

**INFORME N° 00182-2019-OEFA/DEAM-STEC**

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

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

**NORVIN PLUMIEER REQUENA SÁNCHEZ**  
Especialista de Evaluaciones Ambientales

**ASUNTO** : Vigilancia ambiental en el área de influencia de la unidad minera Tucari, de Aruntani S.A.C., ubicada en el departamento de Moquegua – época de avenida.

**CÓDIGO DE ACCIÓN** : 0018-3-2019-401

**CUE** : 2019-02-0016

**REFERENCIA** : Planefa 2019

**FECHA** : Lima, 19 de agosto 2019

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

**1. INFORMACIÓN GENERAL**

Los aspectos generales de la vigilancia ambiental realizada en el área de influencia de la Unidad Minera Tucari (en adelante, UM Tucari) de Aruntani S.A.C. son presentados en la Tabla 1.1.

**Tabla 1.1.** Información general respecto a la actividad realizada

a.	Zona evaluada	Distrito de Carumas, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua
b.	Unidades fiscalizables en la zona de estudio o actividades económicas	Área de influencia de la Unidad Minera Tucari de Aruntani S.A.C.
c.	Problemática identificada	Afectación de los cuerpos de agua por influencia de las actividades realizadas por la unidad minera Tucari
d.	La actividad se realizó en el marco de	Planefa 2019 / POI 2019
e.	Tipo de evaluación	Vigilancia ambiental
f.	Periodo de ejecución	Del 31 de marzo al 13 de abril de 2019

Profesionales que aportaron a este documento:

**Tabla 1.2.** Listado de profesionales

N.º	Nombres y Apellidos	Profesión	Actividad desarrollada
1	Lázaro Walter Fajardo Vargas	Ing. Químico	Gabinete
2	Luis Angel Ancco Pichuilla	Ing. Químico	Gabinete
3	Norvin Plumieer Requena Sánchez	Ing. Sanitario	Gabinete
4	Lisveth Madeleine Valenzuela Mendoza	Bióloga	Campo y gabinete
5	Santos Demetrio Ramos Canales	Ing. Ambiental	Campo y gabinete
6	Jorge Kelvin Álvarez Tejada	Biólogo	Campo

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

## 2. DATOS DE LA ACTIVIDAD REALIZADA

Los parámetros evaluados en la vigilancia ambiental realizada en el área de influencia de la UM Tucari, se presentan en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1.** Parámetros evaluados

Matriz evaluada	Parámetros evaluados	Cantidad de puntos
Agua superficial	T, pH, CE, OD, metales totales, sulfatos, cianuro libre*, cianuro wad* y cianuro total*	40
Agua subterránea	T, pH, CE, OD, metales totales, sulfatos, metales disueltos	3
Sedimento	Metales totales	20

(\*) Parámetro evaluado solo en los puntos ubicados en la quebrada Apostoloni sur, aguas abajo del PAD de lixiviación N.º 3

## 3. OBJETIVO

Evaluar la calidad ambiental de los componentes agua y sedimento en el área de influencia de la Unidad Minera Tucari en la época de avenida.

## 4. METODOLOGÍA

En esta sección se proporciona la información de la metodología aplicada en la vigilancia ambiental en el área de influencia de la UM Tucari.

### 4.1 Protocolos de monitoreo

Los protocolos de monitoreo nacionales e internacionales, así como las guías que se utilizarán para la vigilancia ambiental en el área de influencia de la UM Tucari se describen en la Tabla 4.1.

**Tabla 4.1.** Protocolos de monitoreo utilizados para el monitoreo de agua y sedimento

Matriz	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Agua superficial	Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales	6.14 Medición de los parámetros de campo (pp. 24–25) 6.15 Procedimiento para la toma de muestras (pp. 25–28) 6.16 Preservación, llenado de la cadena de custodia, almacenamiento, conservación y transporte de las muestras (pp. 28–30) 6.17 Aseguramiento de la calidad del monitoreo (pp. 30–31)	Perú	Autoridad Nacional del Agua (ANA)	R.J. N.º010-2016-ANA	2016
Agua subterránea	<i>National Field Manual for the Collection of Water-Quality Data</i>	A.1 <i>Preparations for water sampling</i>	EE. UU.	<i>U.S. Geological Survey (USGS)</i>	----	2015
Medición de caudal: agua superficial	Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales	Sección 6.12	Perú	Autoridad Nacional del Agua (ANA)	R.J. N.º 010-2016-ANA	2016
	Manual de hidrometría	Todo el manual	Perú	Servicio Nacional de	----	2016

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

Matriz	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
				Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)		
Sedimento	Procedimiento para el muestreo de aguas y sedimentos para la determinación de metales.	Sección 7.3, 8, y 9.2	Colombia	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	----	2011
	Manual técnico, Métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimento para análisis químicos y toxicológicos <sup>1</sup>	Capítulo 3. Colección de sedimentos enteros. Capítulo 5. Manipulación de sedimentos	EE. UU.	Agencia para la Protección Ambiental (EPA)	----	2001
	Muestreo de sedimentos	Sección 2, 3.2.2, 4.4.2-4 y 7	EE. UU.	Agencia para la Protección Ambiental (EPA)	----	2001
	Procedimiento de Operación Estándar-muestreo de sedimento <sup>2</sup>	Ítem 7. Preservación de Muestras, Contenedores, Manipulación y Almacenamiento	EE. UU.	Agencia para la Protección Ambiental (EPA)	----	2003

## 4.2 Ubicación de los puntos

La ubicación y descripción de los 43 puntos de agua y 20 de sedimentos se presenta en la Tabla 4.2.

**Tabla 4.2.** Puntos de monitoreo de la vigilancia ambiental en el área de influencia en UM Tucari

N.º	Cuerpo de agua o cuerpo receptor	Matriz	Código	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19K		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
1	Quebrada Apostoloni	Agua superficial	TU-12	373819	8166994	5019	Ubicado aproximadamente a 50 m aguas abajo de la confluencia de los manantiales MT-40 y MT-41, en la parte alta de la quebrada Apostoloni norte
2	Quebrada Margaritani	Agua superficial	TU-20	373663	8168359	4995	Ubicado en la parte alta de la quebrada Margaritani, aproximadamente a 100 m aguas abajo de la confluencia del flujo de agua ácida de coloración rojiza (TU-19B) y la quebrada Margaritani
3	Quebrada Margaritani	Agua superficial, sedimento	TU-22	373049	8168594	4933	Ubicado en la quebrada Margaritani, aproximadamente a 200 m aguas abajo del punto de vertimiento PS-01 (M-1)

<sup>1</sup> Agencia de protección ambiental EPA: Technical Manual, Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses. Recuperado de <https://clu-in.org/download/contaminantfocus/sediments/methods-for-collection-epa-manual.pdf>

<sup>2</sup> Environmental Protection Agency (EPA). Standard Operating Procedure-SOP #2016, Sediment Sampling. Recuperado de [https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/r8-src\\_eh-02.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/r8-src_eh-02.pdf).

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

N.º	Cuerpo de agua o cuerpo receptor	Matriz	Código	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19K		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
4	Quebrada sin nombre 2	Agua superficial, sedimento	TU-24	372034	8168156	4835	Ubicado en la quebrada sin nombre 2, aproximadamente a 40 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Margaritani, abajo de la confluencia de los flujos ácidos de coloración rojiza MT-60, MT-BO2, MT-BO3 y MT-BO14
5	Quebrada Margaritani	Agua superficial, sedimento	TU-25	372032	8168197	4840	Ubicado en la quebrada Margaritani, a 50 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada sin nombre 2
6	Quebrada Margaritani	Agua superficial, sedimento	TU-26	371946	8168163	4832	Ubicado aproximadamente a 50 m aguas abajo de la confluencia de la quebrada Margaritani con la quebrada sin nombre 2
7	Quebrada Apostoloni	Agua superficial, sedimento	TU-11	370985	8167507	4785	Ubicado en la quebrada Apostoloni aproximadamente a 40 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Margaritani
8	Quebrada Margaritani	Agua superficial, sedimento	TU-27	371007	8167538	4782	Ubicado en la quebrada Margaritani aproximadamente a 50 m aguas arriba de la confluencia con la quebrada Apostoloni
9	Río Margaritani	Agua superficial, sedimento	TU-28	370928	8167487	4786	Ubicado en el río Margaritani, a 50 m aguas abajo de la confluencia entre la quebrada Apostoloni y Margaritani
10	Río Queullirijahuiri	Agua superficial, sedimento	AG-17	367820	8168287	4642	Río Queullirijahuiri, 200 m antes de la confluencia con el río Margaritani
11	Río Margaritani	Agua superficial, sedimento	AG-18	367656	8168237	4638	Río Margaritani, 200 m antes de la confluencia con el río Queullirijahuiri (MA-13)
12	Río Queullirijahuiri	Agua superficial, sedimento	AG-19	367527	8168444	4630	Río Queullirijahuiri, 200 m aguas abajo de la confluencia entre los ríos Margaritani y Queullirijahuiri
13	Río Titire	Agua superficial, sedimento	AG-09	355041	8171939	4352	Ubicado en el río Titire, a 120 m aguas arriba de la confluencia con el río Aruntaya
14	Río Aruntaya	Agua superficial, sedimento	AG-10	354927	8171654	4342	Ubicado en el río Aruntaya, a 100 m antes de la confluencia con el río Titire (M-5)
15	Río Titire	Agua superficial, sedimento	AG-11	354562	8171708	4346	Ubicado en el río Titire, a 100 m aguas abajo de la confluencia con el río Aruntaya (M-06)
16	Río Aruntaya	Agua superficial, sedimento	AG-06	361603	8164443	4413	Ubicado en el río Aruntaya, a 30 m aguas arriba del puente con alcantarillas (M-4)
17	Río Queullirijahuiri	Agua superficial, sedimento	AG-07	361420	8164920	4406	Río Queullirijahuiri, aproximadamente a 200 m aguas arriba de la confluencia con el río Aruntaya
18	Río Aruntaya	Agua superficial, sedimento	AG-08	361140	8165037	4406	Ubicado en el río Aruntaya, aproximadamente a 100 m aguas abajo de la confluencia con el río Queullirijahuiri

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

N.º	Cuerpo de agua o cuerpo receptor	Matriz	Código	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19K		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
19	Río Coralaque	Agua superficial, sedimento	RCora	325392	8168704	3632	Ubicado en el río Coralaque km 58 de la carretera a Chojata
20	Río Titire	Agua superficial, sedimento	RTiti-1	352223	8169928	4339	Río Titire aproximadamente a 500 m aguas abajo de la fuente termal Puente Bello (PBello)
21	Quebrada Apostoloni	Agua superficial, sedimento	P-5	372091	8166917	4835	Quebrada Apostoloni, aproximadamente a 100 m aguas arriba del punto de vertimiento PM-02
22	Quebrada Apostoloni	Agua superficial	P-7	371175	8167479	4801	Quebrada Apostoloni, aproximadamente a 400 m aguas abajo del punto de vertimiento PS-02
23	Río Vizcachas	Agua superficial, sedimento	RVizc	349576	8161385	4280	Río Vizcachas, aproximadamente a 100 m aguas arriba de la confluencia con el río Coralaque
24	Río Margaritani	Agua superficial	AG-18A	367650	8168244	4638	Acumulación de agua ácida de coloración rojiza en la margen izquierda del río Margaritani a 200 m antes de la confluencia con el río Queullirijahuiri
25	Afloramiento subterráneo	Agua superficial	MT-57	371730	8167511	4841	Flujo de agua ácida de coloración rojiza que aflora al pie del depósito de desmonte, aproximadamente a 20 m del canal de coronación lado norte.
26	Afloramiento subterráneo	Agua superficial	MT-57A	371722	8167511	4837	Flujo de agua ácida de coloración rojiza que aflora al pie del depósito de desmonte, aproximadamente a 25 m del canal de coronación lado norte.
27	Afloramiento subterráneo	Agua superficial	MT-55	371661	8167578	4823	Flujo de agua ácida de coloración rojiza que aflora al pie del depósito de desmonte, aproximadamente a 75 m del canal de coronación lado norte.
28	Bofedal	Agua superficial	FTU	371534	8167690	4811	Bofedal ubicado aproximadamente a 200 m al oeste del depósito de desmonte (canal lado norte), luego del aporte del flujo de agua ácida de coloración rojiza (MT-55).
29	Bofedal	Agua superficial	FTU-1	371572	8167693	4808	Bofedal ubicado aproximadamente a 160 m al oeste del depósito de desmonte (canal lado norte).
30	Afloramiento subterráneo	Agua superficial	MT-BO3	372070	8168152	4834	Flujo de agua ácida de coloración rojiza afluente en la margen izquierda de la quebrada sin nombre 2, aproximadamente a 25 m del depósito de desmonte
31	Afloramiento subterráneo	Agua superficial	MT-BO2	372118	8168207	4842	Flujo de agua ácida de coloración rojiza afluente en la margen izquierda de la quebrada sin nombre 2, aproximadamente a 30 m del depósito de desmonte

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

N.º	Cuerpo de agua o cuerpo receptor	Matriz	Código	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19K		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
32	Afloramiento subterráneo	Agua superficial	MT-BO14	372146	8168210	4857	Flujo de agua ácida de coloración rojiza afluente en la margen izquierda de la quebrada sin nombre 2, aproximadamente a 20 m del depósito de desmonte
33	Afloramiento subterráneo	Agua superficial	MT-60	372410	8168350	4883	Flujo de agua ácida de coloración rojiza ubicado cerca de la naciente de la quebrada sin nombre 2, aproximadamente a 20 m del depósito de desmonte.
34	Afloramiento subterráneo	Agua superficial	MT-46	373426	8168280	4971	Flujo de agua ácida afluente en la margen izquierda de la quebrada sin nombre 1, aproximadamente a 50 m del canal de coronación del depósito de desmonte.
35	Afloramiento subterráneo	Agua superficial	TU-19B	373822	8168358	5031	Flujo de agua ácida de coloración rojiza afluente en la margen izquierda de la quebrada Margaritani cerca de la naciente.
36	Quebrada Apostoloni	Agua superficial	TU-34	371692	8167172	4811	Agua del canal de derivación norte del PAD III, aproximadamente a 50 m aguas arriba de la descarga del canal lado Norte y aproximadamente a 80 m al sureste del wetland sur
37	Quebrada Apostoloni	Agua superficial	TU-04	371635	8167187	4808	Agua del canal de derivación norte del PAD III, aproximadamente a 30 m aguas abajo de la descarga del canal lado norte y aproximadamente a 35 m al sur del wetland sur
38	Afloramiento subterráneo	Agua superficial	MT-BO13	371684	8167330	4829	Flujo de agua ácida de coloración rojiza que aflora en la parte baja del sistema de tratamiento del agua del tajo, aproximadamente a 70 m aguas abajo de la poza N° 03, que recorre suelo natural y descargaba al canal lado norte a través de una tubería HDPE con dirección hacia la quebrada Apostoloni.
39	Afloramiento subterráneo	Agua superficial	ARI-1	371712	8167297	4825	Flujo de agua ácida de coloración rojiza que recorre el canal lado norte
40	Afloramiento subterráneo	Agua superficial	TU-PS02	371651	8167200	4813	Descarga de agua ácida de coloración rojiza del canal lado norte, aproximadamente a 25 m al sureste del wetland sur
41	Manantial	Agua subterránea	MT-36	374147	8165930	5076	Manantial polisurgente ubicado aproximadamente a 80 m en la margen izquierda de la quebrada Apostoloni sur
42	Manantial	Agua subterránea	MT-42	374100	8168391	5072	Manantial ubicado en la naciente de la quebrada Margaritani
43	Río Titire(fuente termal)	Agua subterránea	PBello	352642	8169999	4342	Fuente termal Puente Bello que aflora en el cauce del río Titire, el agua sale a presión

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

N.º	Cuerpo de agua o cuerpo receptor	Matriz	Código	Coordenadas UTM WGS 84 – Zona 19K		Altitud (m s.n.m.)	Descripción
				Este (m)	Norte (m)		
							en diversos puntos desde la acumulación de sinter en forma concéntrica a modo de nódulos, en la zona denominada Puente Bello Sector I-Terrazas.

### 4.3 Equipos utilizados y metodologías de análisis

Los equipos utilizados en la ejecución de la vigilancia ambiental de la UM Tucari se presentan en la Tabla 4-3.

**Tabla 4.3.** Equipos utilizados en el monitoreo de la vigilancia ambiental en la UM Tucari

Matriz	Parámetro	Equipo	Marca	Modelo
Agua superficial y agua subterránea	pH, OD, CE y T	Equipo multiparámetro	HACH	HQ40d
Agua superficial	Caudal	Correntómetro	Global Water	FP111
Agua y sedimento	-	Cámara fotográfica digital	Canon	POWERSHOT D30BL
	-	Equipo de georreferenciación satelital (GPS)	Garmin	MONTANA 680

(-) No corresponde

La Tabla 4-4 presenta los parámetros, métodos de ensayo y técnicas empleadas en el análisis de agua y sedimento, a través de un laboratorio acreditado por el Inacal.

**Tabla 4.4.** Métodos para el análisis de agua y sedimento

Matriz	Parámetro	Método	Técnica Empleada
Agua superficial	Metales totales por ICP-MS (incluido Hg)	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	Espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente
	Metales disueltos por ICP-MS (incluido Hg)		
	Sulfato(s)	EPA METHOD 30.1 Rev. 1, 1997 (validado). 2015	<i>Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography</i>
	Cianuro Libre	EPA METHOD 9016, Rev. 0, 2010	<i>Free Cyanide in Water, Soils and Solid Wastes by Microdiffusion</i>
	Cianuro Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN'C, 22nd Ed. 2012	<i>Cyanate: Colorimetric Method</i>
	Cianuro WAD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN' I,E, 23 rd Ed. 2017	<i>Cyanide. Weak Acid Dissociable Cyanide. Colorimetric Method</i>
Agua subterránea	Metales totales por ICP-MS (incluido Hg)	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	Espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente
	Metales disueltos por ICP-MS (incluido Hg)		

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

Matriz	Parámetro	Método	Técnica Empleada
	Sulfato(s)	EPA METHOD 30.1 Rev. 1, 1997 (validado). 2015	<i>Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography</i>
Sedimento	Mercurio total	EPA 7471 B, Rev 2, February 2007	<i>Mercury in solid or semisolid waste (Manual Cold-Vapor technique)</i>
	Metales por ICP OES	EPA 3050 B:1996 / EPA 6010 B: 1996	<i>Acid Digestion of Sediments. Sludges and soils / Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry</i>

Fuente: Informe de Ensayo N.° 25921/2019 ALS Perú S.A.C., Informe de Ensayo N.° 25937/2019 ALS Perú S.A.C., Informe de Ensayo N.° 25953/2019 ALS Perú S.A.C., Informe de Ensayo N.° 25967/2019 ALS Perú S.A.C.

#### 4.4 Procesamiento de datos

##### 4.4.1 Agua y sedimento

Los resultados obtenidos, tanto en campo como los analíticos de laboratorio, pasaron por filtros de calidad que aseguraron la inexistencia de datos erróneos; de esta manera, fueron incorporados a un sistema de control de datos. Luego, fueron digitalizados y ordenados en una base de datos (hojas de cálculo), para posteriormente graficarlos en barras y/o líneas, según los criterios de evaluación presentados.

#### 4.5 Criterios de evaluación

##### 4.5.1 Agua

Los cuerpos de agua superficiales se clasificaron dentro de la categoría 3 de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua (en adelante, ECA para agua) establecido en el decreto supremo N.° 002-2008-MINAM (Tabla 4.5), según el último IGA aprobado<sup>3</sup>.

**Tabla 4.5.** Categorías de comparación empleados para calidad de agua

Cuerpo de agua	Categoría de comparación	Normativa de comparación
Quebrada Margaritani	Categoría 3	Decreto Supremo N.° 002-2008-MINAM
Quebrada Sin Nombre 2		
Bofedal y afloramientos		
Quebrada Apostoloni		
Río Margaritani		
Río Queullirijahuiri		
Río Aruntaya		
Río Titire		
Río Vizcachas		
Río Coralaque		
Fuente termal	Categoría 3 (referencialmente)	Decreto Supremo N.° 002-2008-MINAM
Manantial		

Asimismo, los resultados obtenidos de los puntos de muestreo de afloramientos subterráneos y manantiales, fueron comparados de forma referencial con la normativa mencionada, cuyos valores se presentan en la Tabla 4.6.

<sup>3</sup> Resolución Directoral N.° 501-2014-MEM-DGAAM, Modificación del estudio de impacto ampliación de operaciones por ampliación de Pad 3 y botadero de desmonte del proyecto Tucari, aprobado el 02 de octubre de 2014.



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

**Tabla 4.6.** Estándares de comparación para agua superficial de la categoría 3

Parámetro	Unidad	ECA para agua	
		D.S. N.º 002-2008-MINAM	
		Categoría 3	
		Riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto	Bebida de animales
<b>FISICO-QUÍMICOS</b>			
Bicarbonatos	mg/L	370	---
Calcio	mg/L	200	---
Carbonatos	mg/L	5	---
Cloruros	mg/L	100-700	---
Conductividad	µS/cm	<2000	<=5000
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	15	<=15
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	40	40
Fluoruros	mg/L	1	2
Fosfatos-P	mg/L	1	---
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	10	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	0,06	1
Oxígeno disuelto	mg/L	≥4	>5
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Sodio	mg/L	200	---
Sulfatos	mg/L	300	500
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05
<b>INORGÁNICOS</b>			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0,05	0,1
Berilio	mg/L	---	0,1
Bario total	mg/L	0,7	---
Boro	mg/L	0,5-6	5
Cadmio	mg/L	0,005	0,01
Cianuro wad	mg/L	0,1	0,1
Cobalto	mg/L	0,05	1
Cobre	mg/L	0,2	0,5
Cromo (6+)	mg/L	0,1	1
Hierro	mg/L	1	1
Litio	mg/L	2,5	2,5
Magnesio	mg/L	150	150
Manganeso	mg/L	0,2	0,2
Mercurio	mg/L	0,001	0,001
Níquel	mg/L	0,2	0,2
Plata	mg/L	0,05	0,05
Plomo	mg/L	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,05	0,05
Zinc	mg/L	2	24

---: Valores no contemplados en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

#### 4.5.2 Sedimento

Debido a que no se cuenta con legislación nacional sobre estándares de calidad para sedimento, la comparación de los resultados de concentración de metales totales se realizó de manera referencial utilizando los valores de la guía de calidad ambiental para sedimento en cuerpos de agua dulce de Canadá (*Canadian Environmental Quality Guidelines* -

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

*Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life – Fresh water*)<sup>4</sup>, según el último IGA aprobado<sup>5</sup>, que define dos valores límites:

- *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 (Tabla 4.7).
- *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 (Tabla 4.7).

**Tabla 4.7.** Valores de comparación para la calidad de sedimento de aguas continentales

Normativa	Parámetro	Unidad	Valor ISQG	Valor PEL
<i>Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life</i>	Arsénico	mg/kg MS	5,9	17
	Cadmio	mg/kg MS	0,6	3,5
	Cobre	mg/kg MS	35,7	197
	Cromo	mg/kg MS	37,3	90
	Mercurio	mg/kg MS	0,17	0,486
	Plomo	mg/kg MS	35	91,3
	Zinc	mg/kg MS	123	315

Fuente: *Canadian Environmental Quality Guidelines - Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life – Fresh water*

PEL: Nivel de efecto probable.

ISQG: Nivel por debajo del cual no se espera efectos biológicos adversos.

Dónde: mg/Kg MS significa miligramo en kilogramo de materia seca

## 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Con la finalidad de mejorar la interpretación y el análisis de los resultados de agua y sedimento, el estudio se dividió en tres zonas correspondientes a quebradas y ríos, las cuales se detallan a continuación:

- Zona 1 – Quebrada Margaritani: conformada por las quebradas Margaritani (TU-20, TU-22, TU-25, TU-26 y TU-27) y sin nombre 2 (TU-24), afloramiento subterráneo (TU-19B, MT-46, MT-60, MT-BO14, MT-BO2, MTBO3, MT-57, MT-57A y MT-55), manantial (MT-42) y bofedal (FTU y FTU-1). Asimismo, en esta zona se encuentra el Depósito de Desmonte Norte.
- Zona 2 – Quebrada Apostoloni: conformada por la quebrada Apostoloni (TU-12, P-5, TU-34, TU-04, P-7 y TU-11), afloramiento subterráneo (MT-BO13, ARI-1, y TU-PS02) y el manantial (MT-36). Asimismo, en esta zona se encuentra el PAD de lixiviación N.º 3.
- Zona 3 – Río Margaritani y tributarios: conformada por los ríos Margaritani (TU-28, AG-18 y AG-18A), Queullirijahuiri (AG-17, AG-19 y AG-07), Aruntaya (AG-06, AG-08 y AG-10), Titire (AG-09, AG-11, PBello y RTiti-1), Vizcachas (RVizc) y Coralque (RCora).

Los resultados de los parámetros evaluados en la vigilancia ambiental, realizada en la época de avenida (2019), se muestran en el Anexo 8. A continuación, se presentan solamente los resultados de los parámetros que superaron los ECA para agua 2008, categoría 3

<sup>4</sup> *Canadian Environmental Quality Guidelines. Sediment. Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life – Fresh water* (Valores guía de calidad ambiental de Canadá para sedimentos en cuerpos de agua dulce). Disponible en: [http://www.cmce.ca/en/resources/canadian\\_environmental\\_quality\\_guidelines/](http://www.cmce.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/). Consultado el 19 de enero de 2017.

<sup>5</sup> Resolución Directoral N.º 501-2014-MEM-DGAAM, Modificación del estudio de impacto ampliación de operaciones por ampliación de Pad 3 y botadero de desmonte del proyecto Tucari, aprobado el 02 de octubre de 2014.

(D.S. N.º 002-2008-MINAM) para los cuerpos de agua superficial; siendo referencial la comparación para los manantiales y la fuente termal Puente Bello.

Asimismo, en el Anexo 8 se presenta los resultados de sedimentos, los cuales fueron comparados de manera referencial con los valores de la guía de calidad ambiental para sedimento en cuerpos de agua dulce de Canadá (*Canadian Environmental Quality Guidelines - Sediment Quality Guidelines for Protection of Aquatic Life – Fresh water*), en adelante norma canadiense. A continuación, se presentan los resultados de los parámetros que superaron la norma mencionada.

