

**LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)**

**INFORME N° 00012-2022-MINAM/VMGA/DGCA**

**Servicio de Consultoría para la elaboración de los Planes de Rehabilitación de 7 Sitios  
Impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del Río Pastaza**

**Levantamiento de Observaciones Subsistentes Sitio S0104 (Botadero Km. 2)**

**PREPARADO PARA**

**FONDO DE PROMOCIÓN DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DEL PERÚ**





**ELABORADO POR**

**CONSORCIO ECODES INGENIERIA – VARICHEM DE COLOMBIA**





**MARZO, 2022**

	<p><b>LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES SUBSISTENTES DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) – SITIO S0104 (BOTADERO KM. 2), CUENCA PASTAZA</b></p> <p><i>MARZO, 2022</i></p>	
---	--	---

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	4
2.	LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES .....	4
2.1.	Observación N° 11 .....	4
2.2.	Observación N° 15 .....	14

	<p><b>LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES SUBSISTENTES DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) – SITIO S0104 (BOTADERO KM. 2), CUENCA PASTAZA</b></p> <p><i>MARZO, 2022</i></p>	
---	--	---

#### LISTA DE TABLAS



Tabla 1 (Tabla 3-66). Concentración de Metales Totales Regulados por el ECA de Suelos .....	6
Tabla 2 (Tabla 11-1). Concentración de Cr (VI) dentro del Emplazamiento de los Sitios Impactados de la Cuenca del Pastaza .....	12

#### TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Puntos de Muestreo de Cr (VI) y Muestra Nivel de Fondo. ....	8
--	---

#### TABLA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Punto de muestreo S0104-S001 .....	9
Fotografía 2. Residuos metálicos identificados en el punto de muestreo S0104-S001. ....	10
Fotografía 3. Punto de muestreo S0104-S009 .....	11
Fotografía 4. Núcleo de la muestra de suelo del punto de muestreo S0104-S009 .....	12

	<p><b>LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES SUBSISTENTES DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) – SITIO S0104 (BOTADERO KM. 2), CUENCA PASTAZA</b></p> <p><i>MARZO, 2022</i></p>	
---	--	---

**Levantamiento de Observaciones al Expediente “Servicio de Consultoría para la elaboración de los Planes de Rehabilitación de 07 Sitios Impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del Río Pastaza”**

**INFORME N° 00012-2022-MINAM/VMGA/DGCA**

**1. INTRODUCCIÓN**

El presente informe corresponde al levantamiento de observaciones remitida por el Oficio N° 00040-2022-MINAM/VMGA/DGCA - Informe N° 00012-2022-MINAM/VMGA/DGCA, el cual contiene observaciones subsistentes relacionadas al Plan de Rehabilitación del Sitio S0104 (Botadero Km 2), Sitio Impactado por actividades de hidrocarburos de la cuenca de Río Pastaza, dentro de la competencia del Ministerio del Ambiente (MINAM).

**2. LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES**

**2.1. Observación N° 11**

En ese sentido, se sugiere que dicho parámetro sea analizado o en todo caso justificar el no haber sido incluido en el análisis.

Asimismo, se recomienda tener coherencia en el documento, debido a que en el punto “3.6.1.4.6. Metales totales”, señalan que uno de los parámetros considerados de preocupación para el Sitio S0 104 (Botadero km 2), es el Cromo Hexavalente (Cromo VI); sin embargo, su análisis no ha sido incluido en la muestra nivel de fondo.



**Respuesta:**

Según la Guía de muestreo de suelos, el objetivo del muestreo de nivel de fondo es determinar la concentración de sustancias que se encuentran de manera natural y/o que pudieran haber sido generadas por fuentes antropogénicas ajenas a la actividad bajo análisis.

El Cromo puede tener los siguientes estados de oxidación, +2, +3, +4, +5+ 6; los estados de oxidación +4 y +5, son poco frecuentes, mientras que las formas iónicas +2 y +3 son las más estables (Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Chromium. U.S. Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, GA. 1998). En ambientes naturales se encuentra generalmente como cromo trivalente [Cr (III)] o cromo hexavalente [Cr (VI)], aunque generalmente el Cr (VI) es atribuido a actividades industriales. ([http://clu-in.org/contaminantfocus/sec/chromium\\_vi/cat/overview](http://clu-in.org/contaminantfocus/sec/chromium_vi/cat/overview)); según Bartlett R, James BR Nriagu JO, Nieboer E (1988), el Cr (VI), es una toxina que se origina generalmente a partir de la actividad antropogénica (in Chromium in the Natural and Human Environments, eds Nriagu JO, Nieboer E (Wiley, New York), pp 267–303), generalmente los compuestos de Cr (VI) son el resultado de procesos electroquímicos de oxidación en un medio ácido del Cr (III) en Cr (VI), por lo tanto, la forma iónica del cromo hexavalente [Cr(VI)], en la muestra Nivel de fondo no debería ser objeto de análisis, esta afirmación está sustentada por lo siguiente:



Según la EPA las fuentes primarias de Cr (VI) en la atmósfera son los compuestos químicos del cromo, empleados como inhibidores de corrosión.

