aromatic and Biomarker Compounds by GC/FID and GC/MSD. J. Chomatogr. *Sci. 32: 361-366*. En Pucci, et. al 2003.