## 5.1. ZONA 1 – QUEBRADA MARGARITANI

### 5.1.1. Calidad de agua y sedimento

#### Depósito de Desmonte Norte

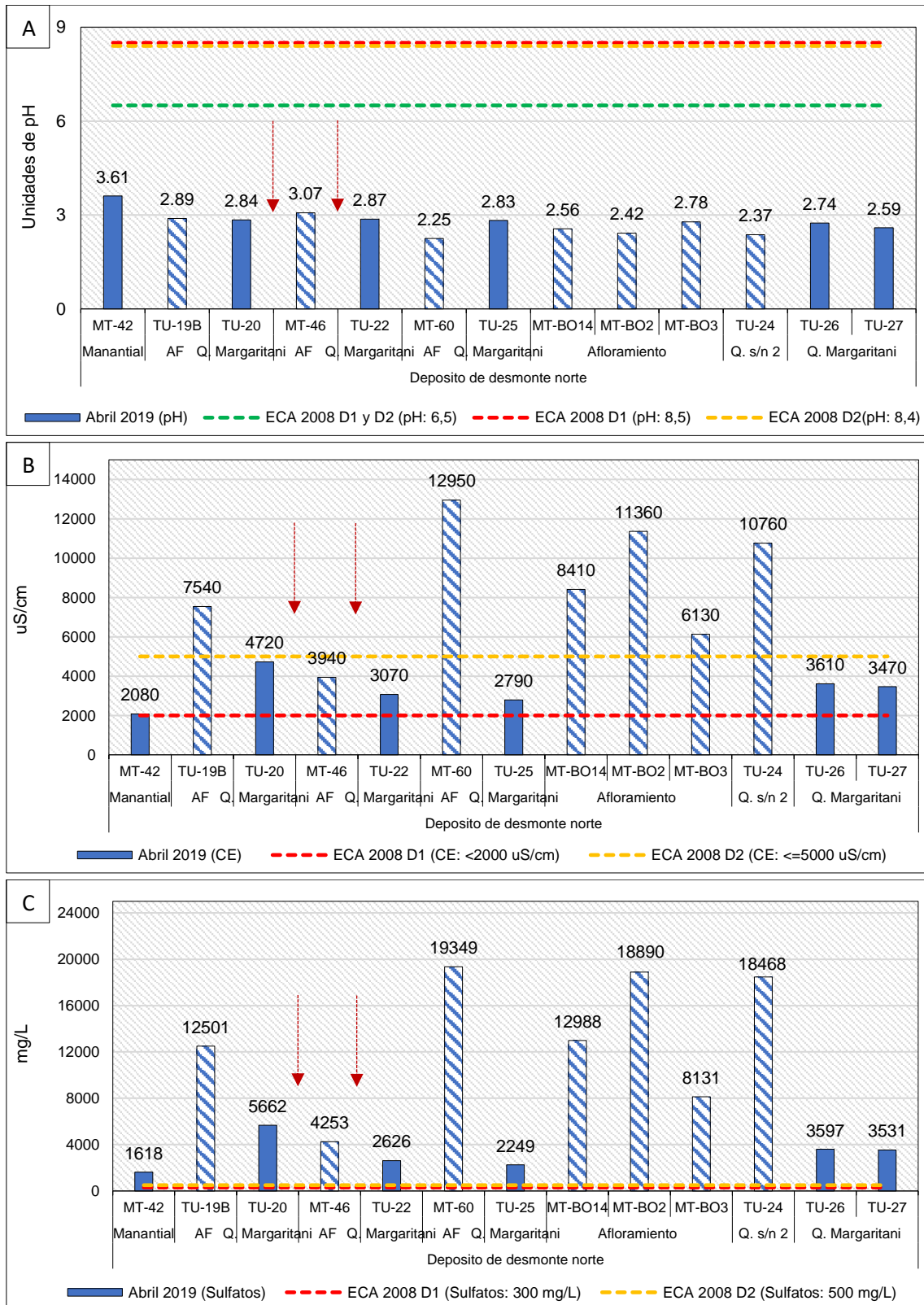
En la quebrada Margaritani, la conductividad eléctrica y las concentraciones de sulfatos, aluminio, cadmio, cobre, hierro y zinc se incrementaron mientras que el pH, cobalto, manganeso y níquel disminuyeron en el punto TU-27 (aguas abajo) en comparación con el punto MT-42 (aguas arriba de los afloramientos), e incumplieron con los ECA para agua 2008, categoría 3, tanto aguas arriba como aguas abajo (Figuras 5.1B, 5.1C, 5.2A, 5.4A, 5.6A, 5.7A, 5.12A, 5.1A, 5.5A, 5.8A y 5.10A); a excepción del arsénico que solo incumplió aguas abajo (Figura 5.3A). Las concentraciones de plomo (Figura 5.11A), cromo y litio se incrementaron, pero no excedieron el estándar mencionado (Anexo 8). Cabe resaltar que la disminución de los parámetros mencionados en el punto TU-22 se debe al aporte de los manantiales MT-44, MT-45, MT-46 y MT-47, provenientes de ambos márgenes de la quebrada Margaritani y ubicados aguas arriba de este punto, tal como fue reportado en el informe N.º 095-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAME<sup>6</sup>.

En el sedimento de esta quebrada también se observó el incremento de las concentraciones de metales como arsénico, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, mercurio, plomo y zinc en donde el arsénico excedió el nivel PEL (Figura 5.3B) y el mercurio, el nivel ISQG de la normativa canadiense (Figura 5.9B) en los puntos evaluados aguas arriba y aguas abajo (SED-TU-22 y SED-TU-27, respectivamente); además, el cadmio y plomo solo excedieron el nivel PEL y el cobre, el nivel ISQG en el punto SED-TU-27 (Figuras 5.4B, 5.11B y 5.6B).

La afectación de la calidad del agua y sedimento se debe al aporte de los afloramientos provenientes del Depósito de Desmonte Norte (TU-19B, MT-46 y MT-60) y de la quebrada sin nombre 2 (TU-24) que se forma por el aporte de los afloramientos MT-BO14, MT-BO2 y MT-BO3, que presentaron pH ácido por debajo del rango mínimo y elevadas concentraciones de metales y sulfatos que al comparar referencialmente con el ECA para agua 2008, categoría 3, exceden dichos estándares.

<sup>6</sup> Informe N.º 095-2017-OEFA/DE-SDLB-CEAME "Informe de Evaluación Ambiental en el Área de Influencia de la Unidad Minera Tucari, durante el año 2017"

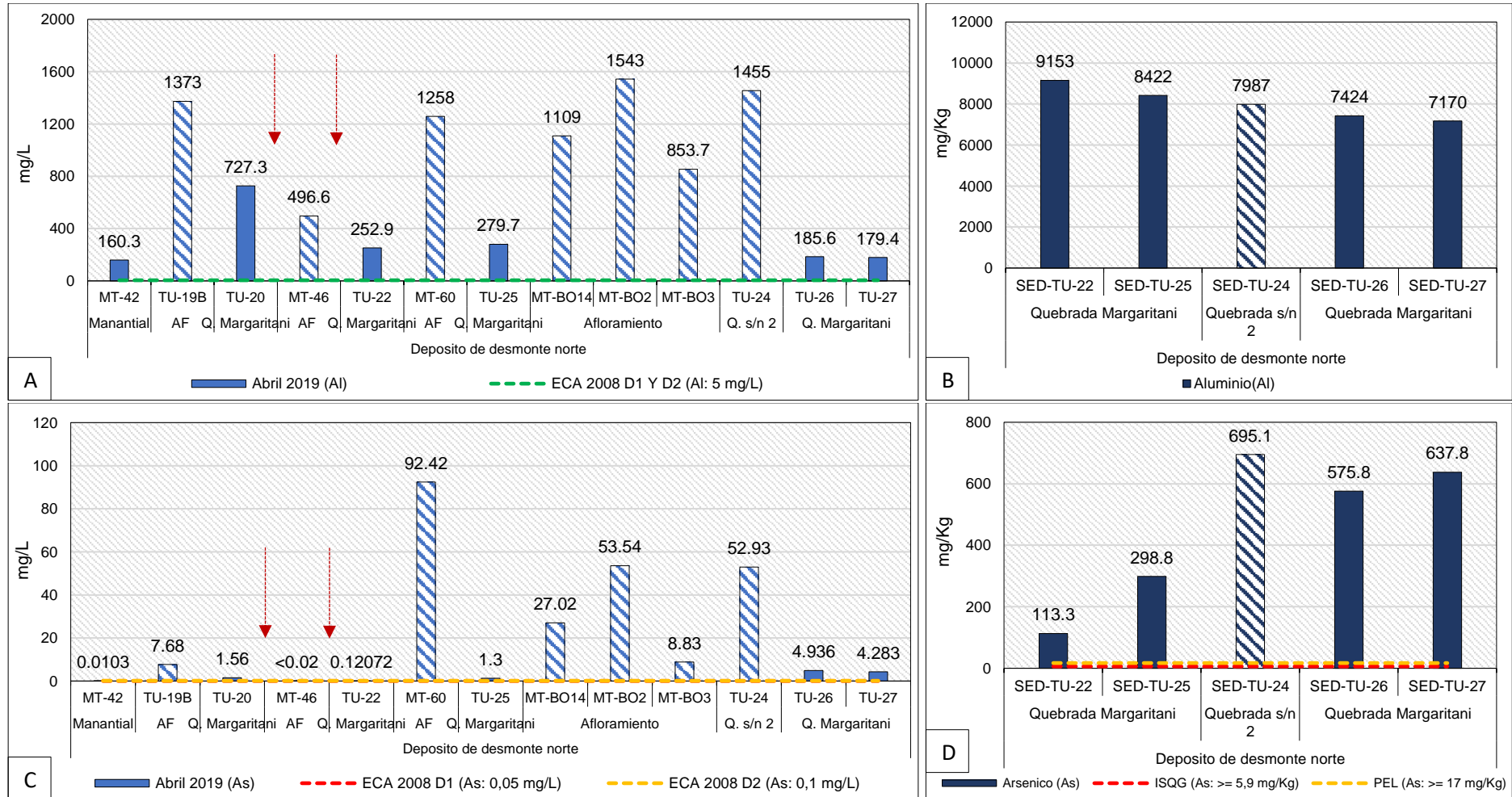
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 5.1.** Unidades de pH (A), conductividad eléctrica (B) y sulfatos (C) en la quebrada Margaritani y aportantes

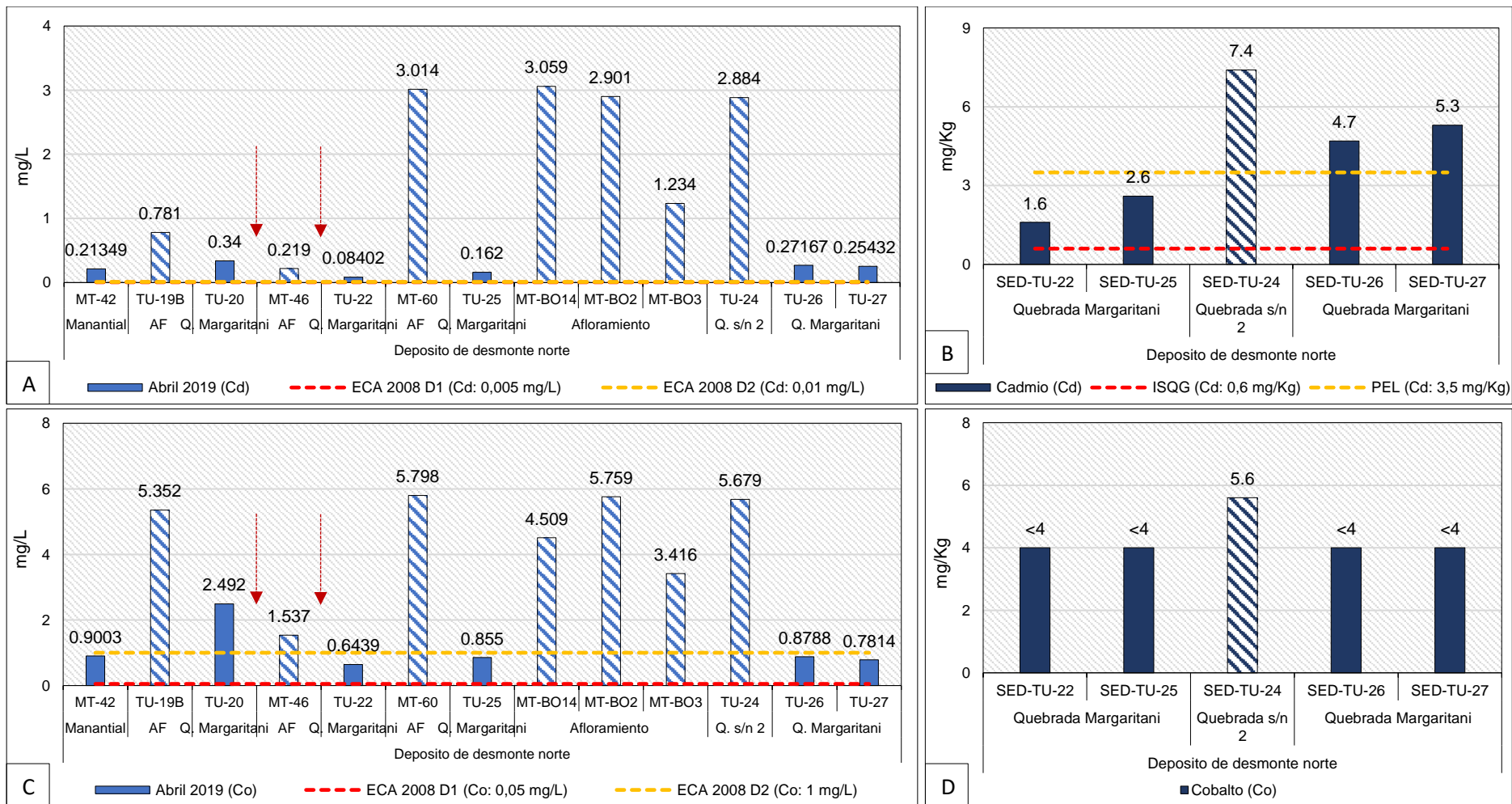
Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios y las flechas representan el aporte de manantiales

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



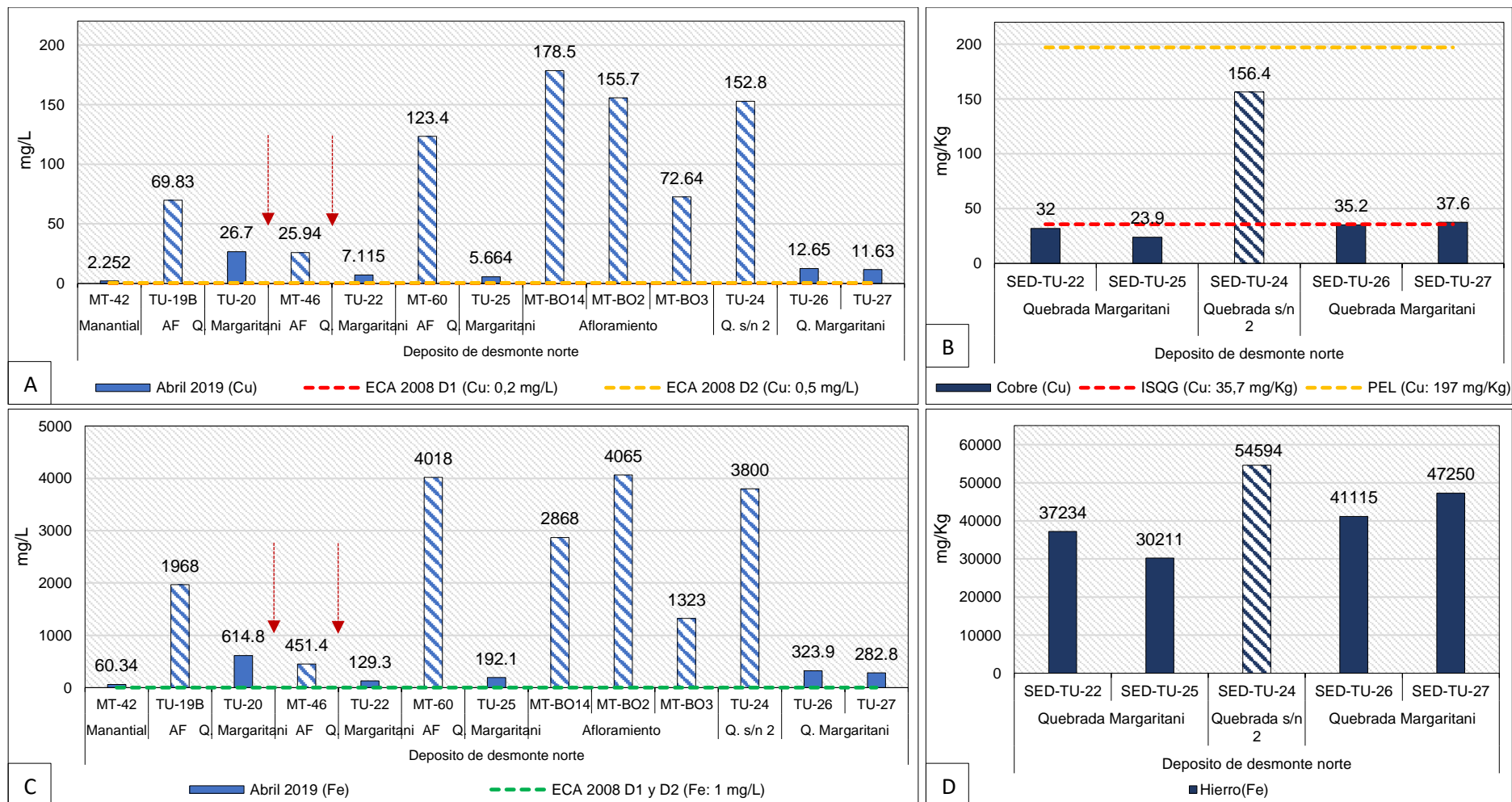
**Figura 5.2.** Concentración de aluminio y arsénico en agua (A y C) y sedimento (B y D) en la quebrada Margaritani y aportantes. Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios y las flechas representan el aporte de manantiales.

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



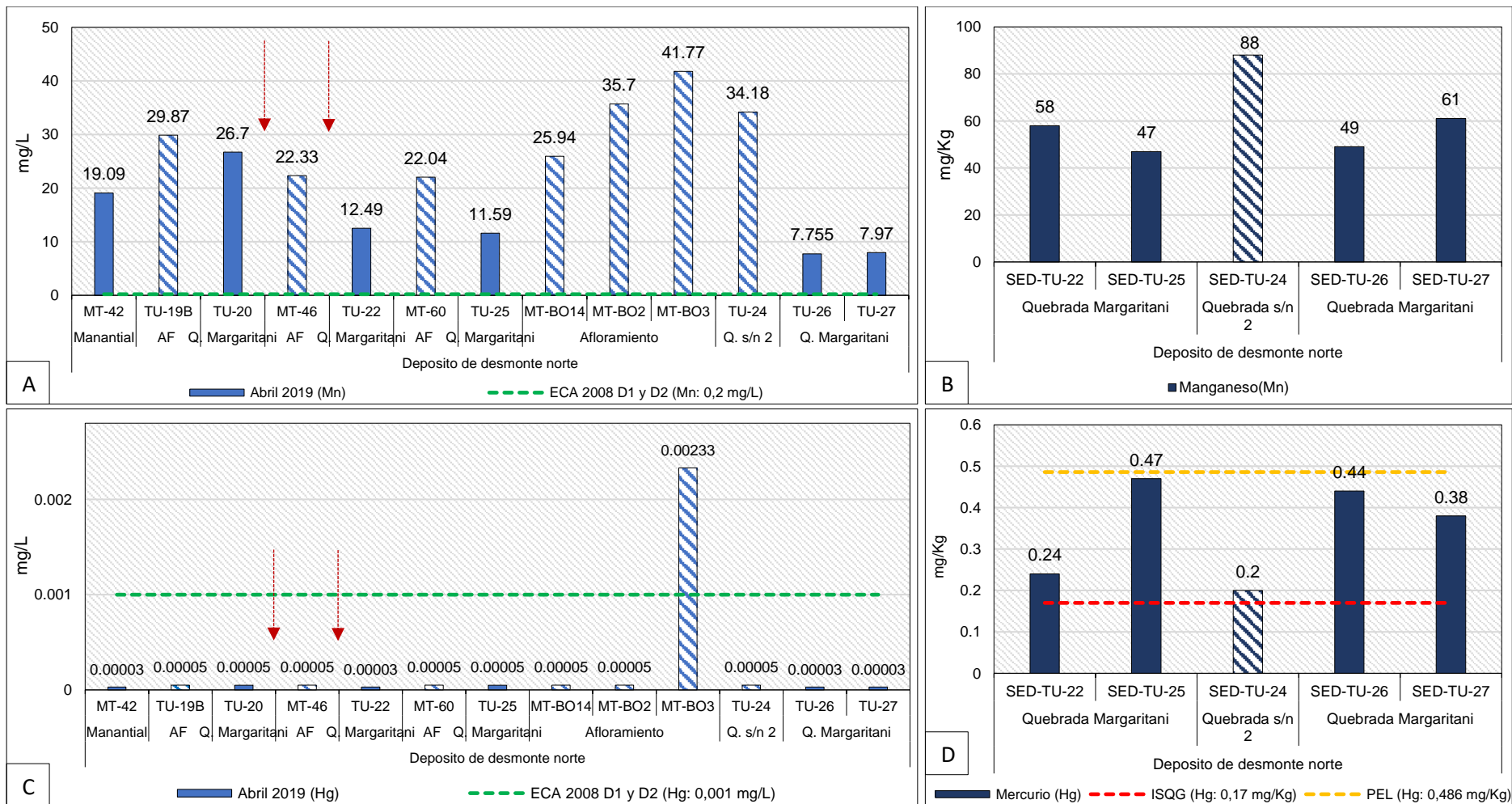
**Figura 5.3.** Concentración de cadmio y cobalto en agua (A y C) y sedimento (B y D) en la quebrada Margaritani y aportantes. Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios y las flechas representan el aporte de manantiales.

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



**Figura 5.4.** Concentración de cobre y hierro en agua (A y C) y sedimento (B y D) en la quebrada Margaritani y aportantes. Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios y las flechas representan el aporte de manantiales.

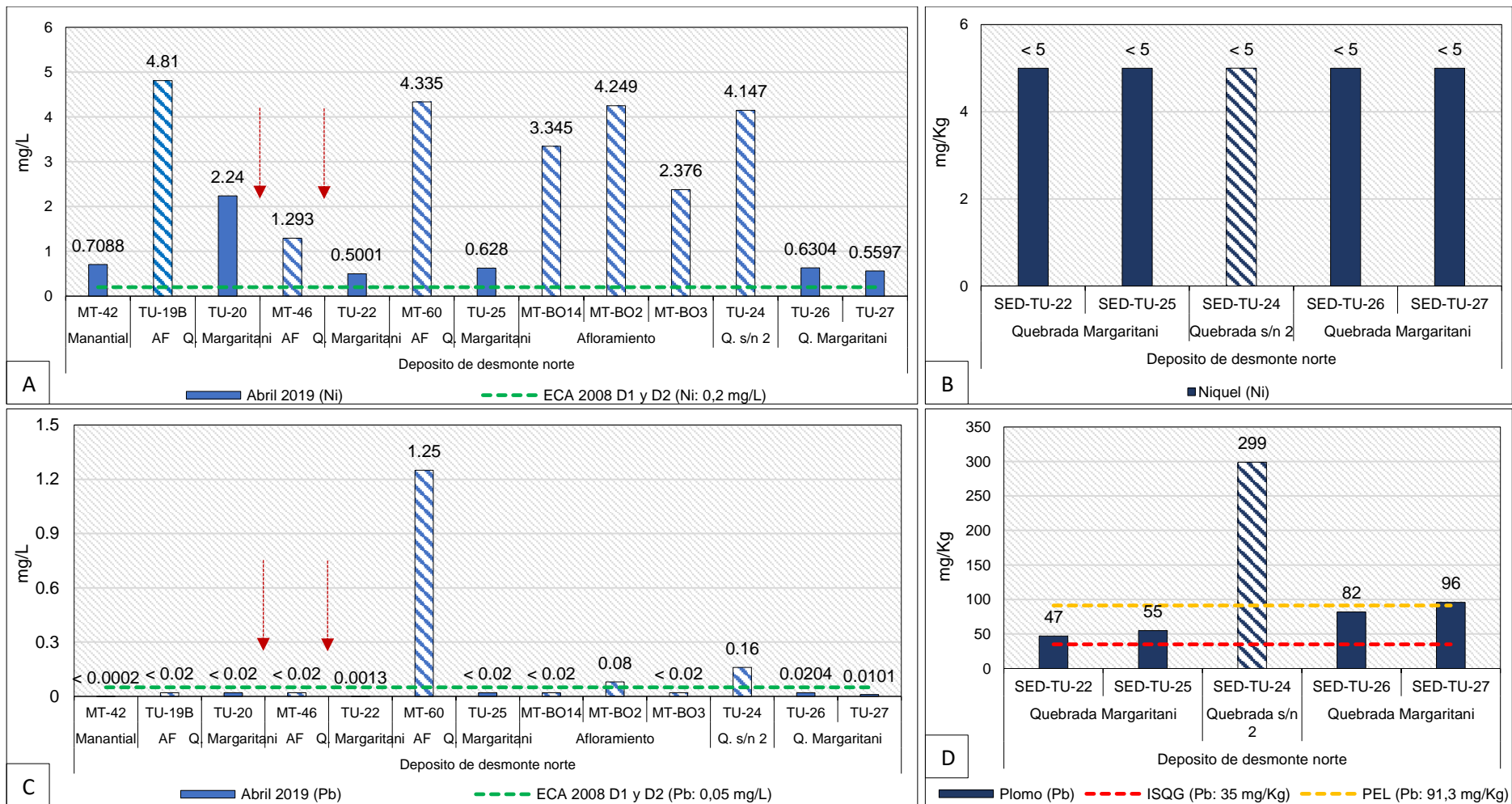
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 5.5.** Concentración de manganeso y mercurio en agua (A y C) y sedimento (B y D) en la quebrada Margaritani y aportantes. Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios y las flechas representan el aporte de manantiales.

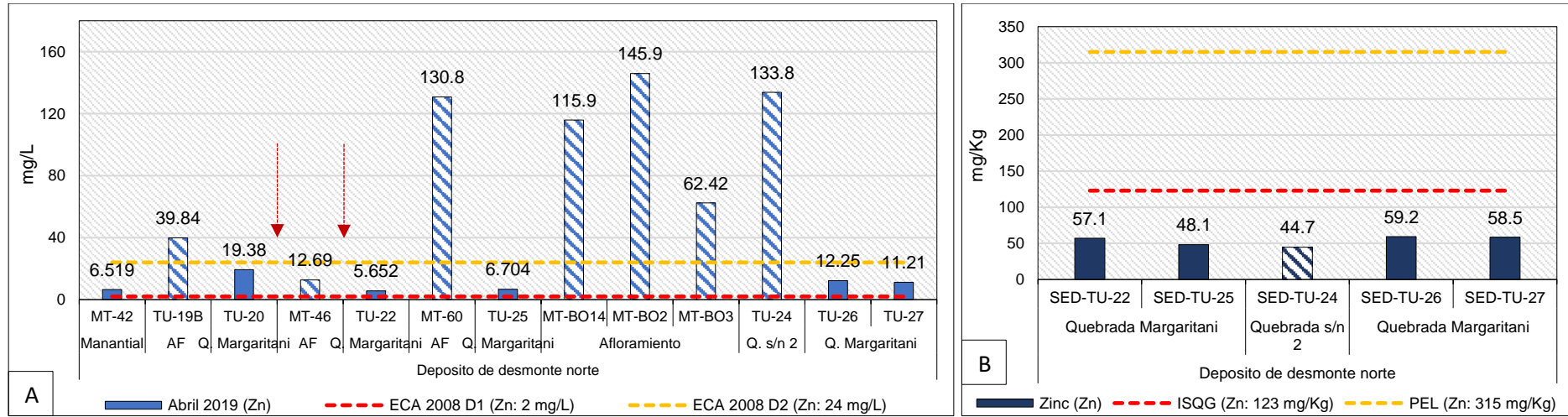


Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 5.6.** Concentración de níquel y plomo en agua (A y C) y sedimento (B y D) en la quebrada Margaritani y aportantes. Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios y las flechas representan el aporte de manantiales.

