2019-I01-008431-1

INFORME N° 00415-2019-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
ASUNTO	:	Evaluación Ambiental del Canal de Flotación en el sector comprendido entre el Km 8+000 y el Km 39+500 del Tramo I del Oleoducto Norperuano, del 25 de junio al 8 de julio de 2019
CUE	:	2019-01-0034
CÓDIGO DE ACCIÓN	:	0004-6-2019-402
REFERENCIA	:	Planefa 2019
FECHA	:	Jesús María, 30 de setiembre de 2019

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

1. INFORMACIÓN GENERAL

Los aspectos generales de la Evaluación Ambiental del Canal de Flotación en el sector comprendido entre el km 8+000 y el km 39+500 del Tramo I del Oleoducto Norperuano se presentan en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Datos generales de la actividad realizada

a.	Zona evaluada	Distrito Urarinas, provincia Loreto, departamento Loreto. Ubicado en el ámbito de la cuenca del río Marañón.
b.	Unidades fiscalizables/ actividades económicas en la zona de estudio	Oleoducto Norperuano, entre el km 8+000 al km 39+500 del Tramo I, operado por de Petróleos del Perú – Petroperú S.A.
c.	Problemática identificada	Presunta contaminación ambiental debido a los derrames de petróleo crudo (emergencias ambientales), registrados entre el km 8+000 al km 39+500 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 DSEM
e.	Periodo de ejecución	Del 25 de junio al 8 de julio de 2019
f.	Tipo de evaluación	Evaluación ambiental que determina causalidad

Profesionales que aportaron al estudio

Tabla 1.2. Listado de profesionales

N.°	Nombre y Apellidos	Profesión	Actividad desarrollada
1	Armando Martín Eneque Puicón	Biólogo	Gabinete
2	Llojan Chuquisengo Picon	Lic. Químico	Gabinete
3	Lidia Prisila Huaraca Quispe	Biólogo	Gabinete y campo
4	Victor Montesinos Calle	Bach. en Ingeniería Ambiental	Gabinete y campo
5	Jessica Adela Espino Ciudad	Biólogo	Gabinete y campo
6	Bryant O´Nell Pómez Quiroz	Ingeniero ambiental y Sanitario	Gabinete

2. DATOS DE LA ACTIVIDAD REALIZADA

La matriz y parámetros evaluados en el Canal de flotación y las quebradas Sapuchal y Maquisapayoc, asociados al sector comprendido entre el km 8+000 y el km 39+500 del Tramo I del ONP, se presentan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Parámetros y matrices evaluadas

Matriz evaluada	Fecha	Zona de estudio	Parámetros evaluados	Cantidad de puntos/estaciones evaluados
Agua superficial	Junio – julio / 2019	Canal de flotación	pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y temperatura	27
			Hidrocarburos totales de petróleo (C_8-C_{40}),	27
			Aceites y grasas	27
			Cromo hexavalente	27
			Metales (incluido Hg)	27
			Cloruros	27
		Quebradas Sapuchal y Maquisapayoc	pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y temperatura	3
			Hidrocarburos totales de petróleo (C_8-C_{40}),	3
			Aceites y grasas	3
			Cromo hexavalente	3
			Metales (incluido Hg)	3
			Cloruros	3
Sedimento		Canal de Flotación	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})	27
			Hidrocarburos Totales de Petróleo - TPH (C_{10}-C_{40})	27
			Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	27
			Metales por ICP OES, incluido mercurio total	27
			Cromo Hexavalente	27
			BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos)	27
			Potencial de hidrógeno	27

Matriz evaluada	Fecha	Zona de estudio	Parámetros evaluados	Cantidad de puntos/estaciones evaluados
			Análisis Granulométrico	27
Sedimento	Junio – julio / 2019	Quebradas Sapuchal y Maquisapayoc	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})	3
			Hidrocarburos Totales de Petróleo - TPH (C_{10}-C_{40})	3
			Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	3
			Metales por ICP OES, incluido mercurio total	3
			Cromo Hexavalente	3
			BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos)	3
			Potencial de hidrógeno	3
			Análisis Granulométrico	3
Hidrobiología		Canal de Flotación	Perifiton	27
			Macroinvertebrados bentónicos	27
			Necton (peces)	27
		Quebradas Sapuchal y Maquisapayoc	Perifiton	3
			Macroinvertebrados bentónicos	3
			Necton (peces)	3

Los parámetros que excedieron la normativa en el ámbito de influencia del Oleoducto Norperuano, entre el km 8+000 al km 39+500 del Tramo I, operado por de Petróleos del Perú – Petroperú S.A. se presentan en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Parámetros que exceden normativa ambiental

Matriz	Cuerpo de agua/cuerpo receptor/localidad/ poblado	Código OEFA	Norma ambiental	
			IGA[1]	Vigente[2]
Agua superficial	Canal de Flotación	CF-AS-ONP-103	pH, OD	pH, OD
		CF-AS-ONP-102	pH, OD	pH, OD
		CF-AS-ONP-101	pH, OD	pH, OD
		CF-AS-ONP-100	pH, OD	pH, OD
		CF-AS-ONP-99	pH, OD	pH, OD
		CF-AS-ONP-96	pH, OD	pH, OD
		CF-AS-ONP-95	pH, OD	pH, OD
		CF-AS-ONP-94	pH, OD	pH, OD
		CF-AS-ONP-93	pH, OD	pH, OD
		CF-AS-ONP-92	pH, OD	pH, OD
		CF-AS-ONP-91	pH, OD	pH, OD
		CF-AS-ONP-90	pH, OD	pH, OD
		CF-AS-ONP-89	pH, OD	pH, OD
		CF-AS-ONP-88	pH, OD	pH, OD
		CF-AS-ONP-84	pH, OD	pH, OD
		CF-AS-ONP-83	pH, OD	pH, OD
		CF-AS-ONP-82	pH, OD	pH, OD
		CF-AS-ONP-81	pH, OD	pH, OD

Matriz	Cuerpo de agua/cuerpo receptor/localidad/ poblado	Código OEFA	Norma ambiental	
			IGA[1]	Vigente[2]
		CF-AS-ONP-80	pH, OD	pH, OD
Agua superficial	Canal de Flotación	CF-AS-ONP-79	pH, OD	pH, OD
		CF-AS-ONP-78	OD	OD
		CF-AS-ONP-77	OD	OD
		CF-AS-ONP-76	OD	OD
		CF-AS-ONP-75	OD	OD
		CF-AS-ONP-74	OD, Pb	OD
		CF-AS-ONP-104	OD	OD
		CF-AS-ONP-105	OD	OD
	Quebrada Maquisapayoc	QMaqu-AS-ONP-1	pH, OD	pH, OD
		QMaqu-AS-ONP-2	pH, OD	pH, OD
	Quebrada Sapuchal	QSapu-AS-ONP-1	pH, OD	pH, OD
Sedimento	Canal de flotación	CF-SED-ONP-103	--	$Cu^{(ii)}$, $Zn^{(ii)}$
		CF-SED-ONP-102	--	$Cu^{(ii)(iv)}$, $TPH^{(ii)(iii)}$
		CF-SED-ONP-101	--	$Cu^{(ii)(iv)}$, $TPH^{(ii)(iii)}$
		CF-SED-ONP-100	--	$Cu^{(ii)(iv)}$, $TPH^{(ii)(iii)}$
		CF-SED-ONP-99	--	$Cu^{(ii)(iv)}$, $TPH^{(ii)(iii)}$
		CF-SED-ONP-96	--	$Cu^{(ii)(iv)}$, $Cr^{(ii)}$, $TPH^{(ii)}$
		CF-SED-ONP-94	--	$Cu^{(ii)(iv)}$, $TPH^{(ii)(iii)}$
		CF-SED-ONP-93	--	$TPH^{(ii)(iii)}$
		CF-SED-ONP-92	--	TPH $^{(ii)\ (iii)}$
		CF-SED-ONP-91	--	TPH $^{(ii)\ (iii)}$
		CF-SED-ONP-90	--	Cu $^{(ii)(iv)}$, Cr $^{(ii)(iv)}$, $TPH^{(ii)}$
		CF-SED-ONP-89	--	$Cu^{(ii)(iv)}$, $Cr^{(ii)}$, $Zn^{(ii)}$
		CF-SED-ONP-88	--	$Cu^{(ii)(iv)}$, $TPH^{(ii)}$
		CF-SED-ONP-84	--	$Cu^{(ii)(iv)}$, $TPH^{(ii)(iii)}$
		CF-SED-ONP-83	--	$Cu^{(ii)(iv)}$, $Cr^{(ii)}$, $TPH^{(ii)(iii)}$
		CF-SED-ONP-82	--	$Cu^{(ii)(iv)}$, $TPH^{(ii)(iii)}$
		CF-SED-ONP-81	--	$Cu^{(ii)(iv)}$, $Zn^{(ii)}$, $Hg^{(iv)}$, $TPH^{(ii)(iii)}$
		CF-SED-ONP-80	--	$Cu^{(ii)(iv)}$, $TPH^{(ii)}$
		CF-SED-ONP-79	--	$Cu^{(ii)(iv)}$, $Cr^{(ii)}$, $Zn^{(ii)}$
		CF-SED-ONP-78	--	$Cu^{(ii)(iv)}$, $Cr^{(ii)}$, $Zn^{(ii)}$, $TPH^{(ii)(iii)}$
		CF-SED-ONP-77	--	$TPH^{(ii)}$
		CF-SED-ONP-76	--	$Cu^{(ii)}$, $TPH^{(ii)}$
		CF-SED-ONP-75	--	$Cu^{(ii)}$, $TPH^{(ii)}$
		CF-SED-ONP-74	--	$Cu^{(ii)}$, $TPH^{(ii)}$
		CF-SED-ONP-104	--	$TPH^{(ii)}$
		CF-SED-ONP-105	--	$Cu^{(ii)(iv)}$, $Zn^{(ii)}$, $TPH^{(ii)}$
	Quebrada Maquisapayoc	QMaqu-SED-ONP-1	--	$Cu^{(ii)(iv)}$, $TPH^{(ii)(iii)}$
		QMaqu-SED-ONP-2	--	$Cu^{(ii)(iv)}$, $TPH^{(ii)(iii)}$
	Quebrada Sapuchal	QSapu-SED-ONP-1	--	$Cu^{(ii)(iv)}$, $TPH^{(ii)(iii)}$

1: Instrumento de gestión ambiental:
Estándares de Calidad Ambiental para Agua 2008 - Categoría 4 «Ríos de Selva», aprobado por D.S. N.° 002-2008-MINAM.

2: Normativas vigentes:
(i) Estándares de Calidad Ambiental para Agua 2017 – Categoría 4, Subcategoría E2 aprobado por D.S. N.° 004-2017-MINAM.
(ii) Niveles de Fondo para sedimento determinados en el Informe N.° 200-2019-OEFA/DEAM-SSIM (Ver Anexo 7)
(iii) *Appendix* 2 - *Atlantic* RBCA Version 3 (*Risk – Based Corrective Actions*) - *Ecological Screening Protocol for Petroleum Impacted Sites in Atlantic Canada*

(iv) *Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life* (CEQG-SQG, 2002) – Canadá

3. PRINCIPALES CONCLUSIONES

Considerando que, en el Canal de flotación se configura en 2 ecosistemas casi o permanentemente inundables, característicos de la llanura amazónica, que son predominantes en el área evaluada: Bosque aluvial inundable o «bajial», comprendido entre el km 8+000 al km 20+000 y, Pantano de palmeras o «aguajal», que comprendió el canal de flotación entre los km 20+000 al km 39+500 y debe su importancia a su ubicación en la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional Pacaya Samiria y el sitio RAMSAR Abanico del Pastaza.

Los resultados de la 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 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.

3.1. Calidad de agua superficial

En el Canal de flotación el agua superficial presentó condiciones ácidas en un rango de 5,24 unidades de pH a 6,67 unidades de pH, y poco oxigenadas, oxígeno disuelto en el rango de 0,22 mg/L y 3,91 mg/L; no cumpliendo los valores mínimos establecidos en los ECA para agua 2008 y 2017 para estos parámetros; además presentaron baja conductividad entre 15,98 µS/cm y 144,60 µS/cm y coloración café oscuro, que por su origen son características propias de «aguas negras amazónicas».

Las concentraciones de TPH y aceites y grasas en el canal de flotación no superaron los ECA para agua 2017; siendo menores al límite de cuantificación analítico; mientras que las concentraciones de plomo superaron los ECA para agua 2008 en 1 punto de muestreo, la cual estaría relacionada a la influencia del río Marañón que históricamente presenta carga metales pesados, entre ellos el plomo, en concentraciones que superan los ECA para agua.

En las quebradas Sapuchal y Maquisapayoc presentaron aguas ligeramente ácidas en el rango de 5,67 unid. de pH y 6,39 unid. de pH y bajo oxígeno disuelto en el rango de 0,58 mg/L y 1,81 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 14,7 µS/cm y 120,6 µS/cm. Estas condiciones son típicas de cuerpos de agua meándricos, propios de la llanura amazónica que por su origen son «aguas negras amazónicas». Asimismo, se registraron TPH y aceites y grasas en concentraciones menores al límite de cuantificación analítico, y los metales fueron registrados en concentraciones que no superaron los ECA para agua 2008 y 2017.

3.2. Calidad del sedimento

En el Canal de flotación los resultados entre los km 8+000 y km 39+500 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 25 de los 26 puntos de muestreo (96,2 %) en el rango de 73,00 mg/kg y 4078,00 mg/kg. Asimismo, 23 de los 26 puntos de muestreo (88,46 %) superaron el nivel de fondo para TPH (NF_{TPH}=45,46 mg/kg). Evidenciándose altas concentraciones de TPH en zonas próximas a los puntos de ocurrencia de derrames en el área evaluada determinando su origen, como única fuente antropogénica de hidrocarburos.
- Por otro lado, en 13 de los 26 puntos de muestreo (50 %), 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, representando un riesgo ecológico por los altos valores registrados puntualmente, sin descartar su posible afectación aun por debajo del nivel de referencia.

Las mayores concentraciones de TPH se relacionan directamente con los derrames ocurridos en los km 20+190 y km 20+204, sectores donde se evidencia, organolépticamente (olor, color e iridiscencia), la presencia de hidrocarburos y donde se registraron concentraciones cuantificables de TPH en el agua superficial, el cual estaría relacionado a las insuficientes acciones de limpieza y descontaminación por parte del administrado.

La distribución de TPH se ha registrado a lo largo del Canal de flotación, debiéndose principalmente al movimiento del agua según las características del Canal y su régimen hidrológico determinado por la temporalidad (vaciante y creciente).

- En el sector de bajial (del km 8+000 al km 20+000), el canal está expuesto, presentando espejo de agua navegable en su mayor parte y tiene dirección de flujo hacia el km 8+000 con conexión visible con ambientes acuáticos próximos como la cocha San Pedro y cocha Garzal; sector donde se evidencia mayores concentraciones de TPH que se atribuyen a los 3 derrames ocurridos en el Canal.
- En el sector de aguajal (del km 24+000 al km 39+500), el canal presenta abundante vegetación herbácea como «grama» entre otras macrófitas flotantes y emergentes, con abundantes raíces; sector donde las concentraciones de TPH fueron menores con respecto al sector bajial, los cuales también son atribuidos a los derrames ocurridos en el canal.

La prevalencia de TPH, se evidencia en que se ha registrado hidrocarburos de la fracción F2 (C10-C28) en 22 de 26 puntos de muestreo y F3(C28-C40) en 25 de 26 puntos, y con posibles signos de intemperismo y degradación por la ausencia de hidrocarburos más ligeros como los compuestos orgánicos volátiles (COVs) como el BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos), los hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAP) y la fracción F1 (C6-C10) fueron registrados por debajo de los límites de cuantificación.

En el Canal de flotación, entre los km 8+000 y km 39+500, las concentraciones de los principales metales con potencial de afectación ambiental – registraron concentraciones que superaron los niveles de fondo o los valores referenciales de comparación ISQG o PEL de la norma CEQG-SQG, los cuales deberían su presencia a las posibles

acumulaciones de metales en los depósitos fluviales por la migración del cauce debido al carácter meándrico y dinámico del río Marañón que configura una cuenca sedimentaria; sin embargo no se descarta la posible influencia de la actividad hidrocarburífera considerando la caracterización química del crudo señalada en el PAMA del administrado.

- Se registró cobre, cromo, plomo, mercurio y zinc en concentraciones superiores al valor ISQG. El cobre fue el metal que registró concentraciones en el rango de 13,6 mg/kg – 165,7 mg/kg, mayores al ISQG (35,7 mg/kg) en 25 de 26 puntos de muestreo. El cromo, plomo y mercurio fueron registrados en 1 punto de muestreo en concentraciones que superaron el valor ISQG respectivo (37,3 mg/kg, 35 mg/kg y 123 mg/kg). Representando niveles de concentración asociadas a efectos biológicos adversos ocasionales en organismos del medio acuático al superar el ISQG.

- Con respecto a los niveles de fondo, las concentraciones de cobre, cromo, zinc, bario, níquel y vanadio, superaron dichos valores. El cobre superó el nivel de fondo (NFcobre=22,98 mg/kg) en 20 de puntos de muestreo; el cromo (NFcromo=22,6 mg/kg) en 11 puntos de muestreo; el zinc (NFzinc=64,48 mg/kg) en 5 puntos de muestreo; el bario superó el nivel de fondo (NFbario=211,9 mg/kg) en 5 puntos, el níquel (NFníquel=22,08 mg/kg) en 12 puntos y el vanadio (NFvanadio=71,11 mg/kg) en 8 puntos de muestreo.

Las características medio acuático, presenta condiciones desfavorables que dificultarían la degradación natural de hidrocarburos, el pH ácido del sedimento (en el rango de 4,47 unidades y 6,37 unidades) y baja concentración de oxígeno disuelto (0,22 mg/L - 3,91 mg/L), altas concentraciones de materia orgánica (entre 0,3 % y 39,8 %), y textura franco-arenosa y areno-francosa, sumadas a otros factores serían responsables de su permanencia en el sedimento, representando una fuente latente de hidrocarburos que se libera por remoción en función de la temporalidad. Asimismo, el medio ácido facilitaría la biodisponibilidad de estos metales tóxicos, constituyendo 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.

3.3.Comunidades hidrobiológicas

Con respecto a las microalgas del perifiton correspondientes al Canal de flotación y las 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, se encontró una relación de la riqueza y abundancia de las microalgas del perifiton en las quebradas con la presencia de TPH.

Los macroinvertebrados bentónicos estuvieron escasamente representados en los ambientes evaluados. En las quebradas solo se encontraron en 2 de los 3 puntos evaluados; y en el Canal de flotación en 6 de los 30 puntos evaluados. El registro más alto de abundancia correspondió al punto de muestreo CF-HB-ONP-92, ubicado en el Canal de flotación, donde se encontraron 150 individuos pertenecientes a 5 especies entre dípteros y chironómidos. Estos resultados, de escasa abundancia, estarían relacionados con la naturaleza química y física del sedimento del fondo, cuya textura franco -arenosa y areno – francosa limita su desarrollo; además de los valores de metales como el cobre, bario, níquel y vanadio y las concentraciones altas de TPH.

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

El desarrollo completo del análisis de resultados y conclusiones se encuentra en el documento adjunto al presente informe.

4. RECOMENDACIONES

- Aprobar el informe de la evaluación ambiental en el ámbito de influencia del Oleoducto Norperuano, entre el Km 8+000 al Km 39+500 del Tramo I, operado por de Petróleos del Perú – Petroperú S.A., en vista que cuenta con el sustento técnico requerido.

- Remitir a la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas para los fines que se estimen convenientes.

Atentamente:

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

Firmado digitalmente por: ENEQUE PUICON Armando Martin FAU 20521286769 hard
Cargo: Ejecutivo de la Subdirección 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 Lloja FIR 43052135 hard
Cargo: Coordinador en Evaluación Ambiental en Energía
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: 07162316"

07162316

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 8+000 Y EL KM 39+500 DEL TRAMO I DEL OLEODUCTO NORPERUANO, DEL 25 DE JUNIO AL 8 DE JULIO DE 2019

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: 30/09/2019 19:04:07-0500



Firmado digitalmente por: MONTESINOS CALLE Victor FIR 41245736 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 30/09/2019 19:05:24-0500



Firmado digitalmente por: ESPINO CIUDAD Jessica Adela FIR 41434632 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 30/09/2019 19:08:09-0500



Firmado digitalmente por: POMEZ QUIROZ Bryant O'nell FIR 46872024 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 30/09/2019 19:11:20-0500



Firmado digitalmente por: CHUQUISENGO PICON Llojan FIR 43052135 hard
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 30/09/2019 19:24:43-0500



Firmado digitalmente por: ENEQUE PUICON Armando Martin FAU 20521286769 hard
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 30/09/2019 19:30:16-0500

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1
2. ANTECEDENTES 2
2.1. Instrumentos de gestión ambiental (IGA) 3
3. OBJETIVOS 3
3.1. Objetivo general 3
3.2. Objetivos específicos 3
4. ÁREA DE ESTUDIO 4
5. METODOLOGÍA 6
5.1. Agua superficial 6
5.2. Sedimento 11
5.3. Comunidades hidrobiológicas 20
6. RESULTADOS 26
6.1. Agua superficial 26
6.2. Sedimento 32
6.3. Comunidades hidrobiológicas 39
6. DISCUSIÓN 65
6.3. Canal de flotación 66
6.4. Quebradas 79
7. CONCLUSIONES 83
7.3. Calidad de agua superficial 84
7.4. Calidad del sedimento 84
7.5. Comunidades hidrobiológicas 86
8. RECOMENDACIÓN 87
9. ANEXOS 87
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Derrames de petróleo crudo ocurridos entre los km 8+000 y km 39+500 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 6
Tabla 5.2. Diseño de la distribución de los puntos de muestreo de agua superficial 6
Tabla 5.3. Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial 7
Tabla 5.4. Parámetros evaluados y métodos de análisis según laboratorio para agua superficial 9
Tabla 5.5. Equipos utilizados en las mediciones *in situ* 10
Tabla 5.6. Referencias para el muestreo de sedimento 11
Tabla 5.7. Ubicación de los puntos de muestreo de sedimento 12
Tabla 5.8. Equipos utilizados para el muestreo de sedimento 14
Tabla 5.5. Parámetros evaluados y métodos de análisis según laboratorio para sedimento 14
Tabla 5.10. Niveles de fondo de TPH y metales en sedimentos de ríos y quebradas del Tramo I del ONP 17
Tabla 5.11. Valores referenciales de comparación para TPH y metales pesados en sedimento 19
Tabla 5.12. Guía de referencia para el muestreo de comunidades hidrobiológicas 20
Tabla 5.13. Puntos de muestreo de hidrobiología en las zonas de estudio 21
Tabla 5.14. Ubicación de los puntos de muestreo de comunidades hidrobiológicas 21
Tabla 5.15. Comunidades hidrobiológicas y métodos de análisis 23
Tabla 6.1. Comparación de las mediciones *in situ* con los ECA para agua 2008 y 2017 en el Canal de flotación 27
Tabla 6.2. Comparación de las mediciones *in situ* con los ECA para agua Cat. 4 E2 (2017) en ríos y quebradas 30
Tabla 6.3. Índices de diversidad alfa de las comunidades de microalgas por punto de muestreo 41
Tabla 6.4. Índices de diversidad alfa del perifiton animal por punto de muestreo 46
Tabla 6.5. Índices de diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación 48
Tabla 6.6. Composición taxonómica registradas entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación 49
Tabla 6.7. Especies registradas en las zonas evaluadas entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación 51
Tabla 6.8. Abundancia de las especies registradas en los sectores del Canal de flotación 53
Tabla 6.9. Índices de diversidad alfa de peces entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación 55
Tabla 6.10. Índices de diversidad alfa de las comunidades de microalgas por punto de muestreo 59
Tabla 6.11. Riqueza de especies de perifiton animal registradas en las quebradas del área de estudio 59
Tabla 6.12. Abundancia de especies de perifiton animal registradas en las quebradas del área de estudio 60
Tabla 6.13. Índices de diversidad alfa del perifiton animal por punto de muestreo 60
Tabla 6.14. Índices de diversidad alfa del macroinvertebrados bentónicos en las quebradas 61

Tabla 6.15. Composición taxonómica registradas en el Canal de flotación 62
Tabla 6.16. Especies registradas en las quebradas evaluadas..... 63
Tabla 6.17. Abundancia de las especies registradas en las zonas evaluadas del Canal de flotación 64
Tabla 6.18. Índices de diversidad alfa de peces en el Tramo I del Oleoducto Norperuano (km 8+000 al km 39+500) 64

ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 4.1. Esquema de ubicación del área de estudio comprendido entre el km 8+000 al km 39+500 del Tramo I del Oleoducto Norperuano..... 5
Figura 6.1. Valores de pH en el Canal de flotación entre el km 8+000 y el km 39+500 28
Figura 6.2. Valores de oxígeno disuelto en el Canal de flotación entre el km 8+000 y el km 39+500..... 28
Figura 6.3. Valores de pH en las quebradas del área de estudio..... 30
Figura 6.4. Valores de oxígeno disuelto en las quebradas del área de estudio..... 31
Figura 6.5. Clase textural en el Canal de flotación entre el km 8+000 y el km 39+500 32
Figura 6.6. Concentraciones de TPH en el Canal de flotación entre el km 8+000 y km 39+500 comparados con el nivel de fondo y referencialmente con el valor ESL de la guía Atlantic RBCA..... 34
Figura 6.7. Fracciones de hidrocarburos (F_1, F_2 y F_3) en el Canal de flotación entre el km 8+000 y km 39+500..... 34
Figura 6.8. Composición granulométrica de sedimentos en las quebradas Maquisapayoc y Sapuchal..... 36
Figura 6.9. Concentraciones de TPH en las quebradas Maquisapayoc y Sapuchal comparados con el valor de la guía Atlantic RBCA y el nivel de fondo para TPH (NF_{TPH}). 37
Figura 6.10. Fracciones de hidrocarburos (F_1, F_2 y F_3) en las quebradas Maquisapayoc y Sapuchal..... 38
Figura 6.11. Composición y riqueza de especies de microalgas del perifiton registradas entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación..... 40
Figura 6.12. Abundancia de especies de microalgas del perifiton registradas entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación..... 41
Figura 6.13. Dendrograma de similitud de las microalgas del perifiton entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación..... 43
Figura 6.14. Composición y riqueza de especies de perifiton animal registradas entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación..... 44
Figura 6.15. Abundancia de especies de perifiton animal registradas entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación..... 45
Figura 6.16. Dendrograma de similitud del perifiton animal entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación..... 47
Figura 6.17. Riqueza de especies de peces registradas entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación..... 50
Figura 6.18. Composición taxonómica a nivel de familias entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación..... 50
Figura 6.19. Composición trófica en relación a la riqueza de los peces colectados en el canal de flotación 52
Figura 6.20. Composición trófica en relación a la riqueza de los peces colectados en las zonas evaluadas..... 52
Figura 6.21. Abundancia de especies de peces registradas en el Canal de flotación..... 53

Figura 6.22. Dendrograma de similaridad Bray Curtis de los puntos de muestreo entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación 57
Figura 6.23. Composición y riqueza de especies de microalgas del perifiton registradas en las quebradas del área de estudio 58
Figura 6.24. Abundancia de especies de microalgas del perifiton registradas en las quebradas del área de estudio 58
Figura 6.25. Composición taxonómica a nivel de familias en las quebradas 62
Figura 6.26. Composición trófica en relación a la riqueza de los peces colectados en las quebradas 63
Figura 7.1. Ubicación de los sectores evaluados (bajial y aguajal) 65
Figura 7.2. Modelo conceptual del transporte físico del contaminante en el medio acuático. 66
Figura 7.3. Gráfico de cajas y bigotes de pH, oxígeno disuelto, conductividad y temperatura evaluados en el Canal de flotación 69
Figura 7.4. Agua superficial con iridiscencia proveniente de petróleo crudo 70
Figura 7.5. Concentraciones de TPH en el Canal de flotación entre el km 8+000 y km 39+500 comparados con el nivel de fondo y con el valor ESL de la guía Atlantic RBCA referencialmente. 72
Figura 7.6. Barrera de contención de hidrocarburos próximo a los derrames ocurridos en el km 20+190 y km 20+204 73
Figura 7.7. Esquema de superación de estándares de la CEQG-SQG y niveles de fondo para metales en el Canal de flotación entre el km 8+000 y km 39+500 76
Figura 7.8. Concentraciones de cobre (Cu) en el Canal de flotación, entre el km 8+000 y km 39+500 77
Figura 7.9. Evolución de la configuración meándrica del río Marañón en el sector evaluado 78

1. INTRODUCCIÓN

El Oleoducto Norperuano (ONP) —operado por Petróleos del Perú (Petroperú S.A.[1])— comprende un sistema de tuberías que transporta petróleo crudo, desde el corazón de la selva peruana en el departamento Loreto hasta el Terminal Bayóvar en el departamento Piura. La construcción del Tramo I (306 km) y Tramo II (548 km) inició en el año 1974 y finalizó 2 años después en 1976, año en que se inició la construcción del Ramal Norte[2] (252 km), sumando una longitud total de 1106 km.

El recorrido del ONP inicia en 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 continua 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, el denominado Oleoducto Ramal Norte (ORN), inicia en la Estación Andoas (distrito Pastaza, Provincia Datem del Marañón, Departamento Loreto) y recorre 252 km en dirección suroeste con tuberías de 16 pulgadas hasta la Estación 5, donde inicia el ONP Tramo II.

En el Tramo I del ONP se han reportado 19 emergencias ambientales por afectación del suelo, agua superficial, sedimento, comunidades hidrobiológicas, flora y fauna debido a derrames de petróleo crudo entre enero de 2014 y junio de 2019[3] (Ver Anexo 1). Una particularidad de este tramo es que posee una instalación denominada Canal de flotación, diseñada y construida para el tendido de aproximadamente 275 km de tubería[4], 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, saturado de agua superficial la mayor parte del año.

A solicitud de la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas (DSEM), el presente informe contiene la evaluación ambiental que determina causalidad[5] en el Canal de flotación en el sector comprendido entre el km 0+000 y el km 39+500 del Tramo I del Oleoducto Norperuano que fue realizada del 25 de junio al 8 de julio de 2019; del cual se logró evaluar desde el km 8+000 al km 39+500 debido a las condiciones de inaccesibilidad en los primeros 8 kilómetros; de manera similar no se realizó el muestreo desde el km 20+000 al 24+000 debido a dificultades socioambientales que suscitaron durante la ejecución.

El área de estudio comprende los primeros 39,5 km del Canal de flotación y parte de las

[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 setiembre de 2019.

[3] Memorándum N.° 3199-2018-OEFA/DSEM y Cartas de código JASO-729-2018, cursadas por Petroperú dirigidas a los reportes de emergencia ambiental.

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

[5] Las evaluaciones ambientales que realiza la DEAM pueden realizarse en 2 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 Plan de Evalución y Fiscalización Ambiental (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. Asimismo, el Planefa 2019 considera las EADC como productos importantes de la Función Evaluadora.

quebradas Sapuchal y Maquisapayoc (aproximadamente hasta 500 m aguas arriba y aguas abajo del Canal de flotación); entre los km 8+000 y km 39+500 del Tramo I del ONP; abarcando el distrito Urarinas, provincia Loreto, en el departamento Loreto, en el ámbito de unidad hidrográfica medio bajo Marañón (UH 49835). Asimismo, se encuentra dentro de la zona de amortiguamiento del Área Natural Protegida Reserva Nacional Pacaya Samiria y del sitio RAMSAR[6] 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[7] de acuerdo al parámetro evaluado.

2. ANTECEDENTES

Entre los km 8+000 y km 39+500 del Tramo I del ONP, se han reportado 5 derrames de petróleo crudo entre los años 2014 al 2019[8], los cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 2.1. Derrames de petróleo crudo ocurridos entre los km 8+000 y km 39+500 del Tramo I del ONP

N.°	Fecha	Ubicación	Coordenadas UTM WGS84 (Zona 18M)		Barriles	Área (m^2)
			Este	Norte		
1	12/11/2016	Tramo I - Km 15+300	493574	9479536	1698	2700
2	16/11/2014	Tramo I - Km 20+190	488864	9479027	3000	11011
3	27/02/2018	Tramo I - Km 20+204	488843	9479020	251,6	1100
4	25/10/2017	Tramo I - Km 24+367	484711	9478572	4,8	37500
5	11/11/2014	Tramo I - Km 24+880	483844	9478456	2	5000

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 8+000 y el km 39+500 del Tramo I del Oleoducto Norperuano, realizada del 25 de junio al 8 de julio de 2018.

El 3 de junio de 2019 la DEAM se aprobó el informe N.° 200-2019-OEFA/DEAM-SIM

6 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.

7 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)

8 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.

«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» (ver Anexo 7), cuyos resultados son empleados en la presente evaluación con fines comparativos.

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.[9]	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 Facilidades 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.
Minem: Ministerio de Energía y Minas.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar la calidad ambiental en el Canal de flotación y en las quebradas Sapuchal y Maquisapayoc, entre el km 8+000 y el m 39+500 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 y en las quebradas Sapuchal y Maquisapayoc.
- Evaluar la calidad de sedimentos en el Canal de flotación y en las quebradas Sapuchal y Maquisapayoc.
- Evaluar las comunidades hidrobiológicas en el Canal de flotación y en las quebradas Sapuchal y Maquisapayoc.

[9] 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.

- 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 8+000 al km 39+500 en el Tramo I del ONP; asimismo, las quebradas Sapuchal y Maquisapayoc, hasta aproximadamente 500 m aguas arriba y abajo del canal de flotación, en el distrito Urarinas, provincia Loreto, y departamento Loreto.

El sector evaluado del Canal de flotación, se ubica en la zona de amortiguamiento del Área Natural Protegida Reserva Nacional Pacaya Samiria y pertenece al sitio RAMSAR[10] 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 amazonia (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 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).

[10] 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 septiembre de 2019.