En el Sitio S0104 (Botadero km 2), se realizó el muestreo de suelo en diecisiete (17) puntos para determinar la naturaleza y concentración de los contaminantes de potencial preocupación; en concordancia con lo definido en los TDR, el análisis de Cr total se realizó en el 100% de los puntos de muestreo y el Cr (VI) se analizó en el 29% del total de puntos muestreados; el análisis de Cr (VI), se realizó en sectores en donde se identificaron residuos industriales y piezas metálicas, que como resultado de procesos de oxido reducción química pueden aportar al medio ambiente cromo

	<p><b>LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES SUBSISTENTES DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) – SITIO S0104 (BOTADERO KM. 2), CUENCA PASTAZA</b></p> <p><i>MARZO, 2022</i></p>	
---	--	---



en sus diferentes formas químicas y entre ellas Cr (VI). La concentración de Cr (VI) obtenida absolutamente en todos los puntos que fueron muestreados, es inferior al límite de detección ( $LD < 2 \text{ mg/kg}$ ), por lo tanto, se puede afirmar que el Cr (VI) no forma parte de la composición geoquímica del Sitio S0104 (Botadero km 2).

A continuación, en la **Tabla 1** (Tabla 3-66) se presentan los resultados de la concentración de Cr y Cr (VI) del Sitio S0104.

	<p><b>LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES SUBSISTENTES DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) – SITIO S0104 (BOTADERO KM. 2), CUENCA PASTAZA</b></p> <p><b>MARZO, 2022</b></p>	
---	--	---

**Tabla 1 (Tabla 3-66). Concentración de Metales Totales Regulados por el ECA de Suelos**

ECA – Uso de suelo: Agrícola (mg/kg)							50	750	1,4	N/A	0,4	6,6	70
Estación de Muestreo	Fecha	Profundidad (m)		Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S		Época de Muestreo	Concentración en mg/kg MS						
		Inicial	Final	Este	Norte		Arsénico (As)	Bario (Ba)	Cadmio (Cd)	Cromo (Cr)	Cromo Hexavalente (Cr)	Mercurio Total (Hg)	Plomo (Pb)
S0104-S001-0,50	15/05/2018	0,00	0,5	338975	9693202	Húmeda	< 3,5	67,4	< 0,5	14,9	< 0,2	N.A.	70
S0104-S002-0,00	12/09/2018	0,00	0,25	339024	9693189	Seca	< 3,5	123,4	< 0,5	26,7	N.A.	N.A.	314
S0104-S002-1,25		1,25	1,5				< 3,5	356,4	< 0,5	110	N.A.	N.A.	25
S0104-S002-2,25		2,25	2,5				< 3,5	122,3	< 0,5	21	N.A.	N.A.	70
S0104-S003-0,30		0,3	0,5				< 3,5	115,4	< 0,5	20,9	N.A.	N.A.	128
S0104-S003-0,30-DUP(a)	13/09/2018	0,3	0,5	339044	9693161	Seca	< 2,21	95,53	< 0,04	< 0,03	N.A.	N.A.	156,8
S0104-S003-1,25		1,25	1,5				< 3,5	25,4	< 0,5	24,8	N.A.	N.A.	22
S0104-S004-0,30	14/05/2018	0,00	0,3	339040	9693083	Húmeda	< 3,5	255,2	< 0,5	20,7	N.A.	N.A.	45
S0104-S004-1,40		1,2	1,4				< 3,5	148,9	< 0,5	20,6	N.A.	N.A.	106
S0104-S005-0,00	10/09/2018	0,00	0,4	339017	9693153	Seca	< 3,5	477,3	5,8	50,5	< 0,2	0,18	19
S0104-S005-0,80		0,8	1,00				< 3,5	131,9	4,1	40,9	< 0,2	0,15	193
S0104-S006-0,50	11/09/2018	0,00	0,7	339047	9693100	Seca	< 3,5	91,9	< 0,5	30,3	< 0,2	N.A.	36
S0104-S006-1,10		1,1	1,3				< 3,5	103,4	< 0,5	33,5	< 0,2	N.A.	67
S0104-S006-1,75		1,75	1,9				< 3,5	365,9	< 0,5	8,7	< 0,2	N.A.	11
S0104-S007-0,50	14/05/2018	0,00	0,5	338979	9693141	Húmeda	< 3,5	245,6	< 0,5	10,3	N.A.	0,08	13
S0104-S007-1,60		1,4	1,6				< 3,5	178,4	< 0,5	11,8	N.A.	0,01	12
S0104-S007-2,50		2,3	2,5				< 3,5	23,5	< 0,5	6,3	N.A.	< 0,01	< 2
S0104-S008-0,40	14/05/2018	0,00	0,4	338907	9693257	Húmeda	< 3,5	41,4	< 0,5	17,5	N.A.	N.A.	18
S0104-S008-1,40		1,2	1,4				< 3,5	69,5	< 0,5	14,7	N.A.	N.A.	13
S0104-S008-2,40		2,2	2,4				< 3,5	57	< 0,5	21,1	N.A.	N.A.	21
S0104-S009-0,40	15/05/2018	0,00	0,4	338907	9693202	Húmeda	< 3,5	75,8	< 0,5	5,5	< 0,2	0,08	11
S0104-S009-2,00		1,8	2,00				< 3,5	115,7	< 0,5	4,9	< 0,2	0,01	< 2
S0104-S009-2,80		2,6	2,8				< 3,5	149,7	< 0,5	< 0,9	< 0,2	< 0,01	< 2
S0104-S010-0,25		0,25	0,5				< 3,5	102,8	< 0,5	12,7	N.A.	0,17	8
S0104-S010-1,00	11/09/2018	1,00	1,25	338978	9693211	Seca	< 3,5	58,8	< 0,5	10,8	N.A.	0,11	9
S0104-S010-2,25		2,25	2,5				< 3,5	102,7	< 0,5	21,2	N.A.	0,13	10
S0104-S011-0,40	11/09/2018	0,00	0,4	339064	9693161	Seca	< 3,5	233,9	< 0,5	48,8	< 0,2	N.A.	12
S0104-S011-1,50		1,5	1,7				< 3,5	44,4	< 0,5	18,4	< 0,2	N.A.	13
S0104-S011-2,25		2,25	2,4				< 3,5	28,8	< 0,5	26,9	N.A.	N.A.	27
S0104-S012-0,00	12/09/2018	0,00	0,4	339021	9693080	Seca	< 3,5	100,2	2,2	49,1	N.A.	N.A.	170
S0104-S012-1,00		1,00	1,25				< 3,5	163,9	< 0,5	72,8	N.A.	N.A.	23
S0104-S012-2,25		2,25	2,5				< 3,5	126,6	< 0,5	123,4	N.A.	N.A.	31