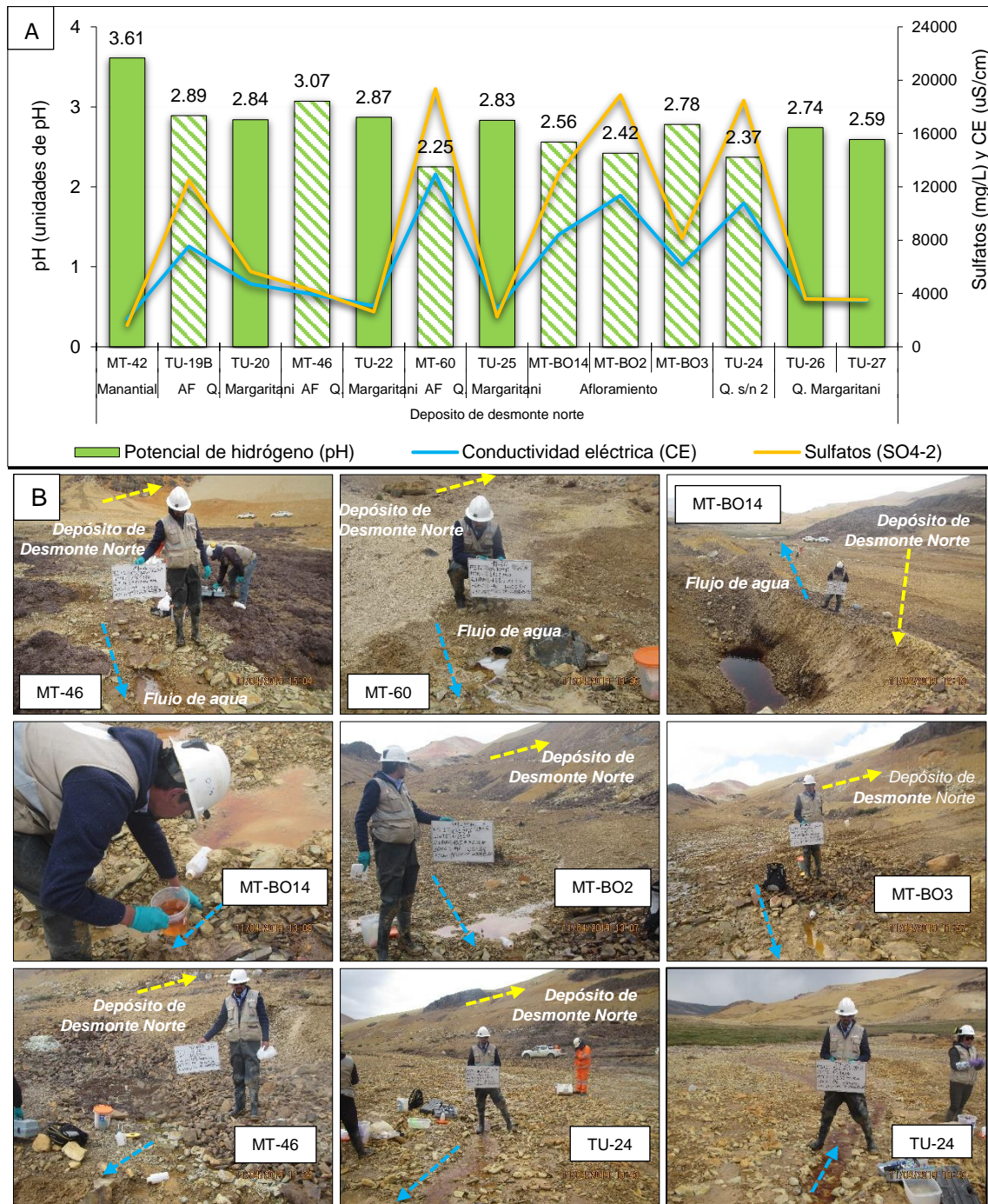
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 5.7.** Concentración de zinc en agua (A) y sedimento (B) en la quebrada Margaritani y aportantes

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios y las flechas representan el aporte de manantiales

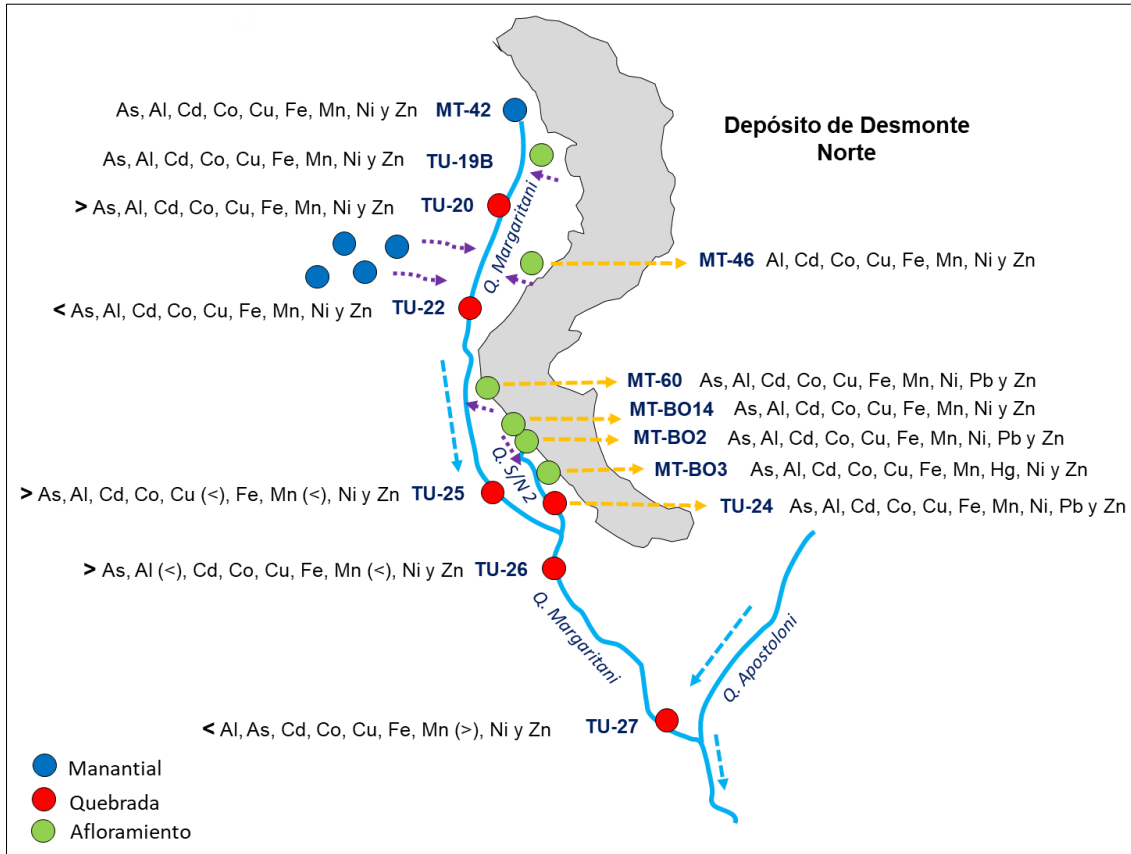
La fuente de la quebrada Margaritani (MT-42) se caracterizó por ser ácida (3,61 unidades); sin embargo, aguas abajo de los afloramientos TU-19B, MT-46, MT-60 y de la quebrada Sin Nombre 2 (TU-24), que se forma por el aporte de los afloramientos MT-BO14, MT-BO2 y MT-BO3, se registraron características más ácidas (2,59 unidades) en el punto TU-27, ubicado en el cauce principal de la quebrada Margaritani; mientras que los sulfatos y la conductividad eléctrica se incrementaron aguas abajo (Figura 5.8A). Cabe indicar que los afloramientos provenientes del pie del Depósito de Desmonte Norte no son captados y llegan a la quebrada Margaritani tal como se observa en la Figura 5.8B.



**Figura 5.8.** Comportamiento de los parámetros de campo y sulfatos en la quebrada Margaritani y aportantes (A), y afloramientos no captados provenientes del pie del Depósito de Desmonte Norte que llegan a la quebrada Margaritani y quebrada Sin Nombre 2 (TU-24) (B)

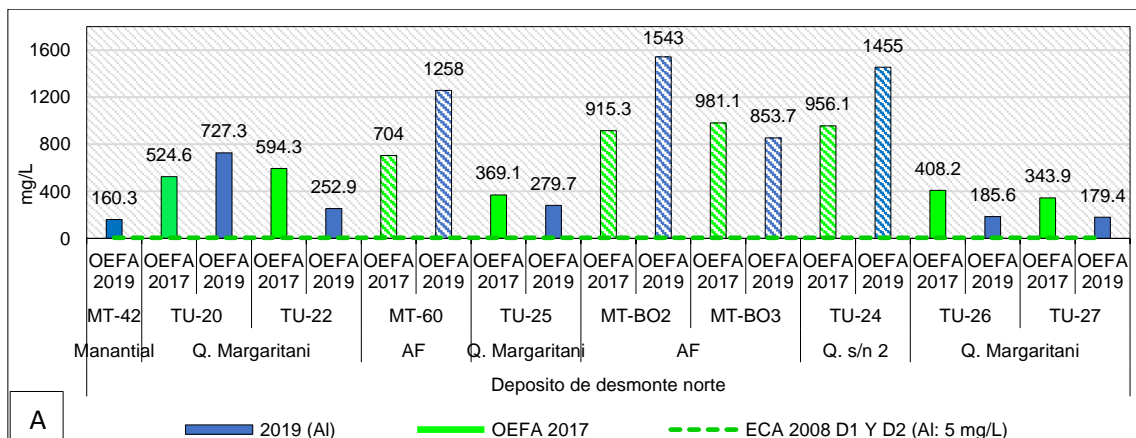
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

En la Figura 5.9, se observa los parámetros que incumplieron los ECA para Agua 2008, categoría 3 en la quebrada Margaritani y aportantes (referencialmente).



**Figura 5.9.** Parámetros que superaron los ECA para agua 2008, categoría 3, en la quebrada Margaritani y aportantes

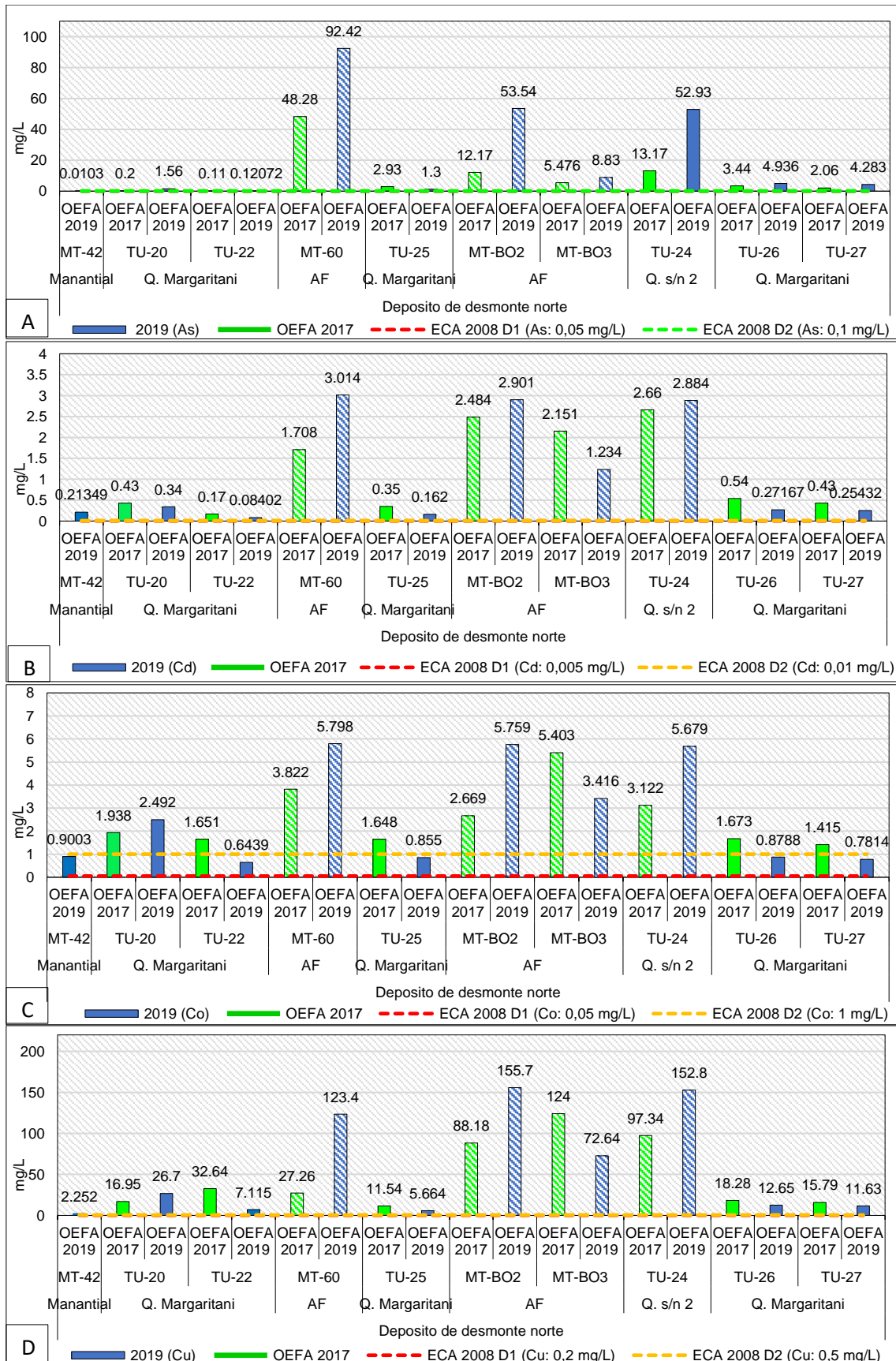
Al comparar los resultados de la presente evaluación con la data histórica de la quebrada Margaritani (TU-22, TU-25, TU-26 y TU-27) se observa que las concentraciones de aluminio, cadmio, cobalto, cobre, manganeso y níquel disminuyeron en el 2019 en comparación con lo reportado en el 2017 a excepción del arsénico que aumentó; mientras que, en los afloramientos se observa que las concentraciones de los parámetros mencionados se incrementaron (Figura 5.10, 5.11 y 5.12).



**Figura 5.10.** Comparación de aluminio en la quebrada Margaritani y aportantes (2019) con lo reportado en la data histórica (2017)

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios

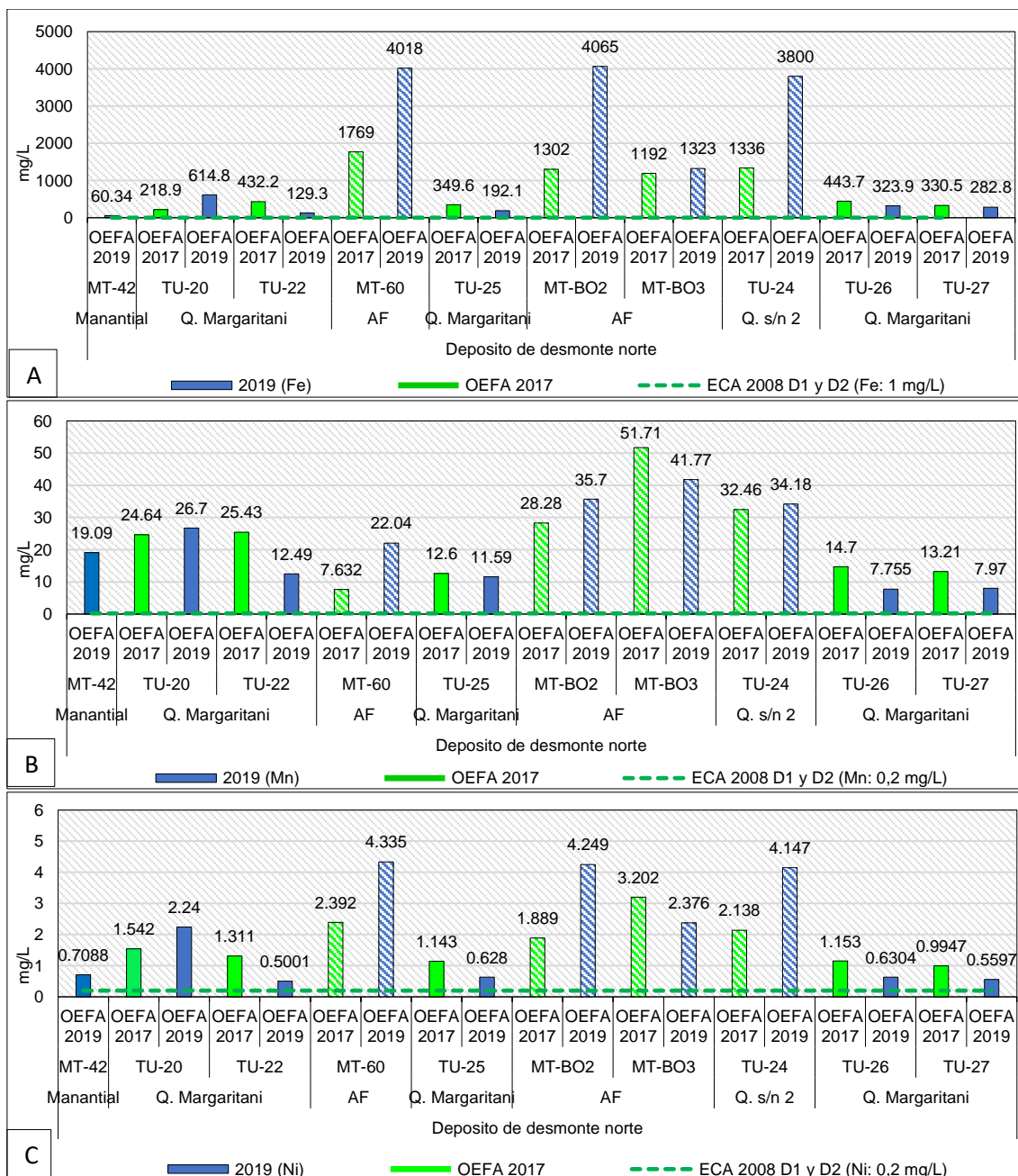
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 5.11.** Comparación de arsénico (A), cadmio (B), cobalto (C) y cobre (D) en la quebrada Margaritani y aportantes (2019) con lo reportado en la data histórica (2017)

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios

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



**Figura 5.12.** Comparación de hierro (A), manganeso (B) y níquel (C) en la quebrada Margaritani y aportantes (2019) con lo reportado en la data histórica (2017)  
Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios

Asimismo, al comparar los resultados de los puntos TU-22 y TU-27 con la data histórica reportada por la UM Tucari se observa que las concentraciones de aluminio, cadmio, cobre, cromo, cobalto, hierro, manganeso, níquel y zinc se incrementaron en el 2019 a excepción del arsénico (Figura 5.13).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

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

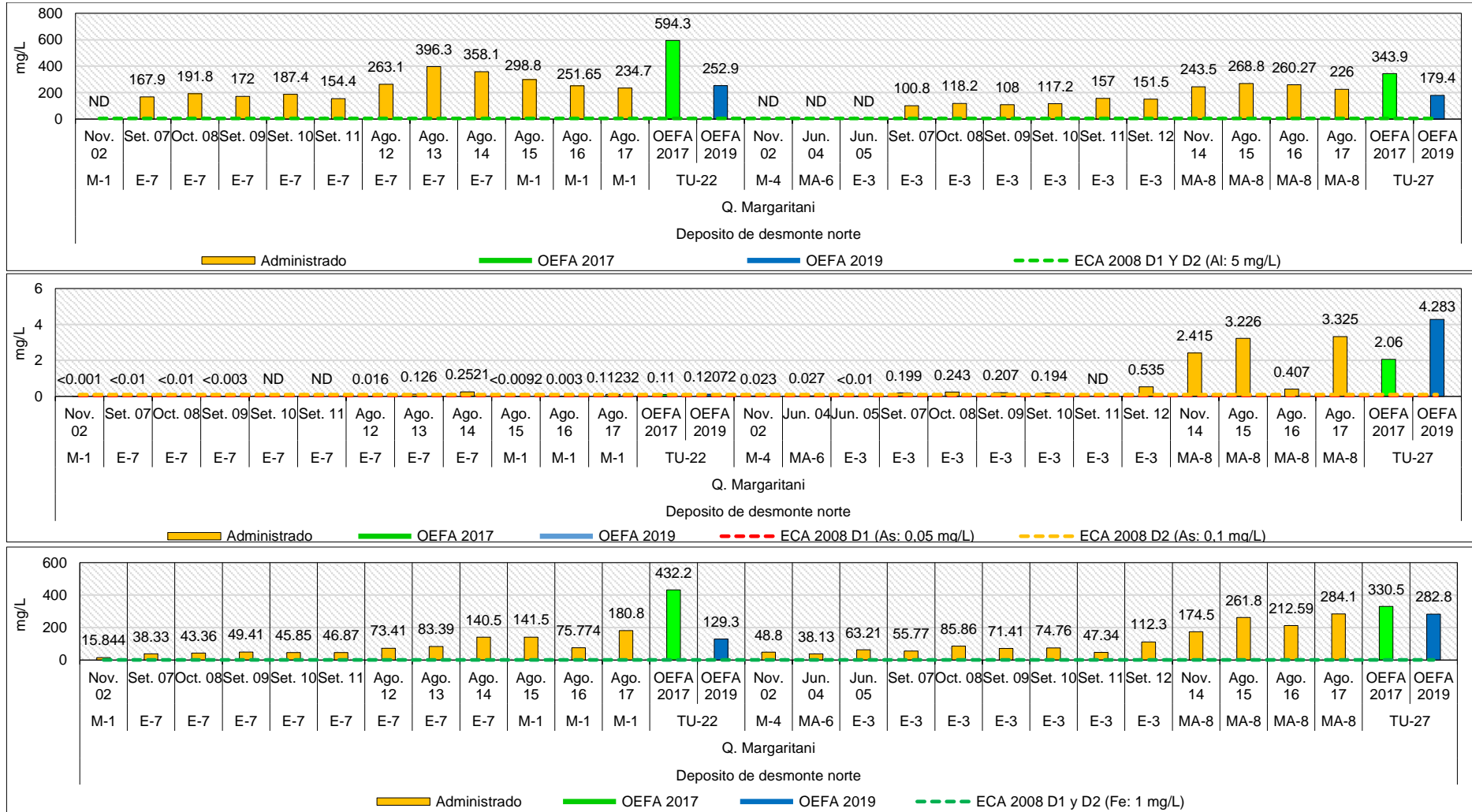


Figura 5.13. Comparación de los puntos TU-22 y TU-27 en la quebrada Margaritani con lo reportado en la data histórica reportado por la UM Tucari



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

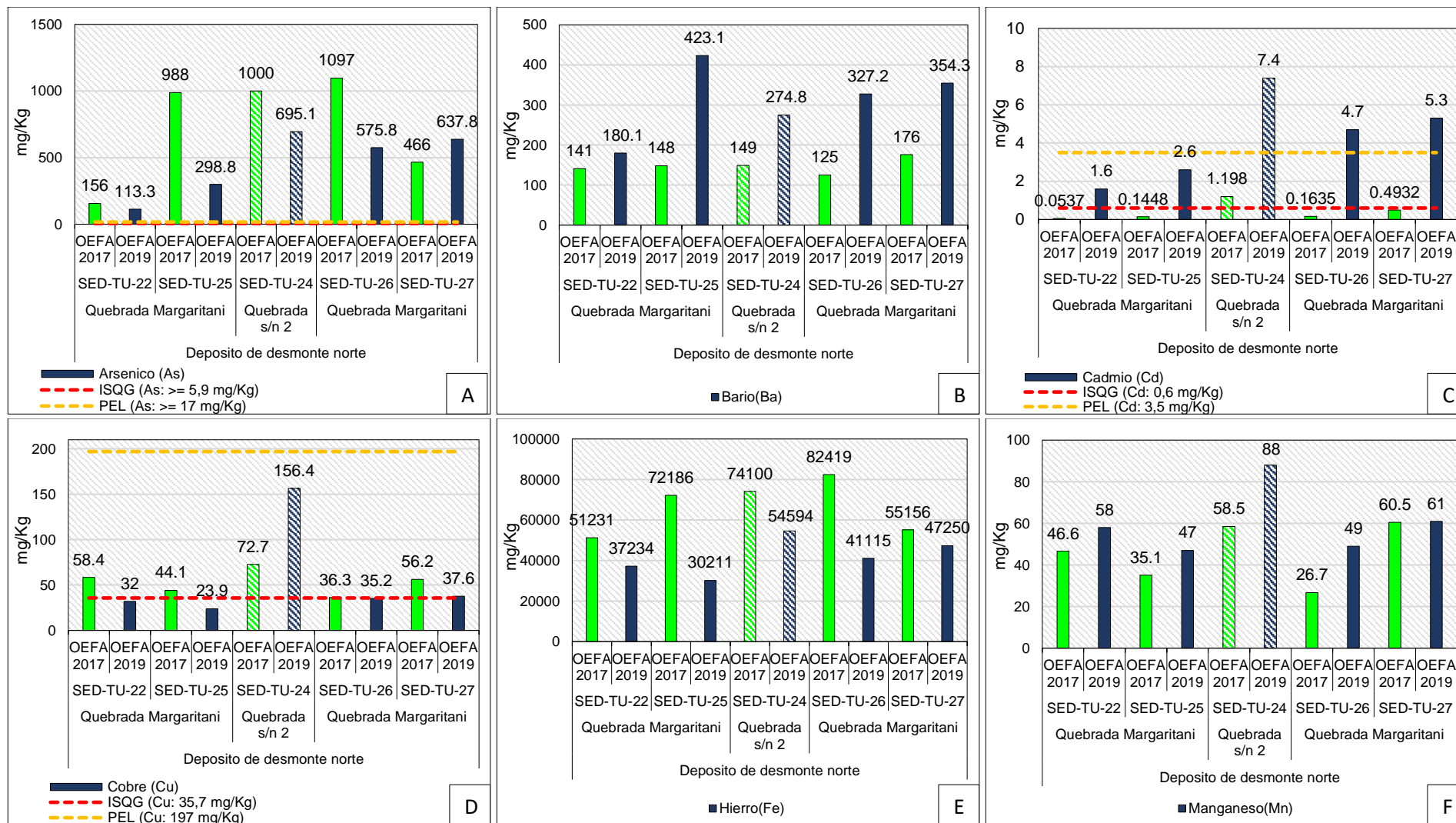
STEC: Subdirección  
Técnica Científica

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

Al comparar los resultados de sedimento de la presente evaluación con la data histórica en la quebrada Margaritani (SED-TU-22, SED-TU-25, SED-TU-26 y SED-TU-27) y aportante (SED-TU-24) se observa que las concentraciones de bario, cadmio, manganeso y zinc incrementaron en el 2019 en comparación con lo reportado en el 2017 a excepción del cobre y hierro que disminuyeron (Figuras 5.14 y 5.15).