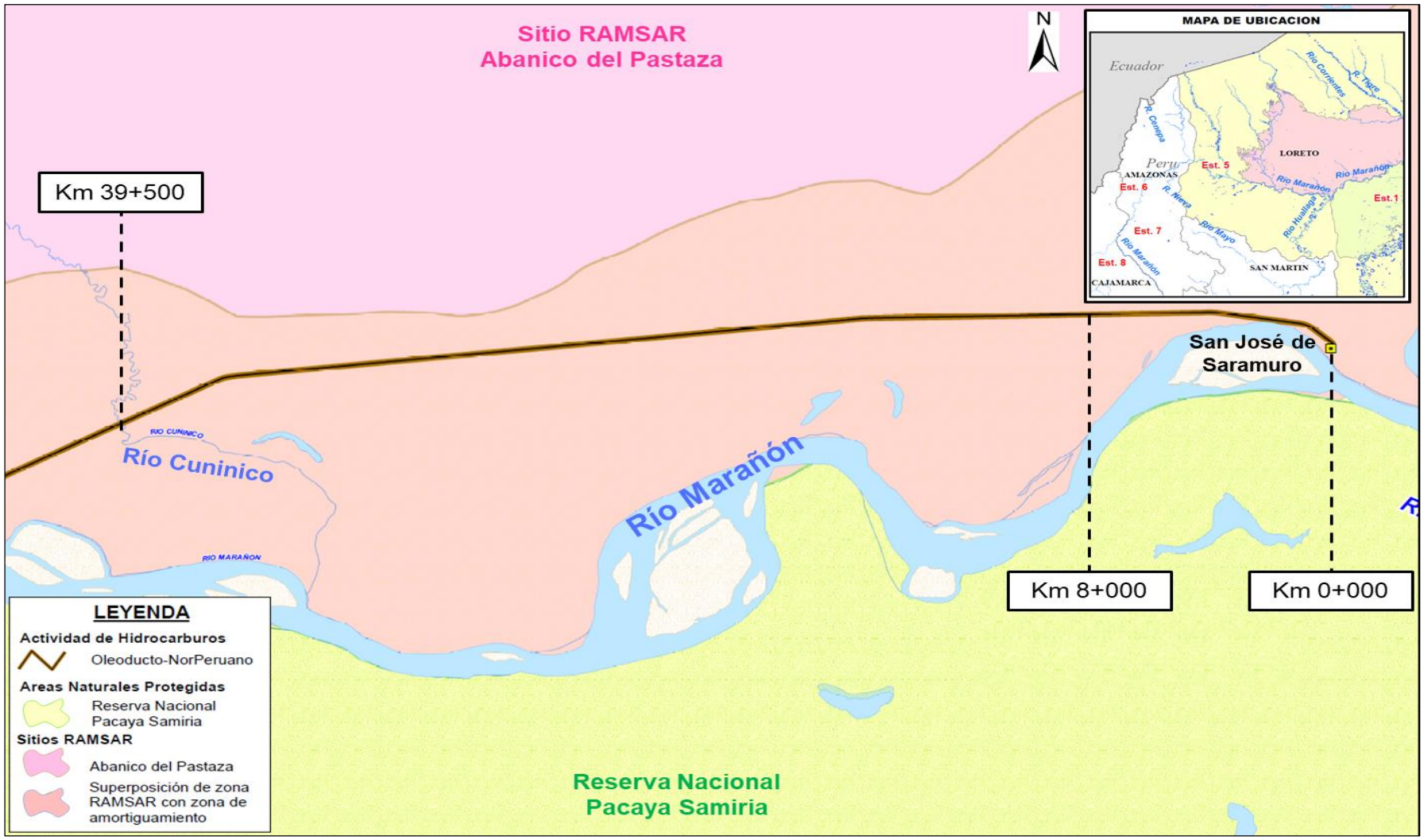


Figura 4.1. Esquema de ubicación del área de estudio comprendido entre el km 8+000 al km 39+500 del Tramo I del Oleoducto Norperuano

5. METODOLOGÍA

Las metodologías empleadas para el desarrollo de la evaluación ambiental en el Canal de flotación comprendido entre los km 8+000 y el km 39+500 Tramo I del ONP para cada uno de los componentes ambientales se detallan a continuación en función a los objetivos específicos.

Cabe señalar que 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.

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 requerimientos 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 30 puntos de muestreo, de los cuales 27 estaban ubicados en el Canal de flotación, y 3 en 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, - 27 puntos de muestreo aproximadamente cada 1000 m (km 8+000 al km 39+500) - 2 puntos de muestreo en la quebrada Maquisapayoc, aproximadamente a 500 m aguas arriba y aguas abajo del canal de flotación. - 1 punto de muestreo en la quebrada Sapuchal, aproximadamente a 500 m aguas abajo del canal de flotación.	30
<u>Muestreo en zonas de derrame:</u> - 1 punto de muestreo por cada lugar de ocurrencia de derrames de petróleo crudo (km 8+000 al km 39+500).	4*

*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[11]) según se describe en la Tabla 5.2. 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 las quebradas.

Para la evaluación del Canal de flotación se identificaron 2 ecosistemas: el primero entre los km 8+000 y km 20+000 (Bosque de Bajial); y el segundo, entre los km 20+000 y m 39+500 (Aguajal). La distancia comprendida en estos ecosistemas es de 20 y 19,5 km respectivamente. Los primeros 8 km del Canal de flotación no fueron evaluados debido a que la vegetación había colonizado la totalidad del Canal, restringiendo el acceso e imposibilitando distinguir un límite respecto a la Amazonía.

Se evaluó un total aproximado de 31,5 km de Canal de flotación (km 8+000 al km 39+500). Los puntos de muestreo fueron ubicados aproximadamente cada 1 km entre sí. Para establecer estas distancias se consideraron la longitud y la cantidad de emergencias ambientales[12] comprendidas en el área de estudio. Adicionalmente, se establecieron puntos de muestreo en cada lugar de ocurrencia de derrames de petróleo crudo.

En las quebradas Sapuchal y Maquisapayoc también se ubicaron puntos de muestreo, aguas arriba y aguas abajo del Canal de flotación, con la finalidad de evaluar la influencia del Canal, sobre los cuerpos de agua superficial que lo intersecan. En la quebrada Sapuchal se colocó 1 punto de muestreo, aproximadamente 400 m aguas abajo del Canal de flotación; y en la quebrada Maquisapayoc se colocaron 2 puntos de muestreo, aproximadamente a 300 m aguas arriba y 500 m aguas abajo del Canal de flotación.

En el Anexo 2 se presenta el mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial; sus descripciones son presentados 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	CF-AS-ONP-105	5/07/2019	15:05	500578	9479685	103	Canal de flotación, aproximadamente en el km 8+300 del Tramo I del ONP
2	CF-AS-ONP-104	5/07/2019	11:45	499572	9479652	105	Canal de flotación, aproximadamente en el km 9+300 del Tramo I del ONP
3	CF-AS-ONP-74	3/07/2019	09:50	498587	9479652	95	Canal de flotación, aproximadamente en el km 10+300 del Tramo I del ONP
4	CF-AS-ONP-75	3/07/2019	11:00	497569	9479620	111	Canal de flotación, aproximadamente en el km 11+300 del Tramo I del ONP
5	CF-AS-ONP-76	3/07/2019	12:00	496526	9479598	100	Canal de flotación, aproximadamente en el km 12+300 del Tramo I del ONP
6	CF-AS-ONP-77	3/07/2019	13:20	495564	9479588	89	Canal de flotación, aproximadamente en el km 13+300 del Tramo I del ONP
7	CF-AS-ONP-78	3/07/2019	14:10	494573	9479571	100	Canal de flotación, aproximadamente en el km 14+300 del Tramo I del ONP

[11] 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.

[12] En el sector comprendido entre el km 00+000 y el km 39+500, ocurrieron 5 derrames de petróleo crudo.

N.°	Código del punto de muestreo	Muestreo		Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Fecha	Hora	Este	Norte		
8	CF-AS-ONP-79	3/07/2019	15:00	493581	9479537	101	Canal de flotación, aproximadamente en el km 15+300 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo
9	QSapu-AS-ONP-1	3/07/2019	16:50	493483	9479092	101	Quebrada Sapuchal, aproximadamente 400 m aguas abajo del Canal de flotación
10	CF-AS-ONP-80	3/07/2019	16:00	492578	9479415	108	Canal de flotación, aproximadamente en el km 16+300 del Tramo I del ONP
11	CF-AS-ONP-81	2/07/2019	17:10	491586	9479312	98	Canal de flotación, aproximadamente en el km 17+300 del Tramo I del ONP
12	CF-AS-ONP-82	2/07/2019	16:15	490613	9479207	106	Canal de flotación, aproximadamente en el km 18+300 del Tramo I del ONP
13	CF-AS-ONP-83	2/07/2019	14:45	489843	9479138	106	Canal de flotación, aproximadamente en el km 19+300 del Tramo I del ONP
14	CF-AS-ONP-84	2/07/2019	13:00	488836	9479022	92	Canal de flotación, aproximadamente en el km 20+204 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo
15	CF-AS-ONP-88	28/06/2019	14:00	484711	9478572	106	Canal de flotación, aproximadamente en el km 24+367 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo
16	CF-AS-ONP-89	29/06/2019	16:15	483844	9478456	118	Canal de flotación, aproximadamente en el km 24+880 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo
17	CF-AS-ONP-90	29/06/2019	15:15	482638	9478346	116	Canal de flotación, aproximadamente en el km 26+400 del Tramo I del ONP
18	CF-AS-ONP-91	29/06/2019	14:00	481644	9478240	109	Canal de flotación, aproximadamente en el km 27+400 del Tramo I del ONP
19	CF-AS-ONP-92	29/06/2019	12:00	480649	9478134	103	Canal de flotación, aproximadamente en el km 28+400 del Tramo I del ONP
20	CF-AS-ONP-93	4/07/2019	10:15	479655	9478027	100	Canal de flotación, aproximadamente en el km 29+400 del Tramo I del ONP
21	CF-AS-ONP-94	4/07/2019	11:00	478661	9477919	104	Canal de flotación, aproximadamente en el km 30+400 del Tramo I del ONP
22	CF-AS-ONP-95	4/07/2019	13:30	477667	9477812	107	Canal de flotación, aproximadamente en el km 31+400 del Tramo I del ONP
23	QMaqu-AS-ONP-1	4/07/2019	14:50	476975	9477966	114	Quebrada Maquisapayoc, aproximadamente 300 m aguas arriba del Canal de flotación
24	QMaqu-AS-ONP-2	4/07/2019	17:30	476736	9477240	105	Quebrada Maquisapayoc, aproximadamente 500 m aguas abajo del Canal de flotación
25	CF-AS-ONP-96	4/07/2019	15:30	476672	9477705	107	Canal de flotación, aproximadamente en el km 32+400 del Tramo I del ONP
26	CF-AS-ONP-99	30/06/2019	16:00	473708	9477392	104	Canal de flotación, aproximadamente en el km 35+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		
27	CF-AS-ONP-100	30/06/2019	14:50	472681	9477014	111	Canal de flotación, aproximadamente en el km 36+400 del Tramo I del ONP
28	CF-AS-ONP-101	30/06/2019	13:30	471871	9476572	113	Canal de flotación, aproximadamente en el km 37+400 del Tramo I del ONP
29	CF-AS-ONP-102	30/06/2019	12:15	470986	9476106	83	Canal de flotación, aproximadamente en el km 38+400 del Tramo I del ONP
30	CF-AS-ONP-103	30/06/2019	11:00	470293	9475754	109	Canal de flotación, aproximadamente en el km 39+400 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 en cada punto de muestreo de agua superficial fueron: temperatura, potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica y oxígeno disuelto (OD).

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	Descripción	Laboratorio de ensayo acreditado
1	Hidrocarburos totales de petróleo (C_8-C_{40})	mg/L	EPA METHOD 8015 C Rev. 3, 2007	*Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography* (Cromatografía de gases)	ALS LS Perú S.A.C.
2	Aceites y grasas	mg/L	ASTM D7066.04 (Validado), 2011	*Standard Test Method for dimer/trimer of chlorotrifluoroethylene (S-316) Recoverable 011 and Grease and Nonpolar Material by Infrared Determination* (Infrarrojo)	
3	Cromo hexavalente	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500-Cr B, 23rd Ed. 2017	*Chromium: Colorimetric Method*	
4	Metales totales incluido mercurio	mg/L	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007 *	*Inductivety Coupled Piasma-Mass Spectrometry* (ICP-Masas)	
5	Cloruros	mg/L	EPA METHOD 300.1 Rev. 1, 1997 (validado) 2015	*Determination of Inorganic Anions in Drinkin Water by Ion Chromatography*	

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

[13] Según el PAMA, 1995., la composición química de los hidrocarburos trae 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.

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.

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 se adjuntan en el Anexo 3: Reporte de Campo con N.° 399-2019-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

El río Marañón es el cuerpo de agua principal al cual tributan las quebradas Maquisapayoc y Sapuchal, así como finalmente contribuyen también las aguas del canal de flotación. El Marañón ha sido clasificado 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, la Tercera disposición complementaria transitoria del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM que Aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias precisa que «… *En tanto la Autoridad Nacional del Agua no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del recurso hídrico al cual tributa, previo análisis de dicha autoridad*», siendo este el caso particular de las quebradas Sapuchal y Maquisapayoc, por lo que adoptan la Categoría 4 «Conservación del ambiente acuático».

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

[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 7 de junio de 2017.

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 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 los ECA para agua 2008, con excepción de aceites y grasas (cuyo valor se incrementa de 1,0 mg/L a 5,0 mg/L), cromo hexavalente (cuyo valor se reduce de 0,05 mg/L a 0,011 mg/L) y TPH (se incluye un valor estándar).

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 sedimento de agua continental, se utilizaron como referencia los manuales indicados en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6. Referencias para el muestreo de sedimento

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 requerimientos establecidos por el laboratorio acreditado encargado de la analítica.

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
[…]
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

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.

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	CF-SED-ONP-105	5/07/2019	15:05	500578	9479685	103	Canal de flotación, aproximadamente en el km 8+300 del Tramo I del ONP
2	CF-SED-ONP-104	5/07/2019	11:45	499572	9479652	105	Canal de flotación, aproximadamente en el km 9+300 del Tramo I del ONP
3	CF-SED-ONP-74	3/07/2019	09:50	498587	9479652	95	Canal de flotación, aproximadamente en el km 10+300 del Tramo I del ONP
4	CF-SED-ONP-75	3/07/2019	11:00	497569	9479620	111	Canal de flotación, aproximadamente en el km 11+300 del Tramo I del ONP
5	CF-SED-ONP-76	3/07/2019	12:00	496526	9479598	100	Canal de flotación, aproximadamente en el km 12+300 del Tramo I del ONP
6	CF-SED-ONP-77	3/07/2019	13:20	495564	9479588	89	Canal de flotación, aproximadamente en el km 13+300 del Tramo I del ONP
7	CF-SED-ONP-78	3/07/2019	14:10	494573	9479571	100	Canal de flotación, aproximadamente en el km 14+300 del Tramo I del ONP
8	CF-SED-ONP-79	3/07/2019	15:00	493581	9479537	101	Canal de flotación, aproximadamente en el km 15+300 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo
9	QSapu-SED-ONP-1	3/07/2019	16:50	493483	9479092	101	Quebrada Sapuchal, aproximadamente 400 m aguas abajo del Canal de flotación
10	CF-SED-ONP-80	3/07/2019	16:00	492578	9479415	108	Canal de flotación, aproximadamente en el km 16+300 del Tramo I del ONP
11	CF-SED-ONP-81	2/07/2019	17:10	491586	9479312	98	Canal de flotación, aproximadamente en el km 17+300 del Tramo I del ONP
12	CF-SED-ONP-82	2/07/2019	16:15	490613	9479207	106	Canal de flotación, aproximadamente en el km 18+300 del Tramo I del ONP
13	CF-SED-ONP-83	2/07/2019	14:45	489843	9479138	106	Canal de flotación, aproximadamente en el km 19+300 del Tramo I del ONP
14	CF-SED-ONP-84	2/07/2019	13:00	488836	9479022	92	Canal de flotación, aproximadamente en el km 20+204 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		
15	CF-SED-ONP-88	28/06/2019	14:00	484711	9478572	106	Canal de flotación, aproximadamente en el km 24+367 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo
16	CF-SED-ONP-89	29/06/2019	16:15	483844	9478456	118	Canal de flotación, aproximadamente en el km 24+880 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo
17	CF-SED-ONP-90	29/06/2019	15:15	482638	9478346	116	Canal de flotación, aproximadamente en el km 26+400 del Tramo I del ONP
18	CF-SED-ONP-91	29/06/2019	14:00	481644	9478240	109	Canal de flotación, aproximadamente en el km 27+400 del Tramo I del ONP
19	CF-SED-ONP-92	29/06/2019	12:00	480649	9478134	103	Canal de flotación, aproximadamente en el km 28+400 del Tramo I del ONP
20	CF-SED-ONP-93	4/07/2019	10:15	479655	9478027	100	Canal de flotación, aproximadamente en el km 29+400 del Tramo I del ONP
21	CF-SED-ONP-94	4/07/2019	11:00	478661	9477919	104	Canal de flotación, aproximadamente en el km 30+400 del Tramo I del ONP
22	CF-SED-ONP-95*	4/07/2019	13:30	477667	9477812	107	Canal de flotación, aproximadamente en el km 31+400 del Tramo I del ONP.
23	QMaqu-SED-ONP-1	4/07/2019	14:50	476975	9477966	114	Quebrada Maquisapayoc, aproximadamente 300 m aguas arriba del Canal de flotación
24	QMaqu-SED-ONP-2	4/07/2019	17:30	476736	9477240	105	Quebrada Maquisapayoc, aproximadamente 500 m aguas abajo del Canal de flotación
25	CF-SED-ONP-96	4/07/2019	15:30	476672	9477705	107	Canal de flotación, aproximadamente en el km 32+400 del Tramo I del ONP
26	CF-SED-ONP-99	30/06/2019	16:00	473708	9477392	104	Canal de flotación, aproximadamente en el km 35+400 del Tramo I del ONP
27	CF-SED-ONP-100	30/06/2019	14:50	472681	9477014	111	Canal de flotación, aproximadamente en el km 36+400 del Tramo I del ONP
28	CF-SED-ONP-101	30/06/2019	13:30	471871	9476572	113	Canal de flotación, aproximadamente en el km 37+400 del Tramo I del ONP
29	CF-SED-ONP-102	30/06/2019	12:15	470986	9476106	83	Canal de flotación, aproximadamente en el km 38+400 del Tramo I del ONP
30	CF-SED-ONP-103	30/06/2019	11:00	470293	9475754	109	Canal de flotación, aproximadamente en el km 39+400 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	S/M	BARRE-OEFA-11
2	Barreno	AMS	S/M	BARRE-OEFA-04
3	Barreno	AMS	S/M	BARRE-OEFA-14
4	Barreno tipo espada	S/M	S/M	S/M
5	Draga	S/M	Van Veen	DVV311155
6	Draga	S/M	Van Veen	S/M
7	Draga	S/M	Van Veen	DVV131704
8	Cámara fotográfica digital	Canon	Powershot D30BL	82051001005
9	Equipo de posicionamiento GPS	Garmin	Montana 680	4HU005008

S/M: Sin marca, sin modelo o sin número de serie.

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 por ICP OES, incluido mercurio total	mg/kg PS	EPA 3050 B:1996 / EPA 6010 B:1996, para mercurio: EPA 7471 B Rev. 2, February 2007 (ICP-OES)	
5	Cromo Hexavalente	mg/kg PS	EPA 3060 Revisión1 December 1996/EPA 7199 Revisión 0 December 1996. (Validado). 2017	
6	BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos)	mg/kg PS	EPA METHOD 8260 C, Rev. 3, 2006	
7	Potencial de hidrógeno	-	-	AGQ Perú S.A.C.
8	Análisis Granulométrico	-	(Granulometría) S-0002-PE	

[20] Según el PAMA, 1995., la composición química de los hidrocarburos trae 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.

N.°	Parámetro	Unidad	Método de análisis	Laboratorio de ensayo acreditado
9	Materia orgánica	mg/kg PS	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, ítem 7.1.7 AS 07:2000 (Validado): 2017	SGS del Perú S.A.C.

Fuente: Informes de ensayo del laboratorio de ALS LS PERÚ S.A.C., AQG PERÚ S.A.C. y SGS del 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 específicas 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.

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

[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.

del Ambiente (en adelante, MINAM), en el marco del artículo 33 de la Ley N.° 28611, Ley General del Ambiente[25,26].

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 de manera referencial con los resultados del Canal de flotación y aguas abajo de los ríos y quebradas que intersecan el Canal.

---

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 los 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)

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.

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

N.°	Parámetros	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 (Anexo 7)

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:

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

- *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 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

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.

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.

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].

Guía canadiense CEQG-SQG para metales:

Para la comparación de concentraciones de metales se utilizó de manera referencial[39] los valores 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 en los macroinvertebrados bentónicos.
- *Probable Effect Level* - PEL (nivel de efecto probable): representa el nivel de concentración química por encima del cual —usualmente o siempre — está asociado a efectos biológicos adversos en los macroinvertebrados bentónicos.

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 (*Table 4.0 Appendix 2 - Atlantic RBCA Version 3 Ecological Screening Protocol for Petroleum Impacted Sites In Atlantic Canada*)
PS: Peso seco

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.

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 5.12 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	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 5.12 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.° 399-2019-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 (aguas arriba y aguas abajo del Canal de flotación) con las quebradas Sapuchal y Maquisapayoc. Esto con la finalidad de caracterizar el ambiente acuático y su posible afectación.

Se evaluó un total de 30 puntos de muestreo, de los cuales 27 se ubicaron en el Canal de flotación, y 3 en ríos y quebradas; 1 punto en la quebrada Sapuchal (1 punto aguas abajo con respecto a la intersección con el Canal de flotación) y 2 puntos en la quebrada Maquisapayoc (1 punto aguas arriba y 1 punto aguas abajo del Canal). En la Tabla 5.13. 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 5.13.

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-74, CF-HB-ONP-75, CF-HB-ONP-76, CF-HB-ONP-77, CF-HB-ONP-78, CF-HB-ONP-79, CF-HB-ONP-80, CF-HB-ONP-81, CF-HB-ONP-82, CF-HB-ONP-83, CF-HB-ONP-84, CF-HB-ONP-88 CF-HB-ONP-89, CF-HB-ONP-90*, CF-HB-ONP-91, CF-HB-ONP-92*, CF-HB-ONP-93, CF-HB-ONP-94*, CF-HB-ONP-95*, CF-HB-ONP-96*, CF-HB-ONP-99*, CF-HB-ONP-100, CF-HB-ONP-101, CF-HB-ONP-102, CF-HB-ONP-103, CF-HB-ONP-104, CF-HB-ONP-105	27
Quebrada Sapuchal		QSapu-HB-ONP-1	1
Quebrada Maquisapayoc		QMaqu-HB-ONP-1 y QMaqu-HB-ONP-2*	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 5.14.

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-105	500578	9479685	103	Canal de flotación, aproximadamente en el km 8+300 del Tramo I del ONP
2	CF-HB-ONP-104	499572	9479652	105	Canal de flotación, aproximadamente en el km 9+300 del Tramo I del ONP
3	CF-HB-ONP-74	498587	9479652	95	Canal de flotación, aproximadamente en el km 10+300 del Tramo I del ONP
4	CF-HB-ONP-75	497569	9479620	111	Canal de flotación, aproximadamente en el km 11+300 del Tramo I del ONP
5	CF-HB-ONP-76	496526	9479598	100	Canal de flotación, aproximadamente en el km 12+300 del Tramo I del ONP
6	CF-HB-ONP-77	495564	9479588	89	Canal de flotación, aproximadamente en el km 13+300 del Tramo I del ONP
7	CF-HB-ONP-78	494573	9479571	100	Canal de flotación, aproximadamente en el km 14+300 del Tramo I del ONP
8	CF-HB-ONP-79	493581	9479537	101	Canal de flotación, aproximadamente en el km 15+300 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo
9	QSapu-HB-ONP-1	493483	9479092	101	Quebrada Sapuchal, aproximadamente 400 m aguas abajo del Canal de flotación
10	CF-HB-ONP-80	492578	9479415	108	Canal de flotación, aproximadamente en el km 16+300 del Tramo I del ONP

[41] Las condiciones desfavorables fueron: demasiada vegetación de orilla que impiden el paso del peque y la manipulación de los artes de pesca utilizados.

N.°	Código del punto de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 M		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
11	CF-HB-ONP-81	491586	9479312	98	Canal de flotación, aproximadamente en el km 17+300 del Tramo I del ONP
12	CF-HB-ONP-82	490613	9479207	106	Canal de flotación, aproximadamente en el km 18+300 del Tramo I del ONP
13	CF-HB-ONP-83	489843	9479138	106	Canal de flotación, aproximadamente en el km 19+300 del Tramo I del ONP
14	CF-HB-ONP-84	488836	9479022	92	Canal de flotación, aproximadamente en el km 20+204 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo
15	CF-HB-ONP-88	484711	9478572	106	Canal de flotación, aproximadamente en el km 24+367 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo
16	CF-HB-ONP-89	483844	9478456	118	Canal de flotación, aproximadamente en el km 24+880 del Tramo I del ONP. Lugar de ocurrencia de derrame de petróleo crudo
17	CF-HB-ONP-90	482638	9478346	116	Canal de flotación, aproximadamente en el km 26+400 del Tramo I del ONP
18	CF-HB-ONP-91	481644	9478240	109	Canal de flotación, aproximadamente en el km 27+400 del Tramo I del ONP
19	CF-HB-ONP-92	480649	9478134	103	Canal de flotación, aproximadamente en el km 28+400 del Tramo I del ONP
20	CF-HB-ONP-93	479655	9478027	100	Canal de flotación, aproximadamente en el km 29+400 del Tramo I del ONP
21	CF-HB-ONP-94	478661	9477919	104	Canal de flotación, aproximadamente en el km 30+400 del Tramo I del ONP
22	CF-HB-ONP-95	477667	9477812	107	Canal de flotación, aproximadamente en el km 31+400 del Tramo I del ONP
23	QMaqu-HB-ONP-1	476975	9477966	114	Quebrada Maquisapayo, aproximadamente 300 m aguas arriba del Canal de flotación
24	QMaqu-HB-ONP-2*	476736	9477240	105	Quebrada Maquisapayo, aproximadamente 500 m aguas abajo del Canal de flotación
25	CF-HB-ONP-96	476672	9477705	107	Canal de flotación, aproximadamente en el km 32+400 del Tramo I del ONP
26	CF-HB-ONP-99	473708	9477392	104	Canal de flotación, aproximadamente en el km 35+400 del Tramo I del ONP
27	CF-HB-ONP-100	472681	9477014	111	Canal de flotación, aproximadamente en el km 36+400 del Tramo I del ONP
28	CF-HB-ONP-101	471871	9476572	113	Canal de flotación, aproximadamente en el km 37+400 del Tramo I del ONP
29	CF-HB-ONP-102	470986	9476106	83	Canal de flotación, aproximadamente en el km 38+400 del Tramo I del ONP
30	CF-HB-ONP-103	470293	9475754	109	Canal de flotación, aproximadamente en el km 39+400 del Tramo I del ONP

(*) Se realizó el intento de captura de peces

5.3.3. Métodos de análisis

Las comunidades hidrobiológicas evaluadas y los métodos de análisis empleados se presentan en la Tabla 5.15.

Para la identificación de las especies de perifiton se procuró identificar hasta el menor nivel taxonómico utilizando claves taxonómicas y descripciones detalladas de los principales

grupos siguiendo detalle se describe en el Anexo 5 Identificación N.° PE025-2019-OEFA/DEAM.

Para la identificación de las especies de macroinvertebrados bentónicos con revisiones bibliográficas referidos al campo de la taxonomía de invertebrados de agua dulce em América del Sur (Domínguez y Fernández, 2009; Domínguez *et a*l., 2006). La identificación se realizó hasta el nivel de género, debido a la insuficiente información que generan las etapas inmaduras (larvas o ninfas) de los insectos. La lista de especies se encuentra en el Anexo 5 Resultados de análisis N.° MIB054-2019- OEFA/DEAM

Para la identificación de las especies de peces se consideraron aspectos morfológicos, morfométricos y merísticos, procurando identificar hasta el menor nivel taxonómico utilizando claves taxonómicas y descripciones detalladas de los principales grupos. En el caso de peces la clasificación de Orden y Familia se realizó de acuerdo a Ortega et al., 2012 y las actualizaciones de las especies fue siguiendo la establecida por la Academia de Ciencias de California (Eschmeyer y Fong, 2017). Mayor detalle se describe en el Anexo 5 Resultados de análisis N.° IC015-2019-2019- OEFA/DEAM y además las especies fueron depositadas en la Colección de peces del Departamento de Ictiología del Museo de Historia Natural con número de Ingreso (ICTIOLOGIA MHN N°11-2019).

Tabla 5.15. Comunidades hidrobiológicas y métodos de análisis

N.°	Comunidades hidrobiológicas*	Método de análisis	Método de colecta	Cantidad de muestras
1	Perifiton	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 10500 C.1,2, 22nd Ed. 2012	Raspado de una superficie de 25 cm^2	30
2	Macroinvertebrados bentónicos	SMEWW 10300C, SMEWW 10300E	Muestreo de una superficie total de 0,06 m^2 con Draga	32
3	Necton (Peces)	UNMSM, 2014	Pesca con número de lances de atarraya / arrastre con red cal - cal	29

* 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, los cuales se detallan en el Anexo 3: Reporte de Campo N.º 399-2019-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 4: Reporte de Resultados N.º 0414-2019-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:

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

Donde:

$H¨$: índice de Shannon - Wiener

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

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:

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

Donde:

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

Índice de Shannon-Wiener (H'), asume que todas las especies están representadas en las muestras; además qué tan uniformes están representadas las especies (en abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreadas, varía entre 0 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a ese rango se consideran bajos en diversidad y valores superiores, altos en diversidad de especies (Magurran, 2004).

$$H' = \sum pi * \log_2 pi \qquad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde:
pi = ni / N abundancia proporcional de una especie
ni : # de individuos de la especie *i*.
N : # total de individuos de todas las 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:

$$IBC = 1 - \frac{(\Sigma \text{ xi} - \text{yi})}{(\Sigma \text{ xi} + \text{yi})} \qquad \text{(Ecuación 5)}$$

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 quebradas; comprendidos entre el km 8+000 y el km 39+500 del Canal de flotación.

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 complementariamente 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 según lo especificado en el ítem 6.2.6. Asimismo, las concentraciones de TPH y metales 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. Agua superficial

Los resultados fueron obtenidos de 27 puntos de muestreo ubicados en el Canal de flotación, y 3 puntos de muestreo ubicados en las quebradas Sapuchal y Maquisapayoc; tal como se muestra en el mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial (Anexo 2). A continuación, se presentan los resultados:

6.1.1. Canal de flotación

Los resultados muestran los valores registrados en el Canal de flotación entre el km 8+000 al km 39+500. 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.

6.1.1.1. Mediciones *in situ*

La mayoría de valores registrados de pH y OD se encontraron por debajo del valor 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 excedieron dichos estándares. Los valores registrados de pH, OD, C y T se presentan en la Tabla 6.1.

[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»

Tabla 6.1. 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	Canal de Flotación del km 8+000 al km 39+500	Bosque de Bajial	CF-AS-ONP-105	5/07/2019	6,61	0,80	120,50	26,50
2			CF-AS-ONP-104	5/07/2019	6,62	0,59	129,80	26,20
3			CF-AS-ONP-74	3/07/2019	6,67	1,65	118,80	25,90
4			CF-AS-ONP-75	3/07/2019	6,54	1,11	133,90	27,70
5			CF-AS-ONP-76	3/07/2019	6,51	0,60	134,00	26,90
6			CF-AS-ONP-77	3/07/2019	6,51	1,78	144,60	28,60
7			CF-AS-ONP-78	3/07/2019	6,5	1,66	143,00	29,10
8			CF-AS-ONP-79	3/07/2019	6,48	1,24	143,60	28,40
9			CF-AS-ONP-80	3/07/2019	6,03	0,77	59,80	28,00
10			CF-AS-ONP-81	2/07/2019	5,97	0,60	53,90	26,60
11			CF-AS-ONP-82	2/07/2019	6,15	0,67	73,60	27,00
12			CF-AS-ONP-83	2/07/2019	6,38	1,55	88,80	33,60
13		Aguajal	CF-AS-ONP-84	2/07/2019	5,24	3,91	19,75	29,80
14			CF-AS-ONP-88	28/06/2019	5,79	3,59	24,30	26,2
15			CF-AS-ONP-89	29/06/2019	5,71	2,68	67,10	28,3
16			CF-AS-ONP-90	29/06/2019	5,83	1,42	31,40	28,3
17			CF-AS-ONP-91	29/06/2019	5,85	0,65	37,45	29,3
18			CF-AS-ONP-92	29/06/2019	5,85	1,16	54,10	27,7
19			CF-AS-ONP-93	4/07/2019	5,40	0,39	21,70	25,00
20			CF-AS-ONP-94	4/07/2019	5,42	0,88	22,20	27,20
21			CF-AS-ONP-95	4/07/2019	5,56	0,22	26,50	28,40
22			CF-AS-ONP-96	4/07/2019	5,51	1,48	15,98	25,10
23			CF-AS-ONP-99	30/06/2019	6,13	0,27	45,60	26,60
24			CF-AS-ONP-100	30/06/2019	6,09	0,35	38,10	27,00
25			CF-AS-ONP-101	30/06/2019	6,04	1,51	27,20	29,40
26			CF-AS-ONP-102	30/06/2019	5,94	1,74	24,20	30,30
27			CF-AS-ONP-103	30/06/2019	6,07	1,83	21,49	27,90
ECA para Agua 2008 - Categoría 4 «Ríos de Selva»					6,5 a 8,5	≥ 5	-	-
ECA para Agua 2017 - Categoría 4 – E2 «Ríos de Selva»					6,5 a 9,0	≥ 5	1000	Δ 3

Por debajo del valor 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.

Se registraron valores de potencial de hidrógeno en el rango de 5,24 unid. de pH – 6,67 unid. de pH. En 20 de 27 puntos de muestreo, dichos valores se situaron por debajo del límite inferior (menor a 6,5 unid. de pH) establecido en los ECA para agua 2008 y 2017 (Figura 6.1).