	<p><b>LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES SUBSISTENTES DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) – SITIO S0104 (BOTADERO KM. 2), CUENCA PASTAZA</b></p> <p><b>MARZO, 2022</b></p>	
---	--	---

ECA – Uso de suelo: Agrícola (mg/kg)							50	750	1,4	N/A	0,4	6,6	70
Estación de Muestreo	Fecha	Profundidad (m)		Coordenadas UTM WGS84 ZONA 18 S		Época de Muestreo	Concentración en mg/kg MS						
		Inicial	Final	Este	Norte		Arsénico (As)	Bario (Ba)	Cadmio (Cd)	Cromo (Cr)	Cromo Hexavalente (Cr)	Mercurio Total (Hg)	Plomo (Pb)
S0104-S013-0,00	12/09/2018	0,00	0,3	339089	9693154	Seca	< 3,5	106,4	< 0,5	26,5	N.A.	N.A.	198
S0104-S013-1,00		1,00	1,25				< 3,5	35,7	< 0,5	29,5	N.A.	N.A.	19
S0104-S013-2,25		2,25	2,5				< 3,5	31,7	< 0,5	31,1	N.A.	N.A.	22
S0104-S014-0,40	12/09/2018	0,4	0,5	338998	9693196	Seca	< 3,5	40	< 0,5	17,7	N.A.	N.A.	25
S0104-S014-0,40-DUP <sup>(a)</sup>		0,4	0,5				< 2,21	58,75	< 0,04	< 0,03	N.A.	N.A.	52,40
S0104-S014-1,25		1,25	1,5				< 3,5	80	< 0,5	48,1	N.A.	N.A.	124
S0104-S015-0,00	13/09/2018	0,00	0,4	338860	9693283	Seca	< 3,5	40,1	< 0,5	17,2	N.A.	N.A.	18
S0104-S015-1,00		1,00	1,25				< 3,5	45	< 0,5	18,4	N.A.	N.A.	20
S0104-S015-2,25		2,25	2,5				11,6	53,8	< 0,5	16,8	N.A.	N.A.	13
S0104-S016-0,00	13/09/2018	0,00	0,4	338870	9693188	Seca	88,2	68,9	2,9	40,5	N.A.	N.A.	62
S0104-S016-1,00		1,00	1,25				< 3,5	44	< 0,5	34,2	N.A.	N.A.	20
S0104-S016-2,25		2,25	2,5				< 3,5	73,1	< 0,5	72,6	N.A.	N.A.	19
S0104-S017-1,80	16/09/2018	0,00	1,8	339064	9693146	Seca	< 3,5	166,8	< 0,5	22,7	N.A.	N.A.	63