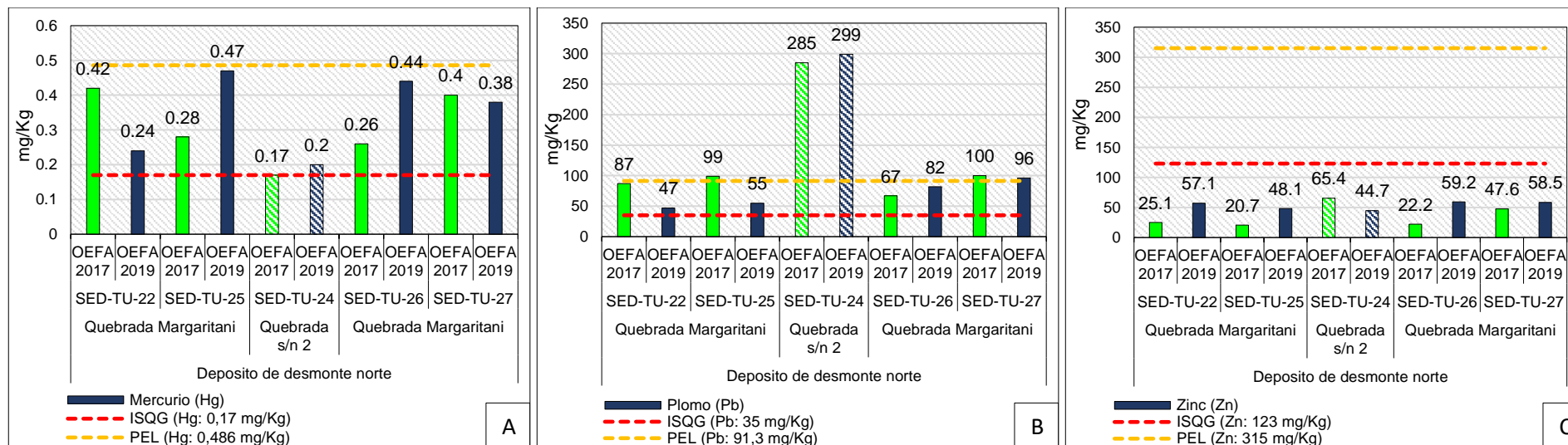
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 5.14.** Comparación de arsénico (A), bario (B), cadmio (C), cobre (D), hierro (E) y manganeso (F) en sedimento de la quebrada Margaritani y aportante (2019) con lo reportado en la data histórica (2017)

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios

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



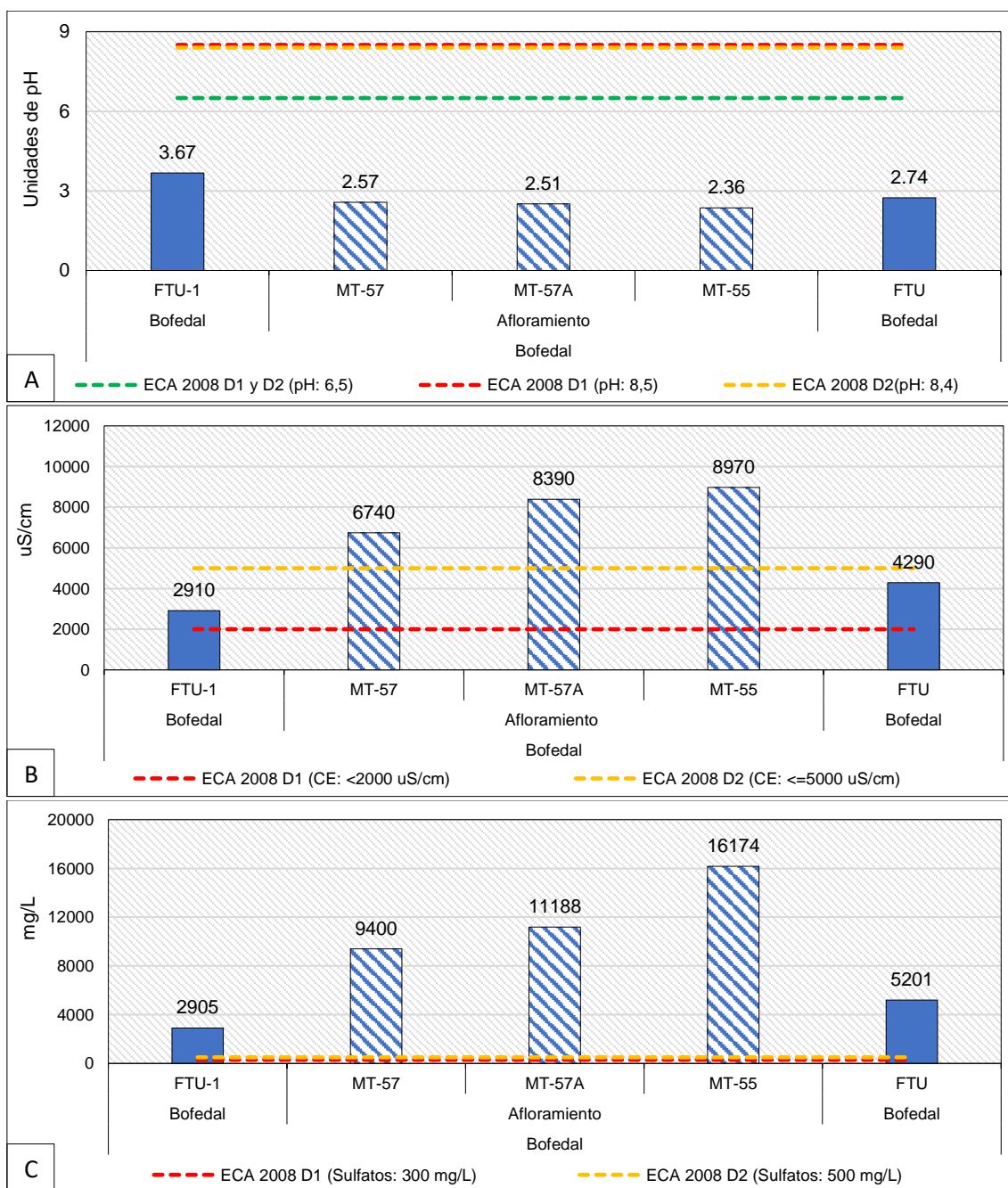
**Figura 5.15.** Comparación de mercurio (A), plomo (B) y zinc (C) en sedimento de la quebrada Margaritani y aportante (2019) con lo reportado en la data histórica (2017)

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios

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

### Bofedales

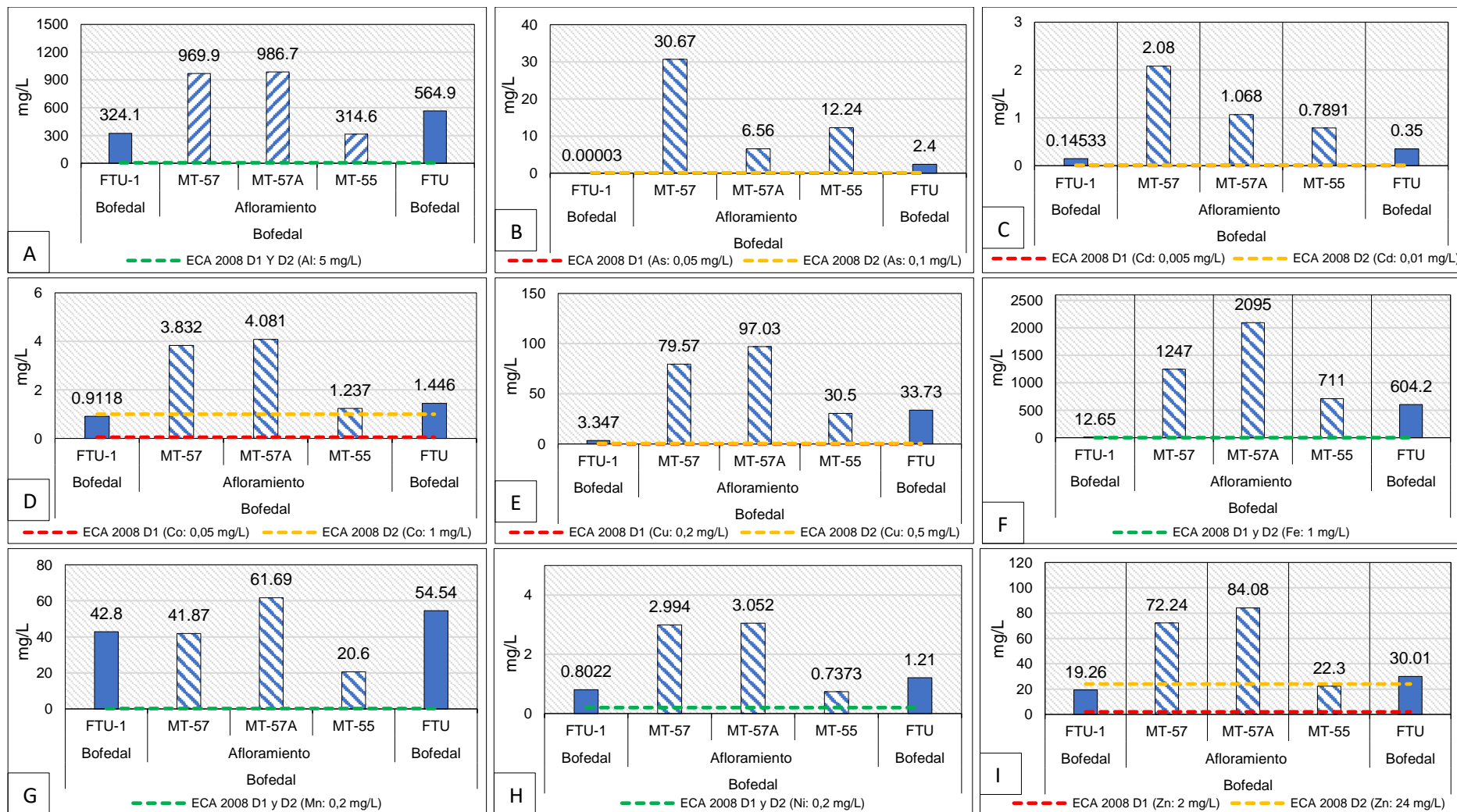
La conductividad eléctrica y las concentraciones de sulfatos, aluminio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, níquel y zinc se incrementaron mientras que el pH disminuyó en el punto FTU (aguas abajo) en comparación con el punto de FTU-1 (aguas arriba), e incumplieron con los ECA para agua 2008, categoría 3, tanto aguas arriba como aguas abajo (Figuras 5.16 y 5.17); a excepción del arsénico que solo incumplió aguas abajo (Figura 5.17B) debido al aporte de los afloramientos MT-57, MT-57A y MT-55, identificados al pie del Depósito de Desmonte Norte. Además, las concentraciones de boro, cromo, magnesio y selenio también se incrementaron, y el bario y litio disminuyeron, pero no incumplieron el estándar mencionado (Anexo 8).



**Figura 5.16.** Unidades de pH (A), conductividad eléctrica (B) y concentración de sulfatos (C) en el bofedal y afloramientos.

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios

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

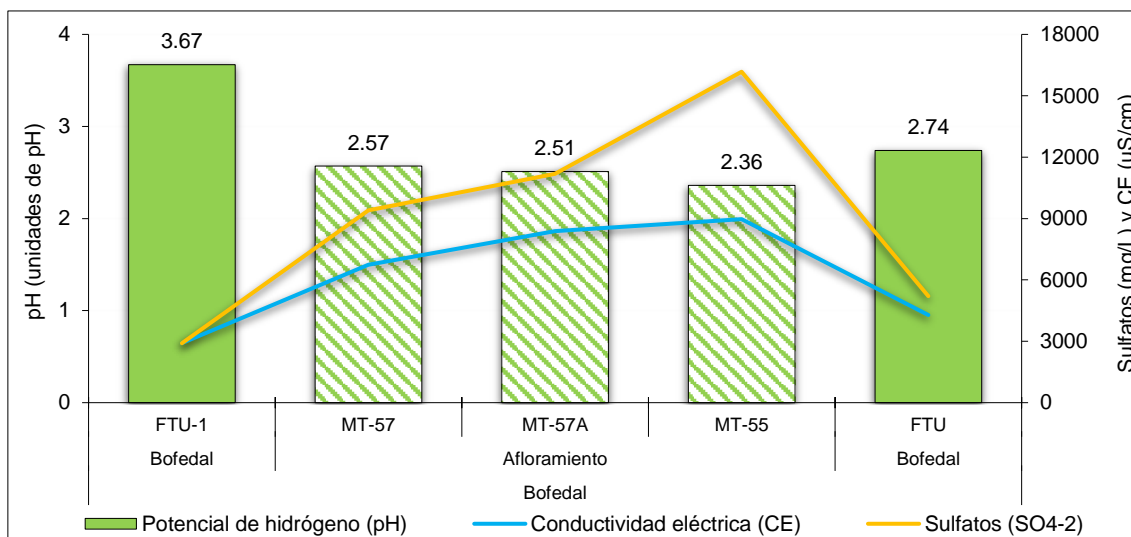


**Figura 5.17.** Concentración de aluminio (A), arsénico (B), cadmio (C), cobalto (D), cobre (e), hierro (F), manganeso (G), níquel (H) y zinc (I) en el bofedal y afloramientos

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios

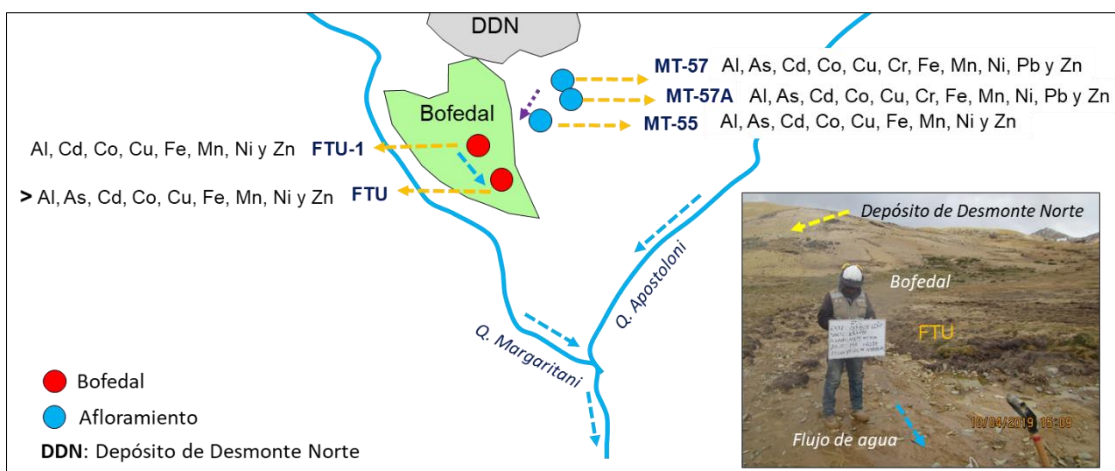
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad

En el bofedal, el punto FTU-1 (aguas arriba) se caracterizó por ser ácido (3,67 unidades); sin embargo, luego del aporte de los afloramientos MT-57, MT-57A y MT-55 se registraron características aún más ácidas (2,74 unidades) en el punto FTU (aguas abajo); mientras que los sulfatos y la conductividad eléctrica se incrementaron (Figura 5.18).



**Figura 5.18.** Comportamiento de los parámetros de campo y sulfatos en el bofedal y afloramientos no captados provenientes del pie del Depósito de Desmonte Norte que llegan al bofedal

En la Figura 5.19, se observa los parámetros que incumplieron los ECA para Agua 2008, categoría 3, en el bofedal y en los afloramientos (referencialmente).



**Figura 5.19.** Parámetros que superaron los ECA para agua 2008, categoría 3, en el Bofedal y afloramientos

Al comparar los resultados de la presente evaluación con la data histórica de los afloramientos MT-55 y MT-57 se observa que las concentraciones de cadmio, cobalto,



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

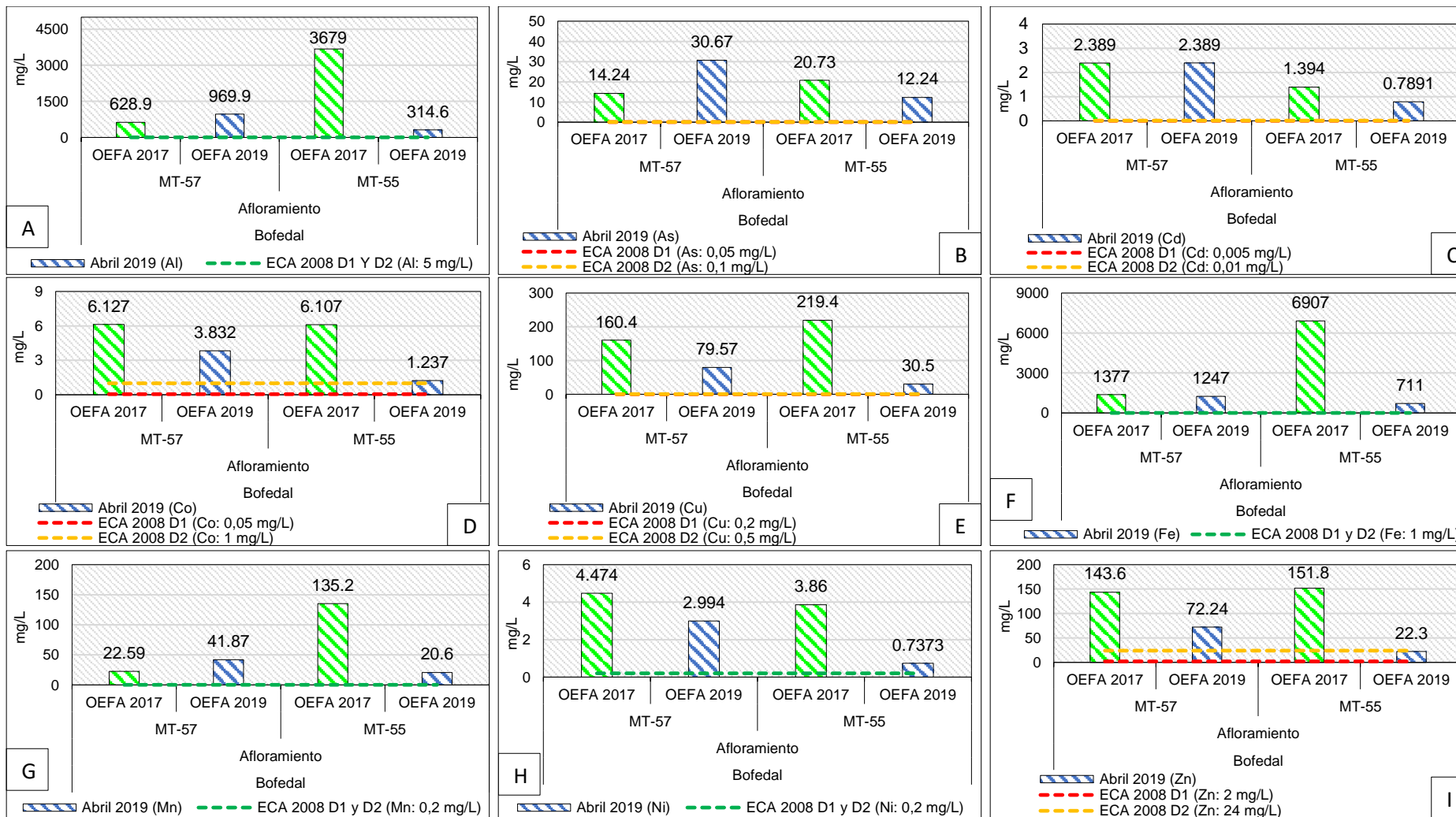
Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección  
Técnica Científica

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

cobre, hierro, níquel y zinc disminuyeron en el 2019 en comparación con lo reportado en el 2017 a excepción del aluminio, arsénico y manganeso que se incrementaron solamente en el afloramiento MT-57 (Figuras 5.20).

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



**Figura 5.20.** Comparación de aluminio (A), arsénico (B), cadmio (C), cobalto (D), cobre (E), hierro (F), manganeso (G), níquel (H) y zinc (I) en los afloramientos (2019) con lo reportado en la data histórica (2017)

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios

## 5.2. ZONA 2 – QUEBRADA APOSTOLONI

### 5.2.1. Calidad de agua y sedimento

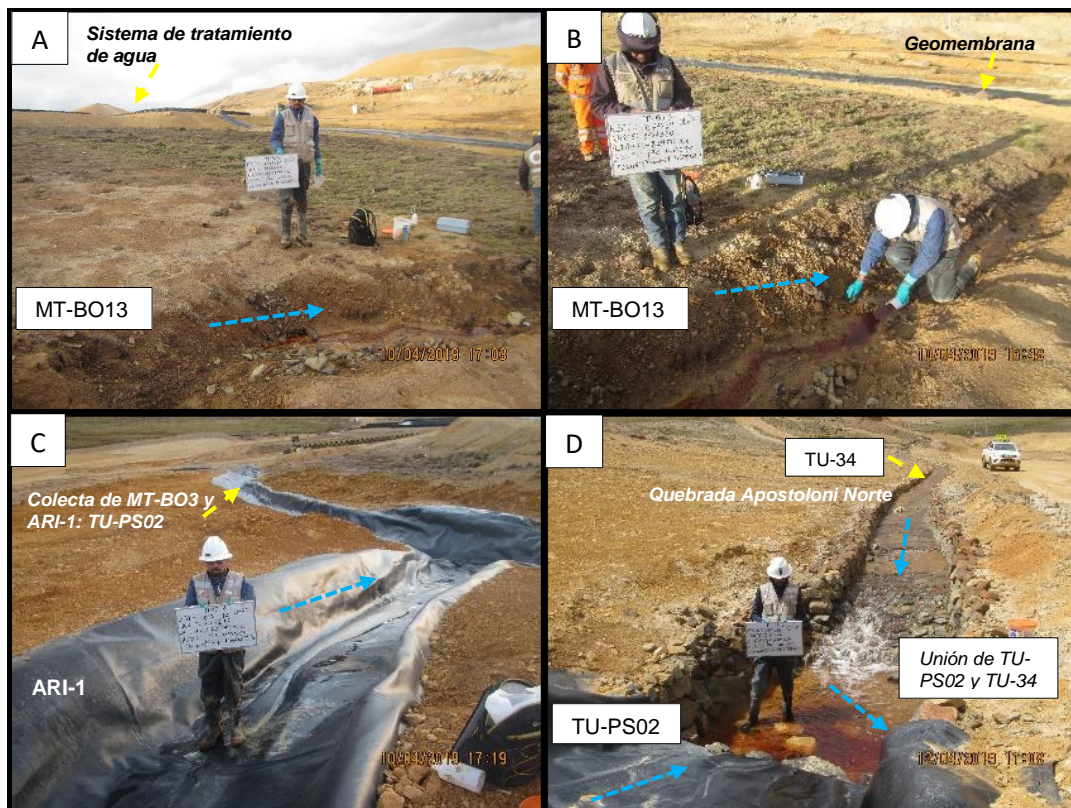
#### Quebrada Apostoloni Norte

#### PAD de lixiviación N.º 3

El pH, la conductividad eléctrica y las concentraciones de aluminio, cadmio, cobalto, hierro, manganeso y níquel se incrementaron mientras que los sulfatos disminuyeron en el punto TU-34 (aguas abajo del PAD de lixiviación N.º 3) en comparación con el punto TU-12 (aguas arriba), e incumplieron con los ECA para agua 2008, categoría 3, tanto aguas arriba como aguas abajo (Figuras 5.22 y 5.23). Además, el arsénico, cobre y zinc se incrementaron hasta incumplir los ECA para agua (Figuras 5.22 y 5.23). Las concentraciones de bario, cromo, litio, y selenio se incrementaron mientras que el boro y magnesio disminuyeron pero no excedieron el estándar mencionado (Anexo 8).

#### Punto de control PS02

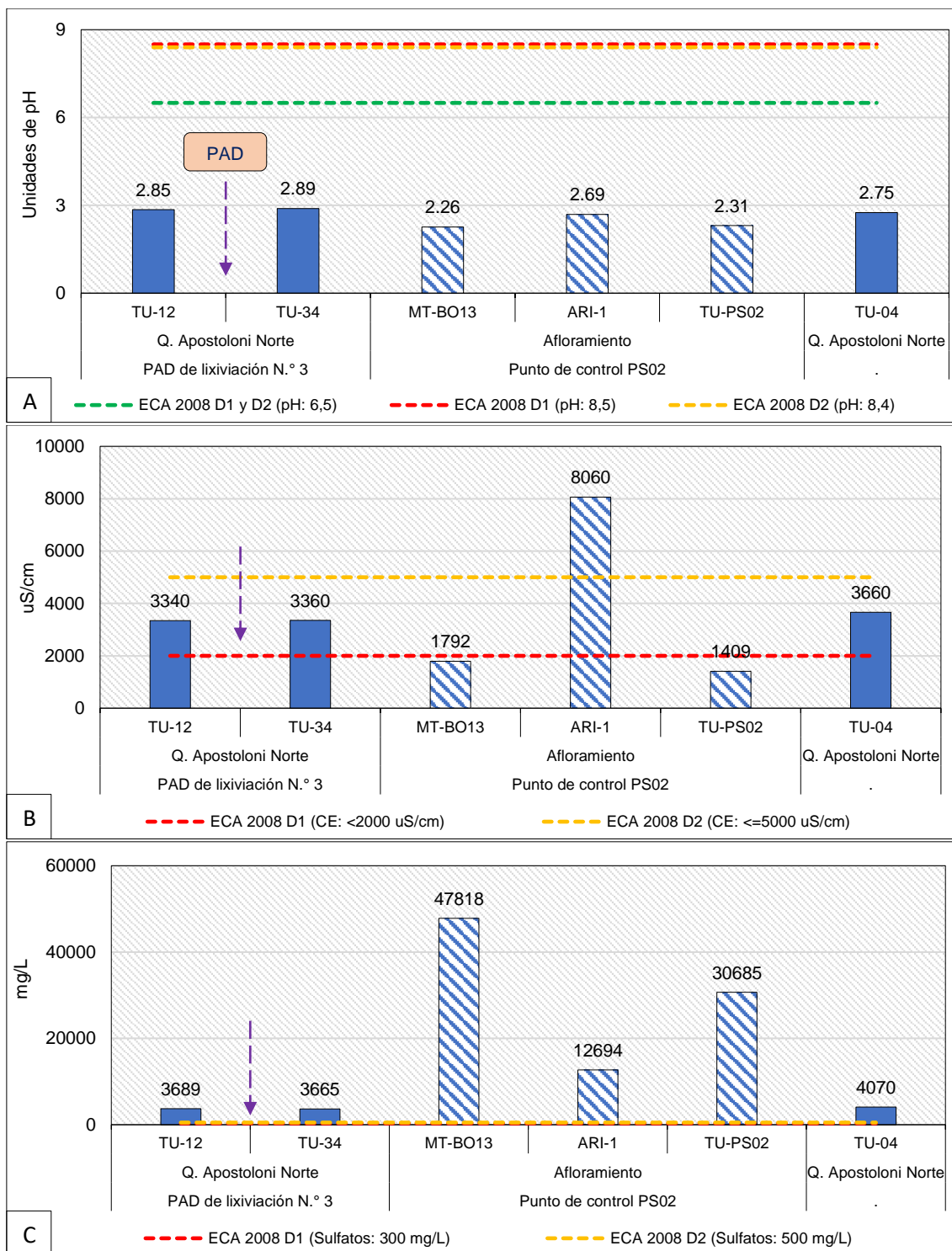
La conductividad eléctrica y las concentraciones de sulfatos, aluminio, arsénico, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, níquel y zinc se incrementaron mientras que el pH disminuyó en el punto TU-04 (aguas abajo) en comparación con el punto TU-34 (aguas arriba), e incumplieron con los ECA para agua 2008, categoría 3, tanto aguas arriba como aguas abajo (Figuras 5.22 y 5.23). Las concentraciones de cromo y magnesio se incrementaron mientras que el bario y boro disminuyeron pero no excedieron el estándar mencionado (Anexo 8). Dichos incrementos se deben al aporte del flujo de agua TU-PS02 que colecta los afloramientos MT-BO13 y ARI-1, ubicados en la parte baja del sistema de tratamiento de agua del Tajo Tucari (Figura 5.21).