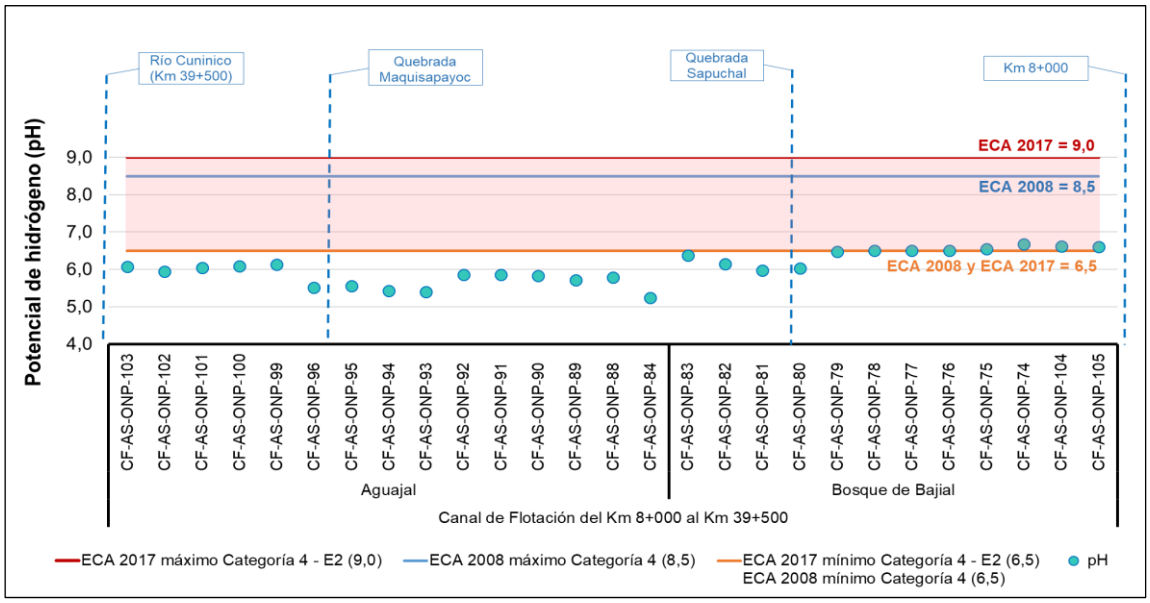


Figura 6.1. Valores de pH en el Canal de flotación entre el km 8+000 y el km 39+500

Se registraron valores de OD en el rango de 0,22 mg/L - 3,91 mg/L. En todos los puntos de muestreo, dichos valores se situaron por debajo del valor mínimo (5 mg/L) establecido en los ECA para agua 2008 y 2017 (Figura 6.2).

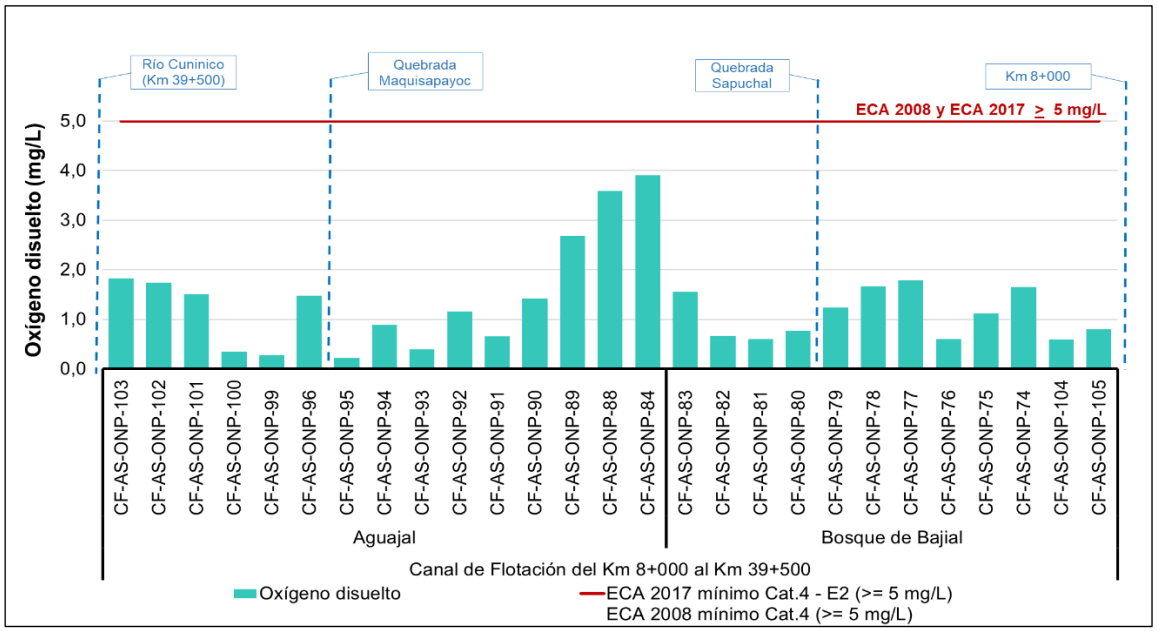


Figura 6.2. Valores de oxígeno disuelto en el Canal de flotación entre el km 8+000 y el km 39+500

6.1.1.2. Hidrocarburos totales de petróleo (TPH), aceites y grasas

Los TPH fueron registradas en concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método de análisis (0,0008 mg/L) en 22 de 27 puntos de muestreo; excepto en los puntos de muestreo CF-AS-ONP-104 (0,0615 mg/L), CF-AS-ONP-81 (0,0584 mg/L), CF-AS-ONP-82 (0,0552 mg/L), CF-AS-ONP-83 (0,3029 mg/L) y CF-AS-ONP-88 (0,0958 mg/L); según

se muestra en el Anexo 4 Reporte de resultados N.° 0414-2019-SSIM. En ningún punto de muestreo de agua superficial los valores de TPH superaron el ECA 2017, Categoría 4 (0,5 mg/L).

Las concentraciones de aceites y grasas se registraron con valores por debajo del límite de cuantificación del método de análisis (0,100 mg/L) en todos los puntos de muestreo, excepto en el punto de muestreo CF-AS-ONP-102 donde registró el valor de 0,235 mg/L. En ningún caso superó el ECA para agua 2017, Categoría 4 (5,0 mg/L).

6.1.1.3. Metales

Se registró la presencia de ciertos metales en concentraciones por encima del límite de cuantificación del método del ensayo del laboratorio; dichos metales fueron aluminio, antimonio, arsénico, bario, cobre, cromo, hierro, níquel, y vanadio entre otros

De los 27 puntos de muestreo evaluados, 1 punto de muestreo (CF-AS-ONP-74) superó los ECA para agua 2008 para plomo. Sin embargo, ninguno superó los ECA para agua 2017. En el Anexo 4 Reporte de resultados N.° 0414-2019-SSIM se encuentran los resultados obtenidos para la evaluación de los metales totales comparados con los ECA para agua.

- Cromo hexavalente

En los 27 puntos de muestreo evaluados, se registraron concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método de análisis (0,002 mg/L); por lo que, estas concentraciones no superaron los ECA para agua 2008 y 2017.

- Cloruros

Los ECA para agua 2008 y 2017 no consideran valores estándar para el parámetro cloruros. Sin embargo, cabe indicar que en 23 de los 27 puntos de muestreo se registró la presencia este parámetro en concentraciones por encima del límite de cuantificación (0,061 mg/L) del método del ensayo del laboratorio.

6.1.2. Quebradas Sapuchal y Maquisapayoc

Los resultados muestran los valores medidos en las quebradas Sapuchal y Maquisapayoc. Los parámetros medidos *in situ* fueron pH, oxígeno disuelto (OD), conductividad (C) y temperatura (T); y los parámetros analizados en laboratorio fueron: cloruros, cromo hexavalente, aceites y grasas, TPH y metales totales.

6.1.2.1. Mediciones *in situ*

Los valores registrados de pH y OD se encontraron por debajo del valor inferior establecido en los ECA para agua 2008 y 2017 según se presenta en la Tabla 6.2. Asimismo, los valores de conductividad y temperatura no superaron dichos estándares.

Tabla 6.2. 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	Quebrada Sapuchal	QSapu-AS-ONP-1	03/07/2019	6,39	0,58	120,60	27,40
2	Quebrada Maquisapayoc	QMaqu-AS-ONP-1	04/07/2019	5,70	1,81	14,70	25,40
3		QMaqu-AS-ONP-2	04/07/2019	5,67	1,58	17,50	25,10
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

Por debajo del valor 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

Se registraron valores de potencial de hidrógeno en el rango de 5,67 unidades de pH - 6,39 unidades de pH. En los 3 puntos de muestreo, dichos valores se situaron por debajo del límite inferior (menor a 6,5 unidades de pH) establecido en los ECA para agua 2008 y 2017 (Figura 6.3).

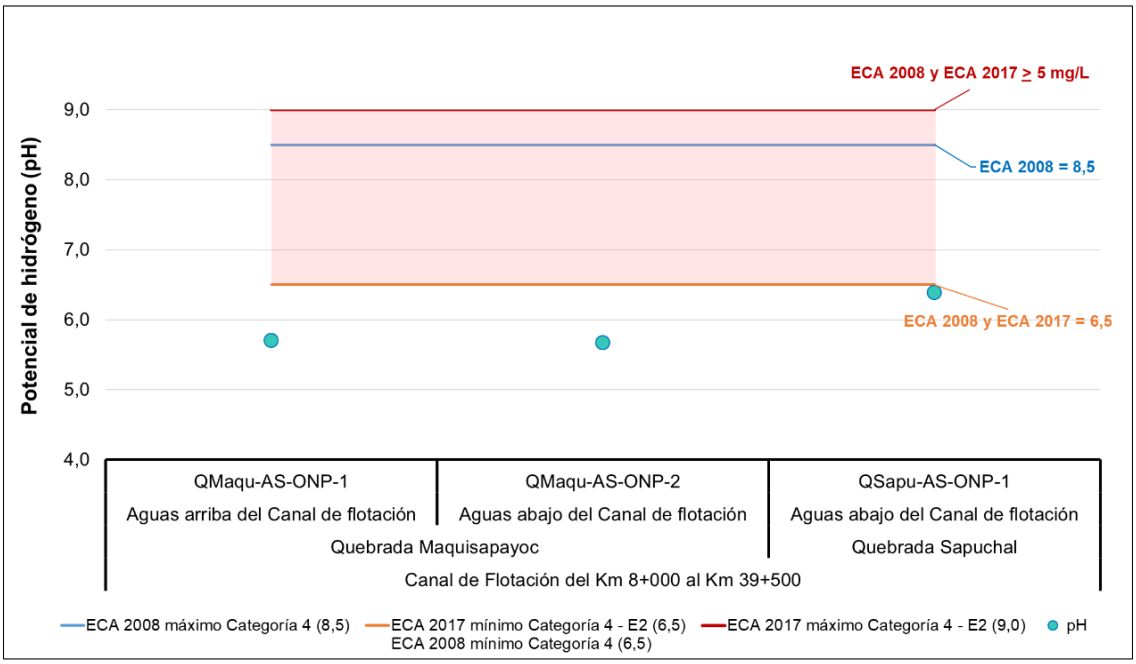


Figura 6.3. Valores de pH en las quebradas del área de estudio

Se registraron valores de OD en el rango de 0,58 mg/L - 1,81 mg/L. En los 3 puntos de muestreo, dichos valores se situaron por debajo del valor mínimo (5 mg/L) establecido en los ECA para agua 2008 y 2017 (Figura 6.4).

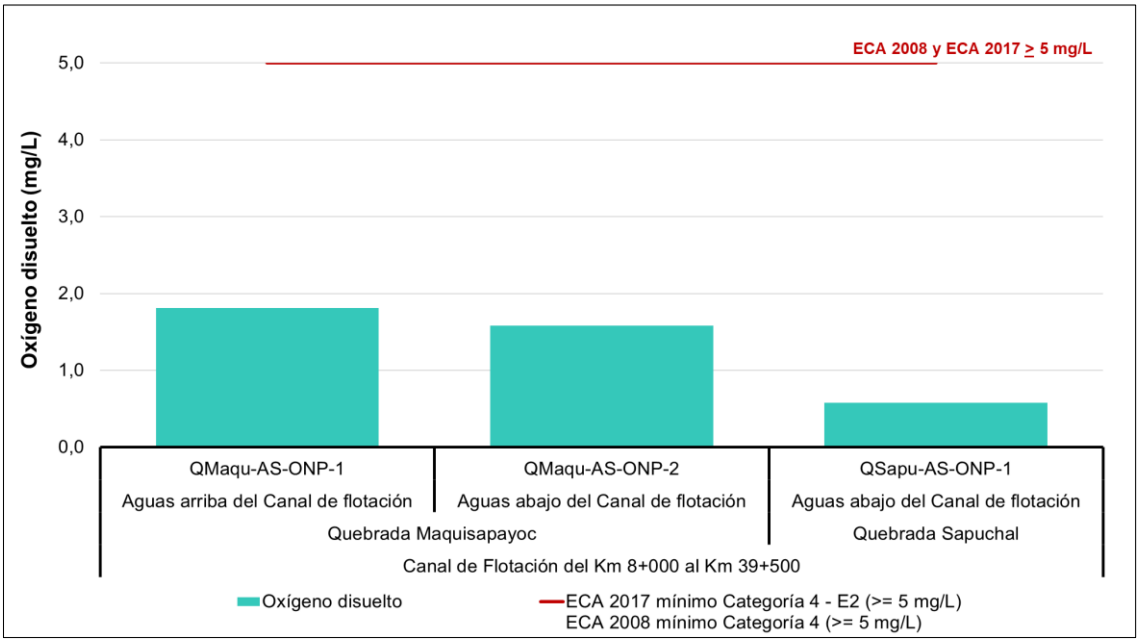


Figura 6.4. Valores de oxígeno disuelto en las quebradas del área de estudio

6.1.2.2. Hidrocarburos totales de petróleo (TPH), aceites y grasas

Los TPH y aceites y grasas fueron registrados en concentraciones por debajo del límite de cuantificación (0,0008 mg/L para TPH y 0,100 mg/L para aceites y grasas) del método de análisis de laboratorio. En ambos casos, las concentraciones encontradas estuvieron por debajo de los ECA para agua 2017 para ambos parámetros.

6.1.2.3. Metales totales

En la quebrada Sapuchal en el punto de muestreo QSapu-AS-ONP-1 ubicado a 400 m aguas abajo del Canal de flotación se registró presencia de concentraciones de aluminio, arsénico, bario, cromo, cobre, hierro, níquel, plomo y vanadio entre otros elementos.

En la quebrada Maquisapayoc en los puntos evaluados QMaqu-AS-ONP-1 y QMaqu-AS-ONP-2) se registró presencia de concentraciones aluminio, bario, cromo, cobre, hierro, níquel, plomo, vanadio y zinc entre otros.

De los 3 puntos de muestreo evaluados, ninguno superó los ECA para agua 2008 y 2017 para ningún metal regulado por dicha norma.

- Cromo hexavalente

El cromo VI se registró en concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método de análisis (0,002 mg/L) en los puntos de muestreo de la quebrada Sapuchal y Maquisapayoc, y ninguna de estas superó los ECA para agua 2008 y 2017.

- Cloruros

Los ECA para agua 2008 y 2017 no consideran valores estándar para el parámetro cloruros. Sin embargo, cabe indicar que en 1 de los 3 puntos de muestreo se registró la presencia este parámetro en concentraciones por encima del límite de cuantificación (0,061 mg/L) del

método del ensayo del laboratorio, dicho punto se ubica en la quebrada Sapuchal, aguas abajo del Canal de flotación.

6.2. Sedimento

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de 26 puntos de muestreo ubicados en el Canal de flotación y de 3 puntos ubicados en dos quebradas que intersecan con el mismo; ordenados considerando el tipo de cuerpo de agua: Canal de flotación y quebradas Sapuchal y Maquisapayoc.

En el canal de flotación se identificaron 2 tipos de ecosistemas – zona de aguajales entre los km 20+000 al km 39+500, y bosque de bajial entre el km 8+000 al km 20+000, los cuales se consideran en la presentación de los resultados; los que se describen a continuación:

6.2.1. Canal de flotación

Se evaluó el Canal de flotación entre el km 8+000 y el km 39+500, donde los parámetros evaluados se describen a continuación:

6.2.1.1. Caracterización textural

Según el análisis granulométrico, se registró la predominancia de textura franca y franco-arenosa según la composición del sedimento en los puntos de muestreo del Canal de flotación. (Figura 6.5)

En el primer sector – bosque de bajial (km 8+000 al m 20+000) – la textura del sedimento varió entre la clase franca, franco-arenosa, areno-francosa, arenosa y franco-arcillosa.

En el segundo sector – aguajal (km 20+000 al km 39+500) – la textura fue franca y areno-francosa en la mayoría de los puntos, siendo dominada por el contenido de arena con respecto al limo y la arcilla.

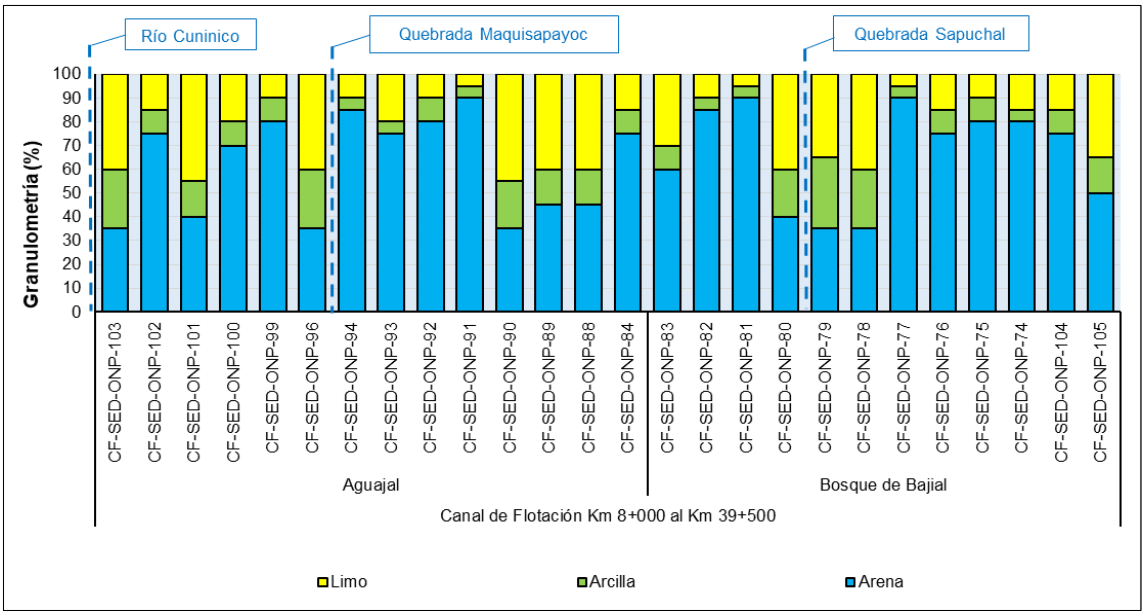


Figura 6.5. Clase textural en el Canal de flotación entre el km 8+000 y el km 39+500

6.2.1.2. Parámetros de campo

- pH

El sedimento del Canal de flotación presentó características ácidas determinado por el potencial de hidrógeno en un rango de 4,48 unidades de pH y 6,37 unidades de pH y una media de 5,1 unidades de pH; para los puntos de muestreo ubicados en la zona de aguajal (km 8+000 al km 20+000) como en la zona de bosque de bajial (km 20+000 al km 39+500).

6.2.1.3. Compuestos orgánicos

Los compuestos orgánicos evaluados fueron: hidrocarburos totales del petróleo (TPH); fracciones de hidrocarburos; hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAP); benceno, tolueno, éter y xilenos (BTEX); y materia orgánica, los cuales se describen a continuación:

- Hidrocarburos totales de petróleo (TPH)

En 25 de 26 puntos de muestreo se registraron concentraciones de TPH mayores al límite de cuantificación (> 13,3 mg/kg) en un rango de 30,40 mg/kg y 4078,00 mg/kg. Los valores mayores fueron registrados en el punto de muestreo CF-SED-ONP-84 con 4078,00 mg/kg y en el punto CF-SED-ONP-81 con 3908,00 mg/kg. El primer punto de muestreo referido se ubicó próximo a los derrames de crudo ocurridos entre el km 20+190 y km 20+204, y el segundo punto ubicado a 3 km aguas abajo de dichos derrames.

Los resultados de TPH excedieron de modo referencial el valor NF_{TPH}=44,46 mg/kg en 23 de los 26 puntos de muestreo, representando el 88,46 % del total de puntos evaluados. (Figura 6.6.)

Las concentraciones de TPH en el sedimento excedieron referencialmente el valor ESL=500 mg/kg de la guía Atlantic RBCA (Figura 6.9) en 13 puntos de muestreo, lo cual representa al 50 % de los puntos evaluados; valor que indica la posible afectación de organismos acuáticos bentónicos.

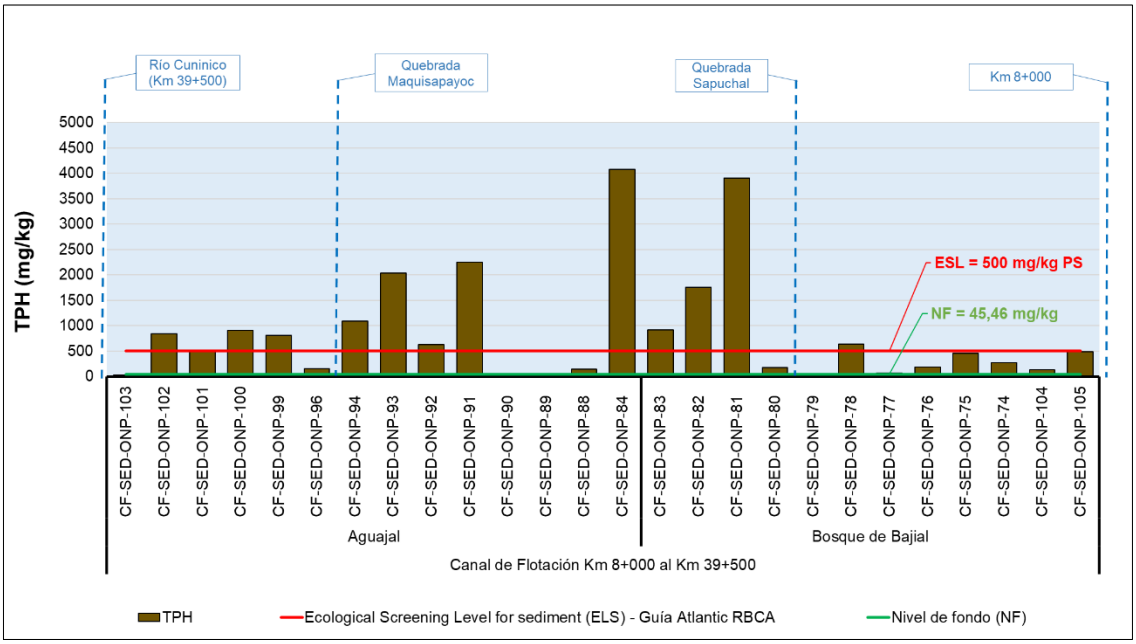


Figura 6.6. Concentraciones de TPH en el Canal de flotación entre el km 8+000 y km 39+500 comparados con el nivel de fondo y referencialmente con el valor ESL de la guía Atlantic RBCA.

- Fracciones de hidrocarburos

Se evaluaron 3 fracciones de hidrocarburos de cadena carbonada: corta C_6-C_{10} (fracción F_1), media C_{10}-C_{28} (fracción F_2) y de cadena larga C_{28}-C_{40} (fracción F_3).

En el Canal de flotación hubo predominancia de hidrocarburos de secuencia carbonada larga F_3, que fue registrada en 25 puntos de muestreo; en menores proporciones la fracción F_2 fue registrada en 22 puntos de muestreo; mientras que, la fracción F_1 no fue detectada por el método empleado en ningún punto de muestreo (L.C.=1,9 mg/kg) (Figura 6.7).

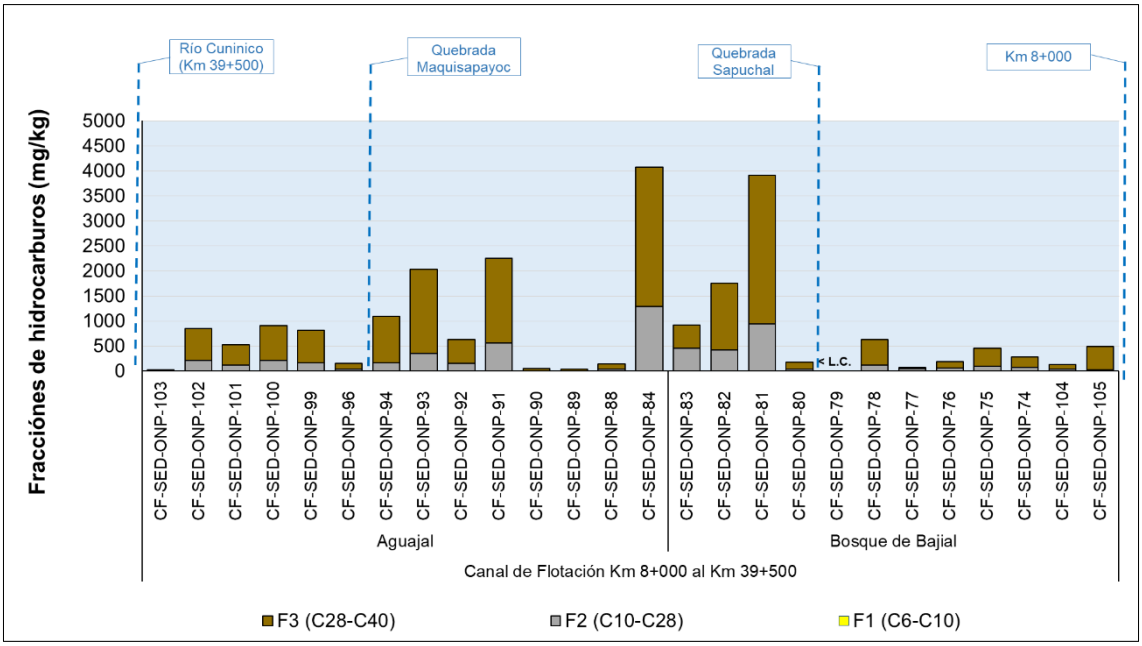


Figura 6.7. Fracciones de hidrocarburos (F_1, F_2 y F_3) en el Canal de flotación entre el km 8+000 y km 39+500

- 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.

- BTEX y naftaleno

En el total de muestras de sedimento, los compuestos orgánicos volátiles evaluados como el benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos (m-xileno, p-xileno, o-xileno) y naftaleno registraron concentraciones menores al límite de cuantificación analítico respectivo.

- Materia orgánica

El contenido de materia orgánica fue expresado en % del total de cada muestra de sedimento. Los puntos de muestreo ubicados a lo largo del Canal presentaron contenido de materia orgánica entre 0,3 % y 39,8 %, caracterizando un porcentaje alto con respecto a otro tipo de ambientes.

6.2.1.4. Metales

De los metales de interés: arsénico, cadmio, cobre, cromo, plomo, zinc y mercurio, se registró cobre, cromo y plomo en concentraciones por encima de los valores ISQG de la norma CEQG-SQG en al menos un punto de muestreo.

El cobre fue registrado en concentraciones que excedieron el valor ISQG (35,7 mg/kg) en 17 de los 26 puntos evaluados. Asimismo, estas concentraciones comparadas con los niveles de fondo NF_{cobre}=22,98 mg/kg excedieron en 20 puntos de muestreo.

El cromo fue registrado en 1 punto de muestreo en concentración que excedió el valor ISQG (37,3 mg/kg), específicamente en el punto de muestreo CF-SED-ONP-90; y el nivel de fondo (NF_{cromo}=22,6 mg/kg) en 11 puntos de muestreo.

El plomo presentó valores cuantificables puntualmente, y en su mayoría por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado (L.C.<10 mg/kg); sin embargo, en el punto de muestreo CF-SED-ONP-81 excedió el valor ISQG (0,17 mg/kg). De manera similar, el mercurio fue registrado en concentraciones por debajo del límite de cuantificación (L.C. <0,10 mg/kg) en la mayoría de puntos, cuya excepción fue registrada en el punto de muestreo CF-SED-ONP-81, donde excedió el valor ISQG de la guía en mención. Ninguno de estos 2 metales tiene un nivel de fondo con el cual se comparen las concentraciones que puedan ser encontradas naturalmente.

El arsénico y cadmio fueron registrados por debajo del límite de cuantificación (L.C. <17,5 mg/kg y <1,0 mg/kg, respectivamente). Asimismo, al no haberse establecido un nivel de fondo para estos metales en este tipo de ambientes, se considera típico encontrar concentraciones por debajo de los límites de cuantificación mencionados.

El zinc registró valores superiores al nivel de fondo NF_{zinc}=64,48 mg/kg en 5 puntos de muestreo; sin embargo, en ningún caso superaron los valores ISQG o PEL de la CEQG-SQG.

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[43,44], níquel y vanadio[¡Error! Marcador no definido.]; 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 5 puntos, el níquel ($NF_{níquel}$=22,08 mg/kg) en 12 puntos y el vanadio ($NF_{vanadio}$=71,11 mg/kg) en 8 puntos de muestreo. Estos resultados, incluyendo el resto de metales, son presentados en el Anexo 4 Reporte de resultados N.° 0414-2019-SSIM.

Adicionalmente, el cromo VI analizado en todas las muestras de sedimento, el cual fue registrado en concentraciones menores al límite de cuantificación (L.C.<0,1701 mg/kg).

6.2.2. Quebradas Sapuchal y Maquisapayoc

Se evaluaron ambas quebradas considerando puntos de muestreo ubicados aguas arriba y aguas abajo con respecto a la intersección del Canal de flotación, los resultados se describen a continuación:

6.2.2.1. Caracterización textural

El análisis granulométrico según se muestra en la Figura 6.8 registró la predominancia de arena en la composición del sedimento de ambas quebradas. En la quebrada Maquisapayoc, el rango de arena en el rango de 80 % - 85 %, arcilla en el rango de 5 % - 10 % y limo en 10 %, siendo las clases texturales areno-francosa y franco-arenosa. En la quebrada Sapuchal, la proporción de arena-arcilla-limo fue de 55%, 35% y 10%, determinando una clase textural Franco-Arenosa. (Figura 6.X)

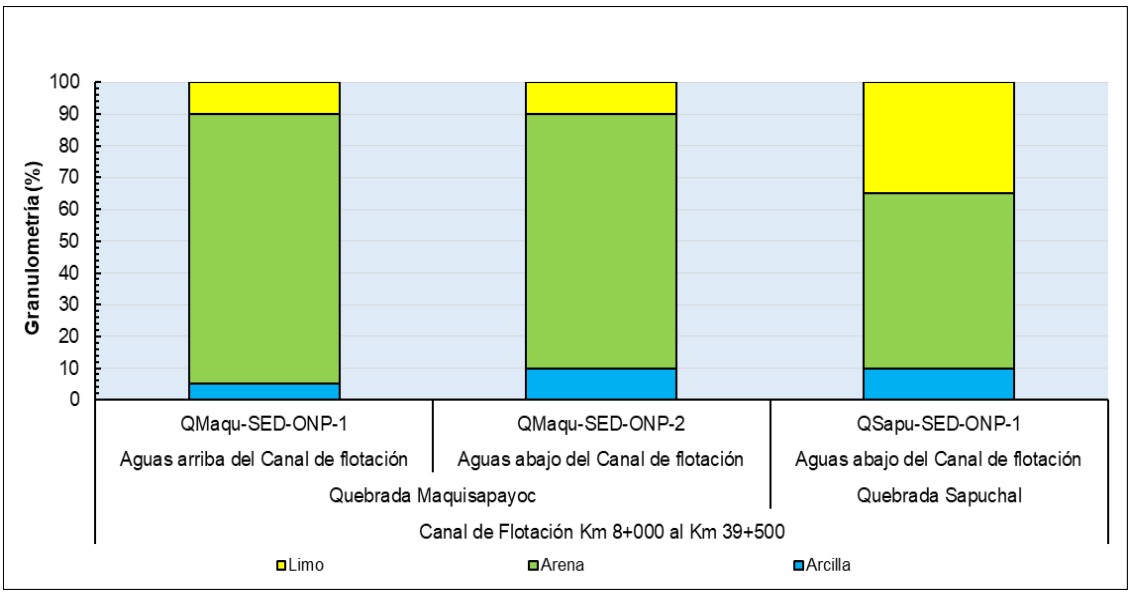


Figura 6.8. Composición granulométrica de sedimentos en las quebradas Maquisapayoc y Sapuchal

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

[44] 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

6.2.2.2. Parámetros de campo

- pH

El sedimento de las quebradas Sapuchal y Maquisapayoc presentó características ácidas determinado por un potencial de hidrógeno de 5,80 unidades de pH en el punto de muestreoQSapu-SED-ONP-1, y de 5,45 unidades de pH y 5,63 unidades de pH en los puntos de muestreo QMaqu-SED-ONP-1 y QMaqu-SED-ONP-2, respectivamente.

6.2.2.3. Compuestos orgánicos

En la quebrada Sapuchal, el punto de muestreo ubicado a 400 m aguas abajo del Canal de flotación registró en el sedimento 1253 mg/kg de TPH, siendo un valor superior al nivel de fondo (NF_{TPH}=45,46 mg/kg). Asimismo, esta concentración superó el valor ESL=500 mg/kg establecida en la guía referencial Atlantic RBCA (Figura 6.9).

En la quebrada Maquisapayoc, los resultados fueron similares, llegando a registrarse 2766 mg/kg de TPH en el sedimento del punto de muestreo QMaqu-SED-ONP-1, ubicado aproximadamente a 200 m aguas arriba del Canal de flotación; de manera similar, el punto ubicado aguas abajo QMaqu-SED-ONP-1 registró 1840 mg/kg superando ampliamente ambos valores de comparación referencial antes mencionados (Figura 6.9).