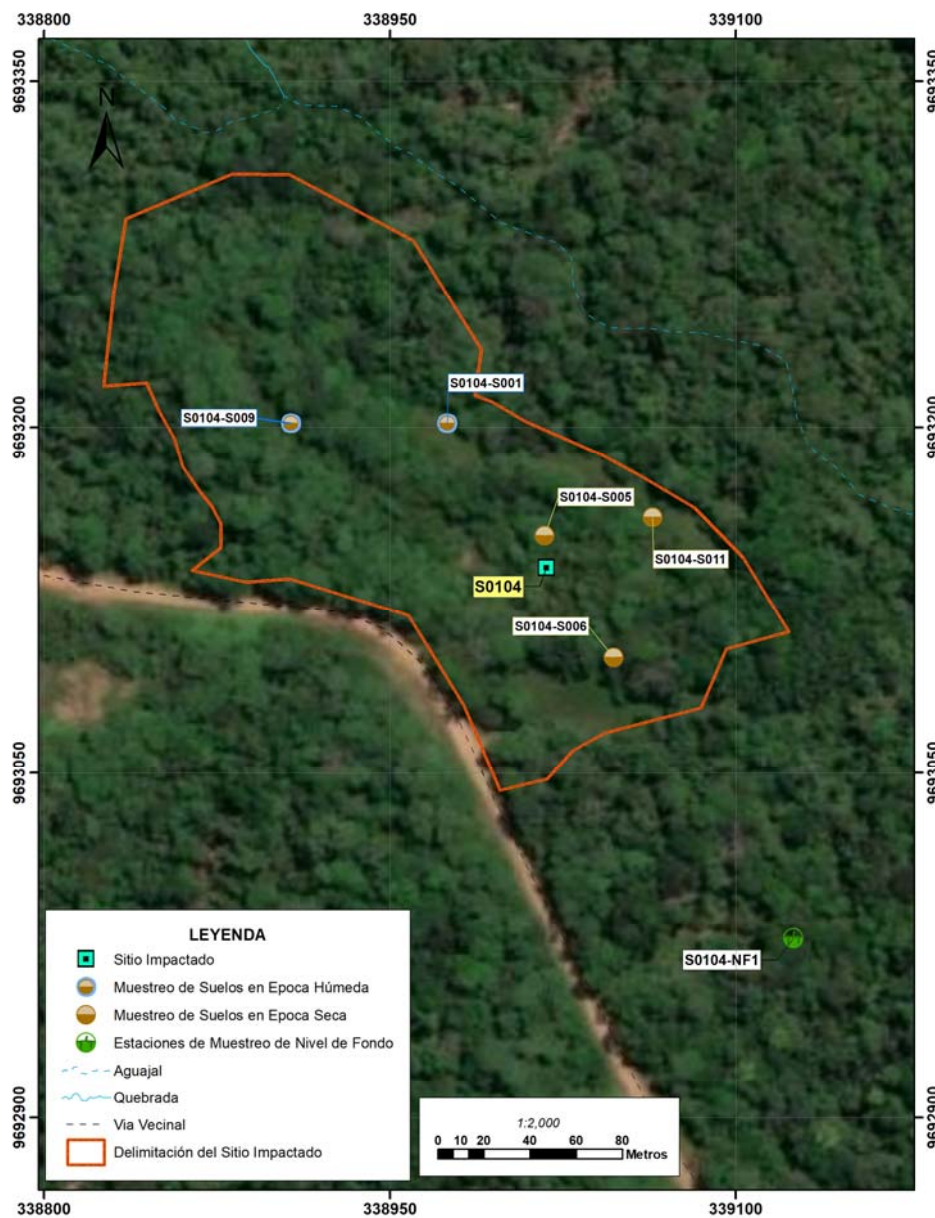
a: Duplicado de Envirotest.

**Nota:** Los valores que presentan (<) hacen referencia a los límites de detección de la técnica empleada por los laboratorios.

**Fuente:** informes de ensayo 26379, 52932, 52936, 26375, 52931, 52933 y 52932 Laboratorio ALS, 2018. Informes de ensayo 184437 Envirotest, 2018.

	<p><b>LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES SUBSISTENTES DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) – SITIO S0104 (BOTADERO KM. 2), CUENCA PASTAZA</b></p> <p><i>MARZO, 2022</i></p>	
---	--	---

En la siguiente figura se representa la ubicación espacial de los puntos de muestreo S0104-S001, S0104-S005, S0104-S006, S0104-S009 y S0104-S011 con respecto a las coordenadas del punto de toma de la muestra Nivel de fondo S0104.-NF1.





**Figura 1. Puntos de Muestreo de Cr (VI) y Muestra Nivel de Fondo.**

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

A continuación, se presenta un registro fotográfico sobre las características de los puntos de muestreo arriba indicados.