**Figura 5.21.** Afloramientos con coloración rojiza, MT-BO13 que discurre sobre el suelo (A y B) y ARI-1 (C), ambos colectados en TU-PS02 que llega a la quebrada Apostoloni Norte (D)

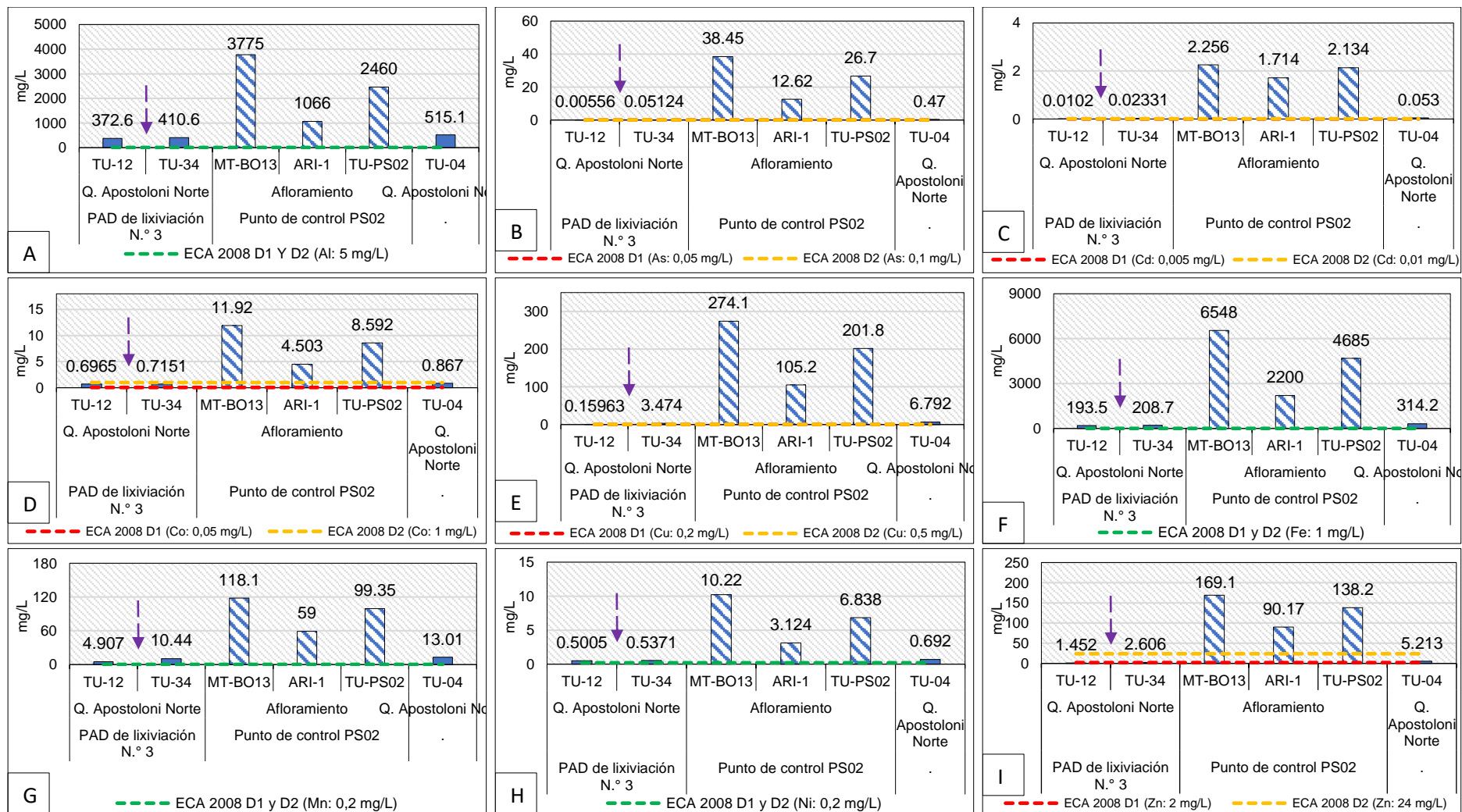


Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 5.22.** Unidades de pH (A), conductividad eléctrica (B) y concentración de sulfatos (C) en la quebrada Apostoloni Norte y aportante  
Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios y la flecha representa la ubicación del PAD

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

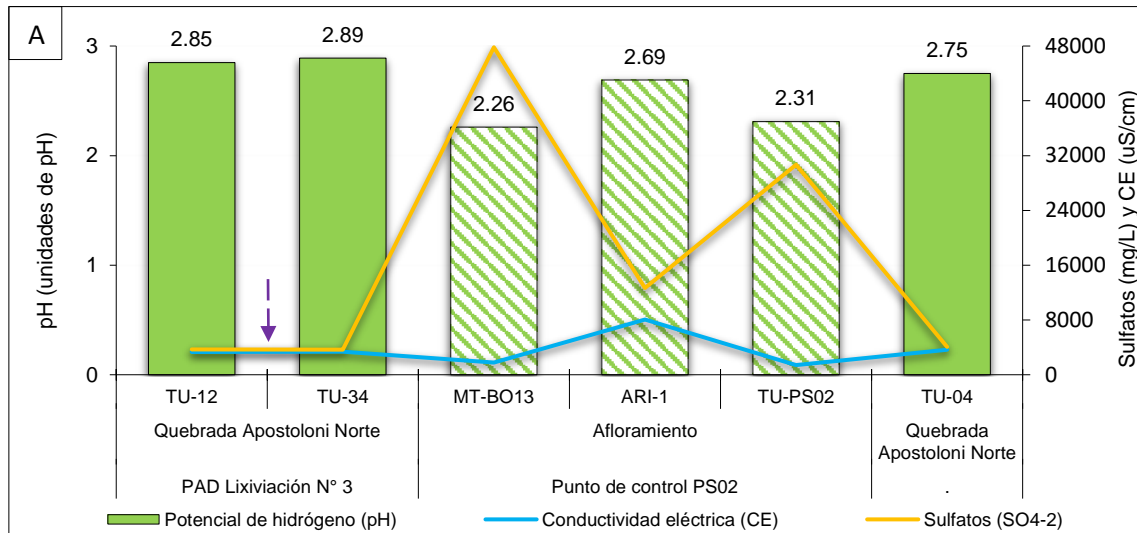


**Figura 5.23.** Concentración de aluminio (A), arsénico (B), cadmio (C), cobalto (D), cobre (E), hierro (F), manganeso (G), níquel (H) y zinc (I) en la quebrada Apostoloni Norte

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios y la flecha representa la ubicación del PAD

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

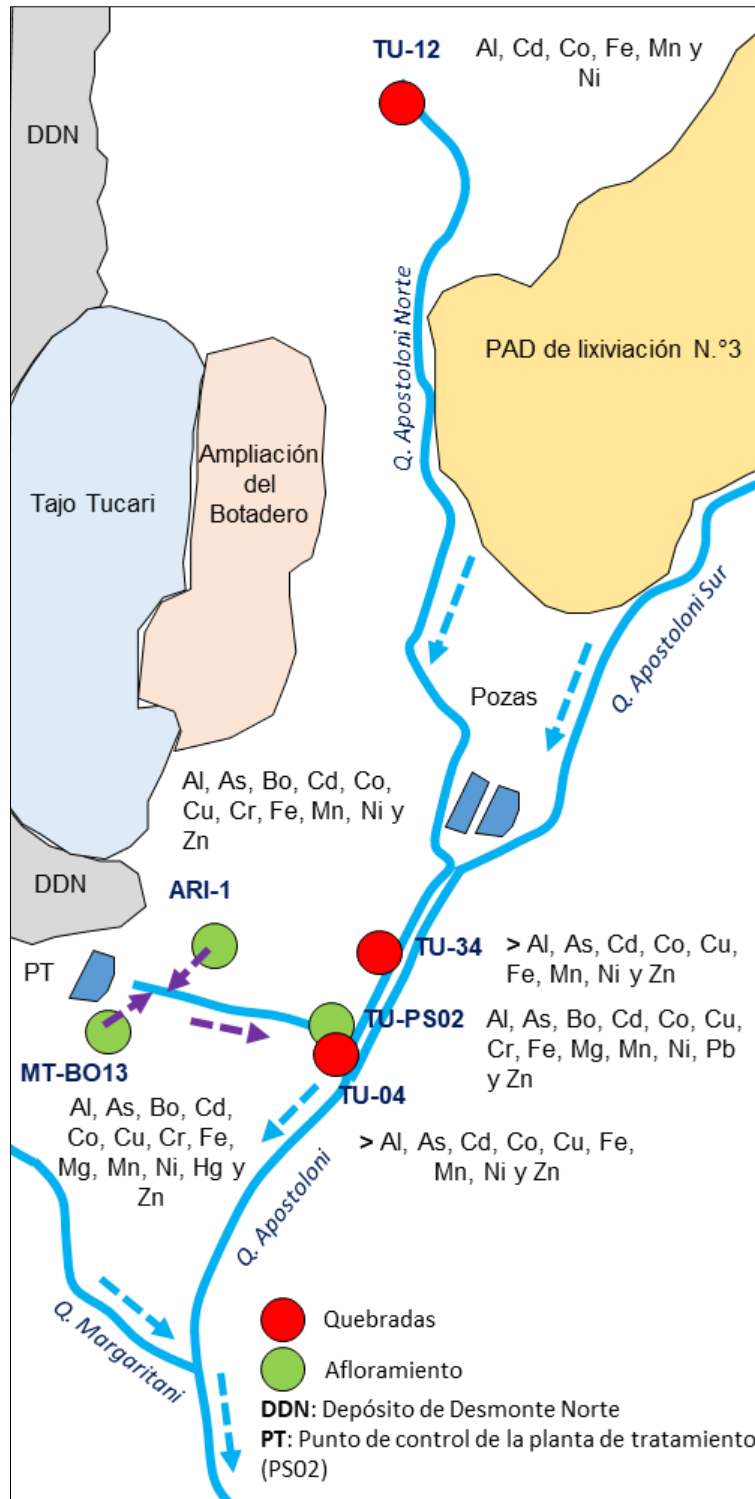
El punto aguas arriba y aguas abajo del PAD de lixiviación N.º 3 (TU-12 y TU-34, respectivamente) se caracterizó por ser ácido y presentar conductividad eléctrica y concentración de sulfatos similares, mientras que el punto TU-04 (aguas debajo de TU-PS02) registró disminución de pH e incremento de la conductividad eléctrica y de la concentración de sulfatos en comparación con el punto ubicado aguas arriba (TU-34), debido al aporte del flujo de agua TU-PS02, que colecta los afloramientos MT-BO13 y ARI-1 (Figura 5.24).



**Figura 5.24.** Comportamiento de los parámetros de campo y sulfatos en la quebrada Apostoloni Norte y flujo de agua que colecta los afloramientos MT-BO13 y ARI-1 y llega a la quebrada Apostoloni Norte

En la Figura 5.25, se observa los parámetros que incumplieron los ECA para Agua 2008, categoría 3, en la quebrada Apostoloni Norte y aportante que colecta el agua de los afloramientos MT-BO13 y ARI-1 (referencialmente).

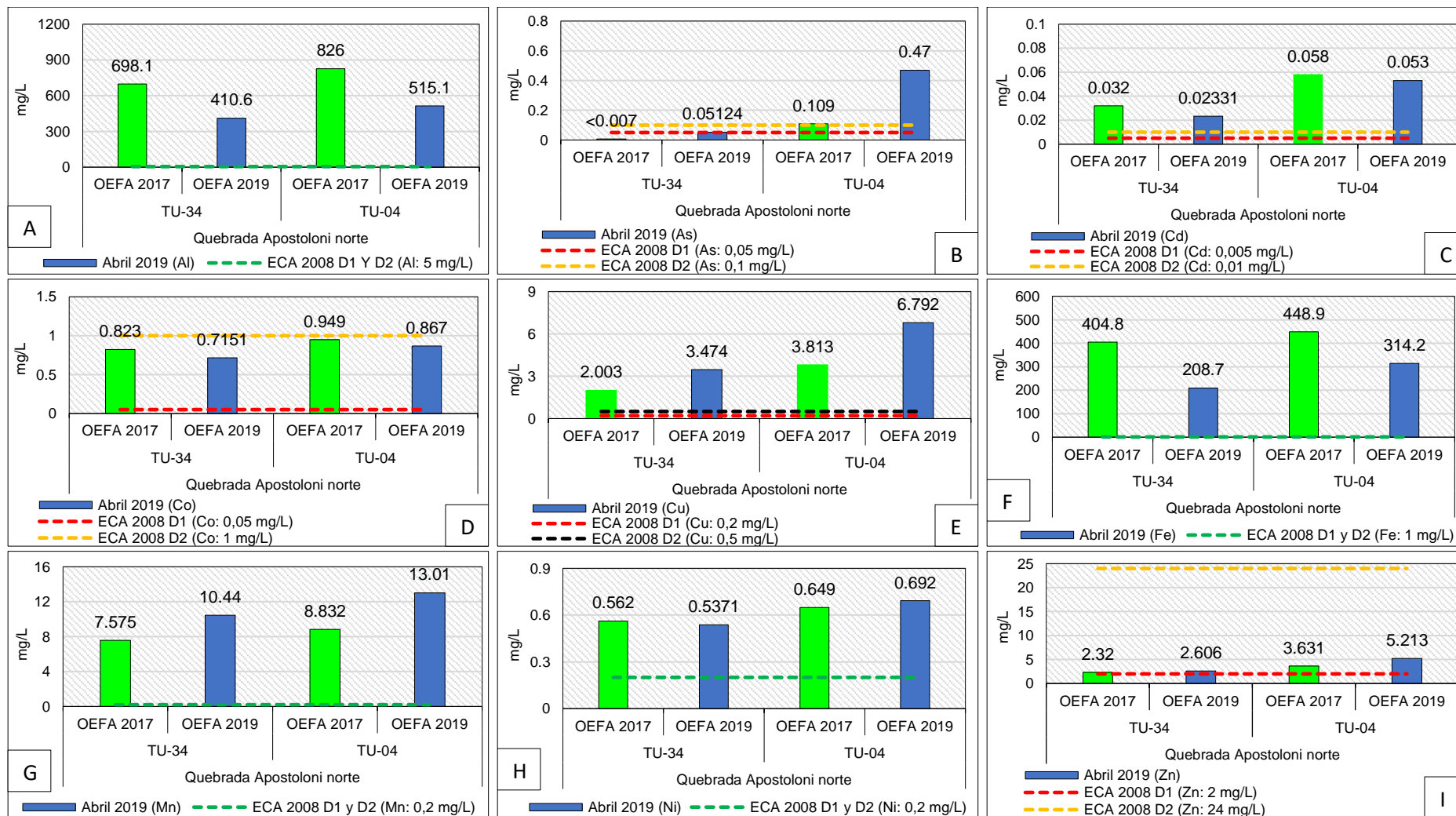
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 5.25.** Parámetros que incumplieron los ECA para agua 2008, categoría 3, en la quebrada Apostoloni Norte y aportante

Al comparar los resultados de la presente evaluación con la data histórica de los puntos TU-34 y TU-04 se observa que las concentraciones de aluminio, cadmio, cobalto y hierro disminuyeron en el 2019 en comparación con lo reportado en el 2017 a excepción del arsénico, cobre, manganeso, níquel y zinc que se incrementaron (Figuras 5.26). Cabe resaltar que el arsénico en el punto TU-34 se incrementó de un valor por debajo del límite de cuantificación (< 0,007 mg/L) en el 2017 a 0,05124 mg/L en el 2019.

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



**Figura 5.26.** Concentración histórica de aluminio (A), arsénico (B), cadmio (C), cobalto (D), cobre (E), hierro (F), manganeso (G), níquel (H) y zinc (I) en los puntos TU-34 y TU-04 de la quebrada Apostoloni Norte. Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios.

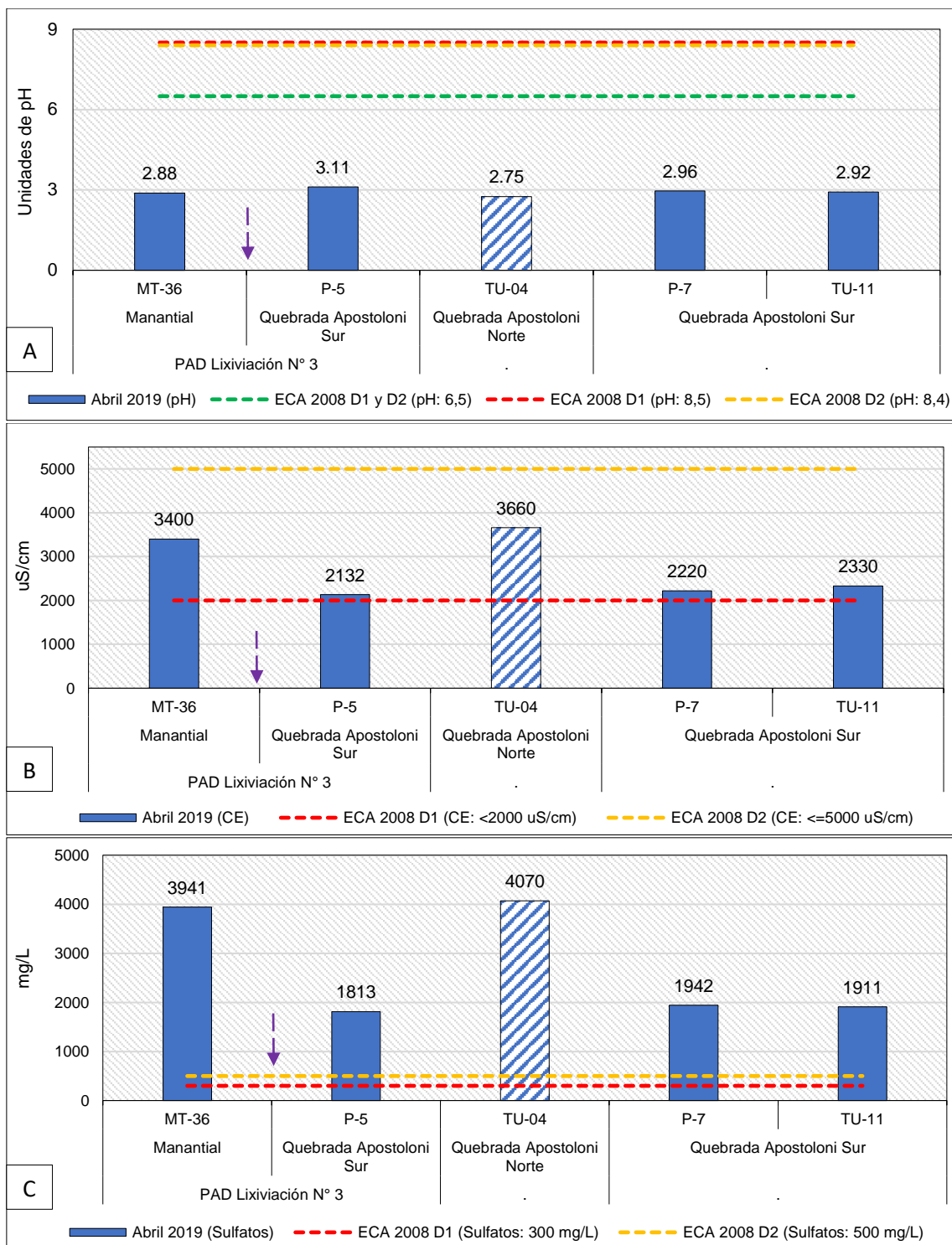
## Quebrada Apostoloni Sur

### PAD de lixiviación N.º 3

En la quebrada Apostoloni Norte, se observa la disminución de la conductividad eléctrica y las concentraciones de sulfatos, aluminio, cadmio, cobalto, hierro y níquel aguas abajo del PAD de Lixiviación N.º 3 (P-5), mientras que el pH, cobre y manganeso se incrementaron; y luego del aporte de la quebrada Apostoloni Norte (TU-04) los parámetros mencionados registraron un ligero incremento (P-7) manteniendo sus concentraciones aguas abajo del punto de vertimiento PS02 que no presentó flujo. Estos parámetros incumplieron los ECA para agua 2008, categoría 3, tanto aguas arriba como aguas abajo a excepción del zinc y cobre que solo incumplieron aguas abajo (Figuras 5.27, 5.28, 5.29, 5.30 y 5.31). Las concentraciones de cromo, bario, litio, magnesio, mercurio, plata, plomo y selenio se incrementaron y el boro disminuyó, pero no excedieron el estándar mencionado (Anexo 8).

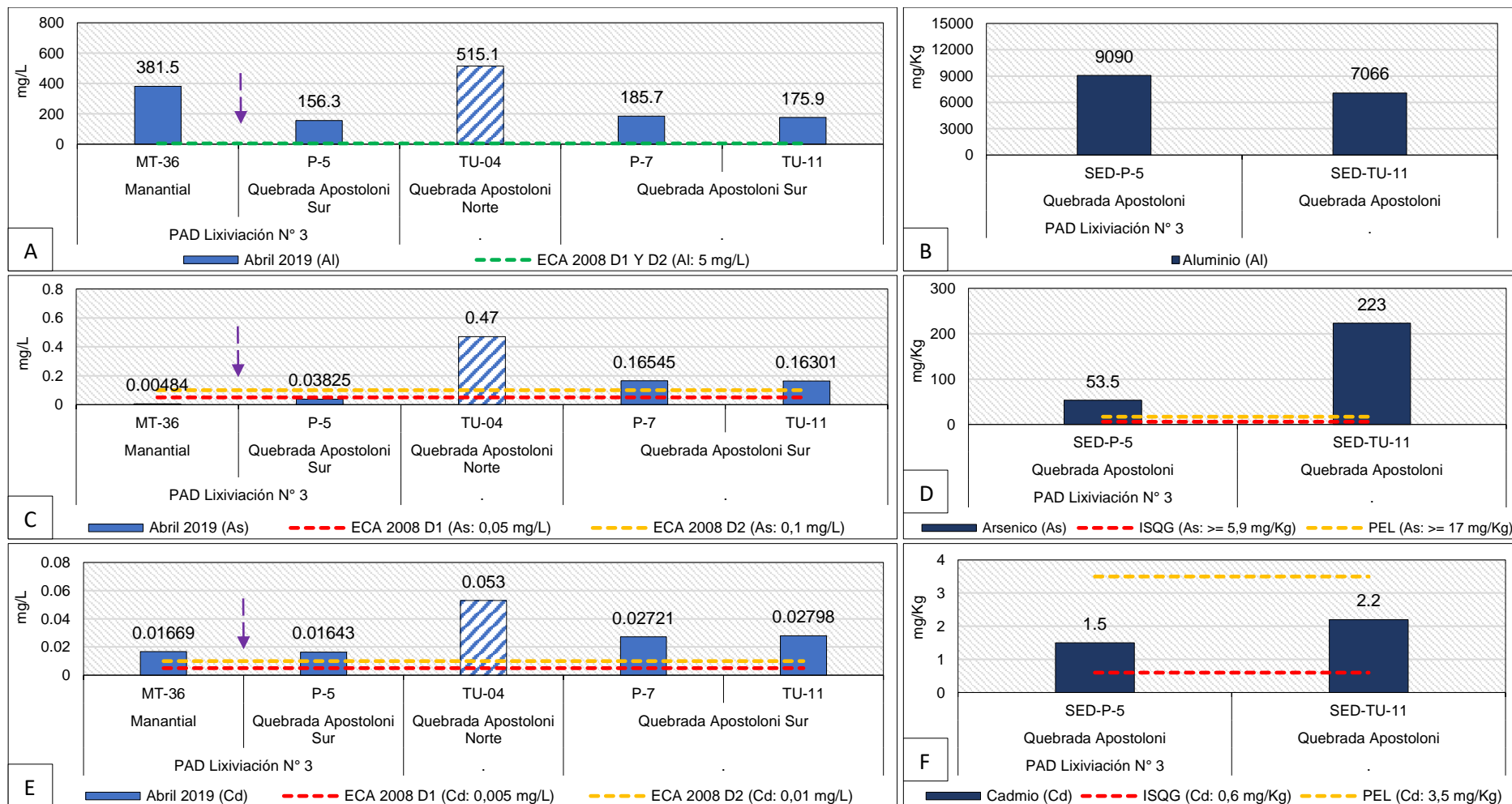
En el sedimento de esta quebrada también se observó el incremento de las concentraciones de metales como arsénico, cadmio, cobre, hierro y plomo en donde el arsénico y cromo excedieron el nivel PEL y el cadmio, cobre y plomo excedieron el nivel ISQG de la normativa canadiense en los puntos evaluados aguas arriba y aguas abajo (SED-P-5 y SED-TU-11, respectivamente); a diferencia del mercurio aguas arriba (SED - TU-11) y el plomo aguas abajo (SED - P-5) que excedieron el nivel PEL (Figuras 5.27, 5.28, 5.29, 5.30 y 5.31).

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



**Figura 5.27.** Unidades de pH (A), concentración de conductividad eléctrica (B) y concentración de sulfatos (C) en el manantial MT-36 y en las quebradas Apostoloni Norte y Sur. Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios y la flecha representa la ubicación del PAD.