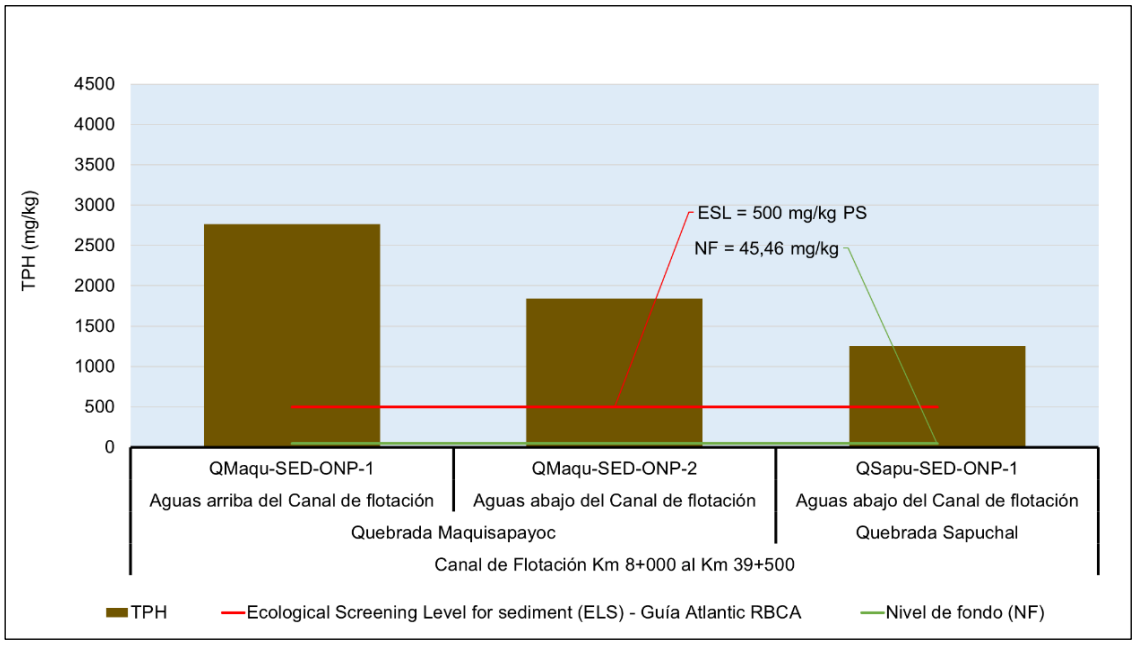


Figura 6.9. Concentraciones de TPH en las quebradas Maquisapayoc y Sapuchal comparados con el valor de la guía Atlantic RBCA y el nivel de fondo para TPH (NF_{TPH})

- Fracciones de hidrocarburos

La composición de hidrocarburos en las quebradas Sapuchal y Maquisapayoc, tal como se muestra en la Figura 6.10, presentó predominancia de la fracción F_3 y en menor proporción la fracción F_2; mientras que, en ninguno de los puntos se registraron concentraciones cuantificables de la fracción F_1 (estuvieron por debajo del límite de cuantificación: L.C. = 1,9 mg/kg).

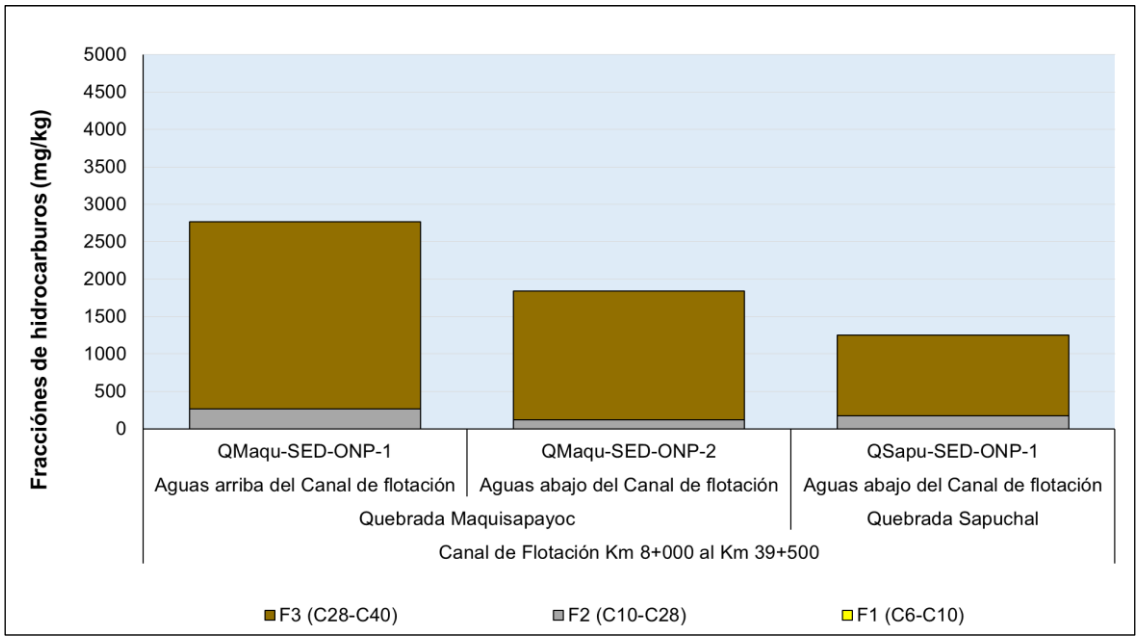


Figura 6.10. Fracciones de hidrocarburos (F_1, F_2 y F_3) en las quebradas Maquisapayoc y Sapuchal

- Hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAP)

Las concentraciones de hidrocarburos policíclicos aromáticos en los sedimentos de ~~ambas~~ las quebradas Sapuchal y Maquisapayoc no registraron valores cuantificables, estos estuvieron por debajo del límite de cuantificación (L.C.= 0,0054 mg/kg) del método de ensayo.

- BTEX y naftaleno

En las quebradas Sapuchal y Maquisapayoc las muestras de sedimento registraron benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos (m-xileno, p-xileno, o-xileno) y naftaleno en concentraciones menores al límite de cuantificación analítico respectivo.

- Materia orgánica

En la quebrada Maquisapayoc el contenido de materia orgánica en sedimento fue del 47,0 % en el punto de muestreo QMaqu-SED-ONP-1 y el 30,2 % en el punto de muestreo QMaqu-SED-ONP-2; mientras que, la quebrada Sapuchal presentó el 16,2 %; en ambos casos ~~un~~ porcentaje similar con respecto a los encontrados en el Canal de flotación.

6.2.2.4. Metales

Los metales considerados con potencial de afectación ambiental por la norma canadiense CEQG-SQG (arsénico, cobre, zinc, plomo, cadmio, cromo y mercurio) presentaron concentraciones por debajo de los valores ISQG y PEL; con excepción del cobre que fue registrado en concentraciones que superaron los valores ISQG en los puntos de muestreo ubicados en la quebrada Maquisapayoc y en el punto ubicado en la quebrada Sapuchal; asimismo, estos superaron el nivel de fondo para cobre (NF_{cobre}=22,98 mg/kg).

Por otro lado, los metales como bario, níquel y vanadio (con importancia por su potencial de afectación ambiental) superaron los niveles de fondo respectivos (NF_{bario}=211,9 mg/kg;

$NF_{níquel}$=22,08 mg/kg; $NF_{vanadio}$=71,11 mg/kg) en la quebrada Sapuchal; y particularmente en el punto de muestreo ubicado en la quebrada Maquisapayoc (QMaqu-SED-ONP-1), ubicado aguas arriba con respecto al Canal de flotación superó el nivel de fondo para bario. Estos resultados se presentan a mayor detalle en la Tabla A.2.1 del Anexo 4. Reporte de resultados.

Adicionalmente, el cromo VI analizado en las muestras de sedimento fue registrado en concentraciones menores al límite de cuantificación del método de ensayo (L.C.<0,1701 mg/kg).

6.3. Comunidades hidrobiológicas

6.3.1. Canal de flotación

Se colectaron muestras de perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces. A continuación, se presenta lo encontrado para cada una de las comunidades hidrobiológicas entre el km 8+000 y el km 39+500 del Canal de flotación.

6.3.1.1. Perifiton

A.1. Microalgas

- Composición y riqueza

Fueron encontradas un total de 250 especies, distribuidas en 7 phyla que corresponden a los 27 puntos de muestreo evaluados (Figura 6.11).

En el sector bosque de bajial (km 8+000 al km 20+000) el phylum más representativo fue Bacillariophyta, el cual representó la mayor riqueza en la mayoría de los puntos de muestreo, excepto CF-HB-ONP-80, CF-HB-ONP-77 y CF-HB-ONP-76. Los phyla restantes fueron Cyanobacteria, Chlorophyta, Charophyta, Euglenozoa y Rodophyta. La mayor riqueza se encontró en el punto de muestreo CF-HB-ONP-75 con 68 especies y la menor riqueza en el punto de muestreo CF-HB-ONP-77 con 16 especies.

En el sector aguajal (km 20+000 al km 39+500) se registraron los phyla Bacillariophyta, Cyanobacteria, Chlorophyta, Charophyta, Euglenozoa, Ochrophyta y Rodophyta. El phylum Ochrophyta estuvo presente en los puntos de muestreo CF-HB-ONP-99, CF-HB-ONP-96, CF-HB-ONP-93, CF-HB-ONP-91 y CF-HB-ONP-88; y el phylum Rodophyta se encontró en los puntos de muestreo CF-HB-ONP-102, CF-HB-ONP-95 y CF-HB-ONP-89. La riqueza varío de 6 a 40 especies y se registraron en los puntos de muestreo CF-HB-ONP-77 y CF-HB-ONP-75, respectivamente.

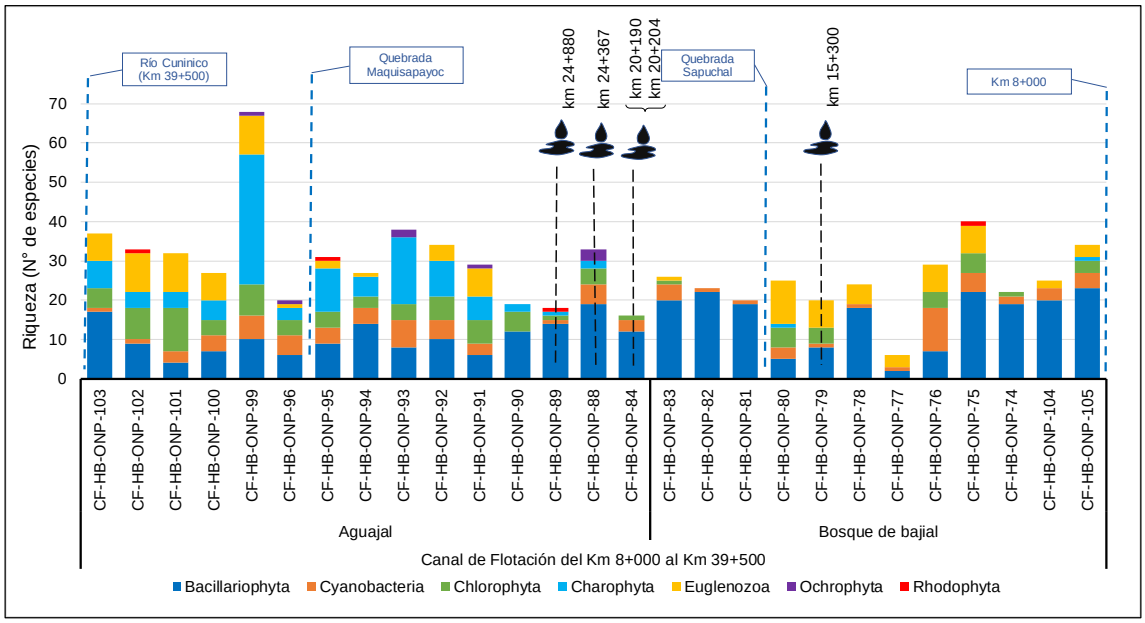


Figura 6.11. Composición y riqueza de especies de microalgas del perifiton registradas entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación

- Abundancia

Fueron encontrados un total de 475489 organismos distribuidos en 27 puntos de muestreo evaluados. La abundancia varió entre 2693 y 36402 organismos, perteneciendo el menor valor al punto de muestreo CF-HB-ONP-77 y el mayor valor al punto de muestreo CF-HB-ONP-99 (Figura 6.12).

En el sector bosque de bajial el phylum más dominante fue Bacillariophyta con 108053 organismos, a pesar de no ser el phylum más abundante en todos los puntos evaluados como en los puntos de muestreo CF-HB-ONP-80, CF-HB-ONP-79 y CF-HB-ONP-77 donde fue abundante el phylum Euglenozoa. Es importante indicar que la abundancia del phylum Euglenozoa se incrementó luego de la confluencia con la quebrada Sapuchal. La mayor abundancia se encontró en el punto de muestreo CF-HB-ONP-75 con 27661 organismos y la menor abundancia en el punto de muestreo CF-HB-ONP-77 con 2693 organismos.

En el sector aguajal el phylum con mayor abundancia fue Bacillariophyta con 159861 organismos, el cual presentó la mayor abundancia en la mayoría de los puntos de muestreo, excepto CF-HB-ONP-101, CF-HB-ONP-100 y CF-HB-ONP-99. Los phyla restantes, en orden decreciente, fueron Charophyta, Euglenozoa, Cyanobacteria, Chlorophyta, Ochrophyta y Rodophyta. La abundancia varío de 6614 a 36401 organismos y se registraron en los puntos de muestreo CF-HB-ONP-84 y CF-HB-ONP-99, respectivamente.

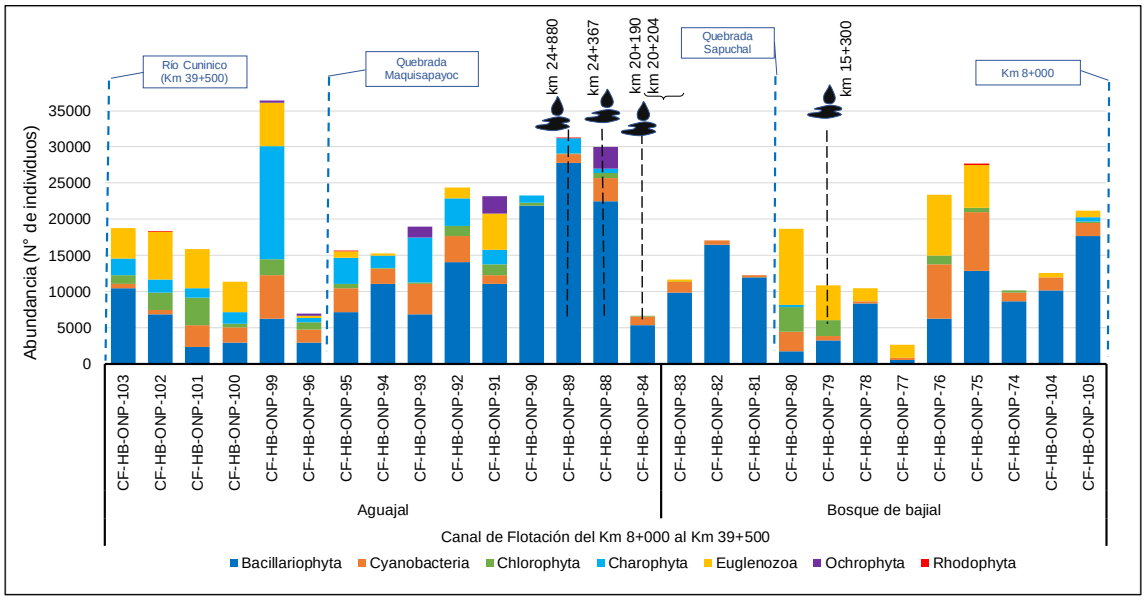


Figura 6.12. Abundancia de especies de microalgas del perifiton registradas entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación

- Diversidad alfa

Los índices N1 y N2, el menor valor se registró en el punto de muestreo CF-HB-ONP-77; mientras que, el mayor valor en el punto de muestreo CF-HB-ONP-99. El índice equidad de Pielou (J') registró un valor promedio de 0,91 y el índice de Shannon-Wiener (H´) tuvo de promedio 4,29 indicando una alta diversidad de microalgas en el canal de flotación (Tabla 6.3).

En el sector bosque de bajial, el índice equidad de Pielou (J'), registró un valor promedio de 0,93 siendo su valor mínimo 0,86 en el punto CF-HB-ONP-80 y su máximo valor 0,96 en los puntos CF-HB-ONP-78, CF-HB-ONP-74 y CF-HB-ONP-104. Los valores están por encima de 0,80 esto indica que todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001). En cuanto al índice de Shannon-Wiener (H´) registró un valor promedio de 4,18 lo que indica una alta diversidad en este sector.

En el sector aguajal, el índice equidad de Pielou (J'), registró un valor promedio de 0,90 siendo su valor mínimo 0,80 en el punto de muestreo CF-HB-ONP-90 y su máximo valor 0,95 en los puntos de muestreo CF-HB-ONP-96 y CF-HB-ONP-84. El índice de equidad presentó valores altos cuando todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001). En cuanto a la diversidad de Shannon-Wiener (H´) registró 4,37 en promedio lo que indica una diversidad alta en este sector.

Tabla 6.3. Índices de diversidad alfa de las comunidades de microalgas por punto de muestreo

N.°	Sector	Puntos de muestreo	Riqueza (S)	N1	N2	Equidad de Pielou (J')	Diversidad de Shannon - Wiener H'(log_2)
1	Aguajal	CF-HB-ONP-103	37	30,14	26,32	0,94	4,91
2		CF-HB-ONP-102	33	25,91	21,79	0,93	4,70
3		CF-HB-ONP-101	32	24,57	20,13	0,92	4,62
4		CF-HB-ONP-100	27	22,12	19,17	0,94	4,47

N.°	Sector	Puntos de muestreo	Riqueza (S)	N1	N2	Equidad de Pielou (J')	Diversidad de Shannon - Wiener H'(log_2)
5		CF-HB-ONP-99	68	51,02	36,83	0,93	5,67
6		CF-HB-ONP-96	20	17,32	15,48	0,95	4,12
7		CF-HB-ONP-95	31	22,43	17,36	0,91	4,49
8		CF-HB-ONP-94	27	17,2	12,41	0,86	4,10
9		CF-HB-ONP-93	38	24,46	16,48	0,88	4,61
10		CF-HB-ONP-92	34	21,29	14,63	0,87	4,41
11		CF-HB-ONP-91	29	18,16	14,06	0,86	4,18
12		CF-HB-ONP-90	19	10,45	8,214	0,80	3,39
13		CF-HB-ONP-89	18	11,56	9,429	0,85	3,53
14		CF-HB-ONP-88	33	23,06	18,58	0,90	4,53
15		CF-HB-ONP-84	16	14,06	12,84	0,95	3,81
		Promedio				**0,90**	**4,37**
16	Bosque de Bajial	CF-HB-ONP-83	26	22,19	19,34	0,95	4,47
17		CF-HB-ONP-82	23	18,99	16,16	0,94	4,25
18		CF-HB-ONP-81	20	17,3	15,42	0,95	4,11
19		CF-HB-ONP-80	25	16,05	12,12	0,86	4,00
20		CF-HB-ONP-79	20	16,21	14,31	0,93	4,02
21		CF-HB-ONP-78	24	21,43	18,83	0,96	4,42
22		CF-HB-ONP-77	6	5,348	4,762	0,94	2,42
23		CF-HB-ONP-76	29	22,36	18,99	0,92	4,48
24		CF-HB-ONP-75	40	27,79	20,66	0,90	4,80
25		CF-HB-ONP-74	22	19,4	16,99	0,96	4,28
26		CF-HB-ONP-104	25	21,74	18,76	0,96	4,44
27		CF-HB-ONP-105	34	22,95	15,12	0,89	4,52
		Promedio				0,93	4,18
Promedio Total						0,91	4,29

- 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 6.13 se aprecia la formación de 7 grupos con diferentes niveles de similitud. El par de puntos de muestreo CF-HB-ONP-90 y CF-HB-ONP-89 ubicados en el sector de aguajal registraron la mayor similitud con 52 %; y el par CF-HB-ONP-82 y CF-HB-ONP-81del sector bosque bajial tuvieron una similitud de 51%.

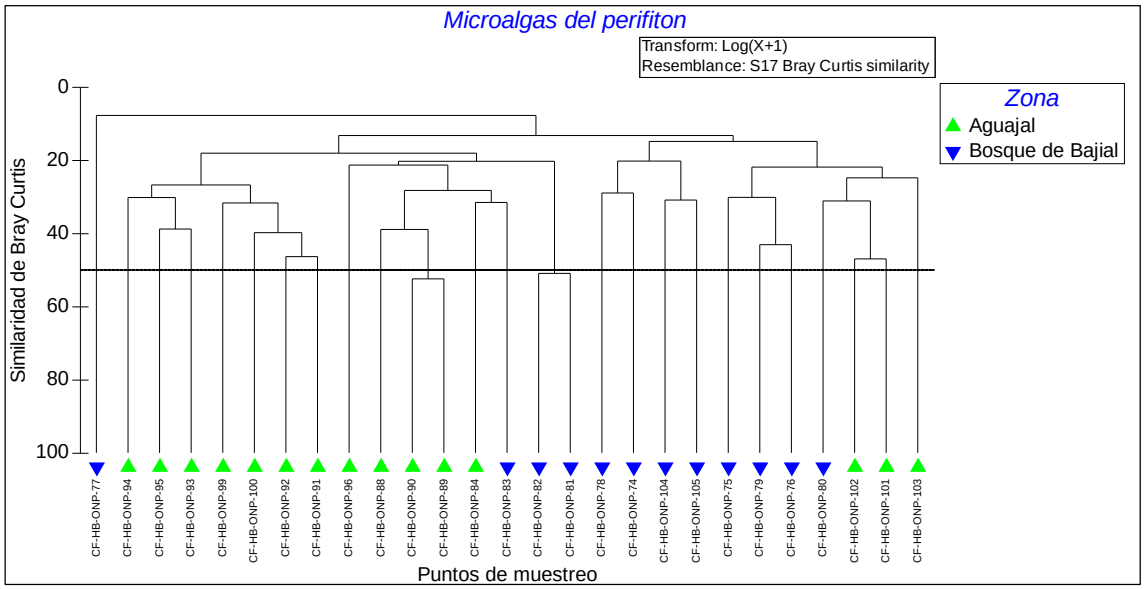


Figura 6.13. Dendrograma de similitud de las microalgas del perifiton entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación

A.2. Perifiton animal

- Composición y riqueza

Fueron encontradas un total de 33 especies, distribuidas en 7 phyla que corresponden a los 27 puntos de muestreo evaluados. (Figura 6.14).

En el sector bosque de bajial (km 8+000 al km 20+000) el phylum más representativo fue Rotífera, el cual estuvo presente en 8 de los 15 puntos de muestreo evaluados en este sector. En los puntos de muestreo CF-HB-ONP-83, CF-HB-ONP-81 y CF-HB-ONP-77 no se encontraron organismos del perifiton animal. La mayor riqueza fue de 3 especies, la cual se registró en el punto de muestreo CF-HB-ONP-79.

En el sector aguajal (km 20+000 al km 39+500) se registraron los phyla Amoebozoa, Cercozoa, Ciliophora, Gastrotricha, Rotífera y Nemata. El phylum Rotífera estuvo presente en la mayoría de puntos de muestreo; excepto en los puntos de muestreo CF-HB-ONP-96, CF-HB-ONP-91, CF-HB-ONP-90, CF-HB-ONP-89, CF-HB-ONP-88 y CF-HB-ONP-84. La riqueza varío de 0 a 11 especies y se registraron en los puntos de muestreo CF-HB-ONP-89 y CF-HB-ONP-99, respectivamente. Se observó que después de la ocurrencia de los derrames la riqueza ~~de~~ disminuyó notablemente; así como, la reducción de los phyla.

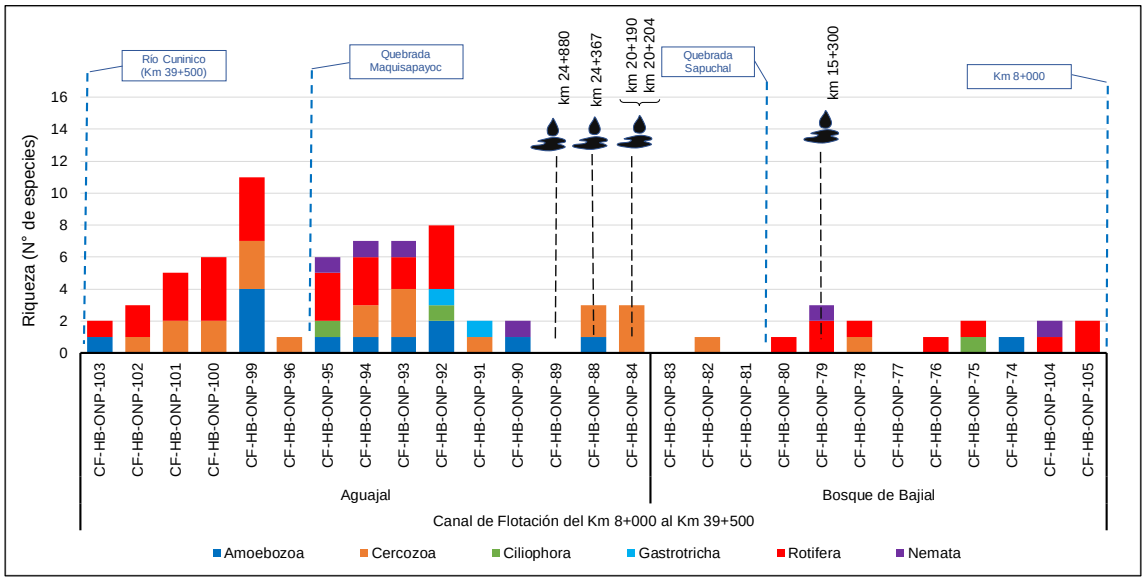


Figura 6.14. Composición y riqueza de especies de perifiton animal registradas entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación

- Abundancia

Fueron encontrados un total de 924 organismos distribuidos en 27 puntos de muestreo evaluados La abundancia varió entre 0 y 126 organismos, registrándose el menor valor en los puntos CF-HB-ONP-89, CF-HB-ONP-83 y CF-HB-ONP-81 y el mayor valor al punto CF-HB-ONP-99 (Figura 6.15).

En el sector bosque de bajial, el phylum más abundante fue Cercozoa con 114 organismos, a pesar de encontrarse solo en dos puntos evaluados CF-HB-ONP-82 y CF-HB-ONP-78, seguido tenemos el phylum Rotífera con 78 organismos y se encuentra en los puntos CF-HB-ONP-80, CF-HB-ONP-79 CF-HB-ONP-78, CF-HB-ONP-76, CF-HB-ONP-75 CF-HB-ONP-104 y CF-HB-ONP-105.

En el sector aguajal, el phylum con mayor abundancia fue Rotífera con 252 organismos, el cual se registró en la mayoría de los puntos evaluados; excepto en los puntos CF-HB-ONP-96, CF-HB-ONP-91, CF-HB-ONP-90, CF-HB-ONP-89 CF-HB-ONP-88 y CF-HB-ONP-84. El phyla Cercozoa la abundancia fue de 234 organismos, seguido de Amoebozoa con 114 organismos.

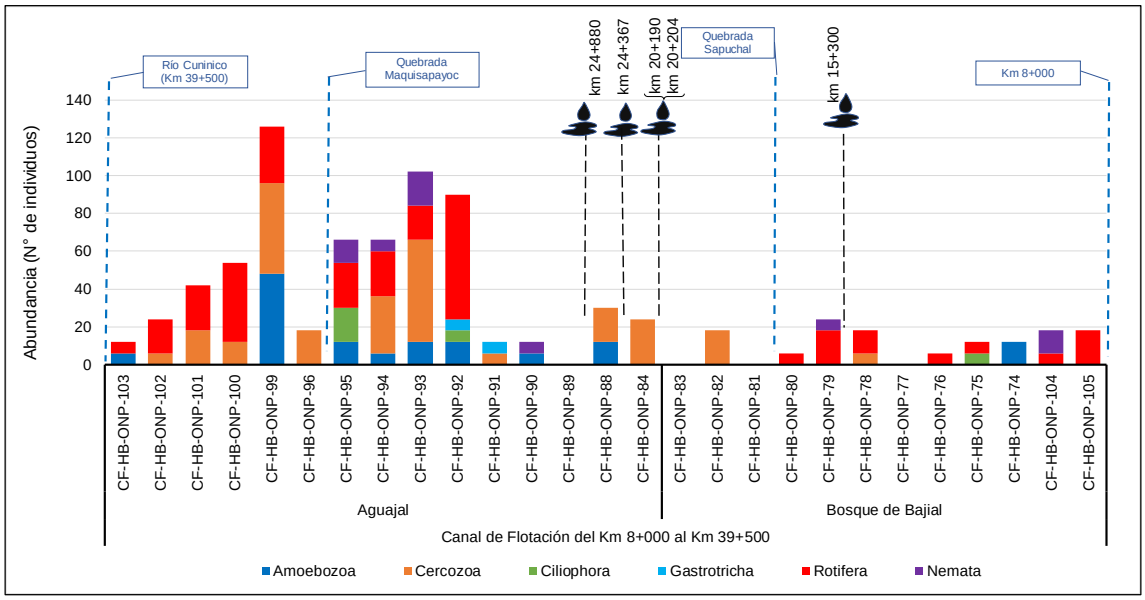


Figura 6.15. Abundancia de especies de perifiton animal registradas entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación

- Diversidad alfa

De los índices N1 y N2, los menores valores se registraron en los puntos de muestreo CF-HB-ONP-78, CF-HB-ONP-104 y CF-HB-ONP-105; mientras que, los mayores valores en el punto de muestreo CF-HB-ONP-99. La índice equidad de Pielou (J') registró un valor promedio de 0,95 y el índice de Shannon-Wiener (H´) tuvo de promedio 1,73 indicando una baja diversidad del perifiton animal en el canal de flotación (Tabla 6.4).

En el sector bosque de bajial, el índice equidad de Pielou (J'), registró un valor promedio de 0,94 siendo su valor mínimo 0,92 en los puntos de muestreo CF-HB-ONP-78, CF-HB-ONP-104 y CF-HB-ONP-105 y su máximo valor 0,95 en el punto de muestreo CF-HB-ONP-79. Los valores están por encima de 0,90 esto indica que todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001). En cuanto al índice de Shannon-Wiener (H´) registró un valor promedio de 1,05 lo que indica una baja diversidad en este sector.

En el sector aguajal, el índice equidad de Pielou (J'), registró un valor promedio de 0,96 siendo su valor mínimo 0,91 en los puntos de muestreo CF-HB-ONP-92 y CF-HB-ONP-94; su máximo valor 0,96 en los puntos de muestreo CF-HB-ONP-101, CF-HB-ONP-99, CF-HB-ONP-95, CF-HB-ONP-93 y CF-HB-ONP-88. El índice de equidad presenta valores altos cuando todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001). En cuanto a la diversidad de Shannon-Wiener (H´) registró 2,0 en promedio lo que indica una diversidad moderada en este sector.

Tabla 6.4. Índices de diversidad alfa del perifiton animal por punto de muestreo

N.°	Sector	Puntos de muestreo	Riqueza (S)	N1	N2	Equidad de Pielou (J')	Diversidad de Shannon - Wiener H'(log_2)
1	Aguajal	CF-HB-ONP-103	2	2	2	1	1
2		CF-HB-ONP-102	3	2,83	2,67	0,95	1,50
3		CF-HB-ONP-101	5	4,71	4,46	0,96	2,24
4		CF-HB-ONP-100	6	5,35	4,77	0,94	2,42
5		CF-HB-ONP-99	11	9,91	9,00	0,96	3,31
6		CF-HB-ONP-96	1	****	****	****	****
7		CF-HB-ONP-95	6	5,59	5,26	0,96	2,48
8		CF-HB-ONP-94	7	5,86	4,84	0,91	2,55
9		CF-HB-ONP-93	7	6,52	6,15	0,96	2,71
10		CF-HB-ONP-92	8	6,68	5,77	0,91	2,74
11		CF-HB-ONP-91	2	2	2	1	1
12		CF-HB-ONP-90	2	2	2	1	1
13		CF-HB-ONP-89	0	****	****	****	****
14		CF-HB-ONP-88	3	2,87	2,78	0,96	1,52
15		CF-HB-ONP-84	3	2,83	2,67	0,95	1,50
Promedio						0,96	2,00
16	Bosque de Bajial	CF-HB-ONP-83	0	****	****	****	****
17		CF-HB-ONP-82	1	****	****	****	****
18		CF-HB-ONP-81	0	****	****	****	****
19		CF-HB-ONP-80	1	****	****	****	****
20		CF-HB-ONP-79	3	2,83	2,67	0,95	1,50
21		CF-HB-ONP-78	2	1,89	1,80	0,92	0,92
22		CF-HB-ONP-77	0	****	****	****	****
23		CF-HB-ONP-76	1	****	****	****	****
24		CF-HB-ONP-75	2	2	2	1	1
25		CF-HB-ONP-74	1	****	****	****	****
26		CF-HB-ONP-104	2	1,89	1,80	0,92	0,92
27		CF-HB-ONP-105	2	1,89	1,80	0,92	0,92
Promedio						0,94	1,05
Promedio Total						0,95	1,73

(****): Valores indefinidos

- 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 6.16 se aprecia la formación de 5 grupos con diferentes niveles de similitud. El par de puntos de muestreo CF-HB-ONP-103 y CF-HB-ONP-76 ubicados en el sector de aguajal y bosque bajial, respectivamente registraron la mayor similitud con 67 %; el par CF-

HB-ONP-80 y CF-HB-ONP-105 del sector bosque bajial tuvieron una similitud de 60 % y el par CF-HB-ONP-96 y CF-HB-ONP-91 del sector aguajal tuvieron una similitud de 57 %.