	<p>LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES SUBSISTENTES DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) – SITIO S0104 (BOTADERO KM. 2), CUENCA PASTAZA</p> <p>MARZO, 2022</p>	
---	--	---



**Fotografía 1. Punto de muestreo S0104-S001**

**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.



	<p><b>LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES SUBSISTENTES DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) – SITIO S0104 (BOTADERO KM. 2), CUENCA PASTAZA</b></p> <p><i>MARZO, 2022</i></p>	
---	--	---



**Fotografía 2. Residuos metálicos identificados en el punto de muestreo S0104-S001.**

**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.





	<p>LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES SUBSISTENTES DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) – SITIO S0104 (BOTADERO KM. 2), CUENCA PASTAZA</p> <p>MARZO, 2022</p>	
---	--	---



**Fotografía 3. Punto de muestreo S0104-S009**

**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.

	<p><b>LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES SUBSISTENTES DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) – SITIO S0104 (BOTADERO KM. 2), CUENCA PASTAZA</b></p> <p><i>MARZO, 2022</i></p>	
---	--	---



**Fotografía 4. Núcleo de la muestra de suelo del punto de muestreo S0104-S009**

**Fuente:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM)-Fondo de Contingencia, 2022.



La afirmación realizada según la cual el Cr (VI) no forma parte de la composición geoquímica de la cuenca del río Pastaza, está sustentada en el hecho que la concentración de Cr (VI), obtenida para los Sitios S0100 (Sitio 22), S0101 (Ushpayacu), S0102 (Sitio 2), S0103 (Botadero km 7), S0105 (Botadero CS-32) y S0106 (Botadero km 4) también es inferior al límite de detección.

A continuación, en la **Tabla 2**, se presenta los resultados de la concentración de Cr (VI), en los Sitios S0100, S0101, S0102, S0103, S0105 y S0106.



**Tabla 2 (Tabla 11-1). Concentración de Cr (VI) dentro del Emplazamiento de los Sitios Impactados de la Cuenca del Pastaza**

SITIO	PUNTO DE MUESTREO	Coordenadas, UTM, WGS84, ZONA 18 S		ECA: 0,4 (mg/kg)
		ESTE	NORTE	CONCENTRACIÓN (mg/kg)
S0100	S0100-S001-0,60	339789	9691840	< 0,2
	S0100-S001-3,25			< 0,2
	S0100-S002-1,00	339748	9691891	< 0,2
	S0100-S008-0,00	339753	9691859	< 0,2
	S0100-S008-0,75			< 0,2



	<b>LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES SUBSISTENTES DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) – SITIO S0104 (BOTADERO KM. 2), CUENCA PASTAZA</b>  <b>MARZO, 2022</b>	
---	---	---

	S0100-S008-3,50			< 0,2
	S0100-S010-0.40	339755	9691918	< 0,2
	S0100-S010-1.00	339755	9691918	< 0,2
S0101	S0101-S013-0.95	341554	9690295	< 0,2
	S0101-S013-1.45			< 0,2
	S0101-S013-2.45			< 0,2
	S0101-S014-0.75	341729	9690525	< 0,2
	S0101-S014-1.25			< 0,2
	S0101-S014-2.00			< 0,2
	S0101-S028-0.00	341998	9690562	< 0,2
	S0101-S028-1.25			< 0,2
	S0101-S028-2.25			< 0,2
	S0101-S027-0.00	342173	9690719	< 0,2
	S0101-S027-0.60			< 0,2
	S0101-S027-1.40			< 0,2
	S0101-S031-0.00	342158	9690945	< 0,2
	S0101-S031-0.60			< 0,2
	S0101-S031-2.60			< 0,2
	S0101-S025-0.25	342340	9691183	< 0,2
	S0101-S025-1.75			< 0,2
	S0101-S025-2.00			< 0,2
	S0101-S022-0,00	342762	9691584	< 0,2
	S0101-S022-0,65			< 0,2
	S0101-S022-1,65			< 0,2
	S0101-S019-0,75	342783	9692142	< 0,2
	S0101-S019-1,75			< 0,2
	S0101-S019-2,75			< 0,2
S0102	S0102-S002-0,00	332602	9706104	< 0,2
	S0102-S002-0,50			< 0,2
	S0102-S003-0,25	332583	9706159	< 0,2
	S0102-S003-0,75			< 0,2
	S0102-S006-0,60	332635	9706096	< 0,2
	S0102-S006-0,80			< 0,2
	S0102-S007-0,25	332584	9706005	< 0,2
	S0102-S007-1,75			< 0,2
S0103	S0103-S003-0,50	340982	9691914	< 0,2
	S0103-S005-0,60	340953	9691957	< 0,2
	S0103-S005-1,30			< 0,2
	S0103-S006-0,00	340941	9691962	< 0,2
	S0103-S013-0,40	341030	9691942	< 0,2
	S0103-S013-2,20			< 0,2

	<b>LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES SUBSISTENTES DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) – SITIO S0104 (BOTADERO KM. 2), CUENCA PASTAZA</b>  <b>MARZO, 2022</b>	
---	---	---