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

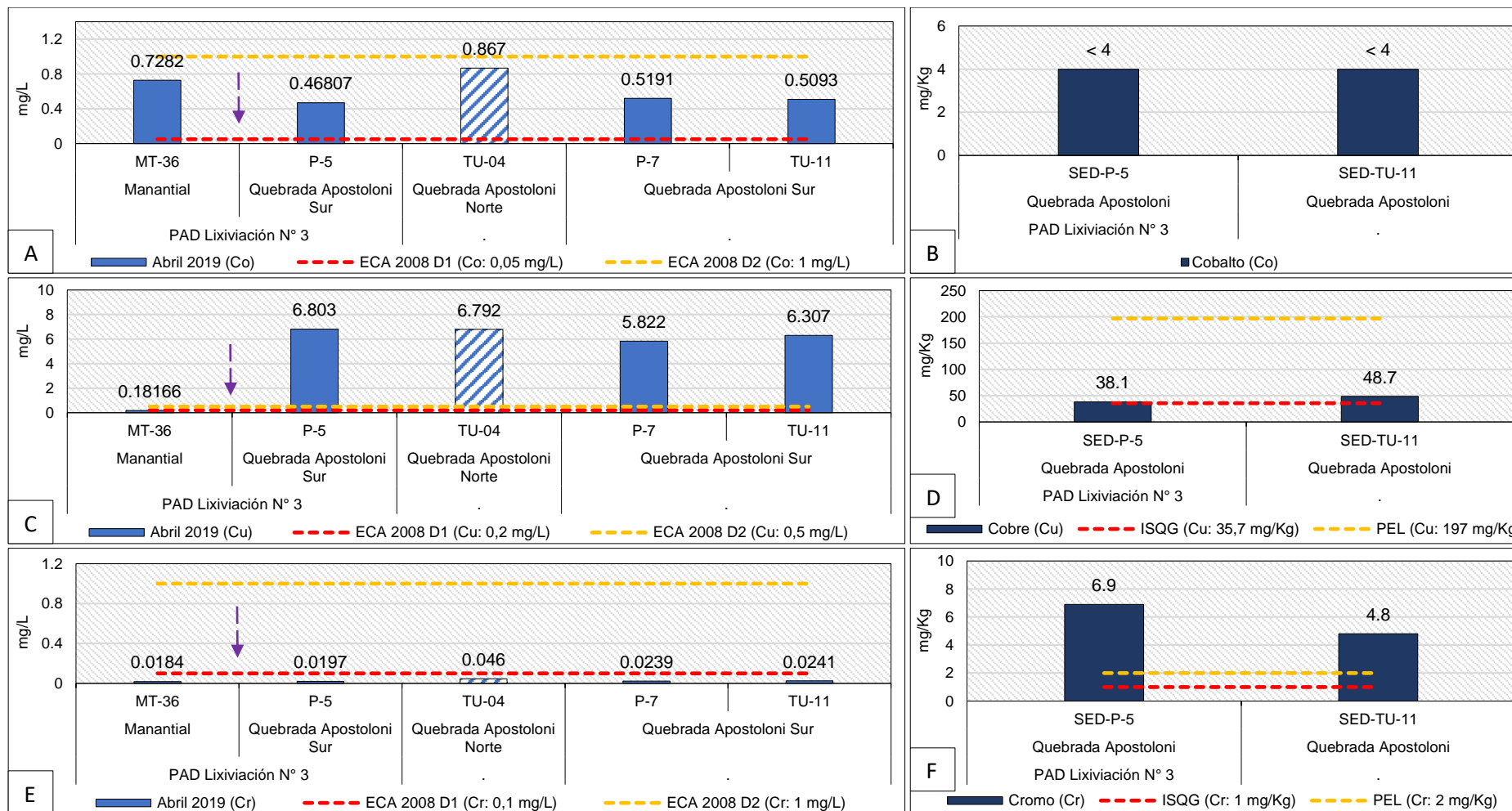


**Figura 5.28.** Concentración de aluminio, arsénico y cadmio en agua (A, C y E) y sedimento (B, D y F) en el manantial MT-36 y en las quebradas Apostoloni Norte y Sur

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios y la flecha representa la ubicación del PAD



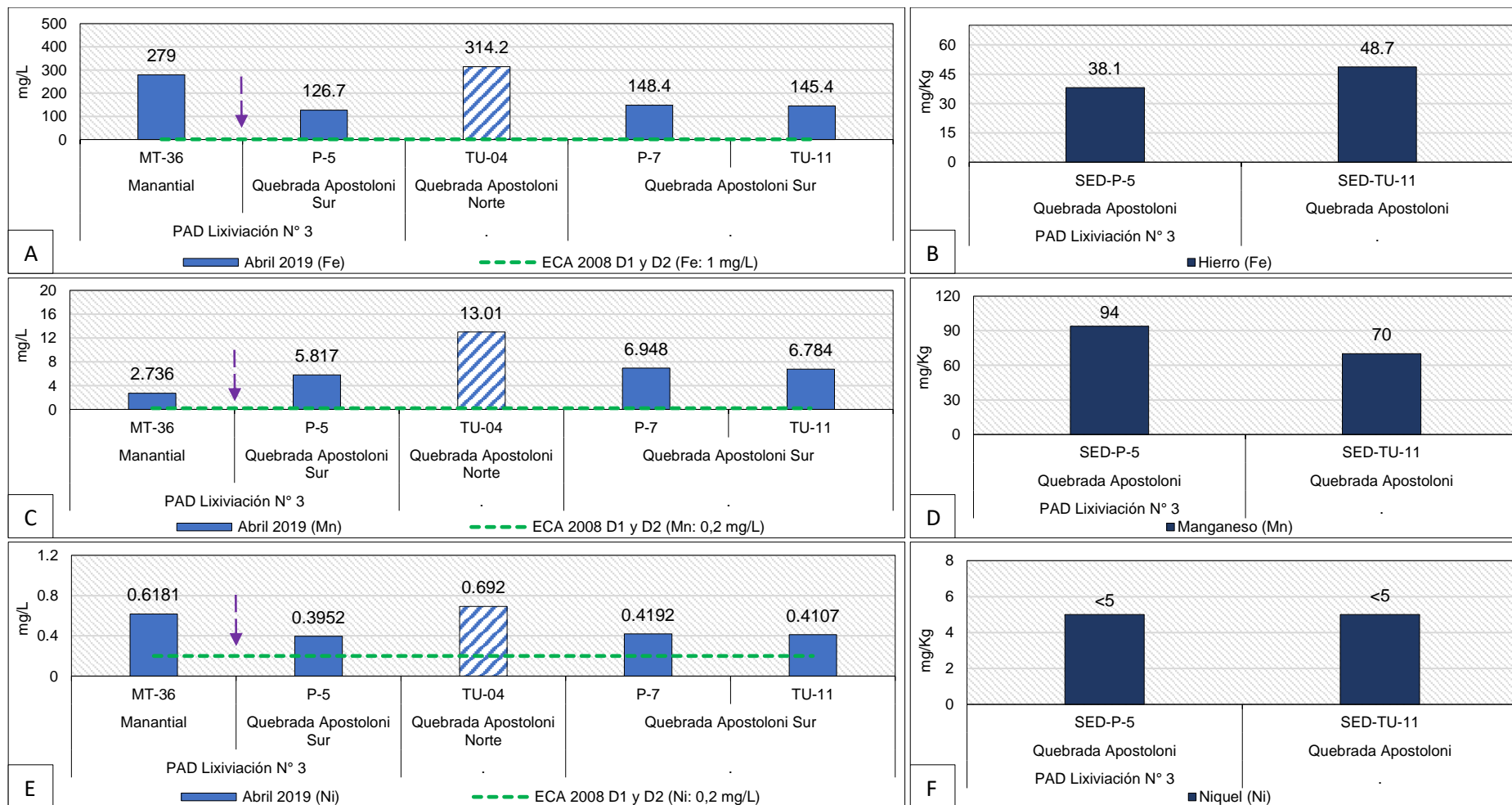
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 5.29.** Concentración de cobalto, cobre y cromo en agua (A, C y E) y sedimento (B, D y F) en el manantial MT-36 y en las quebradas Apostoloni Norte y Sur

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios y la flecha representa la ubicación del PAD

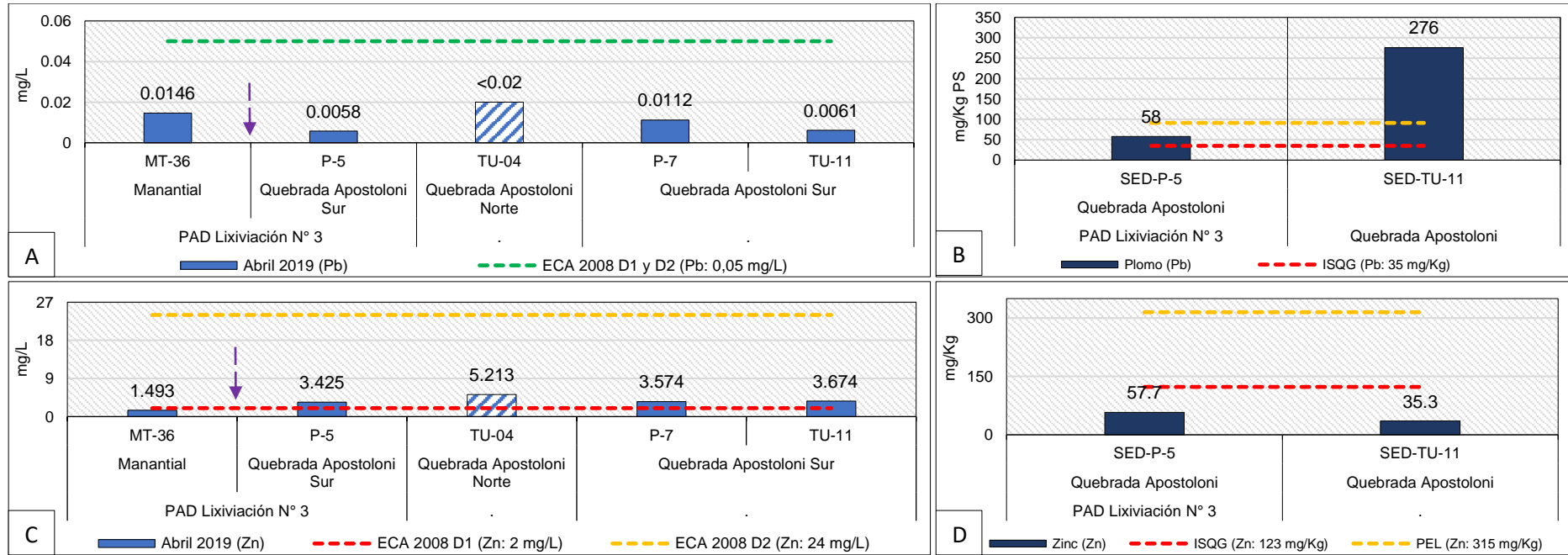
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 5.30.** Concentración de hierro, manganeso y níquel en agua (A, C y E) y sedimento (B, D y F) en el manantial MT-36 y en las quebradas Apostoloni Norte y Sur

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios y la flecha representa la ubicación del PAD

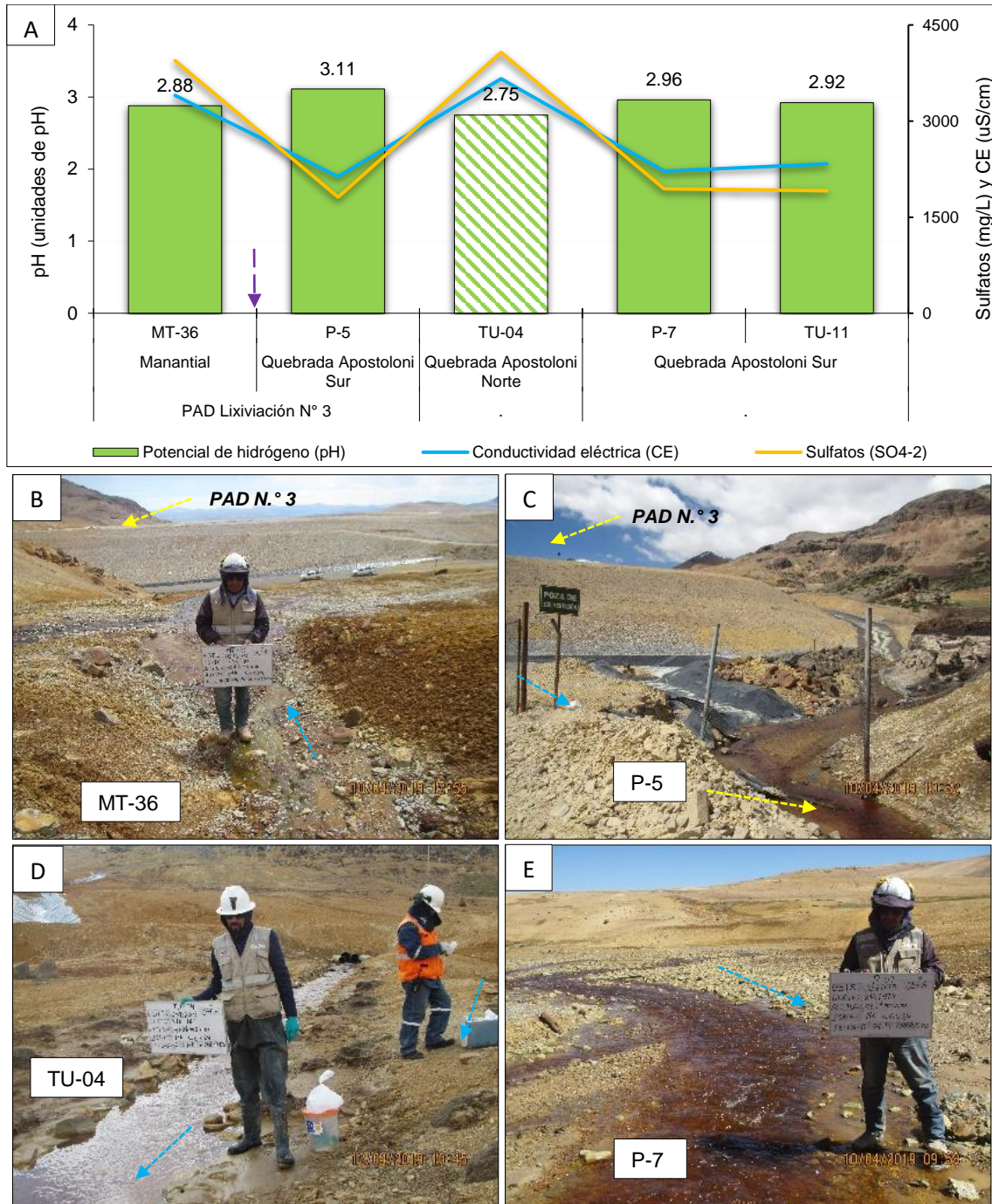
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 5.31.** Concentración de plomo y zinc en agua (A y C) y sedimento (B y D) en el manantial MT-36 y en las quebradas Apostoloni Norte y Sur. Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios y la flecha representa la ubicación del PAD.

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

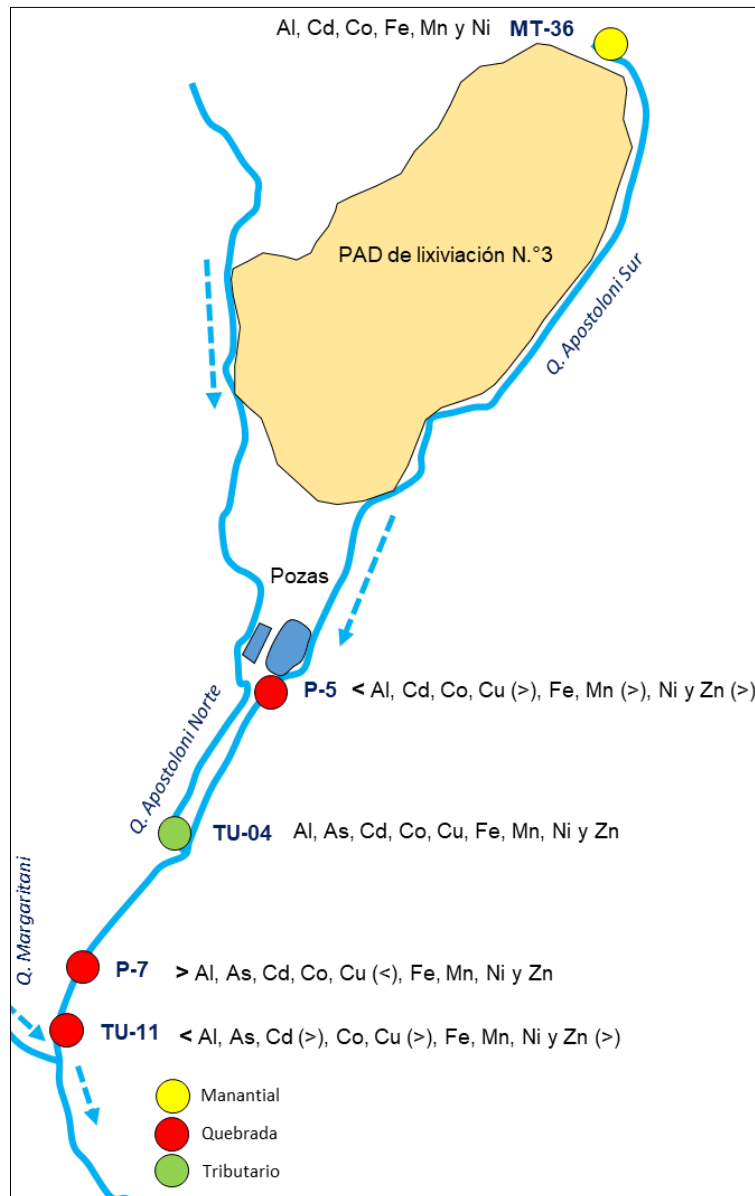
El pH en la quebrada Apostoloni Sur se caracterizó por ser ácido desde su nacimiento (MT-36) hasta antes de su unión con la quebrada Apostoloni Norte (TU-04) presentando una ligera disminución (P-5) e incremento en la concentración de sulfatos y la conductividad eléctrica (P-7 y TU-11) luego de recorrer el canal de coronación del PAD de lixiviación N.º 3 y recibir el aporte de la quebrada Apostoloni Norte (Figura 5.32).



**Figura 5.32.** Comportamiento de los parámetros de campo y concentración de sulfatos en el manantial MT-36 y en las quebradas Apostoloni Sur y Norte (A). Nacimiento de la quebrada Apostoloni Sur (MT-36) y quebrada Apostoloni Norte (TU-04) sin presencia de coloración rojiza (B y D), y quebrada Apostoloni Sur (P-5 y P-7), aguas abajo del PAD, con presencia de coloración rojiza (C y E)

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

En la Figura 5.33, se observa los parámetros que incumplieron los ECA para Agua 2008, categoría 3, en el manantial MT-36 (referencialmente) y en las quebradas Apostoloni Sur y Norte.

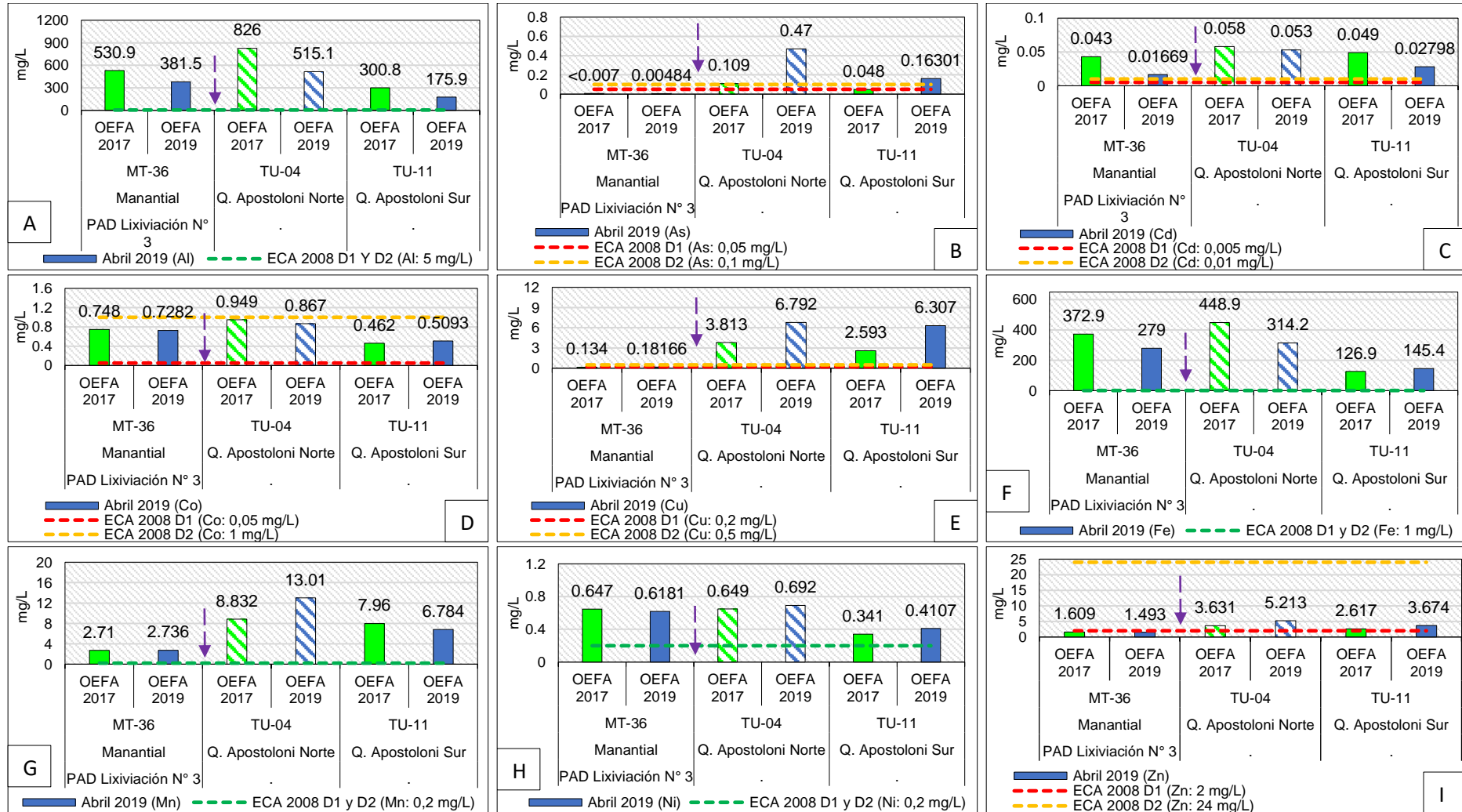


**Figura 5.33.** Parámetros que incumplieron el ECA para agua 2008, categoría 3; en el manantial MT-36 (referencialmente) y en las quebradas Apostoloni Sur y Norte

Al comparar los resultados de la presente evaluación con la data histórica de los puntos MT-36, TU-04 y TU-11 se observa que las concentraciones de aluminio, cadmio, cobalto y hierro disminuyeron en el 2019 en comparación con lo reportado en el 2017 a excepción del arsénico, cobre, manganeso, níquel y zinc que se incrementaron (Figura 5.34).

Respecto al sedimento de la quebrada Apostoloni Sur, luego del aporte de la quebrada Norte, se registró una disminución en la concentración de aluminio, arsénico, cobre, cromo, hierro, mercurio, plomo y zinc en el punto TU-11, ubicado luego del ingreso de la quebrada Apostoloni Norte (TU-04), en 2019 respecto a la evaluación realizada por el OEFA en 2017, a diferencia del cadmio y manganeso que incrementaron sus concentraciones (Figura 5.35).

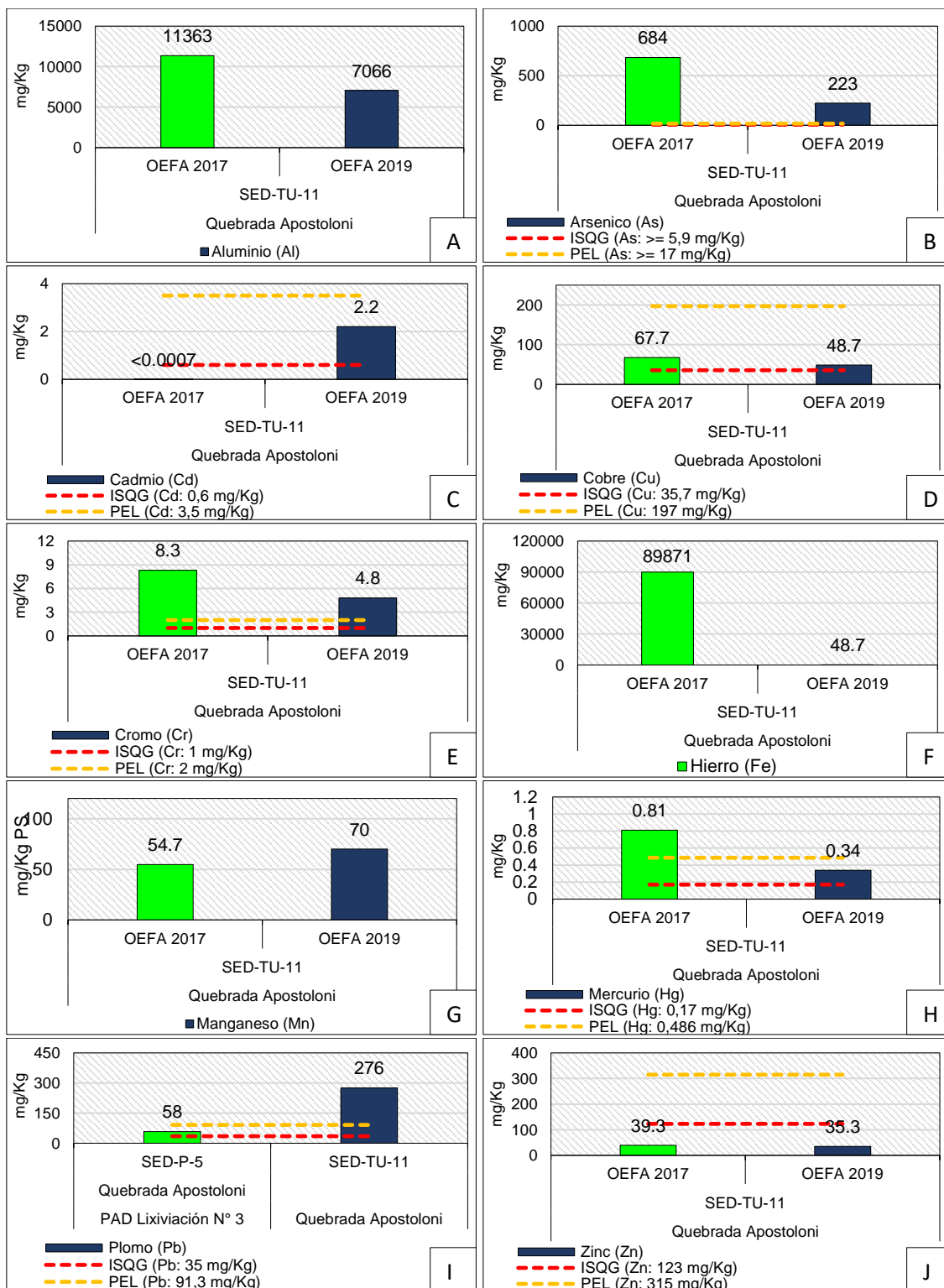
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 5.34.** Concentración histórica de aluminio (A), arsénico (B), cadmio (C), cobalto (D), cobre (E), hierro (F), manganeso (G), níquel (H) y zinc (I) en el manantial MT-36 y en las quebradas Apostoloni Sur y Norte

Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios

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



**Figura 5.35.** Concentración histórica de aluminio (A), arsénico (B), cadmio (C), cobre (D), cromo (E), hierro (F), manganeso (G), mercurio (H), plomo (I) y zinc (J) en sedimento en la quebrada Apostoloni Sur