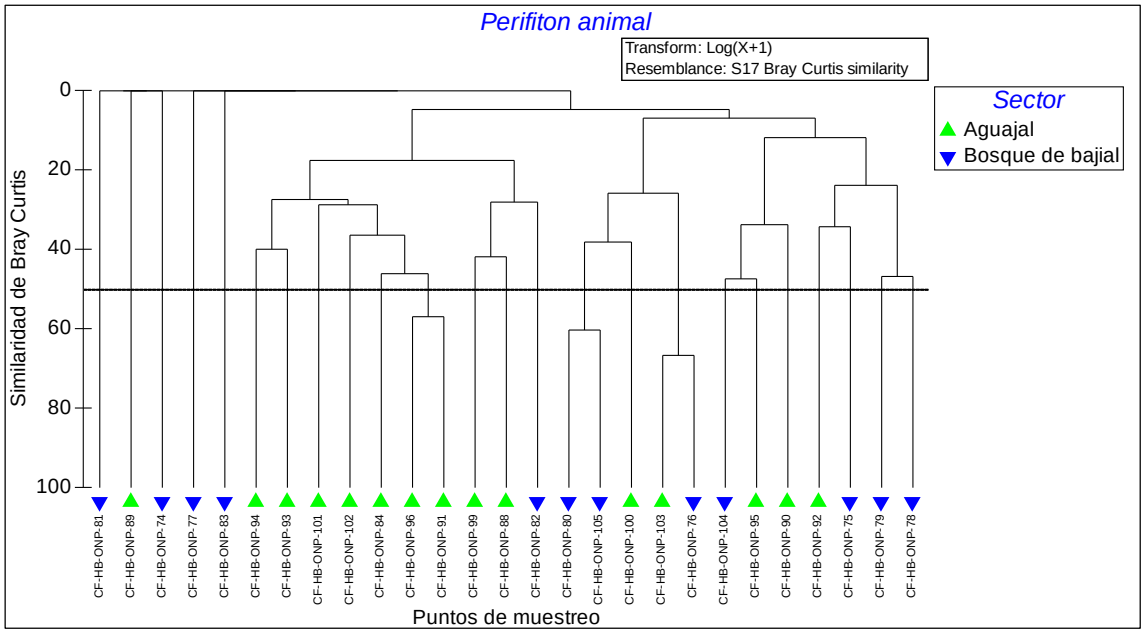


Figura 6.16. Dendrograma de similitud del perifiton animal entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación

6.3.1.2. Macroinvertebrados bentónicos

Esta comunidad tuvo una representatividad mínima en el Canal de flotación entre el km 8+000 y km 39+500, habiéndose encontrado organismos solo en 6 puntos de muestreo de los 30 puntos evaluados. En esta zona fueron encontrados un total de 345 organismos, distribuidos en 9 morfoespecies, pertenecientes a los phyla Annelida y Arthropoda. Según la diversidad de Shannon - Wiener en los puntos de muestreo CF-HB-ONP-89 y CF-HB-ONP-92 registraron valores de 1,92 y 2,25 indicando una diversidad moderada los cuales son detallados en la Tabla 6.5.

Tabla 6.5. Índices de diversidad alfa de macroinvertebrados bentónicos entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación

Phylum	Clase	Orden	Nombre de especie	CF-HB-ONP-76	CF-HB-ONP-84	CF-HB-ONP-89	CF-HB-ONP-91	CF-HB-ONP-92	CF-HB-ONP-95
Organismos / 0,0675 m^2									
Annelida	Clitellata	ND	ND	0	0	0	0	0	30
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	*Gyrinus sp*.	0	0	0	0	15	0
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	*Macrelmis* sp.	0	0	15	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Diptera	*Probezzia* sp.	0	0	0	0	30	0
Arthropoda	Insecta	Diptera	ND	0	0	0	0	45	0
Arthropoda	Insecta	Diptera	Subfamilia Chironominae ND	15	30	30	45	30	0
Arthropoda	Insecta	Diptera	Subfamilia Orthocladinae ND	0	0	0	0	30	0
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	*Campsurus* sp.	0	0	15	0	0	0
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	*Macronema* sp.	0	0	15	0	0	0
Riqueza de especies (S)				1	1	4	1	5	1
Abundancia de individuos (N)				15	30	75	45	150	30
Equidad de Pielou (J')				****	****	0,96	****	0,97	****
Diversidad de Shannon - Wiener H'(log_2)				0	0	1,92	0	2,25	0
Número de Hill N1				1	1	3,79	1	4,75	1
Número de Hill N2				1	1	3,57	1	4,55	1

ND: No determinado

6.3.1.3. Peces

- Composición y riqueza

Se identificaron un total de 61 especies agrupados en 46 géneros, 23 familias y 4 órdenes. Los peces registrados se agrupan principalmente en el superorden Ostariophysi y otros ordenes, básicamente de origen marino (No Ostariophysi). El superorden Ostariophysi son los más diversos y representativos en ambientes tropicales (Reis *et al*., 2003); además, poseen células epiteliales que producen una sustancia de alarma, que se detecta por el sentido del olfato y provoca una reacción de miedo (Nelson, 2016). En nuestro estudio este superorden, está representado por los órdenes Characiformes, Siluriformes y Gymnotiformes, siendo dominantes en riqueza representando el 96,7 % del total con 59 especies. El grupo No Ostariophysi está conformado por el orden Cichliformes que representó sólo el 3,3 % de la riqueza total con dos especies, agrupadas en 2 géneros y una familia, tal como se observa en la Tabla 6.6.

Tabla 6.6. Composición taxonómica registradas entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación

Superorden	Orden	Familia	Genero	Especie	N.° de individuos
Ostariophysi	Characiformes	11	25	33	408
	Siluriformes	8	17	21	173
	Gymnotiformes	4	4	5	50
No Ostariophysi	Cichliformes	1	2	2	16
Total		24	48	61	647

Las 61 especies fueron capturadas con la red atarraya y de mano, porque fueron las únicas que permitían ser maniobradas en condiciones que restringían la pesca por el pastizal que cubría todo el espejo de agua del Canal de flotación.

En la zona de aguajal el número de especies varió de 0 a 11 especies y el orden dominante fue Characiformes excepto en los puntos de muestreo CF-HB-ONP-102 y CF-HB-ONP-91. Además, se observa que en el punto de muestreo CF-HB-ONP-89 se encontraron los 4 órdenes registrados y después del derrame registrado en el km 24+880 la riqueza disminuye notablemente tanto que no se encontraron peces en el punto de muestreo CF-HB-ONP-88 y en el punto de muestreo CF-HB-ONP-84 se colectaron solo ejemplares del orden Characiformes.

En la zona de bosque de Bajial, el número de especies varió de 1 a 19 especies y los órdenes Characiformes y Siluriformes fueron dominantes en los diferentes puntos de muestreo. El mayor número de especies se registró en el punto de muestreo CF-HB-ONP-75 con 19 especies. Es preciso indicar que luego de los 2 derrames ocurridos en el km 20+190 y el km 20+204 en el punto de muestreo CF-HB-ONP-83 solo se colectaron 2 especies del orden Characiformes (*Copella vilmae* y *Hemigrammus* sp.). Consecuentemente en los puntos de muestreo siguientes la riqueza fue aumentando hasta registrarse 11 especies en el punto de muestreo CF-HB-ONP-80. (Figura 6.17).

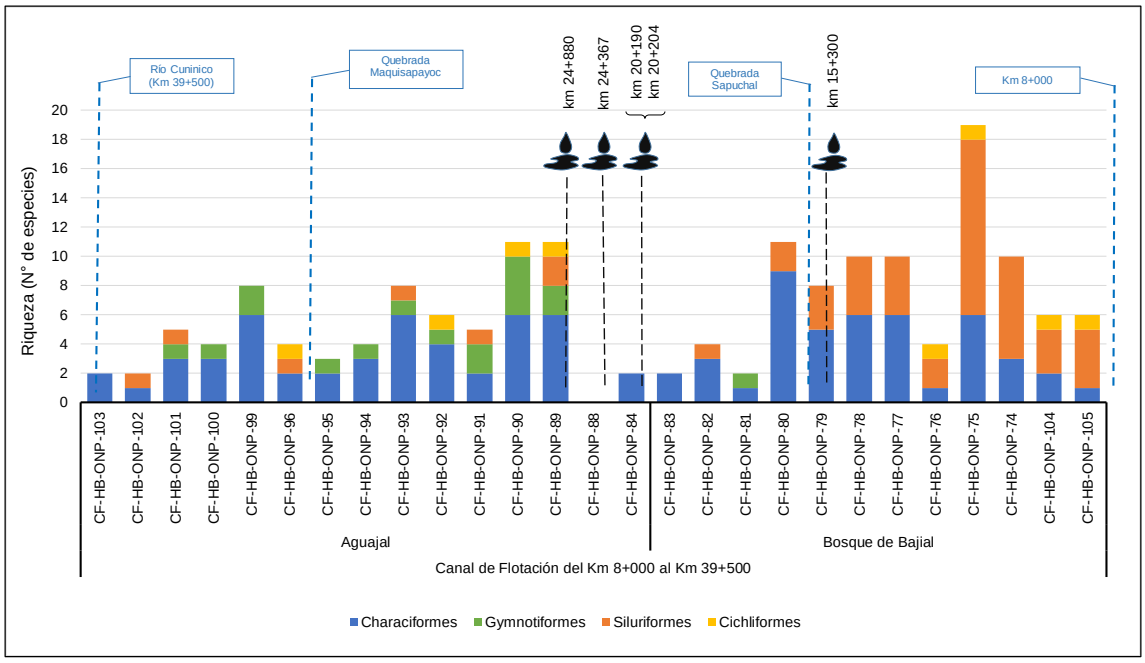


Figura 6.17. Riqueza de especies de peces registradas entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación

La familia Characidae presentó la mayor riqueza con 16 especies, seguido por Loricariidae con 6 especies, Callichthyidae y Lebiasinidae con 5 especies cada una y Aspredinidae con 4 especies, el resto de las familias tuvieron menos de 2 especies (Figura 6.18).

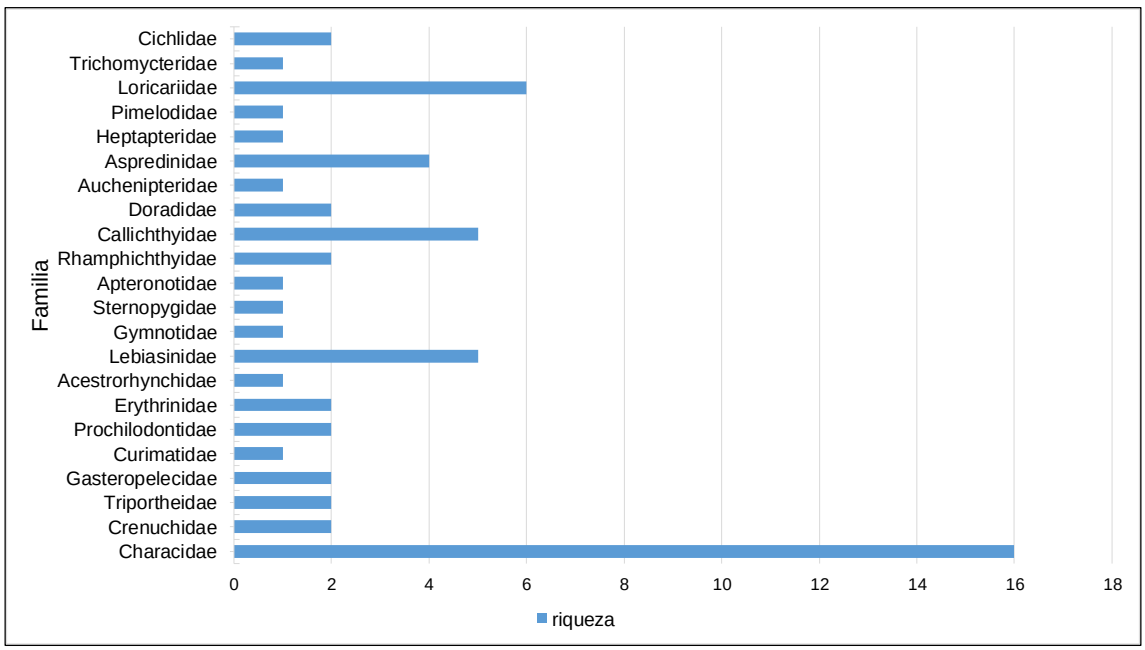


Figura 6.18. Composición taxonómica a nivel de familias entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación

En aguajal se encontraron 29 especies, de las cuales solo 16 se reportaron en este tipo de ambiente y se registraron los órdenes Characiformes, Siluriformes, Gymnotiformes y Cichliformes. Por otro lado, en el bosque de bajial se registraron 45 especies y 28 solo fueron registradas en este tipo de ambiente representado por los órdenes Characiformes y Siluriformes, (Tabla 6.7).

Tabla 6.7. Especies registradas en las zonas evaluadas entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación

N°	Aguajal (29 especies)		Bosque de bajial (45 especies)	
	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico	Nombre común
1	*Astyanax bimaculatus*	mojara	*Moenkhausia oligolepis*	mojara ojo rojo, cola de fuego
2	*Odontostilbe sp. 2*	-	*Cheirodontinae*	-
3	*Crenuchus spilurus*	mojarita	*Odontostilbe* sp.	-
4	*Steindachnerina* sp.	-	*Phenacogaster* sp.	-
5	*Semaprochilodus* sp.	-	*Tetragonopterus argenteus*	mojara
6	*Gnathocharax* cf. *steindachneri*	-	*Triportheus albus*	sardina
7	*Copella nigrofasciata*	flechita	*Triportheus angulatus*	sardina
8	*Nannostomus marginatus*	pez lápiz	*Prochilodus nigricans*	boquichico
9	*Nannostomus eques*	pez lápiz	*Hoplerythrinus unitaeniatus*	shuyo
10	*Pyrrhulina* sp.	-	*Hoplias malabaricus*	fasaco
11	*Gymnotus* sp.	macana	*Characidium* sp.	-
12	*Eigenmannia trilineata*	macana	*Corydoras* aff. *rabauti*	-
13	*Apteronopus* sp.	macana	*Corydoras multiradiatus*	shirui
14	*Hypopygus* sp.	macana	*Megalechis thoracata*	shirui
15	*Rhamdia* sp.	-	*Callichthys*	shirui
16	*Pterophyllum scalare*	pez ángel	*Megalodoras uranoscopus*	piro, churero
17	-	-	*Platydoras armatulus*	rafles
18	-	-	*Trachelyopterus galeatus*	bocón
19	-	-	*Bunocephalus coracoideus*	sapo cunshi
20	-	-	*Bunocephalus* sp.	-
21	-	-	Aspredinidae	-
22	-	-	*Sorubim lima*	shiripira
23	-	-	*Hypostomus* cf. *levis*	- carachama
24	-	-	*Hypostomus ericius*	carachama
25	-	-	*Pterygoplichthys punctatus*	carachama
26	-	-	*Pterygoplichthys* sp.	carachama
27	-	-	*Rineloricaria* sp. *«Loreto»*	Shitari
28	-	-	*Farlowella* sp.	Shitari

(-): No aplica

: Characiformes : Siluriformes : Cichliformes : Gymnotiformes

- Composición trófica

Dentro de las especies registradas encontramos 6 grupos tróficos, siendo el grupo dominante los omnívoros con 26 especies; seguido los carnívoros con 11 especies. Dentro de los omnívoros tenemos a *Astyanax* sp., *Astyanacinus* sp., *Astyanax bimaculatus*, *Hyphessobrycon copelandi*, *Hyphessobrycon* sp. 1, *Hyphessobrycon* sp. 2, *Moenkhausia oligolepis*, *Moenkhausia comma*, *Odontostilbe* sp., *Tetragonopterus argenteus*, *Characidium* sp., *Crenuchus spilurus*, *Triportheus albus*, *Triportheus angulatus*, *Nannostomus marginatus*, *Nannostomus eques*, *Pyrrhulina* sp., *Callichthys*, *Megalodoras uranoscopus*, *Trachelyopterus galeatus*; carnívoros: *Hoplerythrinus unitaeniatus*, *Hoplias malabaricus*, *Gymnotus* sp., *Eigenmannia trilineata*, *Apteronotus* sp., *Hypopygus lepturus*, *Hypopygus* sp., *Corydoras* aff. r*abauti*, *Megalechis thoracata*, *Rhamdia* sp., *Sorubim lima* (Figura 6.19).

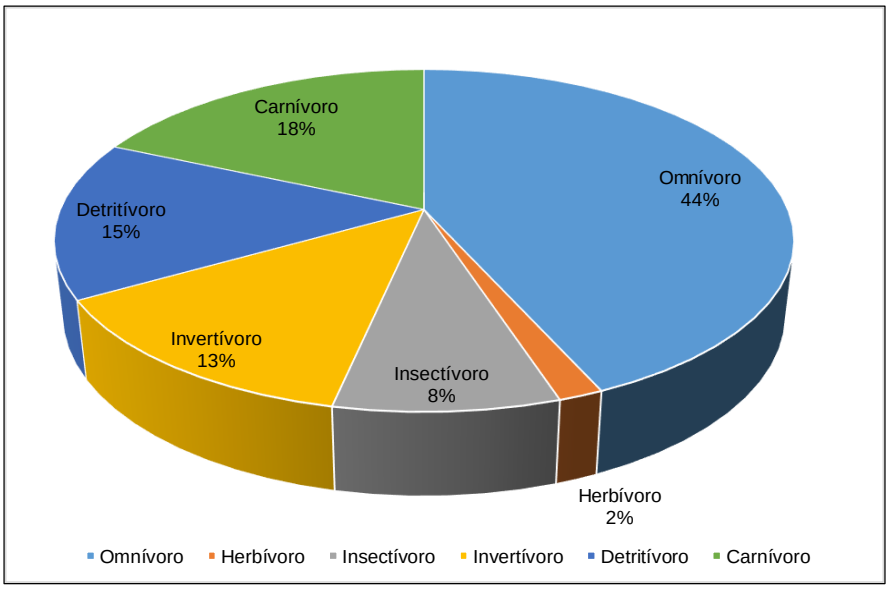


Figura 6.19. Composición trófica en relación a la riqueza de los peces colectados en el canal de flotación

En la Figura 6.20 se observa que el grupo trófico dominante en los puntos evaluados en la zona de aguajal y bosque de bajial fueron los omnívoros; y en el bosque de bajial solo se encontró una especie herbívora *Ctenobrycon hauxwellianus* conocida comúnmente como «mojara».

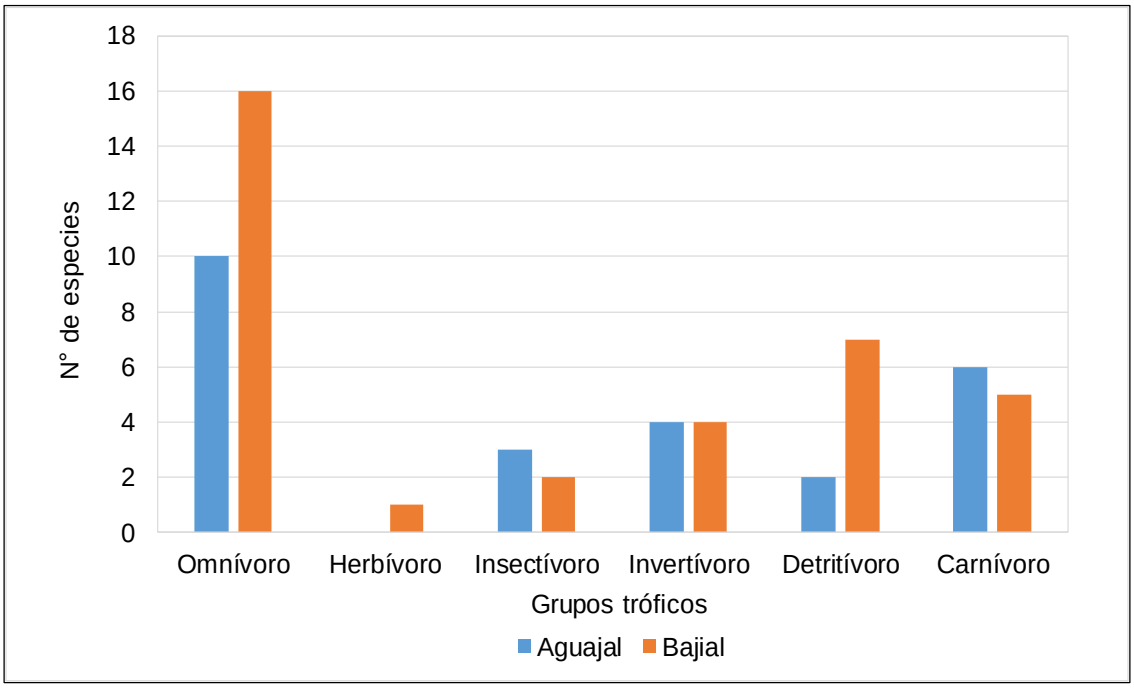


Figura 6.20. Composición trófica en relación a la riqueza de los peces colectados en las zonas evaluadas

- Abundancia

En total se registraron 647 individuos distribuidos en 27 puntos de muestreo evaluados. La abundancia varió entre 0 y 112 individuos, perteneciendo el menor valor al punto de

muestreo
CF-HB-ONP-88 y el mayor valor al punto de muestreo CF-HB-ONP-89 (Figura 6.21).

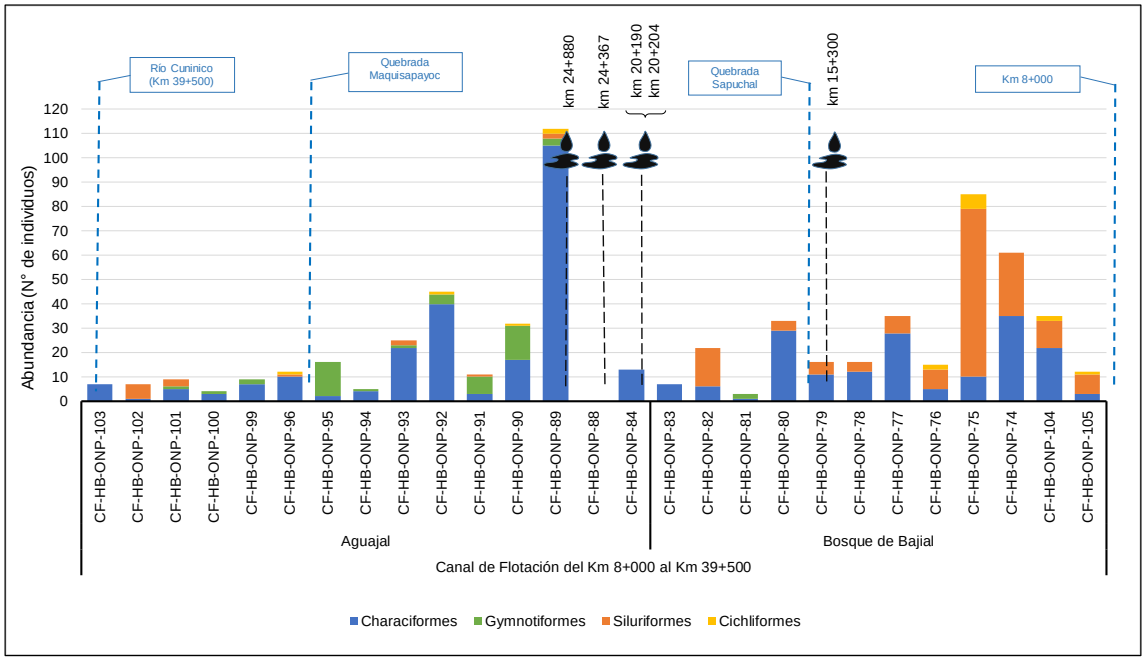


Figura 6.21. Abundancia de especies de peces registradas en el Canal de flotación

En el sector bosque de bajial fue la más abundante con 340 individuos y varió de 3 a 85 individuos que corresponden a los puntos de muestreo CF-HB-ONP-81 y CF-HB-ONP-75, respectivamente. En el punto de muestreo CF-HB-ONP-75 fue dominante el orden Siluriformes con 105 individuos, siendo el género Corydoras el más representativo con 30 individuos y se registró la presencia del orden Cichliformes y como genero representativo Apistogramma (Tabla 6.8).

En el sector de aguajal la abundancia total fue de 307 individuos y varió de 0 a 112 individuos que corresponden a los puntos CF-HB-ONP-88 y CF-HB-ONP-89, respectivamente. En el punto CF-HB-ONP-89 fue dominante el orden Characiformes con 105 individuos, siendo el género Hyphessobrycon el más representativo con 48 individuos; mientras que, en el punto CF-HB-ONP-88 no se registró ningún individuo (Tabla 6.8).

Tabla 6.8. Abundancia de las especies registradas en los sectores del Canal de flotación

Familia	Especie	Nombre común[c]	Aguajal	Bosque de bajial
Characidae	*Astyanax sp.*	mojara	2 [a]	0
Characidae	*Astyanacinnus sp.*	mojara	0	1
Characidae	*Astyanax bimaculatus*	mojara	0	7
Characidae	*Ctenobrycon hauxwellianus*	mojara	0	1
Characidae	*Hemigrammus* sp.	mojarita	2	6
Characidae	*Hyphessobrycon copelandi*	mojarita	0	5
Characidae	*Hyphessobrycon* sp. *1*	mojarita	36	32
Characidae	*Hyphessobrycon* sp. *2*	mojarita	74	1
Characidae	*Moenkhausia oligolepis*	mojara ojo rojo, cola de fuego	0	1[b]
Characidae	*Moenkhausia comma*	mojara	1	5
Characidae	*Cheirodontinae*		0	4 [b]

Familia	Especie	Nombre común[c]	Aguajal	Bosque de bajial
Characidae	*Odontostilbe* sp.		0	1 [b]
Characidae	*Odontostilbe* sp.		7	2
Characidae	*Odontostilbe* sp. *2*		10[a]	0
Characidae	*Phenacogaster* sp.		0	1 [b]
Characidae	*Tetragonopterus argenteus*	mojara	0	1 [b]
Crenuchidae	*Crenuchus spilurus*	mojarita	45 [a]	0
Triportheidae	*Triportheus albus*	sardina	0	2 [b]
Triportheidae	*Triportheus angulatus*	sardina	0	9 [b]
Gasteropelecidae	*Gasteropelecus sternicla*	pechito	4	68
Gasteropelecidae	*Carnegiella strigata*	pechito	21	1
Curimatidae	*Steindachnerina* sp.		7 [a]	0
Prochilodontidae	*Prochilodus nigricans*	boquichico	0	5 [b]
Prochilodontidae	*Semaprochilodus* sp.	yaraqui	1 [a]	0
Erythrinidae	*Hoplerythrinus unitaeniatus*	shuyo	0	2 [b]
Erythrinidae	*Hoplias malabaricus*	fasaco	0	4 [b]
Crenuchidae	*Characidium* sp.		0	5 [b]
Acestrorhynchidae	*Gnathocharax* cf. *steindachneri*		1 [a]	0
Lebiasinidae	*Copella nigrofasciata*	flechita	4 [a]	0
Lebiasinidae	*Copella vilmae*	flechita	1	5
Lebiasinidae	*Nannostomus marginatus*	pez lápiz	1 [a]	0
Lebiasinidae	*Nannostomus eques*	pez lápiz	2 [a]	0
Lebiasinidae	*Pyrrhulina* sp.		20 [a]	0
Gymnotidae	*Gymnotus* sp.	macana	2 [a]	0
Sternopygidae	*Eigenmannia trilineata*	macana	6 [a]	0
Apteronotidae	*Apteronopus* sp.	macana	1 [a]	0
Rhamphichthyidae	*Hypopygus lepturus*	macana	36	2
Rhamphichthyidae	*Hypopygus* sp.	macana	3 [a]	0
Callichthyidae	*Corydoras* aff. *rabauti*	shirui, coridora	0	50 [b]
Callichthyidae	*Corydoras multiradiatus*	shirui	0	4 [b]
Callichthyidae	*Dianema longibarbis*	shirui	8	26
Callichthyidae	*Megalechis thoracata*	shirui	0	1 [b]
Callichthyidae	*Callichthys*	shirui	0	1 [b]
Doradidae	*Megalodoras uranoscopus*	piro, churero	0	1 [b]
Doradidae	*Platydoras armatulus*	rafles	0	7 [b]
Auchenipteridae	*Trachelyopterus galeatus*	bocon	0	2 [b]
Aspredinidae	*Bunocephalus coracoideus*	sapo cunshi	0	3 [b]
Aspredinidae	*Bunocephalus* sp.		0	1 [b]
Aspredinidae	*Pterobunocephalus dolichurus*	bagrecito	1	4
Aspredinidae	Aspredinidae		0	8 [b]
Heptapteridae	*Rhamdia* sp.	bagre	3 [a]	0

Familia	Especie	Nombre común[c]	Aguajal	Bosque de bajial
Pimelodidae	*Sorubim lima*	shiripira	0	3 [b]
Loricariidae	*Hypostomus cf. levis*	carachama	0	1 [b]
Loricariidae	*Hypostomus ericius*	carachama	0	2 [b]
Loricariidae	*Pterygoplichthys punctatus*	carachama	0	4 [b]
Loricariidae	*Pterygoplichthys* sp.	carachama	0	1 [b]
Loricariidae	*Rineloricaria* sp. *«Loreto»*	shitari	0	2 [b]
Loricariidae	*Farlowella* sp.	shitari aguja	0	1 [b]
Trichomycteridae	*Tridentopsis pearsoni*	bagrecito	3	36
Cichlidae	*Pterophyllum scalare*	pez angel	1 [a]	0
Cichlidae	*Apistogramma* sp.	apistograma	4	11
Total de especies			29	45
Total de individuos			307	340

: Characiformes : Siluriformes : Cichliformes : Gymnotiformes

[a] Especies solo registradas en aguajal
[b] Especies solo registradas en bosque de bajial
[c] Nombre común tomado de la «Lista anotada de los peces de aguas continentales de Perú» (Ortega *et al*., 2012).

- Diversidad alfa

Los indices N1 y N2, el menor valor se registró en el punto de muestreo CF-HB-ONP-84; mientras que, el mayor valor en el punto CF-HB-ONP-78. La índice equidad de Pielou (J') registró un valor promedio de 0,80 y el índice de Shannon-Wiener (H´) tuvo de promedio 1,97 indicando una diversidad moderada de peces en el canal de flotación (Tabla 6.9).

En el sector bosque de bajial, el índice equidad de Pielou (J'), registró un valor promedio de 0,83 siendo su valor mínimo 0,59 en el punto de muestreo CF-HB-ONP-82 y su máximo valor 0,95 en el punto CF-HB-ONP-78. Los valores están por encima de 0,90 esto indica que todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001). En cuanto al índice de Shannon-Wiener (H´) registró un valor promedio de 2,18 lo que indica una diversidad moderada en este sector.

En el sector aguajal, el índice equidad de Pielou (J'), registró un valor promedio de 0,77 siendo su valor mínimo 0,42 en el punto CF-HB-ONP-95 y su máximo valor 1,00 en el punto CF-HB-ONP-100. El índice de equidad presenta valores altos cuando todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001). En cuanto a la diversidad de Shannon-Wiener (H´) registró 1,79 en promedio lo que indica una diversidad moderada en este sector.

Tabla 6.9. Índices de diversidad alfa de peces entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación

N.°	Zona de estudio	Puntos de muestreo	Riqueza (S)	N1	N2	Índice de Equidad de Pielou (J')	Shannon-Wiener (H') $\log_2$
1	Aguajal	CF-HB-ONP-103	2	1,507	1,324	0,59	0,59
2		CF-HB-ONP-102	2	1,507	1,324	0,59	0,59
3		CF-HB-ONP-101	5	4,586	4,263	0,95	2,20
4		CF-HB-ONP-100	4	4	4	1,00	2,00
5		CF-HB-ONP-99	8	7,715	7,364	0,98	2,95
6		CF-HB-ONP-96	4	2,673	2,057	0,71	1,42

N.°	Zona de estudio	Puntos de muestreo	Riqueza (S)	N1	N2	Índice de Equidad de Pielou (J')	Shannon-Wiener (H') $\log_2$
7		CF-HB-ONP-95	3	1,589	1,293	0,42	0,67
8		CF-HB-ONP-94	4	3,789	3,571	0,96	1,92
9		CF-HB-ONP-93	8	5,482	4,139	0,82	2,46
10		CF-HB-ONP-92	6	4,323	3,597	0,82	2,11
11		CF-HB-ONP-91	5	4,114	3,457	0,88	2,04
12		CF-HB-ONP-90	11	8,418	6,737	0,89	3,07
13		CF-HB-ONP-89**	11	6,578	5,393	0,79	2,72
14		CF-HB-ONP-88**	0	****	****	****	****
15		CF-HB-ONP-84**	2	1,312	1,166	0,39	0,39
Promedio						0,77	1,79
16	Bosque de Bajial	CF-HB-ONP-83	2	1,819	1,69	0,86	0,86
17		CF-HB-ONP-82	4	2,276	1,766	0,59	1,19
18		CF-HB-ONP-81	2	1,89	1,8	0,92	0,92
19		CF-HB-ONP-80	11	7,85	6,223	0,86	2,97
20		CF-HB-ONP-79**	8	6,622	5,565	0,91	2,73
21		CF-HB-ONP-78	10	8,911	8	0,95	3,16
22		CF-HB-ONP-77	10	6,885	5,083	0,84	2,78
23		CF-HB-ONP-76	4	3,561	3,261	0,92	1,83
24		CF-HB-ONP-75	19	8,793	5,461	0,74	3,14
25		CF-HB-ONP-74	10	4,714	3,189	0,67	2,24
26		CF-HB-ONP-104	6	4,1	3,101	0,79	2,04
27		CF-HB-ONP-105	6	5,117	4,5	0,91	2,36
Promedio						0,83	2,18
Promedio Total						0,80	1,97

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

- Diversidad beta

El análisis de agrupamiento mediante el índice de similaridad de Bray-Curtis para los peces definió 5 grupos con una similaridad mayor al 50 %. El primer grupo está conformado por los puntos de muestreo CF-HB-ONP-99 y CF-HB-ONP-94 con el 70 % de similaridad; el segundo grupo agrupó a los puntos de muestreo CF-HB-ONP-81 y CF-HB-ONP-100 con 61 % de similaridad; el tercer grupo con 56 % de similaridad reúne los puntos de muestreo CF-HB-ONP-92 y CF-HB-ONP-90 el cuarto grupo reunió los puntos de muestreo CF-HB-ONP-103 y CF-HB-ONP-96 con 53 % de similaridad. Finalmente, el quinto agrupamiento reunió los puntos de muestreo CF-HB-ONP-95 y CF-HB-ONP-91 con 52 % de similaridad. Además, se observa una tendencia de las especies registradas en la zona de aguajal (Figura 6.22).