	S0103-S013-3,00	340994	9691884	< 0,2
	S0103-S015-1,50			< 0,2
	S0103-S015-3,60			< 0,2
	S0103-S015-5,00			< 0,2
	S0103-S016-0,50	340964	9691937	< 0,2
S0105	S0105-S004-0.40	339621	9692184	< 0,2
	S0105-S004-1.40			< 0,2
	S0105-S004-2.10			0,3
	S0105-S012-0.30	339631	9691995	< 0,2
	S0105-S012-1.20			< 0,2
	S0105-S014-0.40	339672	9692061	< 0,2
	S0105-S014-1.10			< 0,2
	S0105-S015-0,80	339676	9692076	< 0,2
	S0105-S015-2,00			< 0,2
S0106	S0106-S003-0,40	338206	9694204	< 0,2
	S0106-S003-1,60			< 0,2
	S0106-S003-2,30			< 0,2
	S0106-S011-0,40	338104	9694166	< 0,2
	S0106-S011-1,20			< 0,2
	S0106-S011-2,20			< 0,2
	S0106-S013-0,40	338132	9694355	< 0,2
	S0106-S013-1,40			< 0,2
	S0106-S013-0,40	338132	9694355	< 0,2
	S0106-S013-1,40			< 0,2
	S0106-S015-0,40	338178	9694295	< 0,2
	S0106-S015-1,70			< 0,2
	S0106-S015-2,80			< 0,2
	S0106-S018-0,25	338209	9694194	< 0,2
	S0106-S018-1,50			< 0,2
	S0106-S018-2,25			< 0,2

**Elaboración:** Consorcio ECODES VARICHEM/PROFONANPE (FONAM) -Fondo de Contingencia, 2022.

## 2.2. Observación N° 15

La consultora encargada de la elaboración del PR del Sitio S0104 debe agotar la revisión de normas, estudios u otros sobre el tema, a efectos de estar debidamente informada sobre la contaminación de las especies hidrobiológicas, ya que estas especies son parte de la dieta de los pobladores.

Al respecto, la US EPA tiene publicaciones sobre el “Modelo de Ligando Biótico” para plomo, cobre, níquel y otros metales que contaminan a las especies hidrobiológicas que facilitan la interpretación del grado de toxicidad en las mismas.

	<p><b>LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES SUBSISTENTES DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) – SITIO S0104 (BOTADERO KM. 2), CUENCA PASTAZA</b></p> <p><b>MARZO, 2022</b></p>	
---	--	---

Además, el Parlamento Europeo y en cumplimiento de la Water Framework Directive (Directive 2000/60/EC) se está usando como alternativa el Modelo de Ligando Biótico. The essence of BLMs is that chemical speciation is incorporated in the assessment of ecotoxicological risks for aquatic species. For WFD purposes, BLMs are recognized as useful concepts to determine site-specific risks, and are allowed as second-tier assessment method as exemplification of monitoring results. (Biotic Ligand Models: availability, performance and applicability for water quality assessment).

En conclusión, existe metodologías que abordan el tema de la toxicidad de metales en las aguas, sedimentos y especies hidrobiológicas que la consultora de los PR debería considerar.

### **Respuesta:**

La respuesta señalada en el *INFORME N° 00012-2022-MINAM/VMGA/DGCA* del 25 de enero se modifica, se amplía el concepto del Modelo Ligando Biótico y otras metodologías existentes para determinar la biodisponibilidad de los metales en diferentes matrices y se elimina el párrafo en donde se hacía alusión a la referencia relacionada con SANIPES y la Agencia de Inspección de Alimentos de Canadá dado que en el Sitio S0104 (Botadero km 2), no se realizan actividades de pesca y por lo tanto la mencionada cita es inconsistente.

A continuación, se amplía la información sobre el Modelo Ligando Biótico y otras metodologías que permiten determinar la biodisponibilidad de los metales.

De acuerdo al EPA, el Modelo de Ligando Biótico (BLM por sus siglas en inglés) es una herramienta para evaluar cuantitativamente la manera en que la química del agua afecta la especiación y biodisponibilidad de los metales pesados en los ecosistemas acuáticos. (Di Toro et al. 2000, Santore et al. 2001).



El BLM, se desarrolla a partir de la base que los metales en sus formas iónicas libres compiten con otros cationes presentes en el agua (calcio, magnesio, sodio, potasio) por unirse al ligando biótico (en peces, las branquias), pero también se puede presentar la complejación de los metales por ligandos abióticos (materia orgánica disuelta, carbonatos, cloruros, sulfatos y sulfuros); consecuentemente al entrar los metales al organismo se incrementan sus efectos tóxicos.

La complejación se calcula realizando un modelamiento geoquímico que toma en consideración factores de termodinámica química y cinética y permite predecir modelos de equilibrio y trayectorias de las reacciones químicas. (Helgeson, H.C., 1968).