### 5.3. ZONA 3 – INFLUENCIA DEL RÍO MARGARITANI

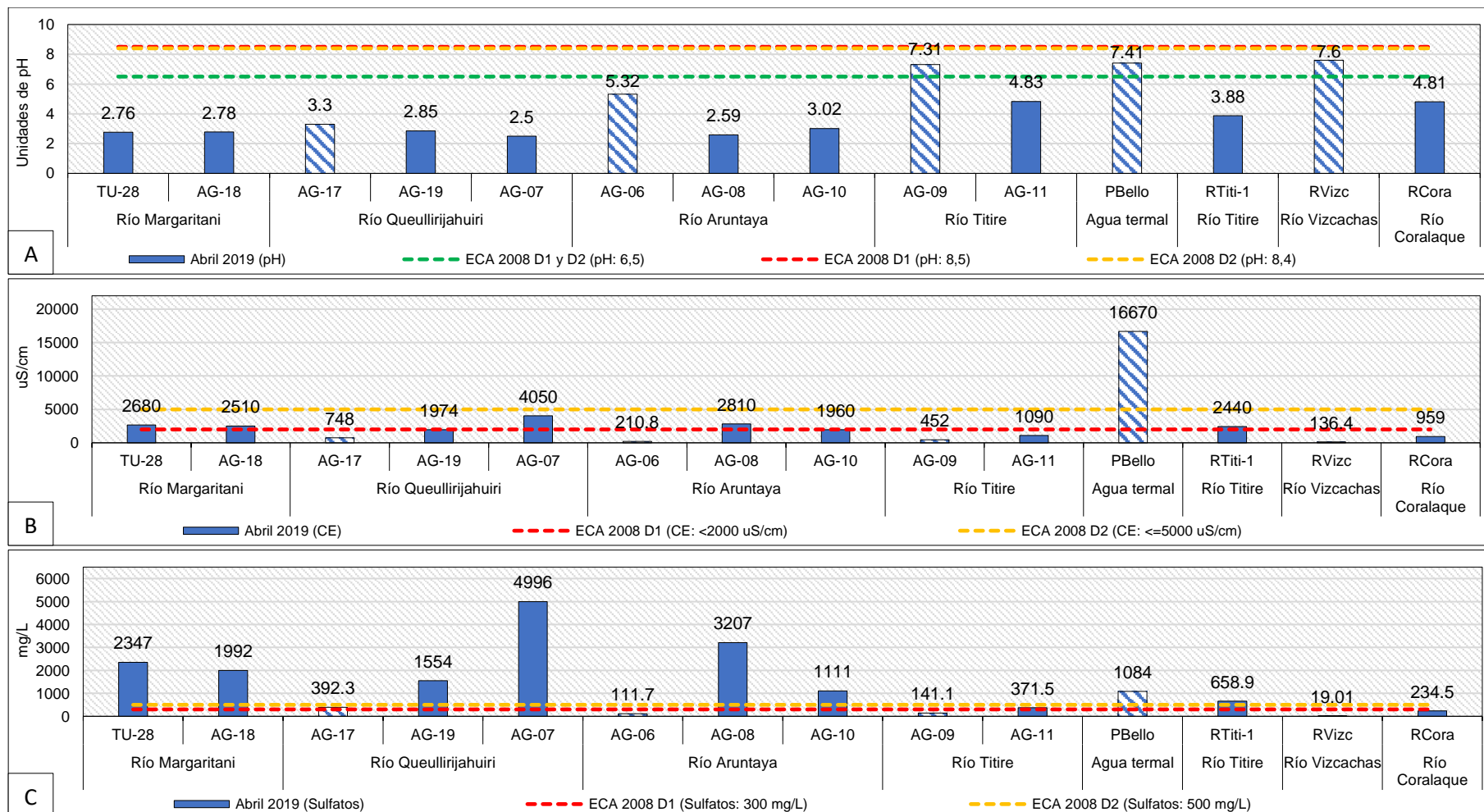
#### 5.3.1. Calidad de agua y sedimento

El río Margaritani influye en la calidad del agua del río Queullirijahuri que a su vez influye en el río Aruntaya, y este, en el río Titire que al juntarse con el río Vizcachas influye en el río Coralaque debido a que las concentraciones de los metales aluminio, arsénico, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, níquel y zinc disminuyen progresivamente durante su recorrido, y luego de recibir el aporte de la fuente termal Puente Bello (PBello) estos parámetros se incrementan. Además, al recibir el aporte del río Vizcachas, los metales aluminio, arsénico, boro, cobre, hierro y manganeso disminuyen; sin embargo, continúan incumpliendo con los ECA para agua 2008, categoría 3, a excepción del cadmio y cobalto que también disminuyen pero cumplen con los ECA. Cabe resaltar, que los parámetros mencionados en los puntos de los ríos Queullirijahuri (AG-17), Aruntaya (AG-06), Titire (AG-09) y Vizcachas (RVizc) presentaron menores concentraciones antes de su confluencia con los tributarios afectados (Figuras 5.36, 5.37A, 5.38A, 5.39A, 5.40A, 5.41A, 5.42A, 5.43A, 5.44A, 5.45A, 5.46A y 5.47A).

Sin embargo, las concentraciones de aluminio, cobre, cromo, manganeso y zinc en el sedimento proveniente de la parte alta se incrementaron progresivamente en los ríos Queullirijahuri, Aruntaya, Titire, Vizcachas y Coralaque a excepción del hierro que disminuyó. Además, el arsénico y cadmio se incrementaron progresivamente en los ríos Queullirijahuri y Aruntaya, y disminuyeron en los ríos Titire, Vizcachas y Coralaque, luego del aporte de los tributarios. Cabe resaltar, que el arsénico, cadmio, cobre, hierro y zinc en el sedimento de los puntos evaluados en los ríos Queullirijahuri (AG-17), Aruntaya (AG-06), Titire (AG-09) y Vizcachas (RVizc) presentaron menores concentraciones a excepción del aluminio, cromo y manganeso antes de su confluencia con los tributarios afectados (Figuras 5.37B, 5.38B, 5.39B, 5.40B, 5.41B, 5.42B, 5.43B, 5.44B, 5.45B, 5.46B y 5.47B).

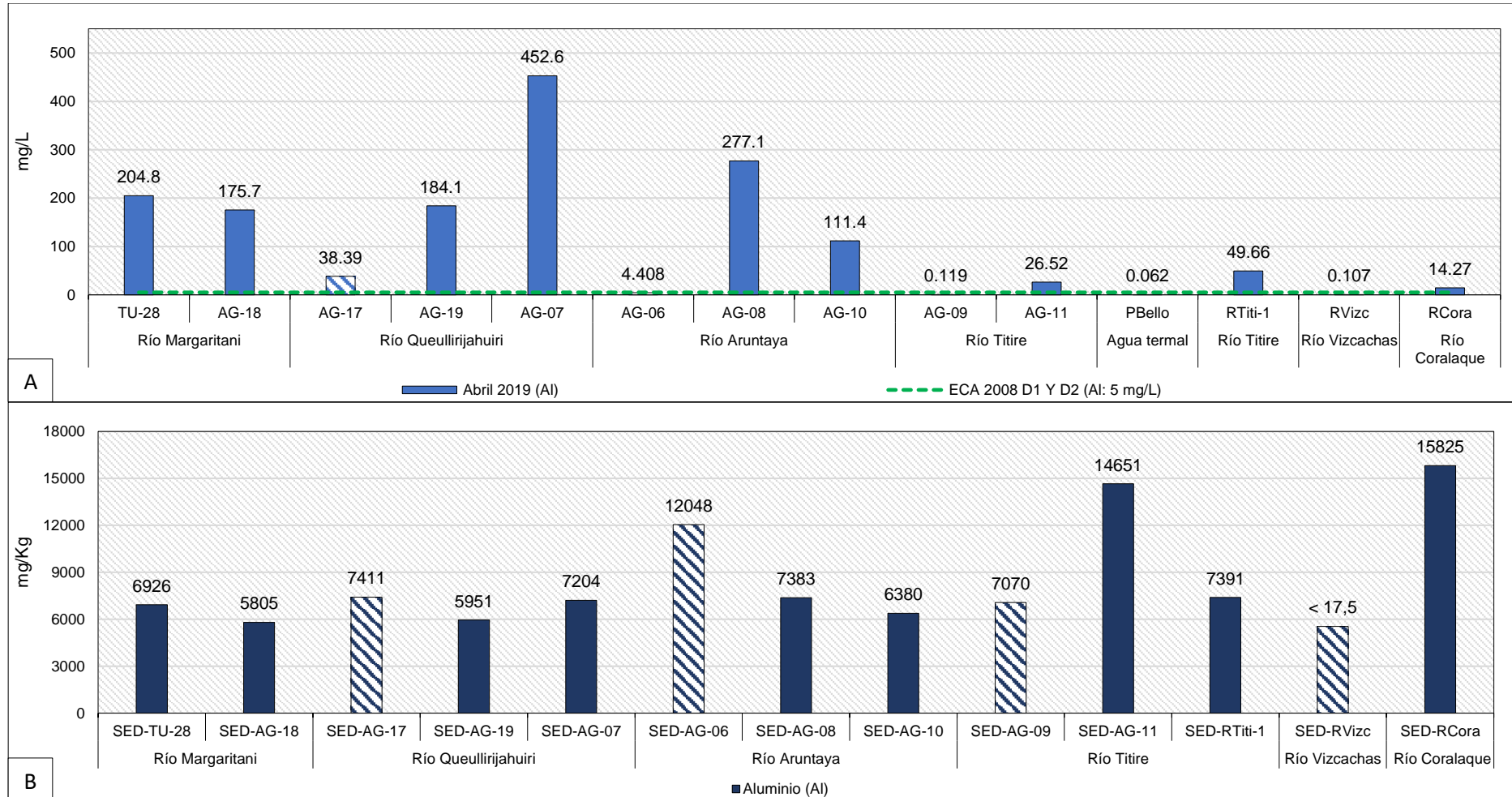


Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



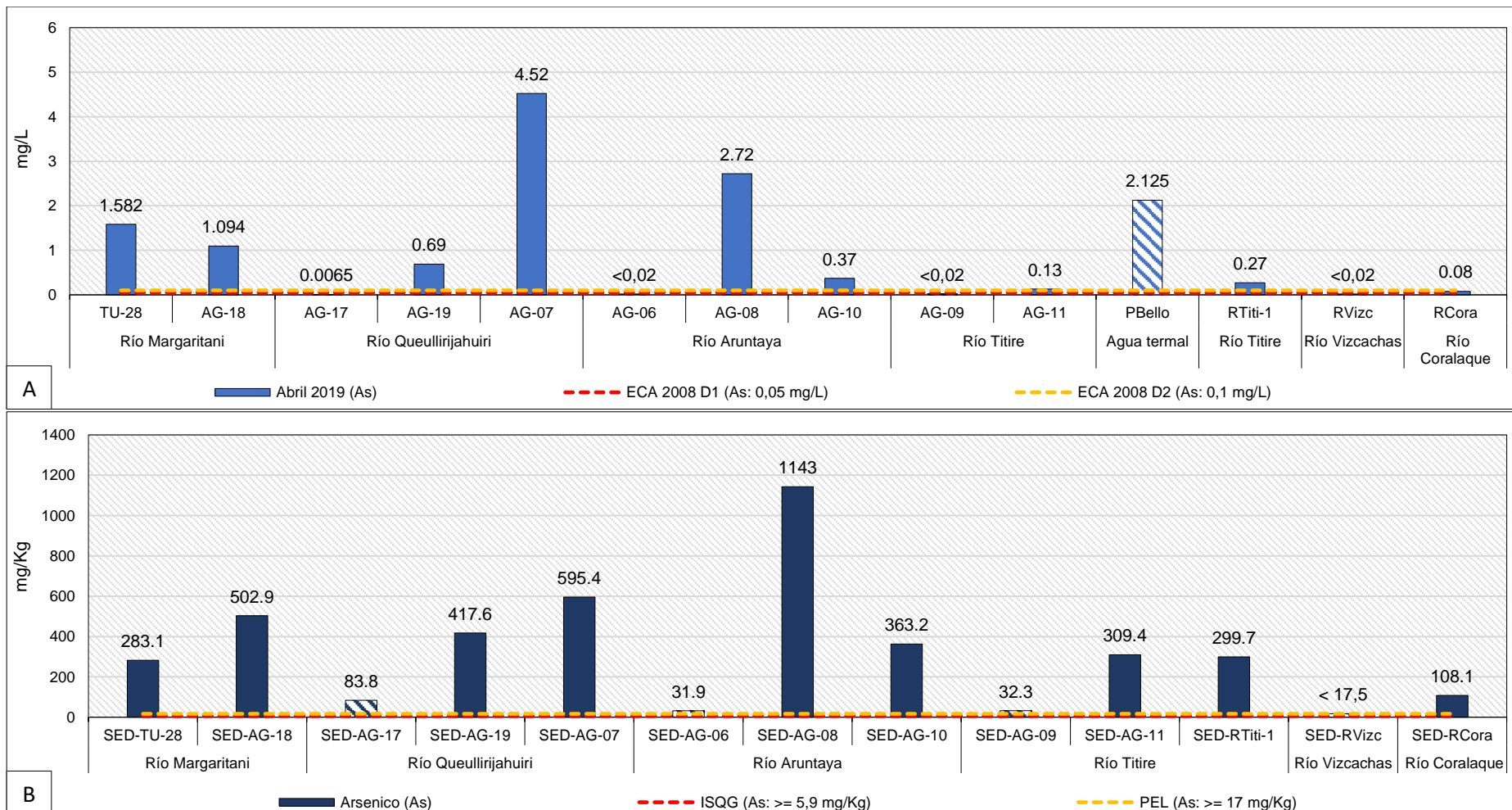
**Figura 5.36.** Unidades de pH (A), conductividad eléctrica (B) y concentración de sulfatos (C) en el río Margaritani y tributarios. Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios.

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



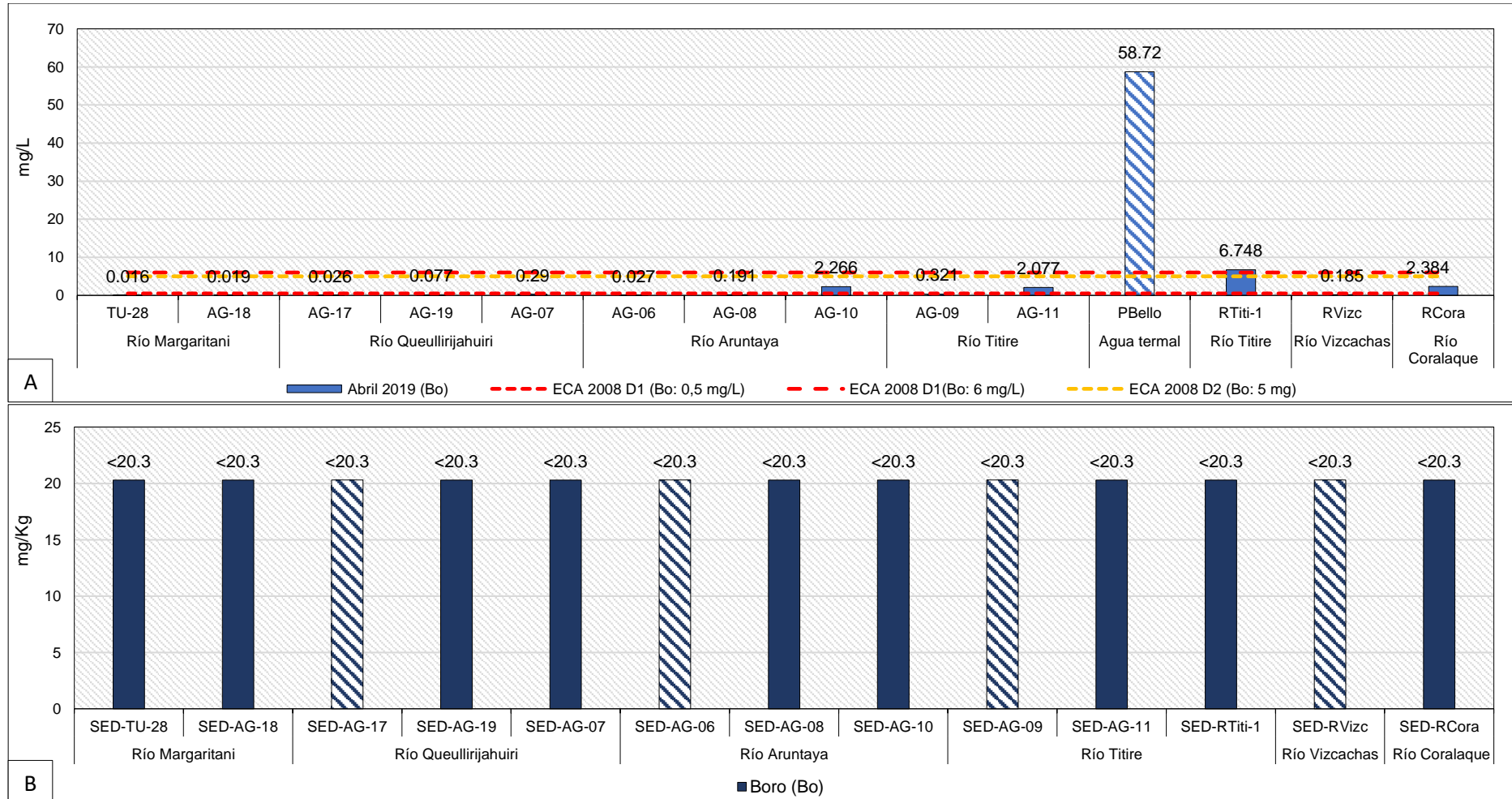
**Figura 5.37.** Concentración de aluminio en agua (A) y sedimento (B) en el río Margaritani y tributarios  
Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios

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



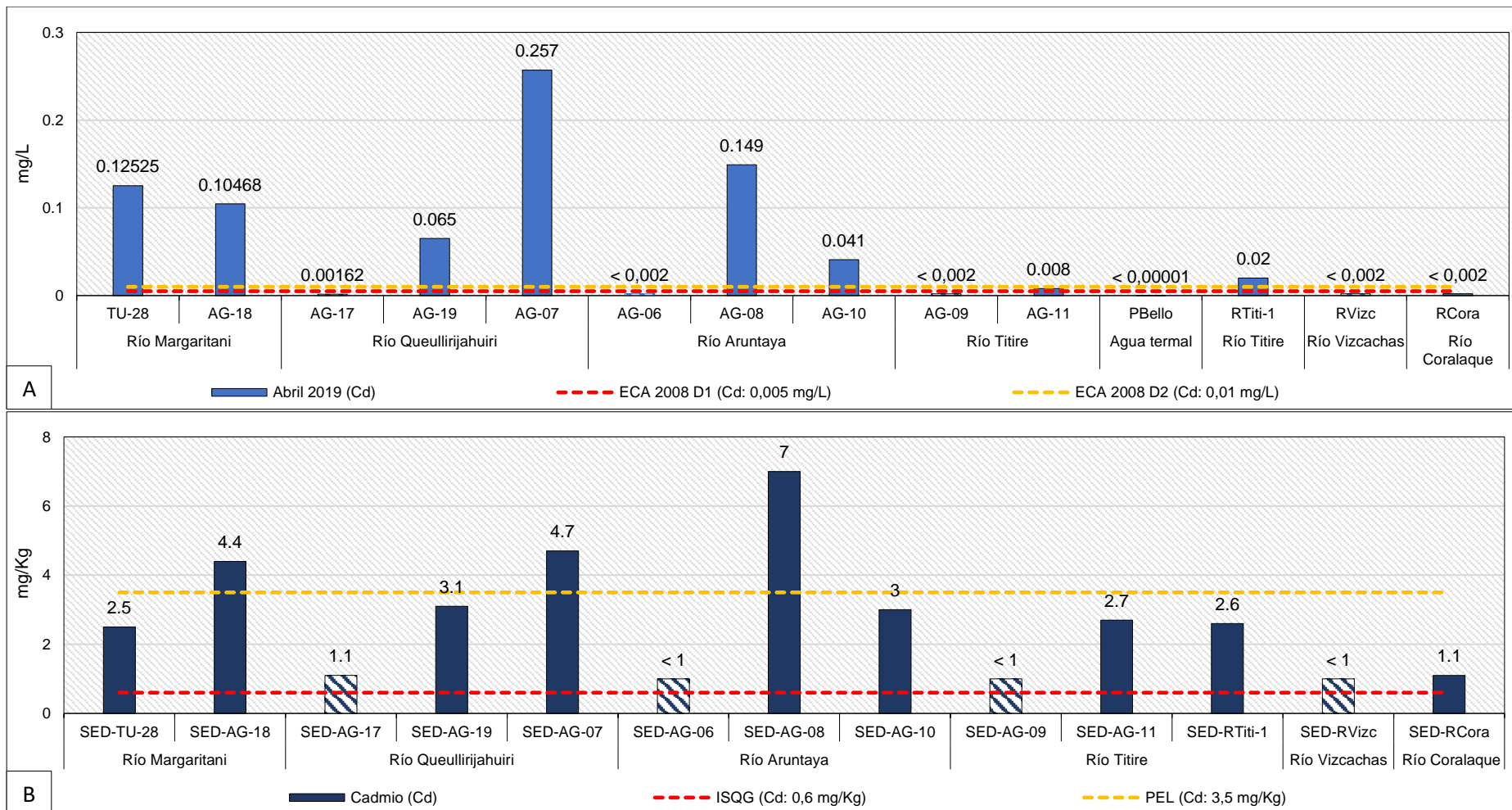
**Figura 5.38.** Concentración de arsénico en agua (A) y sedimento (B) en el río Margaritani y tributarios  
Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios

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



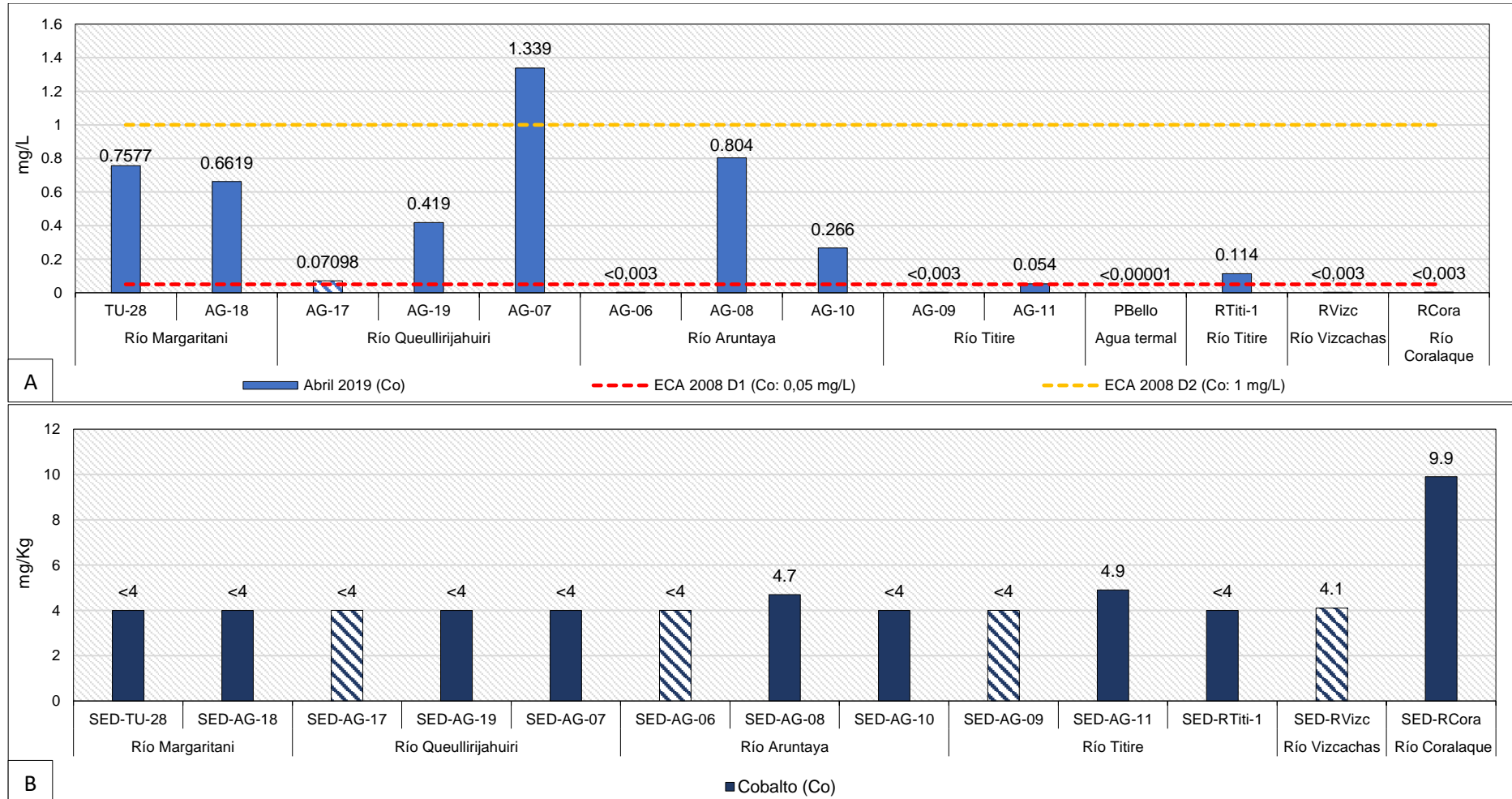
**Figura 5.39.** Concentración de boro en agua (A) y sedimento (B) en el río Margaritani y tributarios  
Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios

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



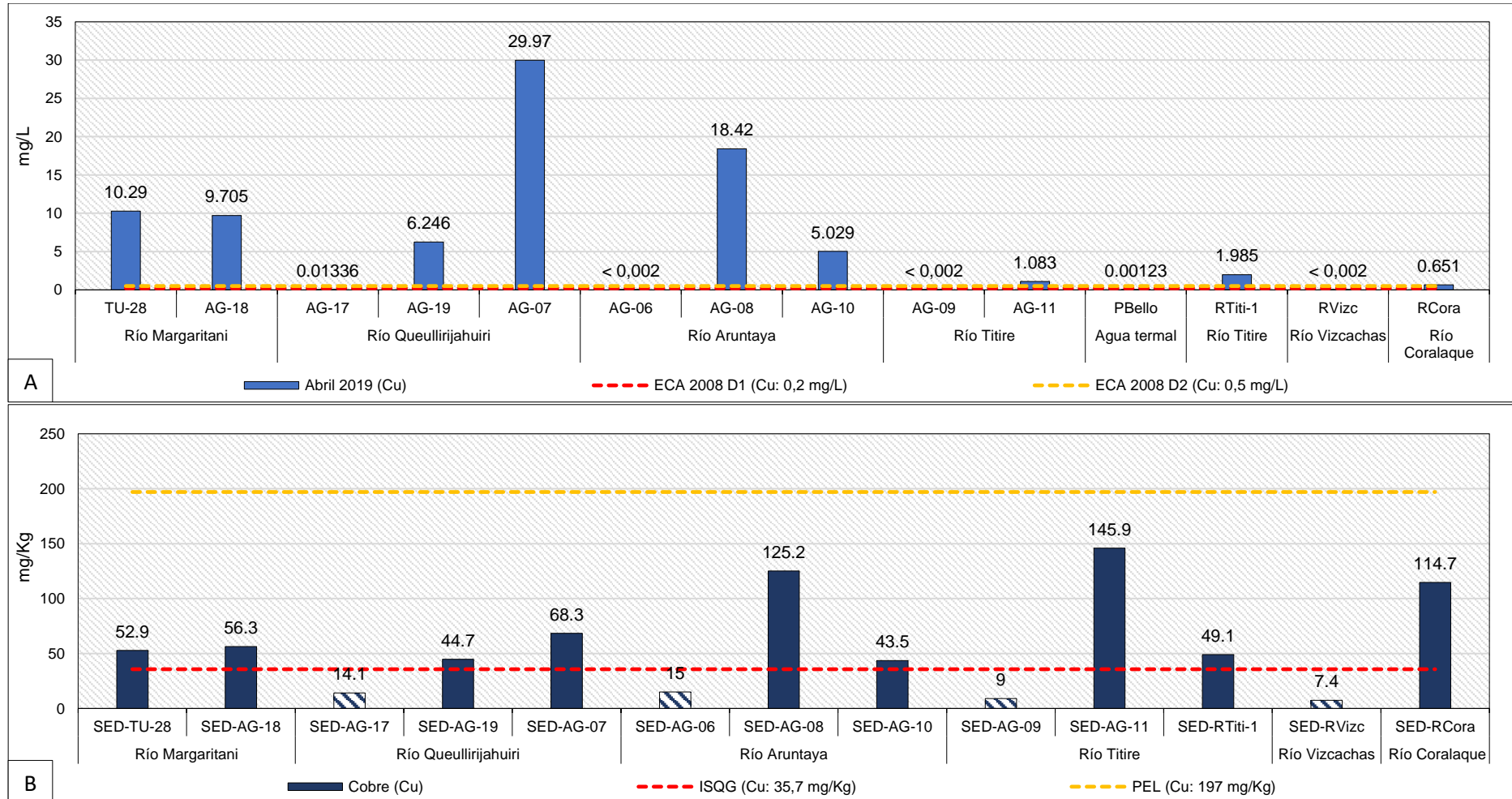
**Figura 5.40.** Concentración de cadmio en agua (A) y sedimento (B) en el río Margaritani y tributarios  
Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios