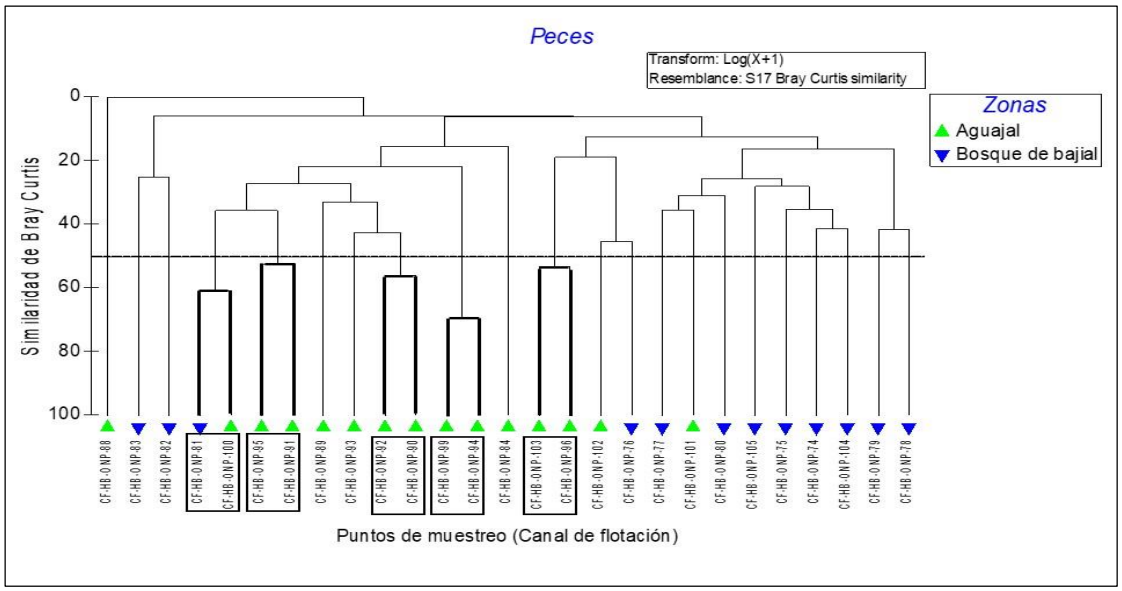


Figura 6.22. Dendrograma de similaridad Bray Curtis de los puntos de muestreo entre el km 8+000 y km 39+500 del Canal de flotación

6.3.2. Quebradas Sapuchal y Maquisapayoc

Se colectaron muestras de perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces. A continuación, se presenta lo registrado para cada una de las comunidades hidrobiológicas evaluadas.

6.3.2.1. Perifiton

A. Microalgas

- Composición y riqueza

Fueron encontradas un total de 49 especies, distribuidas en 6 phyla que corresponden a los 27 puntos de muestreo evaluados. El phylum Bacillariophyta fue el más representativo con 22 especies y estuvo presente los 3 puntos de muestreo. El phylum Ochrophyta solo se registró en el punto de muestreo QMaqu-HB-ONP-1 y euglenozoa solo en el punto de muestreo QSapu-HB-ONP-1. La mayor riqueza se encontró en el punto de muestreo QSapu-HB-ONP-1 con 25 especies y la menor riqueza en el punto de muestreo QMaqu-HB-ONP-1 con 10 especies. (Figura 6.23).

En la quebrada Sapuchal se encontraron 26 especies distribuidas en 5 phyla, donde fue dominante el phylum Bacillariophyta con 12 especies y entre se ellas se encuentran los géneros Nitzschia y Navicula; los cuales presentan una capacidad de tolerancia muy alta frente a las variaciones ambientales, según Ramírez y Viña, 1998.

En la quebrada Maquisapayoc se encontraron 24 especies distribuidas en 5 phyla y el mas representativo fue Bacillariophyta con 10 especies.

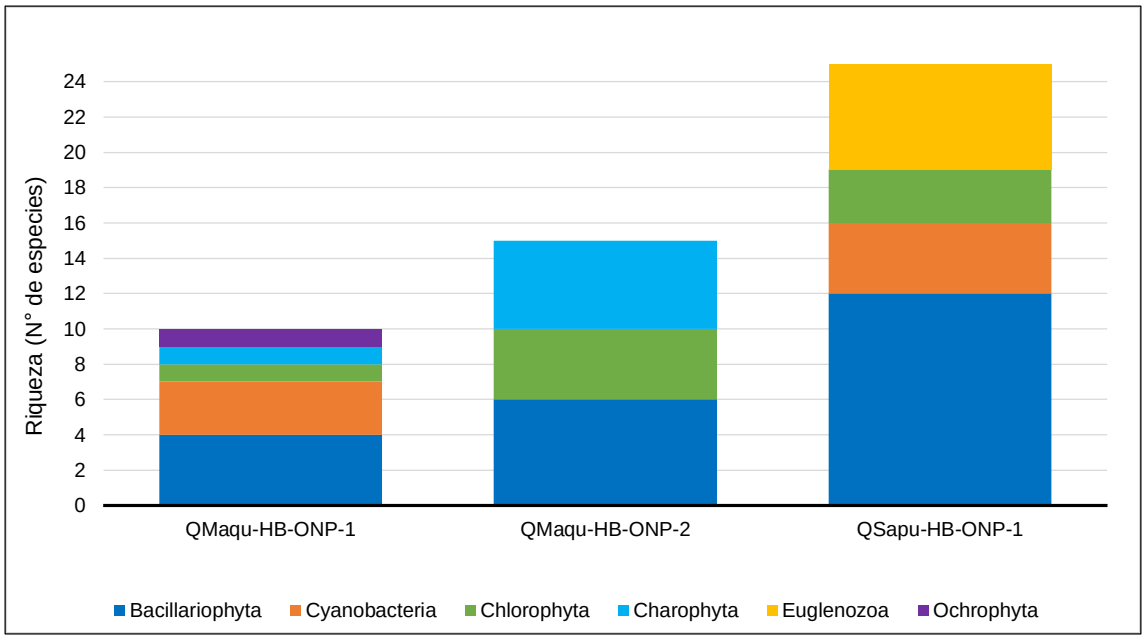


Figura 6.23. Composición y riqueza de especies de microalgas del perifiton registradas en las quebradas del área de estudio

- Abundancia

Fueron encontrados un total de 19634 organismos distribuidos en 27 puntos de muestreo evaluados. El phylum más dominante fue Bacillariophyta con 9576 organismos, y estuvo presente en todos los puntos evaluados. La mayor abundancia se encontró en el punto QSapu-HB-ONP-1 con 12900 organismos y la menor abundancia en el punto QMaqu-HB-ONP-2 con 3352 organismos. Los phyla restantes, en abundancia decreciente, fueron Euglenozoa, Cyanobacteria, Chlorophyta, Charophyta y Ochrophyta (Figura 6.24).

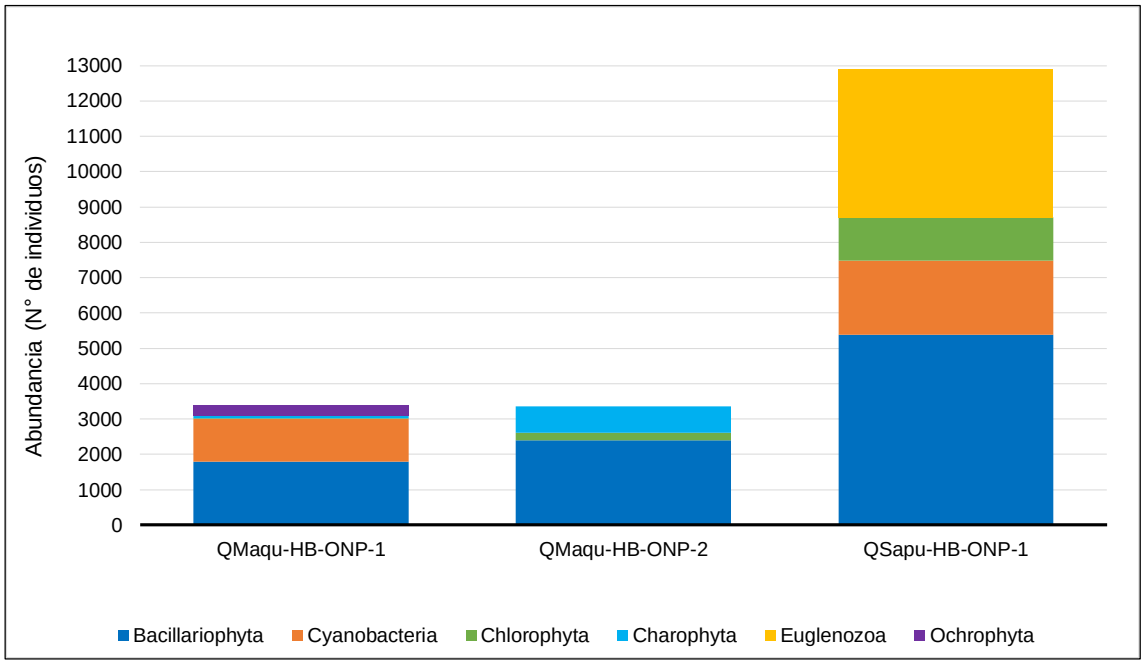


Figura 6.24. Abundancia de especies de microalgas del perifiton registradas en las quebradas del área de estudio

- Diversidad alfa

Los indices N1 y N2, el menor valor se registró en el punto de muestreo QMaqu-HB-ONP-1; mientras que, el mayor valor en el punto de muestreo QSapu-HB-ONP-1. El índice equidad de Pielou (J') registró un valor promedio de 0,91 siendo su valor mínimo 0,86 en el punto QMaqu-HB-ONP-2 y su máximo valor 0,95 en el punto QSapu-HB-ONP-1. Los valores por encima de 0,85 ~~esto~~ indican que todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001). Por otro lado, el índice de Shannon-Wiener (H´) tuvo de promedio 4,19 indicando una alta diversidad de microalgas en las quebradas (Tabla 6.10).

Tabla 6.10. Índices de diversidad alfa de las comunidades de microalgas por punto de muestreo

N.°	Sector	Puntos de muestreo	Riqueza (S)	N1	N2	Equidad de Pielou (J')	Diversidad de Shannon - Wiener H'(log_2)
1	Quebradas	QSapu-HB-ONP-1	25	21,00	18,38	0,95	4,39
2		QMaqu-HB-ONP-1	10	8,21	7,49	0,91	3,04
3		QMaqu-HB-ONP-2	15	10,39	8,78	0,86	3,38
Promedio Total						0,91	4,19

B. Perifiton animal

- Composición y riqueza

Fueron encontradas un total de 6 especies, distribuidas en 3 phyla que corresponden a los 3 puntos de muestreo evaluados. El phylum más representativo fue Cercozoa con 4 especies, seguido de Rotífera y Nemata cada uno con 1 especie, presente en 8 de los 15 puntos evaluados en este sector. La riqueza varío de 1 a 4 especies y se registraron en los puntos de muestreo QMaqu-HB-ONP-2 y QMaqu-HB-ONP-1, respectivamente (Tabla 6.11).

Tabla 6.11. Riqueza de especies de perifiton animal registradas en las quebradas del área de estudio

Phylum	QSapu-HB-ONP-1	QMaqu-HB-ONP-1	QMaqu-HB-ONP-2
Cercozoa	2	3	0
Rotífera	0	0	1
Nemata	0	1	0
Total	2	4	1

- Abundancia

Fueron encontrados un total de 114 organismos distribuidos en 3 puntos de muestreo evaluados. La abundancia varió entre 6 y 84 organismos, registrándose el menor valor en el punto QMaqu-HB-ONP-2 y el mayor valor en el punto QMaqu-HB-ONP-1. El phylum más abundante fue Cercozoa con 90 organismos, seguido tenemos el phylum Nemata con 18 organismos y por último el phylum Rotífera con solo 6 organismos. (Tabla 6.12).

Tabla 6.12. Abundancia de especies de perifiton animal registradas en las quebradas del área de estudio

Phylum	QSapu-HB-ONP-1	QMaqu-HB-ONP-1	QMaqu-HB-ONP-2
Cercozoa	24	66	0
Rotífera	0	0	6
Nemata	0	18	0
Total	24	84	6

- Diversidad alfa

Los indices N1 y N2, el menor valor se registró en el punto de muestreo QMaqu-HB-ONP-2; mientras que, el mayor valor en el punto de muestreo QMaqu-HB-ONP-1. El índice equidad de Pielou (J') registró un valor promedio de 0,88 y el índice de Shannon-Wiener (H´) tuvo de promedio 1,34 indicando una baja diversidad del perifiton animal en las quebradas evaluadas en el área de estudio (Tabla 6.13).

Tabla 6.13. Índices de diversidad alfa del perifiton animal por punto de muestreo

N.°	Sector	Puntos de muestreo	Riqueza (S)	N1	N2	Equidad de Pielou (J')	Diversidad de Shannon - Wiener H'(log_2)
1	Quebradas	QSapu-HB-ONP-1	2	1,76	1,60	0,81	0,81
2		QMaqu-HB-ONP-1	4	3,67	3,38	0,94	1,88
3		QMaqu-HB-ONP-2	1	1,00	1,00	****	****
Promedio						0,88	1,34

(****) : Valores indefinidos

6.3.2.2. Macroinvertebrados bentónicos

Esta comunidad tuvo una representatividad mínima en las quebradas evaluadas habiéndose encontrado solo en 3 morfoespecies pertenecientes a los phyla Annelida y Arthropoda. Dada su escasa representatividad, los índices de diversidad alfa hallados presentaron valores muy bajos, los cuales son detallados en la Tabla 6.14.

Tabla 6.14. Índices de diversidad alfa del macroinvertebrados bentónicos en las quebradas

Phylum	Clase	Phylum	Clase	Orden	Nombre de especie	QSapu-HB-ONP-1	QMaqu-HB-ONP-1	QMaqu-HB-ONP-2
Organismos / 0,0675 m^2								
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	ND	Subfamilia Chironominae ND	0	0	30
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	ND	Subfamilia Tanypodinae ND	0	0	15
Nematoda	ND	ND	ND	ND	ND	15	0	0
Riqueza de especies (S)					S	1	0	2
Abundancia de individuos (N)					N	15	0	45
Equidad de Pielou (J')					J'	****	****	0,92
Diversidad de Shannon - Wiener H'(log_2)					H'(log2)	0	****	0,92
Número de Hill N1					N1	1	****	1,89
Número de Hill N2					N2	1	****	1,8

ND: No determinado
(****) : Valores indefinidos

6.3.2.3. Peces

- Composición y riqueza

Se identificaron un total de 12 especies agrupados en 10 géneros, 8 familias y 2 órdenes. Los peces registrados corresponden al superorden Ostariophysi que son los más diversos y representativos en ambientes tropicales (Reis, 2003); además, poseen una sustancia de alarma producida por células epiteliales, que se detecta por el sentido del olfato y provoca una reacción de miedo (Nelson, 2016). Está representado por los órdenes Characiformes y Siluriformes, donde el primero es representa el 57 % del total con siete especies y los Siluriformes representan el 42 % con cinco especies (Tabla 6.15).

Tabla 6.15. Composición taxonómica registradas en el Canal de flotación

Superorden	Orden	Familia	Genero	Especie	N° de individuos
Ostariophysi	Characiformes	5	6	7	27
	Siluriformes	3	4	5	15
Total		8	10	12	42

Las 12 especies capturadas con red atarraya y de mano, siendo la captura más constante con red de mano porque permitía ser maniobrada en condiciones restringidas por el pastizal.

La familia Characidae y Callichthyidae presentó la mayor riqueza con 3 especies cada una, seguido por las familias Trichomycteridae, Aspredinidae, Prochilodontidae, Bryconidae, Gasteropelecidae y Triportheidae (Figura 6.25).

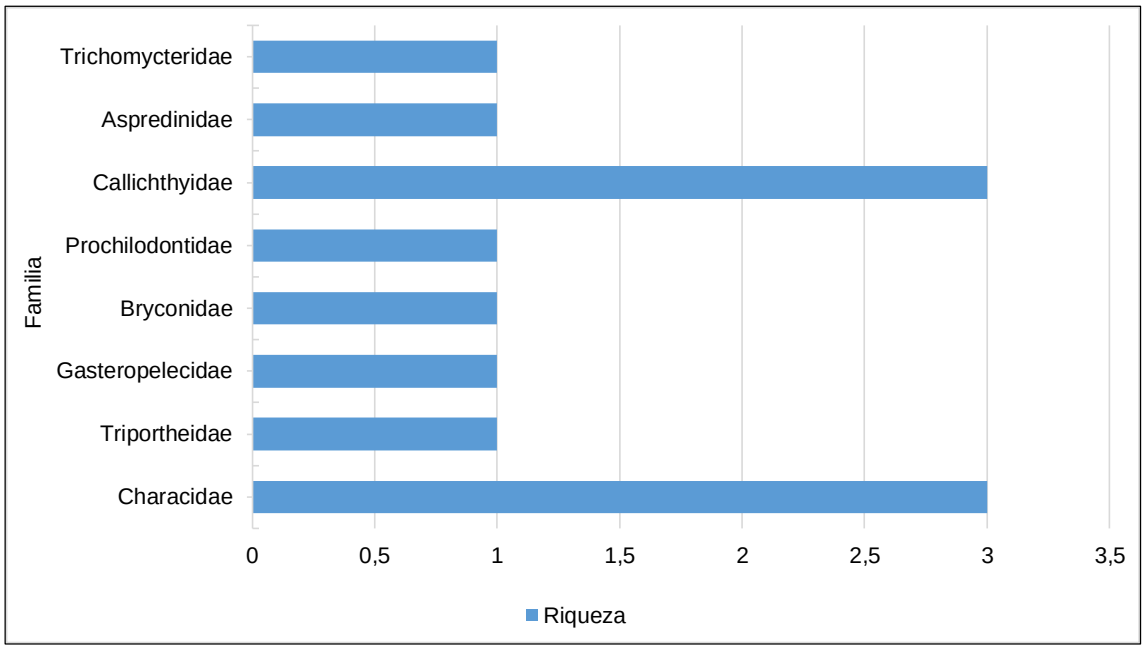


Figura 6.25. Composición taxonómica a nivel de familias en las quebradas

En la quebrada Maquisapayoc se encontró 1 sola especie del orden Characiformes y familia Characidae y en la quebrada Sapuchal se registraron 11 especies de los órdenes Characiformes y Siluriformes (Tabla 6.16).

Tabla 6.16. Especies registradas en las quebradas evaluadas

N°	Quebrada Maquisapayoc		Quebrada Sapuchal	
	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico	Nombre común
1	*Astyanax sp.*	*mojara*	*Hyphessobrycon copelandi*	mojarita
2	-	-	*Hyphessobrycon sp. 1*	mojarita
3	-	-	*Triportheus angulatus*	sardina
4	-	-	*Gasteropelecus sternicla*	pechito
5	-	-	*Salminus sp.*	sábalo
6	-	-	*Prochilodus nigricans*	boquichico
7	-	-	*Corydoras aff. rabauti*	shirui, coridoras
8	-	-	*Corydoras multiradiatus*	shirui, coridoras
9	-	-	*Dianema longibarbis*	shirui
10	-	-	*Pterobunocephalus dolichurus*	bagrecito
11	-	-	*Tridentopsis pearsoni*	bagre

(-) No aplica
: Characiformes : Siluriformes

- Composición trófica

Dentro de las especies registradas encontramos 5 grupos tróficos, siendo el grupo dominante los omnívoros con 4 especies; seguido los invertívoros con 3 especies y una especie los carnívoros, insectívoros y detritívoros. Dentro de los omnívoros tenemos a *Astyanax* sp., *Hyphessobrycon copelandi*, *Hyphessobrycon* sp. 1, *Triportheus angulatus*; invertívoros: *Corydoras* aff. *rabauti*, *Corydoras multiradiatus* y *Dianema longibarbis*; carnívoros: *Salminus sp.*, *Gasteropelecus sternicla y Prochilodus nigricans* (Figura 6.26).

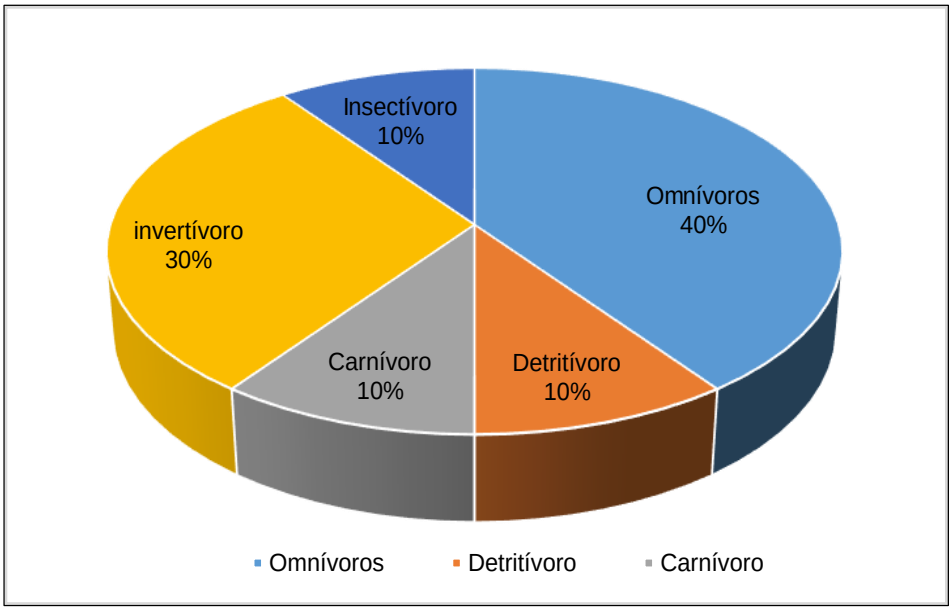


Figura 6.26. Composición trófica en relación a la riqueza de los peces colectados en las quebradas

- Abundancia

En total se registraron 42 individuos. En la quebrada Maquipasayoc se registró 1 individuo en el punto de muestreo QMaqu-HB-ONP-1; mientras que, en la quebrada Sapuchal en el punto de muestreo CF-HB- QSapu-HB-ONP-1 la abundancia fue de 41 individuos y varió de 1 a 17 individuos, siendo más abundante la especie Hyphessobrycon sp. 1 (Tabla 6.17).

Tabla 6.17. Abundancia de las especies registradas en las zonas evaluadas del Canal de flotación

Familia	Especie	Nombre común[a]	Quebrada Maquisapayoc	Quebrada Sapuchal
			QMaqu-HB-ONP-1	QSapu-HB-ONP-1
Characidae	*Astyanax* sp.	mojara	1	
Characidae	*Hyphessobrycon copelandi*	mojarita	-	1
Characidae	*Hyphessobrycon* sp. *1*	mojarita	-	17
Triportheidae	*Triportheus angulatus*	sardina	-	2
Gasteropelecidae	*Gasteropelecus sternicla*	pechito	-	1
Bryconidae	*Salminus* sp.	sábalo	-	1
Prochilodontidae	*Prochilodus nigricans*	boquichico	-	4
Callichthyidae	*Corydoras* aff. *rabauti*	shirui, coridoras	-	4
Callichthyidae	*Corydoras multiradiatus*	shirui, coridoras	-	1
Callichthyidae	*Dianema longibarbis*	shirui	-	4
Aspredinidae	*Pterobunocephalus dolichurus*	Bagrecito	-	1
Trichomycteridae	*Tridentopsis pearsoni*	Bagrecito	-	5
Total de especies			1	11
Total de individuos			1	41

: Characiformes : Siluriformes

(-) No aplica
[a] Nombre común tomado de la «Lista anotada de los peces de aguas continentales de Perú» (Ortega *et al*., 2012).

Diversidad alfa

Los valores de los índices solo fueron cuantificables en el punto de muestreo QSapu-HB-ONP-1 debido a que en los otros puntos de muestreo se registró cero y 1 especie. Los valores del índice N1 y N2, en el punto de muestreo QSapu-HB-ONP-1 fueron 6,71 y 4,53, respectivamente. Con respecto al índice equidad de Pielou (J'), el valor fue de 0,79. El índice de equidad presenta valores altos cuando todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001). En cuanto a la diversidad de Shannon-Wiener (H´) registró 2,75 indicando una diversidad moderada en la quebrada Sapuchal Tabla 6.18.

Tabla 6.18. Índices de diversidad alfa de peces en el Tramo I del Oleoducto Norperuano (km 8+000 al km 39+500)

N.°	Zona de estudio	Puntos de muestreo	Riqueza (S)	N1	N2	Índice de Equidad de Pielou (J')	Shannon-Wiener (H') $\log_2$
1	Quebrada Maquisapayoc	QMaqu-HB-ONP-1	0	****	****	****	****
2		QMaqu-HB-ONP-2	1	****	****	****	****
3	Quebrada Sapuchal	QSapu-HB-ONP-1	11	6,71	4,53	0,79	2,75

(****): Valores indefinidos

6. DISCUSIÓN

El desarrollo de la discusión para la evaluación ambiental realizada en el Canal de flotación y quebradas (Sapuchal y Maquisapayoc) consideró 2 aspectos:

Primer aspecto: Zonificación del tramo evaluado considerando el tipo de ecosistema predominante[45] (Figura 7.1).

- Sector 1: Bosque de Bajial o de Terraza Baja, comprendido entre el km 8+000 al km 20+000.
- Sector 2: Pantano de palmeras o «aguajal», que comprende el canal de flotación entre los km 20+000 al km 39+500.

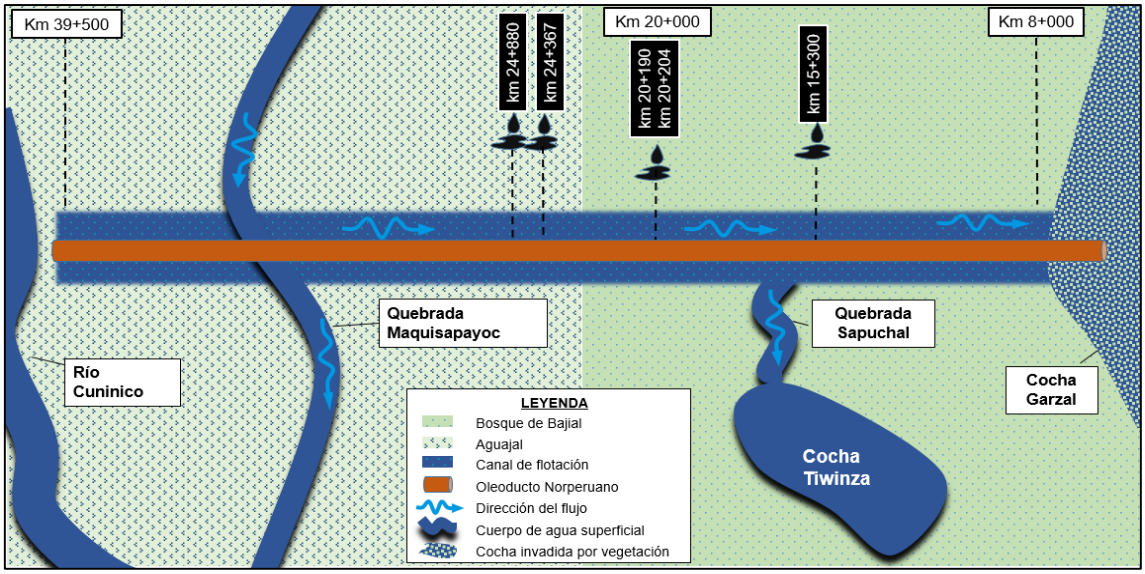


Figura 6.1. Ubicación de los sectores evaluados (bajial y aguajal)

Segundo aspecto: 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 7.2).

[45] Según el Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú, publicado por MINAM en octubre del 2018, en la zona evaluada se identifican 2 tipos de ecosistemas: bosque aluvial inundable (B-ai) y pantano de palmeras (Ppal). Disponible en https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru

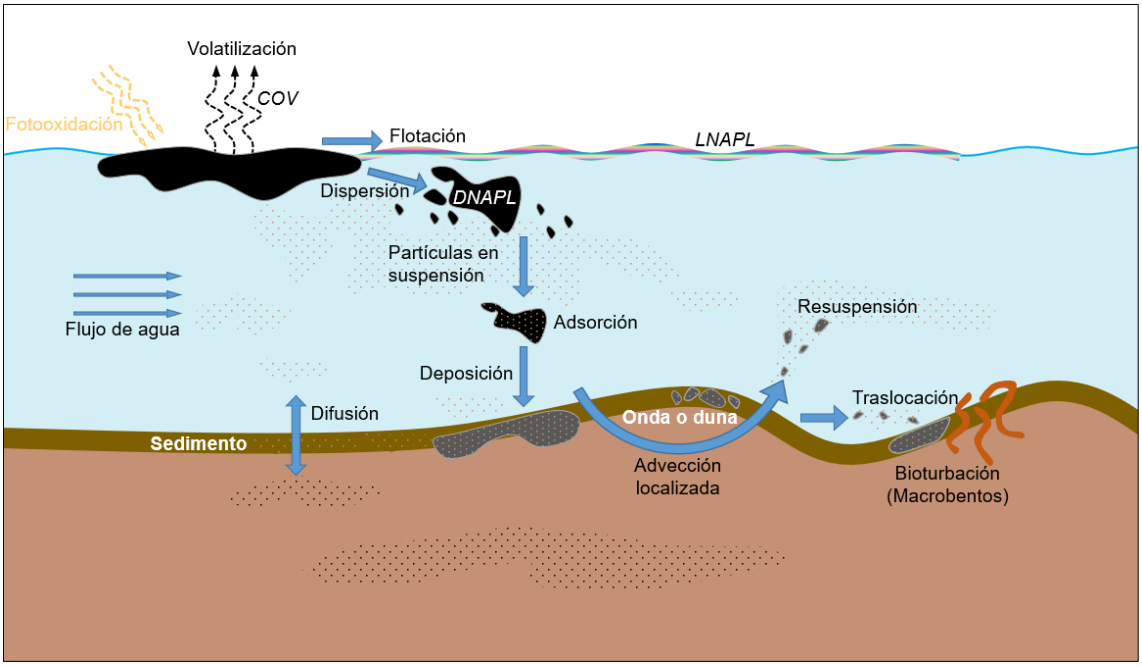


Figura 6.2. Modelo conceptual del transporte físico del contaminante en el medio acuático. COV: compuestos orgánicos volátiles; DNAPL: *Dense Non-Aqueous Phase Liquid*, LNAPL: *Light non-aqueous phase liquid*. Fuente: Adaptado de Reible, 2014

El área evaluada está comprendida en el llano Amazónico, el cual se caracteriza por ser muy lluvioso debido a la intensidad y distribución de las precipitaciones[46] durante el año. El periodo de evaluación corresponde a inicios de la temporada de vaciante, es decir, época del año cuando baja el nivel del agua debido a la disminución de la precipitación estacional; la cual determina el régimen hidrológico de las quebradas acentuando las diferencias en el caudal y volumen de agua entre una época y otra.

La red hidrográfica del área evaluada está comprendida en la intercuenca medio bajo Marañón[47], compuesta por las quebradas Sapuchal y Maquisapayoc, y por su proximidad, también la cocha San Pedro y la cocha Garzal; tributarios intermedios del río Marañón, además del Canal de flotación que comprende aproximadamente 40 km de terreno inundable.

6.3. Canal de flotación

El Canal de flotación[48], como cuerpo de agua que configura un ecosistema[49], debe su importancia a su ubicación en la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional Pacaya

[46] Según el PAMA, 1995 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 la humedad relativa media anual es de 81,72 %.

[47] Código de Unidad Hidrográfica en el nivel 4: 4983

[48] Según Petroperú S.A., el Canal de flotación es una infraestructura construida con la finalidad de funcionar como una barrera de contención para confinar el petróleo crudo en caso de derrames de crudo desde el oleoducto. 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.

[49] 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

Samiria y en sitio RAMSAR[50] Abanico del Pastaza[51], complejo de bosques típicos de selva baja que comprende diversos tipos de ecosistemas.

El Canal de flotación en sus primeros kilómetros, es decir, entre el km 8+000 y km 20+000, se emplaza sobre un bosque aluvial inundable (B-ai) o «bajial», el cual es característico de la llanura amazónica, sometidos a inundación temporal o casi permanentemente dominado por la dinámica fluvial, constituido por un grupo heterogéneo de vegetación en los que destacan los «recanales», «pungales», «ceticales», «capironales» y «bolainales». En un segundo sector, entre los km 20+000 al km 39+500, predominan los pantanos de palmeras (Ppal) o «aguajales» consideradas como humedales amazónicos, que se caracterizan por ser terrenos formados en zonas con depresión configurando bosques forestales inundados permanente o casi permanentemente, donde predomina la especie *Mauritia flexuosa* o «aguaje» y otras palmeras asociadas.

En el área de estudio, los componentes ambientales (agua, sedimento, suelo, aire) y biológicos (flora y fauna) fueron afectados por 5 derrames de petróleo crudo ocurridos entre 2016 y 2018 (Tabla 2.1). El crudo fue transportándose en el canal hacia los cuerpos de agua más próximos principalmente por los mecanismos señalados en la Figura 7.1, debido a esto y en base a intervenciones anteriores del OEFA y otras entidades se evidenció la afectación a la calidad ambiental en zonas de derrames, resultó pertinente evaluar los componentes agua, sedimento y comunidades hidrobiológicas en todo el tramo considerando un muestreo de tipo sistemático para determinar la posible causalidad y analizar los posibles efectos del crudo sobre los componentes ambientales señalados.

Los resultados de agua superficial fueron comparados con los ECA para agua 2008[52] y 2017[53], para la subcategoría «Ríos de la selva» de la Categoría 4 «Conservación del 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[54] 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

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.

50 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.

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

53 Aprobado mediante Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM el 7 de junio de 2017.

54 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).

continentales «*Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life of Freshwater* – CEQG-SQG» del 2002.

El agua superficial presentó condiciones ácidas registrando un potencial de hidrógeno en un rango de 5,24 unidades de pH y 6,67 unidades de pH, y poco oxigenadas en el rango de 0,22 y 3,91 mg/L de oxígeno disuelto (OD); valores por debajo de los valores mínimos establecidos en los ECA para agua 2008 y 2017 (Figura 7.3). La conductividad fue registrada entre 15,98 y 144,60 µS/cm, que junto con el pH son características propias de «aguas negras amazónicas», dado que según Maco, 2016; Sioli, 1984; Geisler *et al.*, 1973, las «aguas negras amazónicas» tienen su origen en los bosques húmedos de la Amazonía, que se caracterizan por presentar una coloración café oscuro a marrón rojizo que se debe principalmente a la presencia de ácidos húmicos y fúlvicos, y pH que varía de ácido a ligeramente ácido (4,1 unidades de pH - 6,9 unidades de pH) en respuesta a la descomposición de la materia orgánica y al consumo del oxígeno libre en el proceso de su degradación la cual resulta en aguas casi anóxicas (Roldán, 2008), donde además intervienen factores como temperatura y el bajo dinamismo del Canal de flotación y el carácter meándrico de las quebradas los que dificultan su oxigenación.