El BLM se emplea para determinar los siguientes parámetros:

- Predecir la concentración disuelta letal de la mediana (CL50 96-h), para los organismos y metales para los cuales el modelo ha sido calibrado, en un cuerpo de agua específico. El modelo ha sido desarrollado en mayor grado para el cobre (Cu).
- Predecir un valor de CL50 96-h, en otros organismos siempre y cuando se halla estimado la concentración de acumulación letal de la mediana (AL50).
- Determinar un valor de Criterio de Calidad de Agua (CCA) para el Cu en el agua. (US EPA).

La información sobre dosis-respuesta empleada para calcular el riesgo ecológico, generalmente es extraída de ensayos de toxicidad sobre una única especie en los que se mide los efectos sobre los individuos. Para realizar extrapolación de los efectos de los tóxicos sobre entidades más complejas como las poblaciones, comunidades y ecosistemas, se ha propuesto el modelo de Distribución de la Sensibilidad de las Especies (DSS). Es decir, la información ecotoxicológica para varias especies es ajustada a una distribución del tipo lognormal ó log-logística (Newman et al., 2000), para lo cual se necesita una base ecotoxicológica más amplia.

	<p><b>LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES SUBSISTENTES DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) – SITIO S0104 (BOTADERO KM. 2), CUENCA PASTAZA</b></p> <p><i>MARZO, 2022</i></p>	
---	--	---

El modelo BLM exige desarrollar sistemáticamente un proceso de muestreo con el objetivo de levantar y consolidar información sobre el contaminante de interés y el cuerpo hídrico, se deben determinar parámetros como pH; carbono orgánico disuelto (DOC) en sistemas ricos en Fe y Al, porque diferencias en la calidad del DOC inciden directamente en variaciones en las afinidades de unión al metal; metales disueltos (Cd, Cr, Ni, Pb, Zn); cationes principales (Ca, Mg, Na y K); aniones principales como (cloruros y sulfatos); alcalinidad; dureza (por Ca y Mg); metales totales y metales disueltos; ensayos de toxicidad aguda sin renovación de 96 horas, en la especie a evaluar, empleando agua de los ambientes a estudiar.

Cabe señalar que la variación de los parámetros fisicoquímicos de un cuerpo de agua, modifican el grado de especiación de las formas iónicas, la biodisponibilidad, toxicidad y la cantidad de iones que pueden asociarse a los sitios del ligando biótico, por lo tanto, es de gran importancia poder contrastar las predicciones de los resultados de laboratorio con las características de las aguas naturales.

Para estudiar y predecir la biodisponibilidad y bioacumulación de un determinado metal, es necesario conocer la especiación en los medios ambientales y la toxicocinética relacionada para un organismo en particular (Zhang y Davison 2015); desarrollar estos modelos es complejo y existen pocos modelos aceptados o sancionados por autoridades como EPA, CCME, Europa (Cousins et al 2009, Smith et al. 2015).

No obstante, lo anterior, se ha desarrollado una variedad de métodos para evaluar la biodisponibilidad de metales.

El biomonitoreo es el enfoque más directo empleado para mostrar el efecto acumulativo de factores combinados en un entorno, pero puede ser costoso y presentar limitaciones (Zhou et al. 2008; Cai y Wang 2019; Xu et al. 2019a; Zhao y Wang 2019).



El modelado geoquímico es un enfoque alternativo; puede excluir influencias de complicados factores bióticos mediante el uso de parámetros de complejación de metales para predecir la especiación de metales y la unión a membranas bióticas (Di Toro et al. 2001; Bourgeault et al. 2013; Philipps et al. 2018a). Sin embargo, la precisión de las predicciones puede ser baja debido a la falta de incorporación de aportes biológicos y ecológicos en modelos.

En la última década también se han realizado estudios sobre la aplicabilidad del muestreo pasivo como una forma para solucionar las desventajas del modelado geoquímico; una de las técnicas empleadas se conoce como Gradientes Difusivos en Películas Delgadas (DGT por sus siglas en inglés), es una herramienta que potencialmente imita la biodisponibilidad del metal en la fase disuelta cuando la escala de tiempo del despliegue coincide con la absorción por la biota (Zhang y Davison 2015), Durante el despliegue un gradiente de concentración se genera entre la solución de muestreo y los geles de DGT, lo que permite que los metales lábiles se difundan y se unan a los geles, es decir que el enlace formado entre el metal y los ligandos se rompe fácilmente (Davison y Zhang 1994; Zhang 2003), lo que permite predecir la biodisponibilidad del metal y determinar la especiación química.

El DGT se considera como una herramienta robusta de monitoreo de componentes lábiles en solución, pero para el caso de aguas naturales donde se encuentran sistemas con ligandos heterogéneos complejos es un desafío (US EPA).