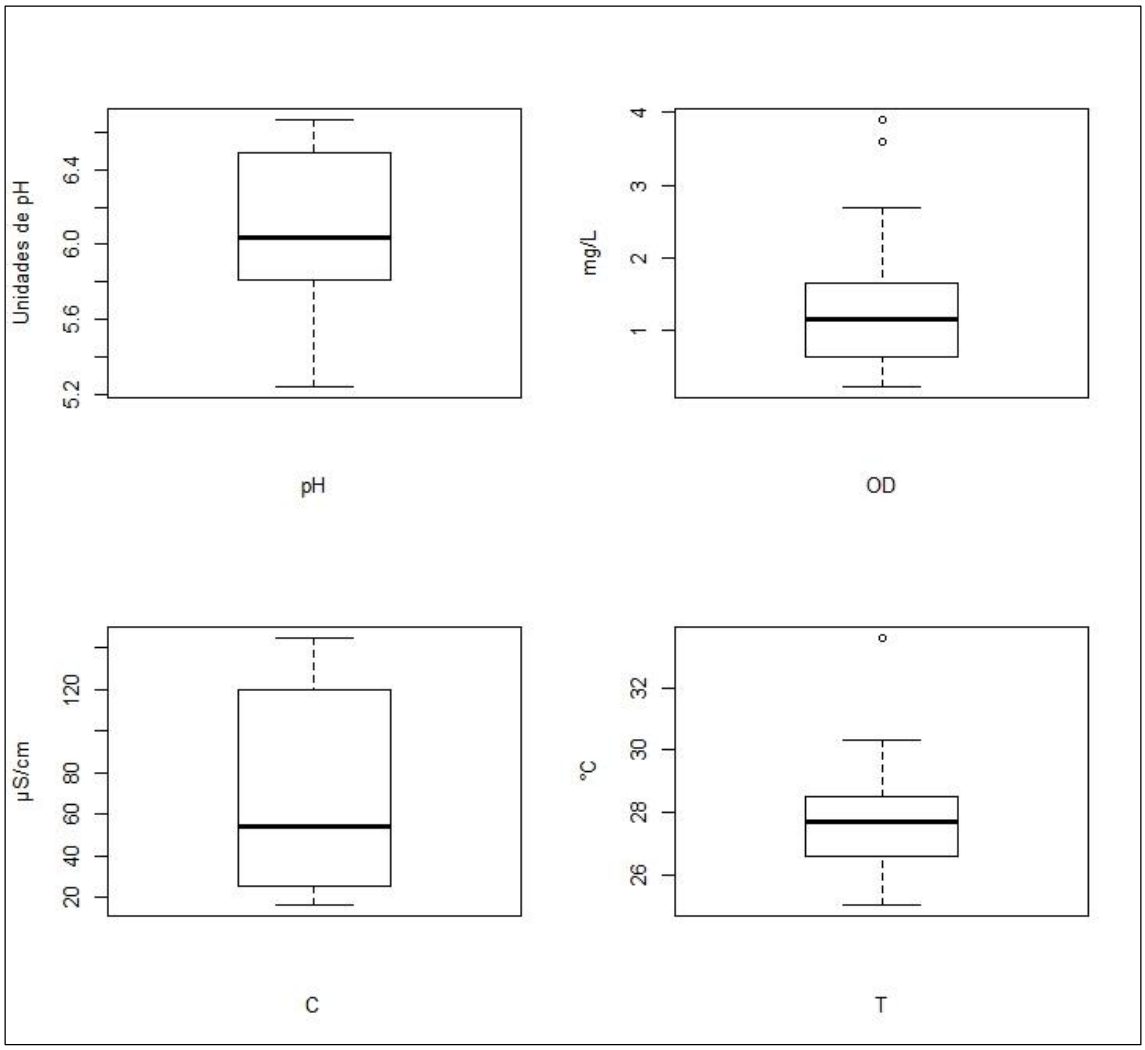


Figura 6.3. Gráfico de cajas y bigotes de pH, oxígeno disuelto, conductividad y temperatura evaluados en el Canal de flotación

Resultados similares en la zona de estudio se registraron por el OEFA[55] desde el 2014, donde tanto el pH como el OD mostraron valores por debajo del valor mínimo 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 tanto, se advierte que las características del agua son típicas, la acidez y las bajas concentraciones de oxígeno disuelto no podrían ser atribuidas directamente a la actividad hidrocarburífera por las razones expuestas.

Cabe indicar que evidenció presencia de hidrocarburos de petróleo en el agua superficial en concentraciones cuantificables en los puntos de muestreo CF-AS-ONP-83, CF-AS-ONP-82, CF-AS-ONP-81; sin embargo, estos no superaron el ECA agua 2017 para TPH, es decir, fueron menores a 0,5 mg/L, estos puntos de muestreo se encuentran próximos a las zonas

[55] 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».

de ocurrencia del derrame del km 20+190 y km 20+204[56]. El resto de puntos muestreados registraron valores menores al límite de cuantificación del método de ensayo (L.C.= 0,008 mg/L).

Adicionalmente, los aceites y grasas, parámetro que podría estar relacionados a los hidrocarburos, registraron concentraciones menores al límite de cuantificación (L.C.=0,05 mg/L) en todos los puntos muestreados; tal condición, se explica en la diferencia del límite de cuantificación con respecto al método de ensayo para TPH, siendo mayor 125 veces al ser técnicas analíticas diferentes[57].

Entre sector ubicado entre el km 20+000 y km 15+000 del Canal de flotación, ocurrieron 3 derrames de petróleo crudo, uno en noviembre de 2014 en el km 20+190 donde se derramaron 3000 barriles, el segundo el 27 de febrero de 2018 con 251,6 barriles, y el tercero en el km 15+000 con 1698 barriles de crudo. Teniendo en cuenta las emergencias, esta zona cuenta con actividades de limpieza o descontaminación en respuesta por el administrado; sin embargo, durante la evaluación *in situ*, se evidenció una película con iridiscencia (Figura 7.4) en el agua y también en el sedimento, que indica la presencia de hidrocarburos.

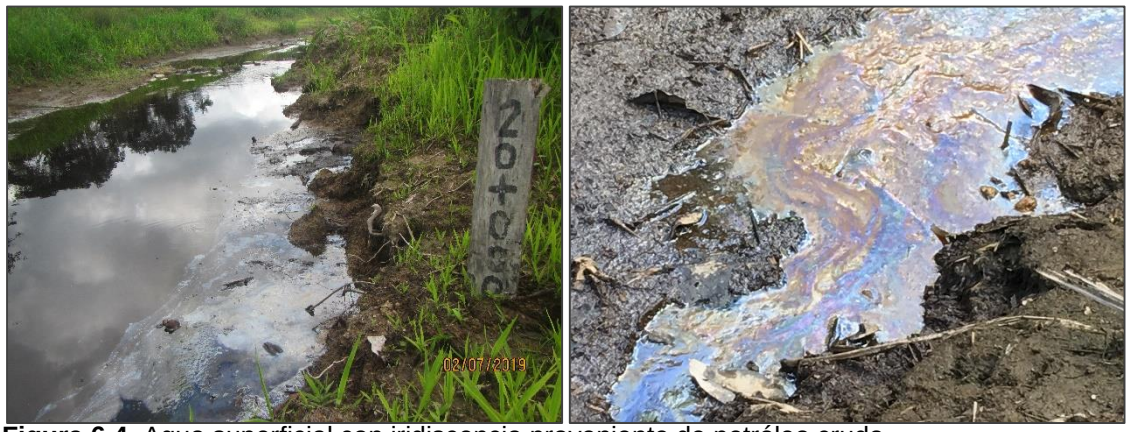


Figura 6.4. Agua superficial con iridiscencia proveniente de petróleo crudo

Cabe considerar que, el petróleo crudo derramado en contacto con el agua, en su mayor proporción sufre una alteración en su composición debido principalmente a procesos de degradación física-química-biológica (Payne, *et al*. 1991); razón por la cual se registren valores no significativos o ausentes años después de ocurrido un derrame.

Al respecto, cabe mencionar que días hasta semanas después de la ocurrencia de los derrames de petróleo crudo, se evidenció presencia de TPH en el agua superficial en diversas acciones de supervisión[58,59] (OEFA), así como de aceites y grasas (parámetro que puede estar relacionadas al crudo); sin embargo, en posteriores evaluaciones ambientales

[56] Derrame de 3000 barriles de petróleo crudo ocurrido en el Km 20+190, y derrame de 251,6 barriles de crudo en el Km 20+204.

[57] El método analítico empleado para TPH fue cromatografía de gases (EPA METHOD 8015 C Rev. 3, 2007 (Cromatografía de gases), y para aceites y grasas fue por infrarrojo ASTM D7066.04 (validado), 2011).

[58] Informes de supervisión directa N.° 029-2017-OEFA/DS-HID y N.° 140-2017-OEFA/DS-HID del Expediente de Supervisión N.° 312-2017-DS-HID

[59] Informe de supervisión directa N.° 010-2018-OEFA/DS-HID del Expediente de Supervisión N.° 313-2017-DS-HID

del OEFA[60] realizadas meses o años se registraron concentraciones detectables de estos parámetros en el agua superficial, debido principalmente a la remoción de sustrato durante las actividades de limpieza o descontaminación ejecutadas por el administrado. Este escenario, indica que la fuente de hidrocarburos serían los sedimentos, el cual se sostiene en estudios[61] que afirman que los hidrocarburos se encuentran secuestrados en los sedimentos y son liberados al agua cuando estos son disturbados (Papoulias y Segovia, 2018).

Con respecto a la presencia de metales en el agua superficial, esta presentó plomo en concentración que superó el ECA para agua 2008 en 1 punto de muestreo (CF-AS-ONP-74); sin embargo, no superó el ECA para agua 2017. Según la Vigilancia Ambiental [62]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., el plomo fue encontrado frecuentemente en concentraciones superiores al ECA para agua 2008 (0,001 mg/L) y 2017 (0,0025 mg/L) en el río Marañón (estaciones de monitoreo RMara9-V y RMara10, que se ubican aguas arriba y abajo de la quebrada San Pedro, respectivamente) y en ríos y quebradas próximas al Marañón. Resultados similares fueron registrados en los muestreos realizados por el OEFA entre los años 2014 y 2016[63].

La presencia de estos metales, estaría relacionada a la influencia del río Marañón por la considerable carga de sólidos suspendidos que trae consigo; al respecto, dicho río presenta «aguas blancas», que se caracterizan por ser lodosas, turbias, de color marrón a amarillento con alta carga de materia orgánica, por la influencia de bosques húmedos subandinos y andinos (Maco, 2016) donde se originan[64] (Ingemmet, 1999), y la influencia de actividades de minería polimetálica en los ríos afluentes[65]. En consecuencia, el plomo en el agua superficial no podría ser relacionado a los derrames de petróleo ocurridos en el área de estudio.

En el sedimento evaluado del canal se registró presencia generalizada de hidrocarburos, es decir en 25 de 26 puntos de muestreo en concentraciones mayores al límite de cuantificación (>13,3 mg/kg) en un rango de 73,00 mg/kg y 4078,00 mg/kg.

---

60 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»

61 Resumen de la recopilación y evaluación de datos en sitios de monitoreo a largo plazo de las cuatro cuencas Pastaza, Tigre, Corrientes y Marañón (2016 – mediados de 2018).

62 Informes de «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.» N.° 0036-2018-OEFA/DEAM-STEC, N.° 354-OEFA/DEAM-STEC, N.° 378-2010-OEFA/DEAM-STEC, N.° 0001-2019-OEFA/DEAM-SSIM, N.° 098-2019-OEFA-SSIM; N.° 153-2019-OEFA-SSIM y N.° 284-2019-OEFA/DEAM-STEC; durante 2017, 2018 y 2019.

63 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.

64 Según el Boletín N.° de Ingemmet, el río Marañón, tiene origen en la cordillera de los Andes, al suroeste del departamento de Huánuco, producto de los deshielos del nevado Yerupajá o Yarupa a 5800 m s. n. m.

65 Informe N.° 00023-2015-OEFA-DE-SDCA-CEAI «Informe de evaluación ambiental en la cuenca Baja del Río Marañón, ejecutado durante 2014 y 2015».

Estos resultados superaron el nivel de fondo (NF_{TPH}=44,46 mg/kg) para ríos y quebradas en 23 de los 26 puntos de muestreo, representando el 88,46 % del total de puntos evaluados; evidenciando concentraciones superiores a los que pueden ser encontradas naturalmente en estos ambientes amazónicos. Asimismo, en 13 puntos de muestreo se superó el valor ESL (500 mg/kg) de la guía Atlantic RBCA (Figura 7.5), el cual representa el 50 % de los puntos evaluados, donde existe la posibilidad de afectación de organismos acuáticos bentónicos.

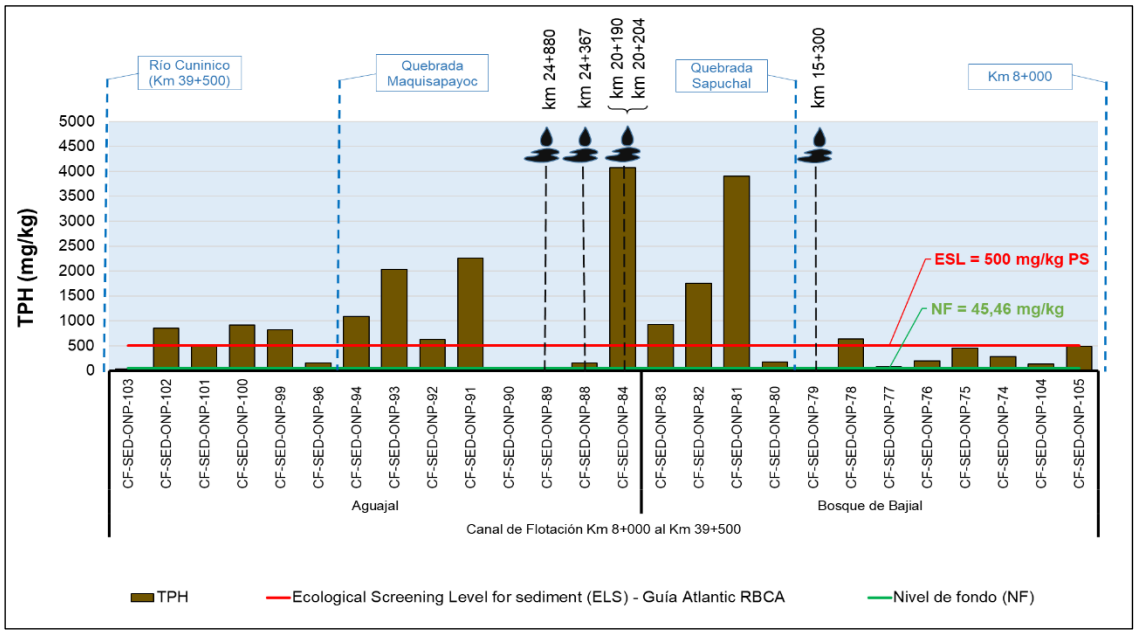


Figura 6.5. Concentraciones de TPH en el Canal de flotación entre el km 8+000 y km 39+500 comparados con el nivel de fondo y con el valor ESL de la guía Atlantic RBCA referencialmente.

Tomando en cuenta la Figura 7.6 los puntos de muestreo con mayores concentraciones de TPH se relacionan directamente con los derrames ocurridos (km 20+190, km 20+204), los mismos donde se registraron concentraciones cuantificables de TPH en el agua superficial. Cabe indicar que, el sector del km 20+000 presentó un área parcialmente despejado de vegetación herbácea debido a las actividades de limpieza realizada por el administrado, lugar donde se ubica una barrera de contención para los hidrocarburos derramados, la misma que se encontró deteriorada. El punto de muestreo CF-SED-ONP-83 se evidenció los TPH tanto analíticamente como organolépticamente, es decir, características intrínsecas como olor, color e iridiscencia (Anexo 3 Reporte de Campo).



Figura 6.6. Barrera de contención de hidrocarburos próximo a los derrames ocurridos en el km 20+190 y km 20+204

Distribución:

La distribución de los TPH a lo largo del Canal de flotación, se debería principalmente a las características del Canal y a su régimen hidrológico determinado por la temporalidad.

En el primer sector, bajial, el canal está más expuesto con respecto al sector de aguajales, es decir, presenta espejo de agua en la mayor parte del sector y tiene carácter lótico porque se evidenció un flujo de agua con dirección hacia el km 8+000 y presenta conexión visible con ambientes acuáticos en algunos sectores. El canal en este sector (km 15+000 al km 20+000) se encuentra próximo a la cocha San Pedro; y hacia el km 7+000 y km 8+000 del canal se encuentra interconectada con zonas de bosque inundable próximos a la cocha Garzal, cuerpo de agua conexo al canal entre los km 7+000 al km 4+000 aproximadamente. Por lo tanto, el transporte de los hidrocarburos habría sido mediante el agua a lo largo del canal y hacia los ambientes próximos, estas condiciones determinantes de los procesos físicos de distribución de los contaminantes en la columna de agua y su transporte a nivel espacial.

En esta zona (km 8+000 al km 20+000) se evidencia sedimento con textura de la clase franca, franco-arenosa, areno-francosa, arenosa y franco-arcillosa; congruente con la caracterización realizada por Ingemmet, 1999, estudio que sostiene que la composición típica de los sedimentos provenientes del Marañón presenta secuencias de arenas, limonitas y limoarcillitas con contenido regular de materia orgánica.

En el sector de aguajales (del km 24+000 al km 39+500), en la época evaluada, el canal presenta abundante vegetación herbácea como «grama» entre otras macrófitas flotantes y emergentes, con abundantes raíces, que cubren parcial o totalmente el espejo de agua; los cuales son responsables de la presencia de materia orgánica en el sedimento siendo carterística su coloración oscura marrón a negruzco.

El contenido de materia orgánica en el sedimento fue muy abundante en ambas zonas. Al respecto, en el sector bajial, se registró porcentajes de materia orgánica entre 0,3 % y 39,8 % con una media de 10,9 %; y en el sector de aguajal, entre 1,4 % y 34,7 % con una media de 14,29 %, siendo este último mayor con respecto a lo encontrado en bajial. En ambos casos los porcentajes son altos con respecto a otro tipo de ambientes (bosques montanos, tundra, ambientes marinos, entre otros).

Según Ingemmet[66], la cuenca del Marañón se caracteriza por presentar condiciones sedimentológicas favorables para la generación lenta de hidrocarburos (miles a millones de años) debido a la presencia de ambientes reductores derivados de un proceso de degradación de la abundante materia orgánica vegetal; además revelando un subsuelo con presencia de rocas (roca madre) generadoras y almacenadoras de hidrocarburos.

Este escenario sostiene la presencia cuantificable de hidrocarburos de origen biogénico[67] (Nguyen, 2014) en sedimentos, que se han registrado en algunos ambientes acuáticos como cochas, ríos o quebradas de la Amazonía[68] en concentraciones mayores a 50 mg/kg, los cuales fueron asociados al contenido de materia orgánica en los sedimentos por la descomposición de vegetales y animales, etapa inicial de la diagénesis[69] de sedimentos acuáticos recién formados. Resultados similares al respecto fueron encontrados por el Estudio de nivel de fondo y de referencia realizados en los ríos y quebradas asociadas al Canal de flotación entre el km 39+500 al km 90+000, el cual, advierte la presencia de concentraciones de hidrocarburos de origen distinto al «petrogénico» (producto de la actividad hidrocarburífera); sin embargo, necesitan de estudios complementarios para señalar un rango o valor máximo sugerible para generalizar valores para diversos ambientes en la Amazonía.

Cabe indicar que, tanto especies vegetales, animales, microbiota, bacterias, plancton, algas terrestres como marinos sintetizan hidrocarburos biogénicos (Guevara, 2018), tales como los n-alcanos de C_{15}, C_{19}, C_{21} y C_{29}, que son productos endógenos, es decir, productos de la biosíntesis controlada por rutas metabólicas, y que, con transmitidos a la cadena alimenticia, los mismos que usualmente son cadenas carbonadas impares asociadas a ambientes terrestres (Acha, 1998).

Hay diversos antecedentes de la biosíntesis de hidrocarburos (Henríquez, *et al.*, 1974; López, *et al.*1982; Shaw, *et al.* 1979) que forman parte de la fracción F_2 – tales como hepadeceno ($C_{17}H_{34}$), pentadeceno ($C_{15}H_{32}$), heneicosano ($C_{21}H4_4$), entre otros – por organismos como las algas del fitoplancton encontrados en zonas alejadas de actividades petroleras. No obstante, en los hidrocarburos de la fracción F_3 resulta difícil establecer si su origen es biogénico o fósil debido a la complejidad de los mismos y los escasos estudios al respecto.

Prevalencia:

Cabe considerar, que el petróleo crudo encontrado ha sufrido procesos de intemperismo y degradación, el cual se evidencia en la posible ausencia en los hidrocarburos más ligeros como los compuestos orgánicos volátiles (COVs) como el BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos) y los hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAP) como el antraceno,

66 Boletín N.° 130 Serie A: Carta geológica nacional. «Geología de cuadrángulos de Cunambo, Mariscal Cáceres, Río Pucacuro, Vargas Guerra, Río Huitoyacu, Checherta, Andoas, Lamastipishca, San Antonio, Nuevo Soplín, Valencia, Pucacuro, Sungache, Pucuna, Villa Trompeteros, San Fernando, San Juan de Pavayacu, Río Urituyacu, Santa Martha, Barranca, San Isidro, Río Nucuray y Urarinas». Ingemmet, Lima, noviembre de 2019.

67 Contempla cadenas carbonadas que componen hidrocarburos que son sintetizados por organismos del fitoplancton y que con transmitidos a la cadena alimenticia. Compuestas de n-alcanos

68 En la cuenca del río Nanay, como el río Chambira y a lo largo de del río Nanay y en sus tributarios (laguna Llanchama, Zungarococha, Moronacocha, quebrada Pucayacu), a los que atribuyen un origen biogénico.

69 Proceso natural de formación de hidrocarburos, en la etapa final del ciclo sedimentario en la que una vez depositados los materiales sufren una alteración química y física que provoca, generalmente, su compactación.

fenantreno, pireno y grupo benzo[70] – compuestos con toxicidad demostrada[71] – fueron registrados por debajo de los límites de cuantificación respectivos; asimismo, el análisis de la fracción F_1 (C_6-C_{10}) contempla la sumatoria de diversos compuestos, dentro de ellos los antes mencionados, la cual fue registrada en concentraciones menores al límite de cuantificación (1,9 mg/kg) que podría indicar probable ausencia de tales compuestos. Por otro lado, los hidrocarburos registrados estuvieron compuestos de fracciones más complejas, es decir, de la fracción F_2 (C_{10}-C_{28}) y F_3(C_{28}-C_{40}).

En ambos sectores, se registró la predominancia de fracciones de hidrocarburos de cadena media y larga (F_2 y F_3), la fracción F_2 en 22 de 26 puntos de muestreo y la fracción F_3 en 25 puntos; en una proporción de 2:4 entre ambas, de manera similar a los resultados encontrados en el Canal de flotación entre el km 39+500 al km 90+000 (Informe N.° 237-2019-OEFA-DEAM-SSIM), así como en diversos estudios realizados por OEFA y por otras instituciones[63].

El escenario advierte que los hidrocarburos como compuestos orgánicos son fuentes de carbono para la microbiota, que es utilizada como nutriente (Corona-Ramírez, 2004), donde los componentes más ligeros[72] (C_6 - C_{16}) (Payne, *et al*. 1991; McCarthy, *et al*. 1998) pueden degradarse completamente en pocos días o semanas en ambientes tropicales (PNUD, *et al.,* 2018).

Los componentes más complejos (fracciones F_2 y F_3) que son más difíciles de degradar, necesitan de una serie de condiciones favorables, factores físicos y químicos que intervienen en la reducción de las concentraciones en el ambiente; sin embargo, cabe destacar que las a características del medio acuático evaluado, presenta condiciones desfavorables que dificultarían su degradación natural, el pH ácido se hace presente en sedimento (en el rango de 4,47 y 6,37) y así también en el agua (pH entre 5,24 y 6,67) además baja oxigenación (0,22 mg/L - 3,91 mg/L) sumadas a otros factores serían responsables de su prevalencia, la cual fue evidenciada durante la presente evaluación.

En tanto, la atenuación natural puede remover la fracción más ligera[73] del petróleo los residuos más pesados pueden permanecer por décadas (Sánchez-Fernández, 2009), permaneciendo en el sedimento y liberándose cuando existe remoción o en función del dinamismo ejercido por la temporalidad, transportándose por los mecanismos de transporte (dispersión, adsorción, flotación, resuspensión) presentados en figura Figura 7.2.

Esto advierte un contacto de las comunidades hidrobiológicas con una serie de compuestos diferentes[74] (Wang & Fingas, 1994), los que en función a su estructura química, poseen

70 Este grupo es considerado como posible carcinógeno; de los cuales el benzo[a]pireno presenta potencial carcinógeno probado en diversos estudios realizados con animales (IARC, 2012; U.S. EPA, 2016).

71 Entre los HAPS algunos son reconocidos como posibles sustancias carcinogénicas (LaGoy, 1994) teratogénicos y mutagénicos (Paruk, 2014; ATSDR, 1995; Boström, 2002; Arias et al., 2009); y por su capacidad de traspasar membranas biológicas (Paruk, 2014); por esta razón son considerados de preocupación ambiental.

72 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)

73 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)

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

diferentes grados de toxicidad para los organismos y tienen diferentes posibilidades de biodegradación (Head, *et al*. 2006).

El análisis de metales totales[75], tanto metales pesados[76] como cobre, zinc, cadmio, mercurio, cromo y arsénico[77], y otros metales tóxicos para la vida acuática, asociados a la actividad hidrocarburífera como el vanadio, níquel[78] y bario[75] registraron 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.

Con respecto a la comparación con valores de la CEQG-SQG (Figura 7.7 y Figura 7.8), se registró cobre, cromo, plomo, mercurio y zinc en concentraciones superiores al valor ISQG. El cobre fue el metal que registró concentraciones en el rango de 13,6 mg/kg – 165,7 mg/kg, mayores al ISQG (35,7 mg/kg) en 25 de 26 puntos de muestreo. El cromo, plomo y mercurio fueron registrados en 1 punto de muestreo en concentraciones que superaron el valor ISQG respectivo (37,3 mg/kg, 35 mg/kg y 123 mg/kg). Estas concentraciones representan niveles de concentración asociadas a efectos biológicos adversos ocasionales en organismos del medio acuático al superar el ISQG.

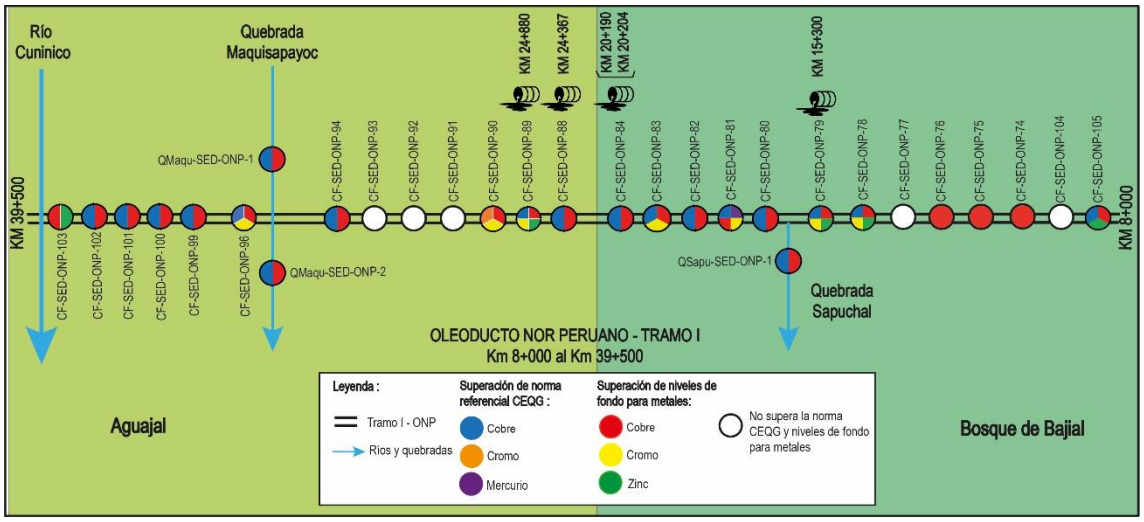


Figura 6.7. Esquema de superación de estándares de la CEQG-SQG y niveles de fondo para metales en el Canal de flotación entre el km 8+000 y km 39+500

Con respecto a los niveles de fondo, las concentraciones de cobre, cromo, zinc superaron dichos valores. El cobre superó el nivel de fondo (NF_{cobre}=22,98 mg/kg) en 20 de puntos de

75 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.

76 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).

77 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.

78 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

muestreo; el cromo (NF_{cromo}=22,6 mg/kg) en 11 puntos de muestreo; el zinc (NF_{zinc}=64,48 mg/kg) en 5 puntos de muestreo.

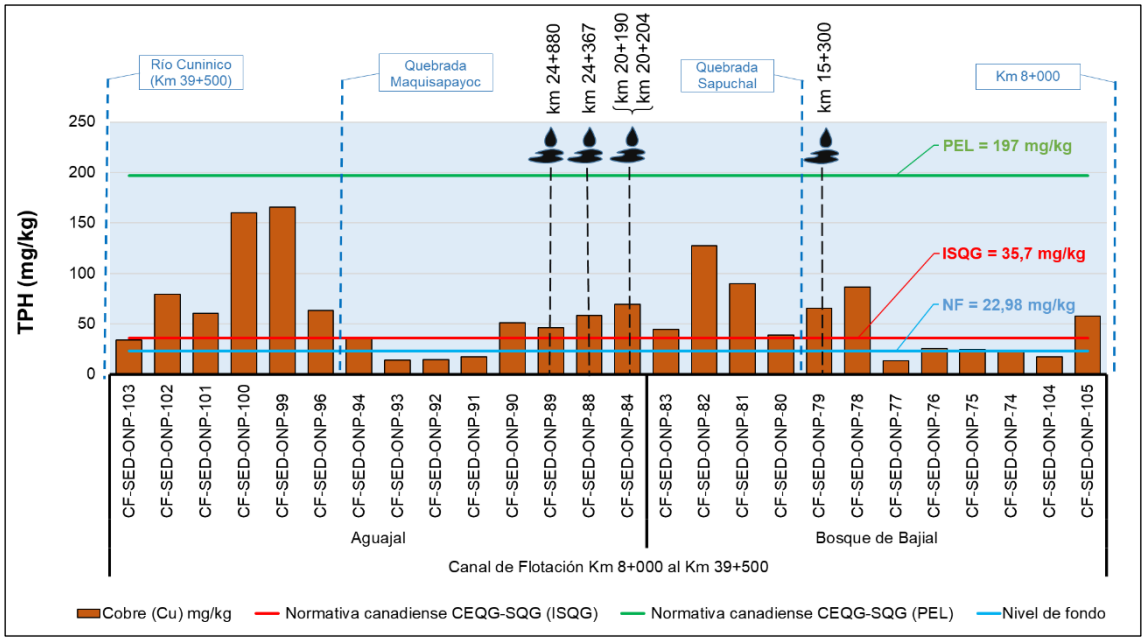


Figura 6.8. Concentraciones de cobre (Cu) en el Canal de flotación, entre el km 8+000 y km 39+500

Algunos metales de importancia como el plomo, mercurio, arsénico y cadmio no presentan un nivel de fondo con el cual se comparen las concentraciones debido a que estos metales solo presentaron valores cuantificables puntualmente y en su mayoría por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado. Asimismo, al haberse registrado estos elementos por debajo del límite de cuantificación del método y por ende no haberse establecido un nivel de fondo para estos se considera típico encontrar estas concentraciones. Adicionalmente, el cromo VI analizado en todas las muestras de sedimento, fue registrado en concentraciones menores al límite de cuantificación (L.C.<0,1701 mg/kg).

Adicionalmente otros metales como el barrio, níquel y vanadio son considerados tóxicos presentan potencial de afectación a la calidad ambiental al margen de no estar regulados por la guía CEQG-SQG, los mismos que están asociados a la producción hidrocarburífera[79,80,**¡Error! Marcador no definido.**], 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 5 puntos de muestreo, el níquel ($NF_{níquel}$=22,08 mg/kg) en 12 puntos y el vanadio ($NF_{vanadio}$=71,11 mg/kg) en 8 puntos de muestreo. Estos valores indicarían que son concentraciones que naturalmente no pueden ser encontrados en los lechos de los cuerpos de agua del área de estudio. Aunque, la CEQG no establece niveles de concentración de estos metales 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).

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

80 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

Los sedimentos en el área evaluada se constituyen de depósitos fluviales dentro del Cenozoico, sistema cuaternario entre la series pleistocenas y holocenas (Ingemmet, 1999, Urarinas 10-m), que son resultado de los procesos geológicos de erosión y el transporte de rocas pre existentes de la cordillera oriental de edades Jurásicas - terciarias condicionada por agentes climáticos y el agua.

Según Ingemmet, la cuenca configurada por el río Marañón es de tipo sedimentario, con canales fluviales distribuidos de manera dendrítica en la llanura amazónica donde los sedimentos suelen depositarse siguiendo la configuración meándrica resultante de la migración del cauce de del río principal y los ríos o quebradas secundarias (líneas negras punteadas en la Figura 7.9) formando terrazas y depósitos fluviales de sedimentos. Estas estructuras advierten la acumulación de metales, entre ellos los metales pesados los que permiten relacionar su origen y su trazabilidad.