Se concluye, por lo tanto, que el BLM es una herramienta que exige desarrollar sistemáticamente un proceso de monitoreo de los cuerpos de agua con el objetivo de levantar y consolidar información sobre los contaminantes presente en el agua; el grado de especiación y la biodisponibilidad de los metales; y los mecanismos de competencia de las diversas formas iónicas por fijarse en los organismos acuáticos (en las agallas en el caso de los peces). Este modelo ha



	<p><b>LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES SUBSISTENTES DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) – SITIO S0104 (BOTADERO KM. 2), CUENCA PASTAZA</b></p> <p><b>MARZO, 2022</b></p>	
---	--	---

sido desarrollado para un limitado número de elementos como son cobre, plata, cadmio, zinc, níquel y plomo y para un reducido número de especies de peces.

La utilidad de los ensayos depende de la representatividad de la especie de ensayo en relación al sitio evaluado. Los ensayos de toxicidad presentan un resultado agregado para todos los factores estresantes, y es complicado desagregar la fuente de estrés cuando hay exposición a contaminantes múltiples.

Para ampliar su rango de aplicación es necesario que se realicen más ensayos con diferentes tipos de calidad de agua, en diversas especies para poder realizar una extrapolación a nivel de poblaciones y comunidades.

Respecto a la toxicidad de los metales y su impacto sobre las comunidades microbianas y especies hidrobiológicas, cabe señalar que éstas reaccionan de formas múltiples a la acción de los contaminantes, que van desde la utilización directa de toxinas como fuentes de energía, a ser dañadas o no afectadas. El petróleo crudo, la gasolina con aditivos de plomo, redujeron la diversidad taxonómica y / o funcional de comunidades microbianas (Atlas et al. 1991). Los metales de mayor preocupación son los que existen en las aguas naturales como cationes disueltos, como por ejemplo, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn.

Según (Birmingham et al. 1996), altas concentraciones de Fe, Mn, Mg, Ca, y Ni, redujeron la diversidad de hongos que descomponen la hojarasca; otros contaminantes, al inhibir los descomponedores microbianos, pueden ralentizar la tasa de descomposición de la vegetación de los humedales (Schultheis y Hendricks 1999), potencialmente causando anoxia en los humedales cuando la temperatura del medio ambiente se incrementa.

Algunas comunidades microbianas toleran e incluso biodegradan, contaminantes que pueden ser tolerados a bajas o moderadas concentraciones, estudios así lo comprueban como, Marvin Dipasquale y Oremland, 1998, citan al Mercurio (Hg); Sharma et al. 2000, relacionan al Cadmio (Cd); el petróleo también puede ser degradado por las colonias microbianas (Nyman 1999, Megharaj y col. 2000).



La abundancia de bacterias y la riqueza de comunidades de protozoos, disminuye cuando el pH decrece por debajo de 5.3; también pueden ocurrir cambios en la composición de los taxones a pH más elevados (Niederlehner y Cairns 1990).

La acidez del medio acuático, mejora la disponibilidad de metales, los cuales pueden ser fuente de energía para muchas bacterias, algunas comunidades microbianas responden positivamente en condiciones ácidas del entorno (Brenner 1995). EPA843-R-01 Fall 2001.

Los estándares y referencias de calidad ambiental para los sedimentos que garantizan la protección de la vida acuática, para el Plan de Rehabilitación, se definieron a partir de lo reglamentado en las Guías *Environmental Quality Standards for contaminated Sites* y *Environmental Quality Guidelines for Alberta* (2014). Las pautas de calidad de los sedimentos para la protección de la vida acuática son concentraciones de sustancias por debajo de las cuales se espera que ocurran efectos adversos en la biota acuática solo en raras ocasiones (*Environmental Quality Guidelines for Alberta Surface Waters*).

En sedimentos, existen varias metodologías para considerar los efectos de la biodisponibilidad de los metales, entre ellas figuran:

- La evaluación química de las aguas intersticiales (es decir en los poros del sedimento) lo que evita la consideración de metales que se encuentran dentro de la matriz de las partículas de sedimento y no son biodisponibles.
- La evaluación de la relación entre metales divalentes y el sulfido volátil en el sedimento (AVS/SEM, según sus siglas en inglés), considerando que bajo condiciones anóxicas el sulfido crea compuestos con metales divalentes que son insolubles y sin biodisponibilidad. Esta

	<p><b>LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES SUBSISTENTES DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM) – SITIO S0104 (BOTADERO KM. 2), CUENCA PASTAZA</b></p> <p><i>MARZO, 2022</i></p>	
---	--	---

metodología también considera el carbono orgánico total presente en el sedimento. Esta metodología también está bien establecida internacionalmente, pero requiere de un análisis químico específico.

- La evaluación directa de toxicidad mediante ensayos toxicológicos con especies representativas.

Para las evaluaciones hidrobiológicas, la evaluación química de tejidos es la metodología principal, especialmente en casos donde se evalúa el consumo humano de estos recursos. Para profundizarse es necesario considerar cuales tejidos se consumen y enfocar las concentraciones en dichos tejidos. Generalmente se considera de manera simplificada que los contaminantes presentes en tejidos consumidos se consideran como 100% biodisponibles.