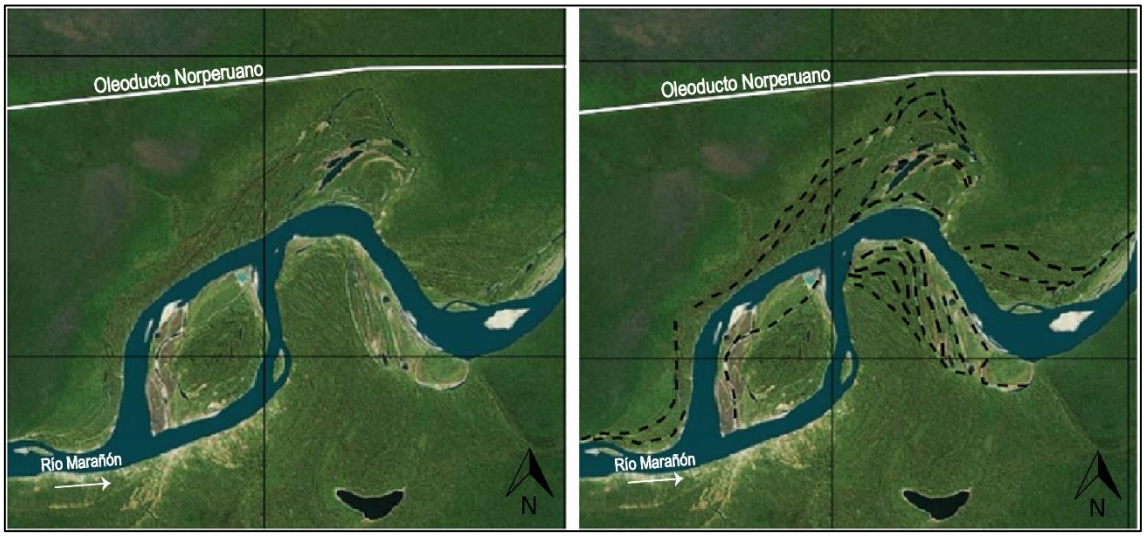


Figura 6.9. Evolución de la configuración meándrica del río Marañón en el sector evaluado

Según el PAMA, en la caracterización de la composición química del crudo señala la existencia de trazas de cobre y metales como el vanadio (135 ppm[81]) y níquel (55,5 ppm), elementos considerados como potenciales contaminantes para el ambiente.

En consecuencia, las concentraciones de cobre y otros metales de interés en el sedimento del Canal de flotación no reflejan una relación evidente con el crudo; 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 (Cu, Ni, V, etc.).

La importancia radica en que los metales de interés se encuentran en un medio que favorece su transporte y acumulación, debido al pH ácido del medio acuático, el cual facilita su biodisponibilidad, solubilidad y movilidad (Mauro, 2014; Cuizano *et al*., 2010), que representan un riesgo de contaminación y toxicidad a los organismos acuáticos por su capacidad de ser bioacumulable en dichas condiciones particulares (Chen *et al.,* 1999; Mudroch *et al*., 1997).

81 Partes por millón (ppm) es equivalente a mg/kg.

Dentro de las comunidades hidrobiológicas, para las microalgas del perifiton, el phylum Bacillariophyta fue el más representativo en cuanto a riqueza con 114 especies; afirmando que este grupo de algas son las más representativas de los sistemas acuáticos continentales (Roldán y Ramírez, 2008). Asimismo, este phylum fue el más dominante en densidad (267914 organismos/cm^2; 56,34 %), seguido de Euglenozoa (69446 organismos/cm^2; 14,61 %), lo que indicaría concentraciones altas de materia orgánica (Sondergaard y Moss, 1998; Reynolds, 1984;). El pulso de inundación, junto con las características morfométricas variables del sistema de planos de inundación, ejerce una fuerte influencia sobre la estructura de la comunidad epifítica (Montoya y Aguirre, 2013).

En cuanto al perifiton animal, el phylum Rotífera fue el más representativo en cuanto a riqueza con 16 especies, y el más dominante en densidad (348 organismos/cm^2; 37,66 %). Cabe señalar que los factores usualmente considerados como limitantes, esenciales o importantes para el perifiton animal incluyen la disponibilidad de luz, la transparencia, la turbidez y el tipo de sustrato, entre otros (Wetzel, 2000; Hutchinson, 1975).

Para los macroinvertebrados bentónicos se registró una baja riqueza con 9 taxones, 8 de los cuales correspondieron a estadíos inmaduros de insectos, principalmente dípteros, coleopteros, ephemeropteros y trichopteros que suelen habitar ambientes acuáticos perturbados. Es importante mencionar que el sustrato franco-arenoso sería un factor muy importante en la limitada diversidad de macroinvertebrados bentónicos en el área de estudio (Villamarín *et al*., 2014, Rice *et al*., 2010; Roldán y Ramírez, 2008). Un segundo factor que podría contribuir a la poca diversidad de los macroinvertebrados bentónicos serían las concentraciones metales (Rodríguez, 2018) cobre, cromo, plomo, mercurio y zinc que se registraron en concentraciones superiores al valor ISQG; siendo el cobre el metal que registró concentraciones en el rango de 13,6 mg/kg – 165,7 mg/kg, mayores al ISQG (35,7 mg/kg) en 25 de 26 puntos de muestreo; también las altas concentraciones de TPH (hidrocarburos totales de petróleo), observándose en este estudio que los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera, Diptera (Chironomidae) y Coleoptera se desarrollan conjuntamente en el punto de muestreo CF-HB-ONP-89 donde se registró el menor valor de TPH (0 mg/kg); sin embargo, en los puntos de muestreo CF-HB-ONP-76, CF-HB-ONP-92 donde los valores de TPH se incrementaron solo prevalecieron los dípteros y coleopteros que están presentes en ambientes perturbados.

Para los peces, el orden Characiformes presentó 34 especies y fue el orden predominante, concordando con anteriores estudios para la amazonia (Ortega et. al. 2010; Ortega *et al.*, 2007). Además, este orden que corresponde al superorden Ostariophysi que es característico por ser más diverso y representativo en ambientes tropicales (Reis, 2003). Además, el perifiton proporcionar abrigo y alimento a varios tipos de organismos, principalmente peces (Moreira, 1988) como el bocachico, especie de habito detritívoro, que raspa las superficies de las plantas sobre las que crece el perifiton (Rodrigues *et al*., 2003; Mochini-Carlos, 1999).

6.4. Quebradas

La evaluación consideró las quebradas Sapuchal y Maquisapayoc. La primera ubicada aproximadamente en el km 15+000 del Canal de flotación. Esta quebrada lleva aguas que provienen del Canal de flotación y desemboca en la cocha Tiwinza, la cual forma parte de la

cocha San Pedro (Anexo). La segunda ubicada a la altura del km 32 del Canal de flotación, la cual interseca el canal y continúa formando la quebrada Carachamal, afluente del río Marañón.

Quebrada Sapuchal

La importancia de su evaluación considera su proximidad al Canal de flotación, por la afectación sufrida por el derrame ocurridos en el km 15+300 del canal, y que, además con el transcurrir del tiempo habría recibido influencia de los derrames ocurridos en el km 20+190 y km 20+204, ubicados a 5 km de la quebrada.

El agua superficial de quebradas fueron ligeramente ácidas registrando un potencial de hidrógeno de 6,39 unid. de pH en Sapuchal, poco oxigenada (0,58 mg/L de oxígeno disuelto), parámetros que estuvieron por debajo de los valores mínimos establecidos en los ECA para agua 2008 y 2017, la conductividad fue de 120,6 µS/cm y de coloración té oscuro. Tales características las tipifican como «aguas negras amazónicas» (Maco, 2016); que basados en su origen que se deben a condiciones naturales explicadas en el ítem 7.1.

Tales características son similares a las encontradas en el Canal de flotación, dado que esta recibe directamente el agua del Canal y actúa como un desfogue natural. De la misma forma, son características naturales, que no podrían ser atribuidas a la actividad hidrocarburífera.

Según el análisis de compuestos orgánicos (TPH, aceites y grasas) e inorgánicos (metales) en el agua superficial, no han evidenciado concentraciones que indiquen afectación ambiental proveniente del Canal, dado que no se registró presencia cuantificable de TPH, ni de aceites y grasas, cuyas concentraciones fueron registradas menores los límites de cuantificación de los métodos de análisis empleados (L.C.= 0,0008 mg/L de TPH; L.C.=0,05 mg/L de aceites y grasas). Asimismo, ningún metal de interés (arsénico, plomo, cadmio, cobre, mercurio, zinc, cromo y cromo VI) superó los ECA para agua 2008 y 2017.

El sedimento presentó textura franco-arenosa, es decir, textura con predominancia de arena (55%), y contenido de limo y arcilla en menores proporciones (35% y 10%, respectivamente); y un contenido de materia orgánica del 16,2 %; un porcentaje similar con respecto a los encontrados en el sedimento del Canal de flotación.

En este ambiente, el sedimento presentó características ligeramente ácidas determinado por un potencial de hidrógeno de 5,80 unidades de pH, similar a los registrados en el Canal de flotación y en ambientes similares; el mismo que se corresponde con el potencial de hidrógeno encontrado en el agua superficial.

Cabe indicar que esta quebrada registró en el sedimento 1253 mg/kg de TPH, valor mayor al valor del nivel de fondo (NF_{TPH}=45,46 mg/kg); superando también al valor ESL=500 mg/kg de la guía Atlantic RBCA (Figura 6.9). El valor encontrado representa el 2756 % del nivel de fondo y de 250,6 % del ESL.

Esta concentración encontrada es mayor a las concentraciones registradas en el Canal de flotación; sin embargo, estaría presente por la acumulación del TPH – en su fase más pesada (DNAPLS) – que fue transportado por diversos mecanismos como la dispersión y adsorción a partículas en la columna del agua, dominados por factores como la temporalidad, puesto que presentó un caudal considerable de 1,65 m^3/s (durante el muestreo) con dirección hacia la Cocha Tiwinza. La quebrada Sapuchal, ha sido monitoreada en respuesta a los derrames en reiteradas oportunidades, entre estas encontramos valores entre 100 mg/kg a 500 mg/kg, en diferentes puntos ubicados quebrada.

La composición de hidrocarburos en las quebradas Sapuchal, presentó predominancia de la fracción F_3 y en menor proporción la fracción F_2 y fracción F_1 por debajo del límite de cuantificación (L.C. = 1,9 mg/kg). Proporciones muy similares a los encontrados en el Canal de flotación.

Las concentraciones de hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAP) y benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos (BTEX) y naftaleno en los sedimentos no registraron valores cuantificables, estos estuvieron por debajo del límite de cuantificación analítico respectivo.

Los metales contemplados por la norma canadiense CEQG-SQG (arsénico, cobre, zinc, plomo, cadmio, cromo y mercurio) presentaron concentraciones por debajo de los valores ISQG y PEL; con excepción del cobre que fue registrado en 163,7 mg/kg y que superó el ISQG (35,7 mg/kg); asimismo, el mismo superó el nivel de fondo para cobre (NF_{cobre}=22,98 mg/kg).

Por otro lado, los metales como bario, níquel y vanadio (con importancia por su potencial de afectación ambiental)[82],[83] superaron los niveles de fondo respectivos (NF_{bario}=211,9 mg/kg; $NF_{níquel}$=22,08 mg/kg; $NF_{vanadio}$=71,11 mg/kg) en la quebrada Sapuchal.

En estudios realizados por Ramírez y Viña, 1998 evidencian que el perifiton presente en ambientes lóticos ubicados en las zonas de influencia de los proyectos de explotación y transporte de hidrocarburos presentan una capacidad de tolerancia muy alta frente a las variaciones ambientales, especialmente organismos de los géneros Nitzschia, Navicula, Fragilaria y Lyngbya. En nuestro estudio para las microalgas del perifiton, el phylum Bacillariophyta fue el más representativo en cuanto a riqueza con 26 especies; afirmando que este grupo de algas son las más representativas de los sistemas acuáticos continentales (Roldán y Ramírez, 2008) y están presentes los géneros Nitzschia y Navicula; además de otros géneros que se favorecen por las altitudes registradas menores 200 m s. n. m.

En cuanto al perifiton animal, el phylum Cercozoa fue el único presente con 2 especies y con 24 organismos/cm^2. Cabe señalar que los factores usualmente considerados como limitantes, esenciales o importantes para el perifiton animal incluyen la disponibilidad de luz, la transparencia, la turbidez y el tipo de sustrato, entre otros (Wetzel, 2000; Hutchinson, 1975).

Para los macroinvertebrados bentónicos se registró una baja riqueza con 1 morfoespecie, y correspondieron a los nemátodos, que suelen habitar ambientes acuáticos perturbados. Es importante mencionar que el sustrato franco-arenosa sería un factor muy importante en la limitada diversidad de macroinvertebrados bentónicos en el área de estudio (Villamarín *et a*l., 2014 , Rice *et* al., 2010 ; Roldán y Ramírez, 2008). Otro factor que podría contribuir a la poca diversidad de los macroinvertebrados bentónicos serían las concentraciones metales (Rodríguez, 2018) como las concentraciones de cobre que superaron los valores ISQG; y las concentraciones de bario, níquel y vanadio superaron los niveles de fondo; y las ~~altas~~ concentraciones de TPH (hidrocarburos totales de petróleo), observándose en este estudio

82 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.

83 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

que en el punto de muestreo QSapu-HB-ONP-1 se registró el menor valor y coincidentemente se registró la mayor riqueza y abundancia de estos organismo.

Para los peces, el orden Characiformes presentó 11 especies y fue el orden predominante, concordando con anteriores estudios para la amazonia (Ortega *et al*., 2010; Ortega *et a*l., 2007). Además, este orden que corresponde al superorden Ostariophysi que es característico por ser más diverso y representativo en ambientes tropicales (Reis, 2003). Además, el perifiton proporciona abrigo y alimento a varios tipos de organismos, principalmente peces (Moreira, 1988). También están presentes el orden Siluriformes es otro de los grandes grupos de peces de aguas continentales, reportados como tal en investigaciones amazónicas (Ortega et al., 2010; Ortega et. al, 2007) como los géneros Corydoras, Dianema y Pterobunocephalus de hábitos detritívoros, que raspan las superficies de piedras e incluso el sedimento (observación propia).

Quebrada Maquisapayoc

Esta quebrada cruza el Canal de flotación en el km 32+000 aproximadamente, hacia el oeste de los derrames ocurridos en el km 24+880 y km 24+367.

El agua superficial muestreada en puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo con respecto al canal fueron ligeramente ácidas registrando un potenical de hidrógeno de 5,70 unidades de pH y 5,67 unidades de pH, poco oxigenadas, en el rango de 1,58 mg/L y 1,81 mg/L de oxígeno disuelto. En ambos puntos de muestreo, estuvieron por debajo del valor mínimo establecidos en los ECA para agua 2008 y 2017. Asimismo, fueron aguas con baja conductividad (14,7 µS/cm y 17, 5 µS/cm) y de coloración café oscuro. Las mismas, también características típicas de «aguas negras amazónicas» antes descritas (Ítem 7.1). Siendo condiciones naturales, no se relacionan con la actividad hidrocarburífera.

En esta quebrada, el agua no ha evidenciado TPH, ni aceites y grasas en concentraciones cuantificables, se registraron valores menores al límite de cuantificación (L.C.= 0,0008 mg/L y L.C.=0,05 mg/L, respectivamente) en ambas quebradas. Asimismo, ningún metal de interés (arsénico, plomo, cadmio, cobre, mercurio, zinc, cromo y cromo VI) superó los ECA para agua 2008 y 2017.

En la quebrada Maquisapayoc, el sedimento presentó textura areno-francosa y franco-arenosa, y alto contenido de materia orgánica: 47,0 % en el punto de muestreo QMaqu-SED-ONP-1 y el 30,2 % en el punto de muestreo QMaqu-SED-ONP-2; en ambos casos porcentaje similar con respecto a los encontrados en el Canal de flotación. Además, presentó características ácidas, el pH fue 5,45 y 5,63 en los puntos de muestreo QMaqu-SED-ONP-1 y QMaqu-SED-ONP-2, respectivamente.

En la quebrada Maquisapayoc, se registró TPH en concentraciones similares tanto aguas arriba y aguas abajo con respecto al Canal de flotación, llegando a registrarse 2766 mg/kg de TPH en el punto de muestreo QMaqu-SED-ONP-1, ubicado aproximadamente a 200 m aguas arriba del Canal de flotación; de manera similar, el punto de muestreo ubicado aguas abajo QMaqu-SED-ONP-1 registró 1840 mg/kg excediendo a los valores de comparación referencial antes mencionados (Figura 6.9). Estos valores fueron considerablemente mayores al nivel de fondo (NF_{TPH}=45,46 mg/kg) y al valor ESL=500 mg/kg de la guía referencial Atlantic RBCA.

La quebrada Maquisapayoc, presentó predominancia de la fracción F_3 y en menor proporción la fracción F_2; mientras que, y ningún punto se registró concentraciones cuantificables de la fracción F_1 (L.C. = 1,9 mg/kg). Asimismo, otros hidrocarburos ligeros

como los policíclicos aromáticos (HAP) y benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos (BTEX) y naftaleno no registraron concentraciones cuantificables, sino valores por debajo del límite de cuantificación analítico respectivo.

De los metales considerados con potencial de afectación ambiental por la norma canadiense CEQG-SQG (arsénico, cobre, zinc, plomo, cadmio, cromo y mercurio) solo el cobre que fue registrado en concentraciones que superaron los valores ISQG en ambos puntos de muestreo; asimismo, estos superaron el nivel de fondo para cobre (NF_{cobre}=22,98 mg/kg).

Por otro lado, los metales relacionados a la actividad hidrocarburífera, solo el bario fue registrado en concentraciones (264,1 mg/kg) mayores al nivel de fondo(NF_{bario}=211,9 mg/kg) en QMaqu-SED-ONP-2, ubicado aguas abajo con respecto al Canal de flotación.

Adicionalmente, el cromo VI analizado en las muestras de sedimento fue registrado en concentraciones menores al límite de cuantificación del método de ensayo (L.C.<0,1701 mg/kg).

En nuestro estudio para las microalgas del perifiton, el phylum Bacillariophyta fue el más representativo en cuanto a riqueza con 24 especies y abundancia con 4190 organismos; afirmando que este grupo de algas son las más representativas de los sistemas acuáticos continentales (Roldán y Ramírez, 2008).

Con respecto al perifiton animal, el phylum Cercozoa fue el más representativo en cuanto a riqueza con 3 especies, y el más dominante en densidad (66 organismos/cm^2; 78,57 %). Cabe señalar que los factores usualmente considerados como limitantes, esenciales o importantes para el perifiton animal incluyen la disponibilidad de luz, la transparencia, la turbidez y el tipo de sustrato, entre otros (Wetzel, 2000; Hutchinson, 1975).

Para los macroinvertebrados bentónicos se registró una baja riqueza con 3 morfoespecies, que correspondieron a estadíos inmaduros de dípteros, que suelen habitar ambientes acuáticos perturbados. Es importante mencionar que el sustrato areno-francosa y franco-arenosa sería un factor muy importante en la limitada diversidad de macroinvertebrados bentónicos en el área de estudio (Villamarín *et a*l., 2014 , Rice *et* al., 2010 ; Roldán y Ramírez, 2008). Un segundo factor que podría contribuir a la poca diversidad de los macroinvertebrados bentónicos serían las concentraciones de metales (Rodríguez, 2018) como las concentraciones de cobre que superaron los valores ISQG; y las concentraciones de bario que superó el nivel de fondo; y por ultimo, las concentraciones de TPH (hidrocarburos totales de petróleo), observándose en este estudio que en el punto de muestreo QMaqu-HB-ONP-1 y QMaqu-HB-ONP-2 que tuvieron los valores mayores de TPH y la riqueza fue mínima o nula.

Para los peces, el orden Characiformes presentó una sola especie, este orden corresponde al superorden Ostariophysi que es característico por ser más diverso y representativo en ambientes tropicales (Reis, 2003).

7. CONCLUSIONES

Considerando que, en el Canal de flotación se configura en 2 ecosistemas casi o permanentemente inundables, característicos de la llanura amazónica, que son predominantes en el área evaluada: Bosque aluvial inundable o «bajial», comprendido entre el km 8+000 al km 20+000 y, Pantano de palmeras o «aguajal», que comprendió el canal de flotación entre los km 20+000 al km 39+500 y debe su importancia a su ubicación en la zona

de amortiguamiento de la Reserva Nacional Pacaya Samiria y el sitio RAMSAR Abanico del Pastaza.

Los resultados de la 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 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.

7.3. Calidad de agua superficial

- En el Canal de flotación el agua superficial presentó condiciones ácidas en un rango de 5,24 unidades de pH a 6,67 unidades de pH, y poco oxigenadas, oxígeno disuelto en el rango de 0,22 mg/L y 3,91 mg/L; no cumpliendo los valores mínimos establecidos en los ECA para agua 2008 y 2017 para estos parámetros; además presentaron baja conductividad entre 15,98 µS/cm y 144,60 µS/cm y coloración café oscuro, que por su origen son características propias de «aguas negras amazónicas».

- Las concentraciones de TPH y aceites y grasas en el canal de flotación no superaron los ECA para agua 2017; siendo menores al límite de cuantificación analítico; mientras que las concentraciones de plomo superaron los ECA para agua 2008 en 1 punto de muestreo, la cual estaría relacionada a la infuencia del río Marañón que históricamente presenta carga metales pesados, entre ellos el plomo, en concentraciones que superan los ECA para agua.

- En las quebradas Sapuchal y Maquisapayoc presentaron aguas ligeramente ácidas en el rango de 5,67 unid. de pH y 6,39 unid. de pH y bajo oxígeno disuelto en el rango de 0,58 mg/L y 1,81 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 14,7 µS/cm y 120,6 µS/cm. Estas condiciones son típicas de cuerpos de agua meándricos, propios de la llanura amazónica que por su origen son «aguas negras amazónicas». Asimismo, se registraron TPH y aceites y grasas en concentraciones menores al límite de cuantificación analítico, y los metales fueron registrados en concentraciones que no superaron los ECA para agua 2008 y 2017.

7.4. Calidad del sedimento

- En el Canal de flotación los resultados entre los km 8+000 y km 39+500 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 25 de los 26 puntos de muestreo (96,2 %) en el rango de 73,00 mg/kg y 4078,00 mg/kg. Asimismo, 23 de los 26 puntos de muestreo (88,46 %) superaron el nivel de fondo para TPH (NF_{TPH}=45,46 mg/kg).

Evidenciándose altas concentraciones de TPH en zonas próximas a los puntos de ocurrencia de derrames en el área evaluada determinando su origen, como única fuente antropogénica de hidrocarburos.

- Por otro lado, en 13 de los 26 puntos de muestreo (50 %), 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, representando un riesgo ecológico por los altos valores registrados puntualmente, sin descartar su posible afectación aun por debajo del nivel de referencia.

- Las mayores concentraciones de TPH se relacionan directamente con los derrames ocurridos en los km 20+190 y km 20+204, sectores donde se evidencia, organolépticamente (olor, color e iridiscencia), la presencia de hidrocarburos y donde se registraron concentraciones cuantificables de TPH en el agua superficial, el cual estaría relacionado a las insuficientes acciones de limpieza y descontaminación por parte del administrado.

- La distribución de TPH se ha registrado a lo largo del Canal de flotación, debiéndose principalmente al movimiento del agua según las características del Canal y su régimen hidrológico determinado por la temporalidad (vaciante y creciente).

  - En el sector de bajial (del km 8+000 al km 20+000), el canal está expuesto, presentando espejo de agua navegable en su mayor parte y tiene dirección de flujo hacia el km 8+000 con conexión visible con ambientes acuáticos próximos como la cocha San Pedro y cocha Garzal; sector donde se evidencia mayores concentraciones de TPH que se atribuyen a los 3 derrames ocurridos en el Canal.

  - En el sector de aguajal (del km 24+000 al km 39+500), el canal presenta abundante vegetación herbácea como «grama» entre otras macrófitas flotantes y emergentes, con abundantes raíces; sector donde las concentraciones de TPH fueron menores con respecto al sector bajial, los cuales también son atribuidos a los derrames ocurridos en el canal.

- La prevalencia de TPH, se evidencia en que se ha registrado hidrocarburos de la fracción F_2 (C_{10}-C_{28}) en 22 de 26 puntos de muestreo y F_3(C_{28}-C_{40}) en 25 de 26 puntos, y con posibles signos de intemperismo y degradación por la ausencia de hidrocarburos más ligeros como los compuestos orgánicos volátiles (COVs) como el BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos), los hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAP) y la fracción F_1 (C_6-C_{10}) fueron registrados por debajo de los límites de cuantificación.

  En el Canal de flotación, entre los km 8+000 y km 39+500, las concentraciones de los principales metales con potencial de afectación ambiental – registraron concentraciones que superaron los niveles de fondo o los valores referenciales de comparación ISQG o PEL de la norma CEQG-SQG, los cuales deberían su presencia a las posibles acumulaciones de metales en los depósitos fluviales por la migración del cauce debido al carácter meándrico y dinámico del río Marañón que configura una cuenca sedimentaria; sin embargo no se descarta la posible influencia de la actividad hidrocarburífera considerando la caracterización química del crudo señalada en el PAMA del administrado.

- Se registró cobre, cromo, plomo, mercurio y zinc en concentraciones superiores al valor ISQG. El cobre fue el metal que registró concentraciones en el rango de 13,6 mg/kg – 165,7 mg/kg, mayores al ISQG (35,7 mg/kg) en 25 de 26 puntos de muestreo. El cromo, plomo y mercurio fueron registrados en 1 punto de muestreo en concentraciones que superaron el valor ISQG respectivo (37,3 mg/kg, 35 mg/kg y 123 mg/kg). Representando niveles de concentración asociadas a efectos biológicos adversos ocasionales en organismos del medio acuático al superar el ISQG.

- Con respecto a los niveles de fondo, las concentraciones de cobre, cromo, zinc, bario, níquel y vanadio, superaron dichos valores. El cobre superó el nivel de fondo (NF_{cobre}=22,98 mg/kg) en 20 de puntos de muestreo; el cromo (NF_{cromo}=22,6 mg/kg) en 11 puntos de muestreo; el zinc (NF_{zinc}=64,48 mg/kg) en 5 puntos de muestreo; el bario superó el nivel de fondo (NF_{bario}=211,9 mg/kg) en 5 puntos, el níquel ($NF_{níquel}$=22,08 mg/kg) en 12 puntos y el vanadio ($NF_{vanadio}$=71,11 mg/kg) en 8 puntos de muestreo.

Las características medio acuático, presenta condiciones desfavorables que dificultarían la degradación natural de hidrocarburos, el pH ácido del sedimento (en el rango de 4,47 unidades y 6,37 unidades) y baja concentración de oxígeno disuelto (0,22 mg/L - 3,91 mg/L), altas concentraciones de materia orgánica (entre 0,3 % y 39,8 %), y textura franco-arenosa y areno-francosa, sumadas a otros factores serían responsables de su permanencia en el sedimento, representando una fuente latente de hidrocarburos que se libera por remoción en función de la temporalidad. Asimismo, el medio ácido facilitaría la biodisponibilidad de estos metales tóxicos, constituyendo 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.

7.5. Comunidades hidrobiológicas

- Con respecto a las microalgas del perifiton correspondientes al Canal de flotación y las 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, se encontró una relación de la riqueza y abundancia de las microalgas del perifiton en las quebradas con la presencia de TPH.

- Los macroinvertebrados bentónicos estuvieron escasamente representados en los ambientes evaluados. En las quebradas solo se encontraron en 2 de los 3 puntos evaluados; y en el Canal de flotación en 6 de los 30 puntos evaluados. El registro más alto de abundancia correspondió al punto de muestreo CF-HB-ONP-92, ubicado en el Canal de flotación, donde se encontraron 150 individuos pertenecientes a 5 especies entre dípteros y chironómidos. Estos resultados, de escasa abundancia, estarían relacionados con la naturaleza química y física del sedimento del fondo, cuya textura franco -arenosa y areno – francosa limita su desarrollo; además de los valores de metales como el cobre, bario, níquel y vanadio y las concentraciones altas de TPH.

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

8. 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.

9. ANEXOS

Anexo 1: Mapa de derrames ocurridos entre el Tramo I del Canal de flotación

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

Anexo 3: Reporte de campo N.° 399-2019-SSIM (agua superficial, sedimento y comunidades hidrobiológicas)

Anexo 4: Reporte de resultados N.° 0414-2019-SSIM (agua superficial y sedimento)

Anexo 5: Resultados de identificación taxonómica de 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»

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acha, de la Cruz., O. (1998). Estudio de hidrocarburos en alga marina parda *Macrocystis pirifera*. Tecnia, Vol. 8 N° 01, págs. 93-98. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- (Alloway, 1995; Duffus, 2002) Alloway, B. J. 1995a. Cadmium. En: Heavy Metals in Soils. Ed. Alloway B. J. Blackie Academic and Professional Publ. New York. 368 pp.
- Casal, J., & Mateu, E. (2003). Tipos de muestreo. *Rev. Epidem. Med. Prev*, *1*(1), 3-7.
- Arias, A., Spetter, C., Freije, R., & Marcovecchio, J. 2009. Polyclic aromatic hydrocarbons in water, mussels (Brachidintes sp., Tagelus sp.) and fisch (Odonthes sp.) from Bahía Blanca Estuary, Argentina. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 67-81.
- Boström, C. G. 2002. Cancer Risk Assessment, Indicators, and Guidelines for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Ambient Air. Environmental Health Perspectives, 451-488
- Corona-Ramírez, L. & Iturbe-Arguelles, R. (2004) Atenuación natural en suelos contaminados con hidrocarburos. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*.,6(2), 119-126.
- 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.
- Crisci, J.V.; López Armengol, M.F. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Washington, D.C.: Departamento de asuntos científicos y tecnológicos de la Secretaría General de la OEA, serie de Biología, 1983, 132 p.
- 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.

- 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.
- Guevara, R. (2018). Evaluación de la calidad de agua superficial y sedimentos de la cuenca Nanay – periodo 2017. Tesis de pregrado. Facultad de Ingeniería química, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, en colaboración con la Autoridad Nacional del Agua.
- HAMMER, O.; HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D., 2001.- PAST: Palaeontological Statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica, 4(1): 9p.
- Head, I., Jones, D. & Röling, W. (2006) Marine Microorganisms Make a Meal of Oil. *Nature Reviews*. 4: 173-182.
- Henríquez, S.& I. Benoit. (1974) Estudio quimiotaxonómico en base a hidrocarburos de *Gigartina chamissoi* (Rhodophyta), de la bahía de Concepción. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción*, 48: 237-279.
- Holdridge, L. (1976). *Mapa ecológico del Perú*. Ministerio de Agricultura. Lima, Perú: ONERN.
- Hutchinson, G. Evelyn. 1975. A treatise on limnology. John Wiley & Sons. New York.
- Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, 2002.
- IARC. 2012. Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–112. *Suo 7, 92, 100F*.
- Kabata-Pendias, A. y Pendias, H. 1992a. Arsenic. En: Trace elements in soils and plants. 2nd Edition. CRC Press Inc. Bocca Raton, Florida. 365 pp.
- LaGoy, P. a. 1994. Establishing Generic Remediation Goals for the Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Critical Issues. Environmental Health Perspectives, 348-352.
- López, A.L., & R.E. Ugarte. 1982. Perfil de distribución de hidrocarburos en líquenes: género Pseudocyphelaria. *Boletín de la Sociedad Chilena de Química*, 27 (29): 286-288.
- 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.
- 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.
- Nelson, J.S., Grande, T.C. & Wilson, M.V.H. 2016. Fishes of the World. Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Mochini-Carlos, V. 1999. Importancia, estrutura e dinamica da comunidade perifitica nos ecosistemas aquaticos continentais. Em: Pompeo, M. L. M. (Ed.). Perspectivas da Limnologia no Brasil, Sao Luis: Grafica e Editora Uniao, 198 pp.
- Montoya M., Y.; Aguirre R., N. Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en Colombia. Gestión y Ambiente, vol. 16, núm. 3, diciembre, 2013, pp. 91-117. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- Moreira, J. 1988. Produtividade primaria do periphyton em viveiros destinados a piscicultura. Dissertacao do Mestrado, Univ. Federal de Bahia, Bahia, Brasil. 250 pp.
- Nguyen, M. 2014. *Impacts environnementaux des activités pétrolières actuelles et passées sur l'environnement (Amazonie, Équateur).* Toulouse-France: Université Paul Sabatier Tolouse; INP Toulouse.
- 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.
- Ortega, H, Hidalgo M, Trevejo G, Correa E., Meza V, Cortijo A.M. y Espino J. (2012). Lista anotada de peces de aguas continentales del Perú: Estado actual del conocimiento, distribución, usos y aspectos de conservación (2da. ed.). Ministerio de Ambiente, Ed. Lima: Punto y Grafía S.A.C.
- 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.
- Kamp, R; Papoulias, D; Segovia R (2016) Casos de Estudio para costos de la Remediación Ambiental en zonas petroleras. Santa Fe, Estados Unidos. E-TECH International
- Paruk, J. L. 2014. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Detected in Common Loons (Gavia immer) Wintering off Coastal Louisiana. Waterbirds, 85-93.
- 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.*
- 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).
- Ramsar, 1971. Convención sobre los Humedales, Irán.
- Ramírez y Viña, 1998. Limnología Colombiana. Universidad Jorge Tadeo Lozano-Exploration Company Limited (Colombia). Bogotá. Colombia. 293 pp.

- 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. & Vericat, D. (2010). *The Relative contributions of Ecology and Hydraulics to Ecohydraulics. River. Res. Applic*., 26: 363–366.
- Rodrigues, L., D. Bicudo y V. Moschini-Carlos. 2003a. O papel do perifiton em areas alagaveis e nos diagnosticos ambientais.Pp: 211-229. *En:* Thomaz, S. M. y L. M. Bini. (Eds.). Ecologia e Manejo de Macrofitas Aquaticas. Eduem, Maringa.
- Roldán, G. & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de Limnología Neotropical.* (Segunda edición). Medellín: Universidad de Antioquia. 440 pp.
- Shaw, D., J. Wiggs. (1979). Hydrocarbons in Alaska Marine Intertidal Algae. *Phytochemistry*, 18:2025-2027.
- 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*.
- Sokal, R.R. and Michener, C.D. (1958) A Statistical Methods for Evaluating Relationships. University of Kansas Science Bulletin, 38, 1409-1448.
- Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú, publicado por MINAM en octubre del 2018, en la zona evaluada se identifican 2 tipos de ecosistemas: bosque aluvial inundable (B-ai) y pantano de palmeras (Ppal). Disponible en https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru
- U.S. EPA. 2016. Review of EPA's Draft Assessment entitled Toxicological Review of Benzo[a]pyrene (September 2014). *EPA-SAB-16-003*, 1-97.
- 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.
- Wetzel. R. G. 2000. Limnological Analyse.