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



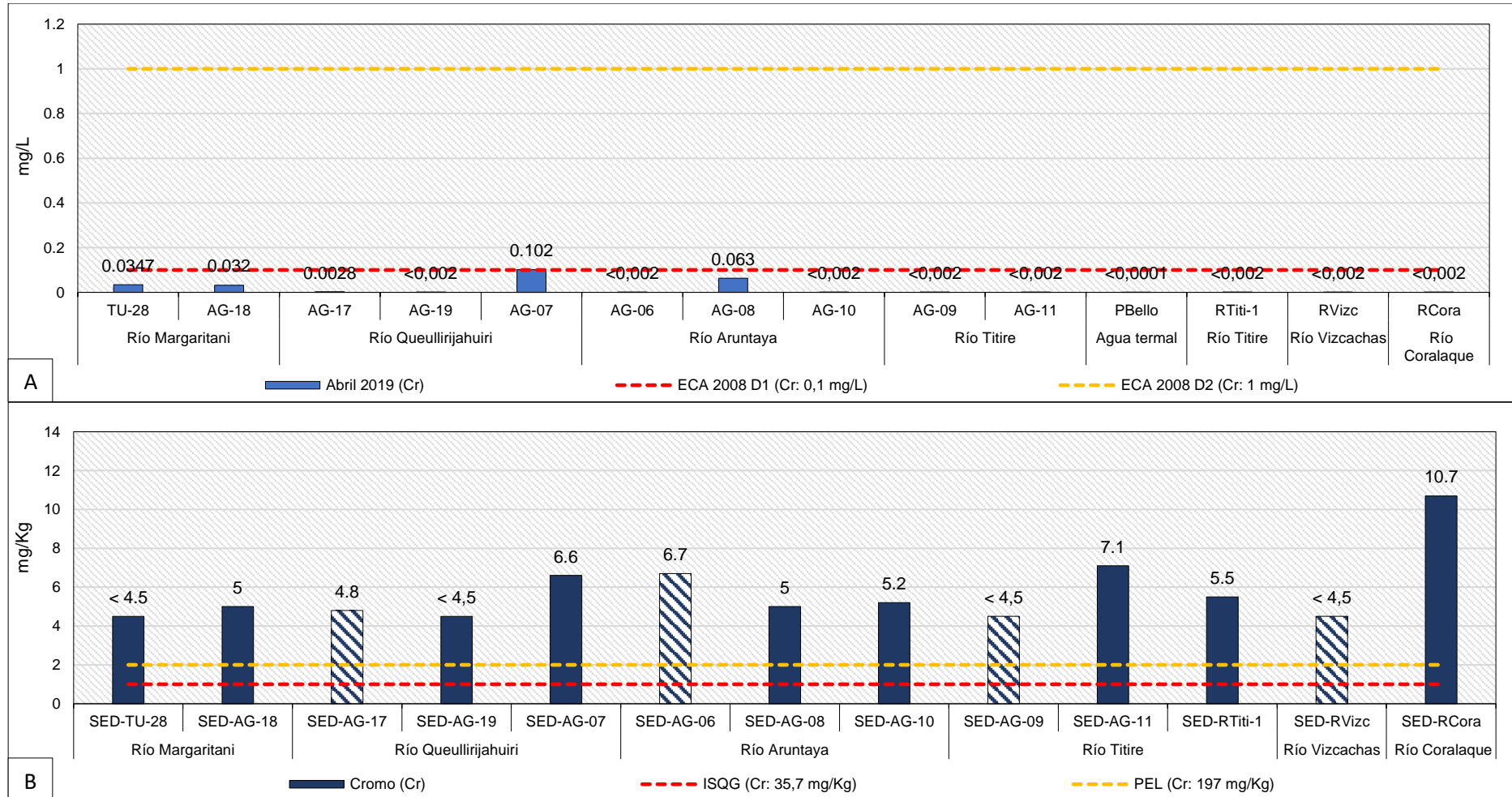
**Figura 5.41.** Concentración de cobalto en agua (A) y sedimento (B) en el río Margaritani y tributarios  
Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios

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



**Figura 5.42.** Concentración de cobre en agua (A) y sedimento (B) en el río Margaritani y tributarios  
Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios

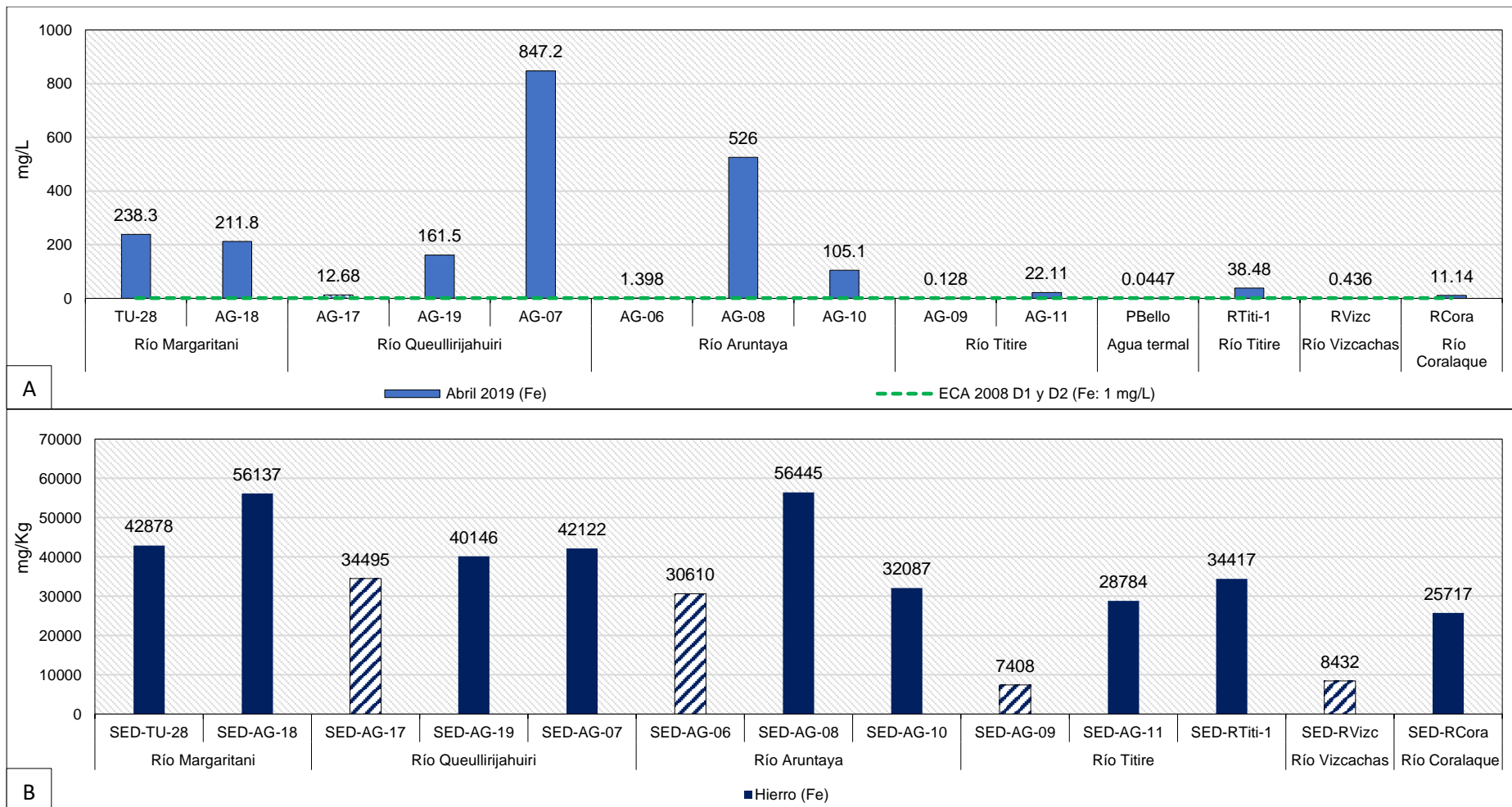
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 5.43.** Concentración de cromo en agua (A) y sedimento (B) en el río Margaritani y tributarios  
Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios

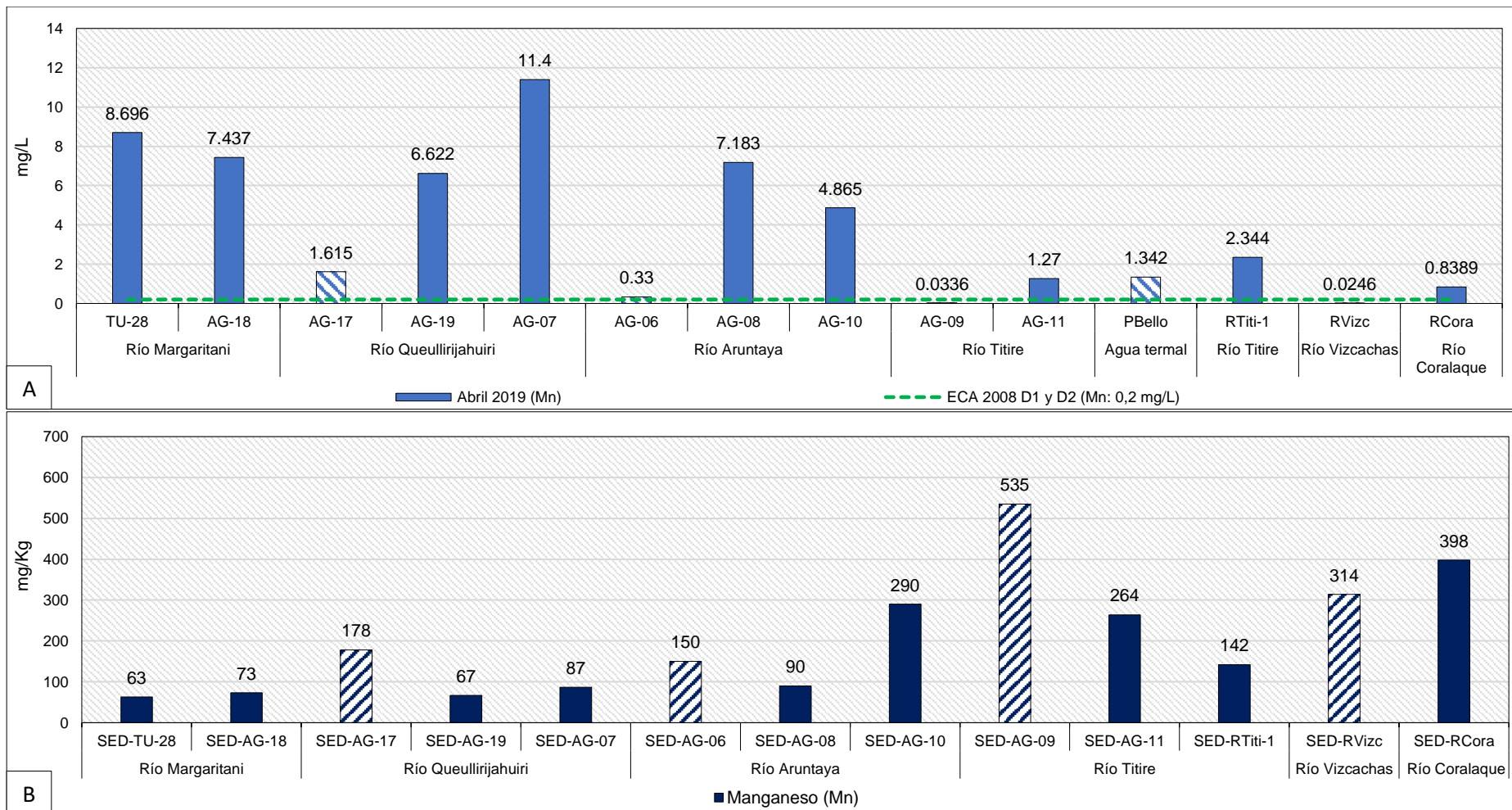


Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



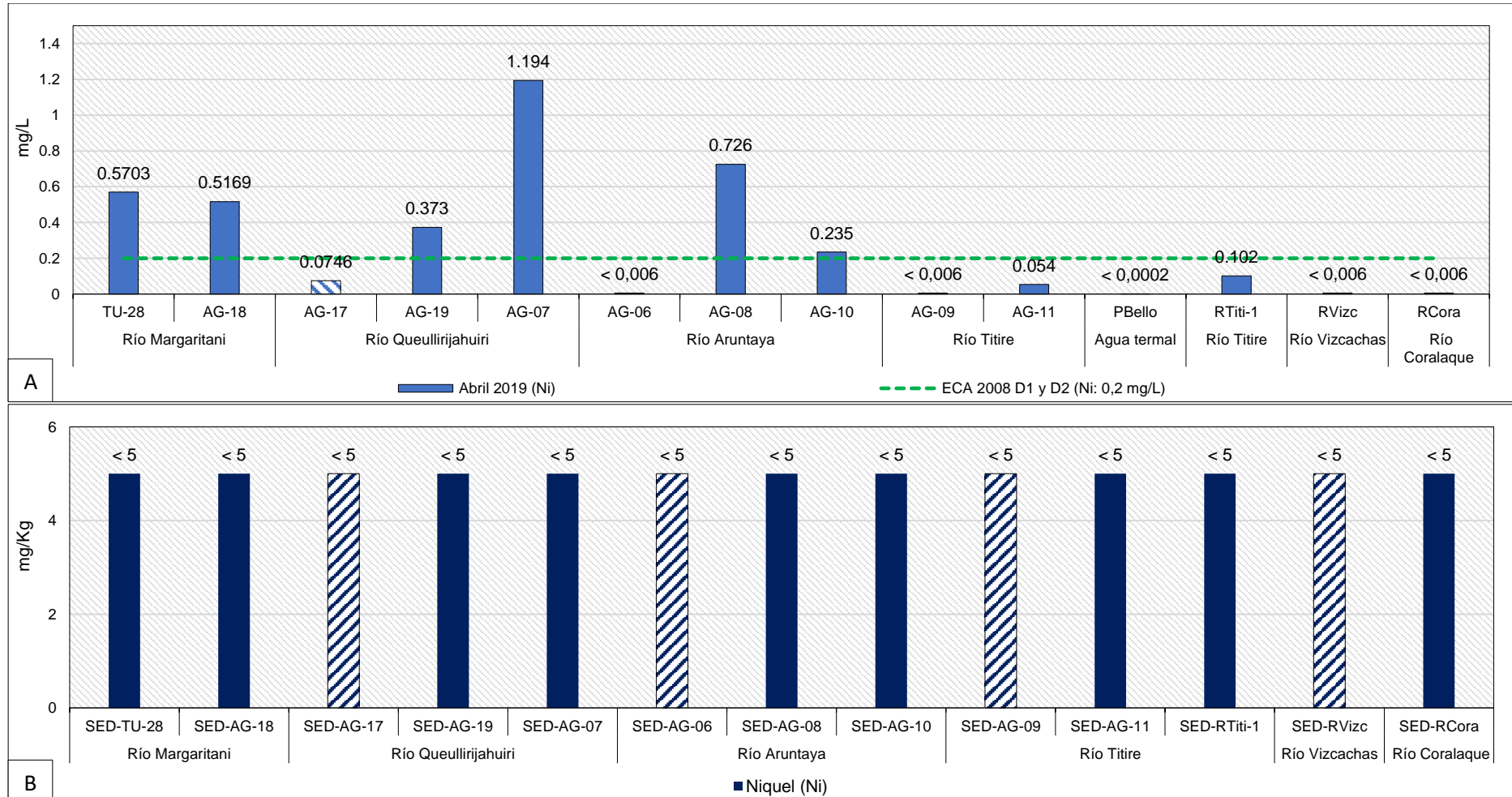
**Figura 5.44.** Concentración de hierro en agua (A) y sedimento (B) en el río Margaritani y tributarios  
Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios

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



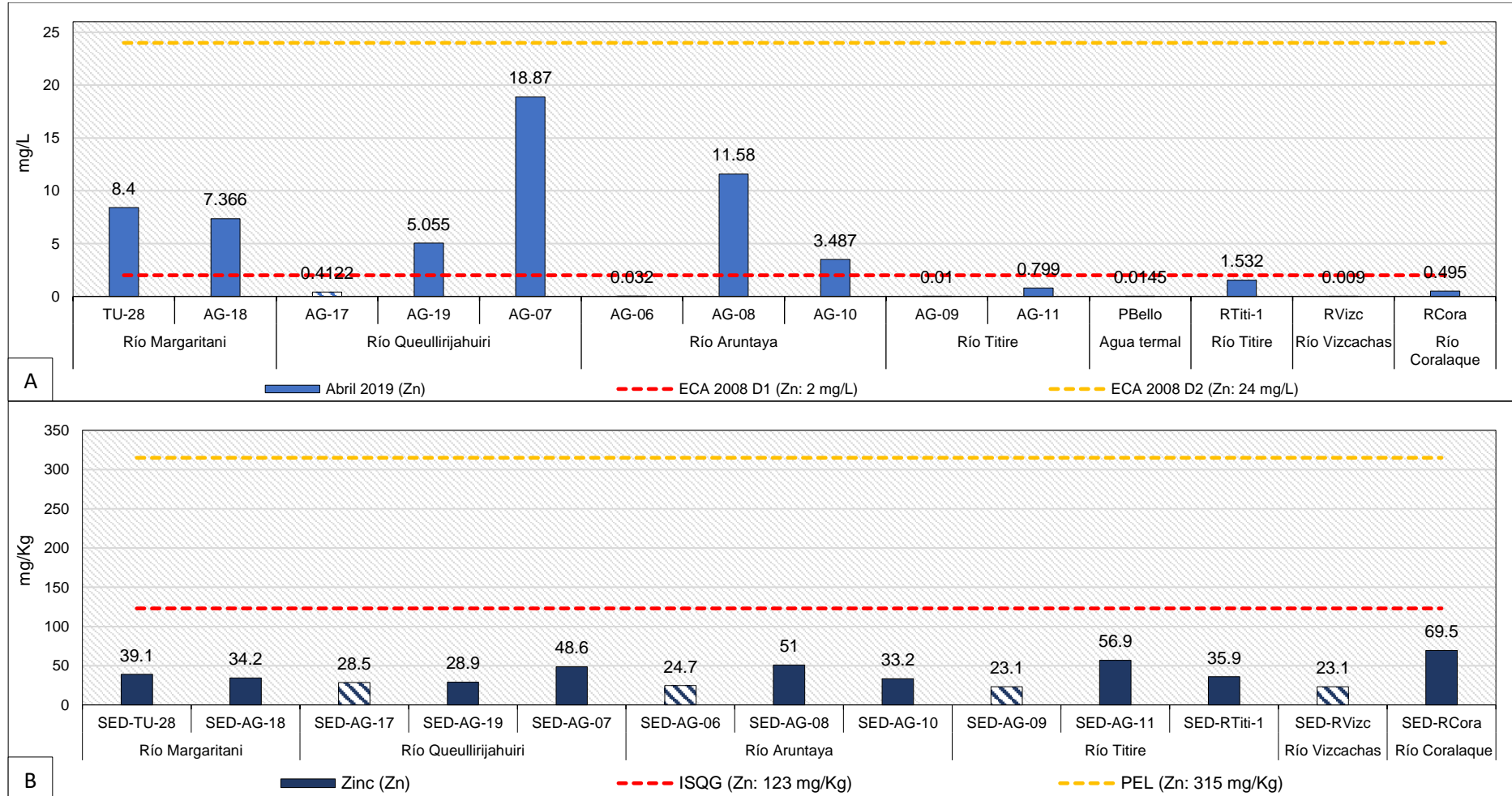
**Figura 5.45.** Concentración de manganeso en agua (A) y sedimento (B) en el río Margaritani y tributarios  
Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios

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



**Figura 5.46.** Concentración de níquel en agua (A) y sedimento (B) en el río Margaritani y tributarios  
Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios

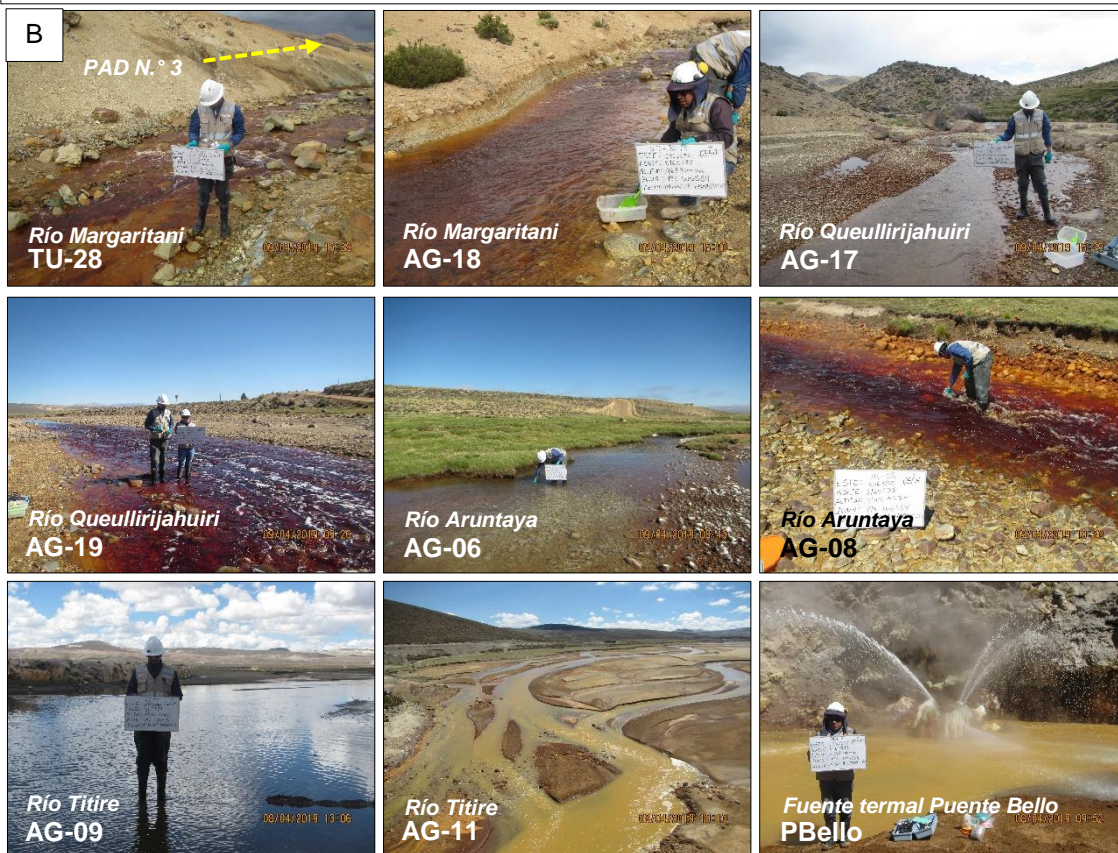
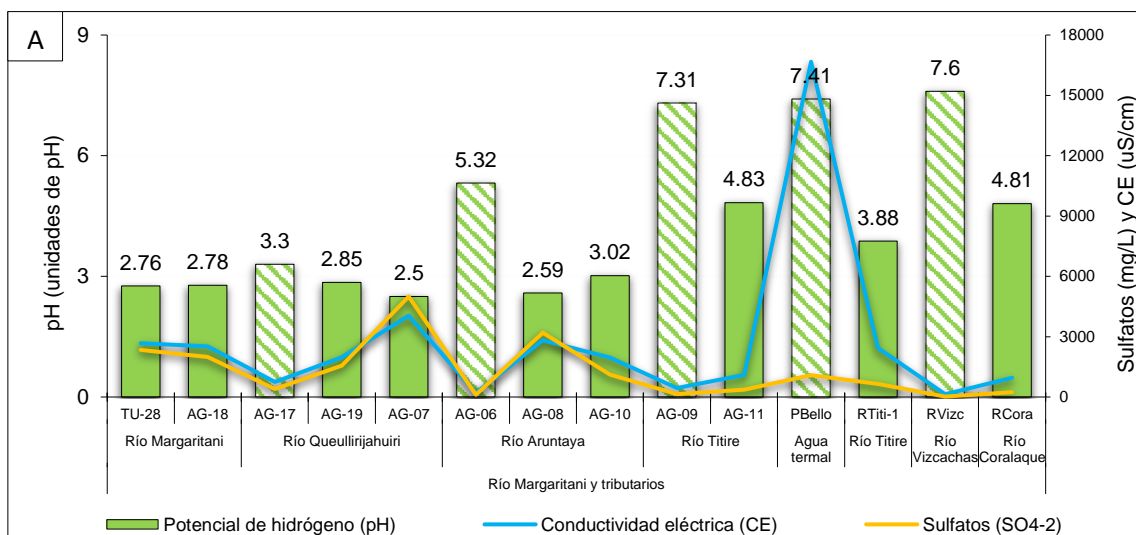
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 5.47.** Concentración de zinc en agua (A) y sedimento (B) en el río Margaritani y tributarios  
Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios

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

El inicio de esta zona (TU-28) se caracterizó por tener un pH ácido (2,76 unidades); sin embargo, aguas abajo de los tributarios AG-17, AG-06, AG-09, PBello y RVizc se registró un incremento en el pH (4,81 unidades) en el cauce principal del río Coralaque (RCora), en comparación a los sulfatos y la conductividad eléctrica que disminuyeron (Figura 5.48). Estos cambios en los parámetros de campo y en la concentración de los sulfatos aguas abajo se debe principalmente al pH neutro y a la baja concentración de estos parámetros en los ríos Titire (AG-09) y Vizcachas (RVizc), y de la fuente termal Puente Bello (PBello).



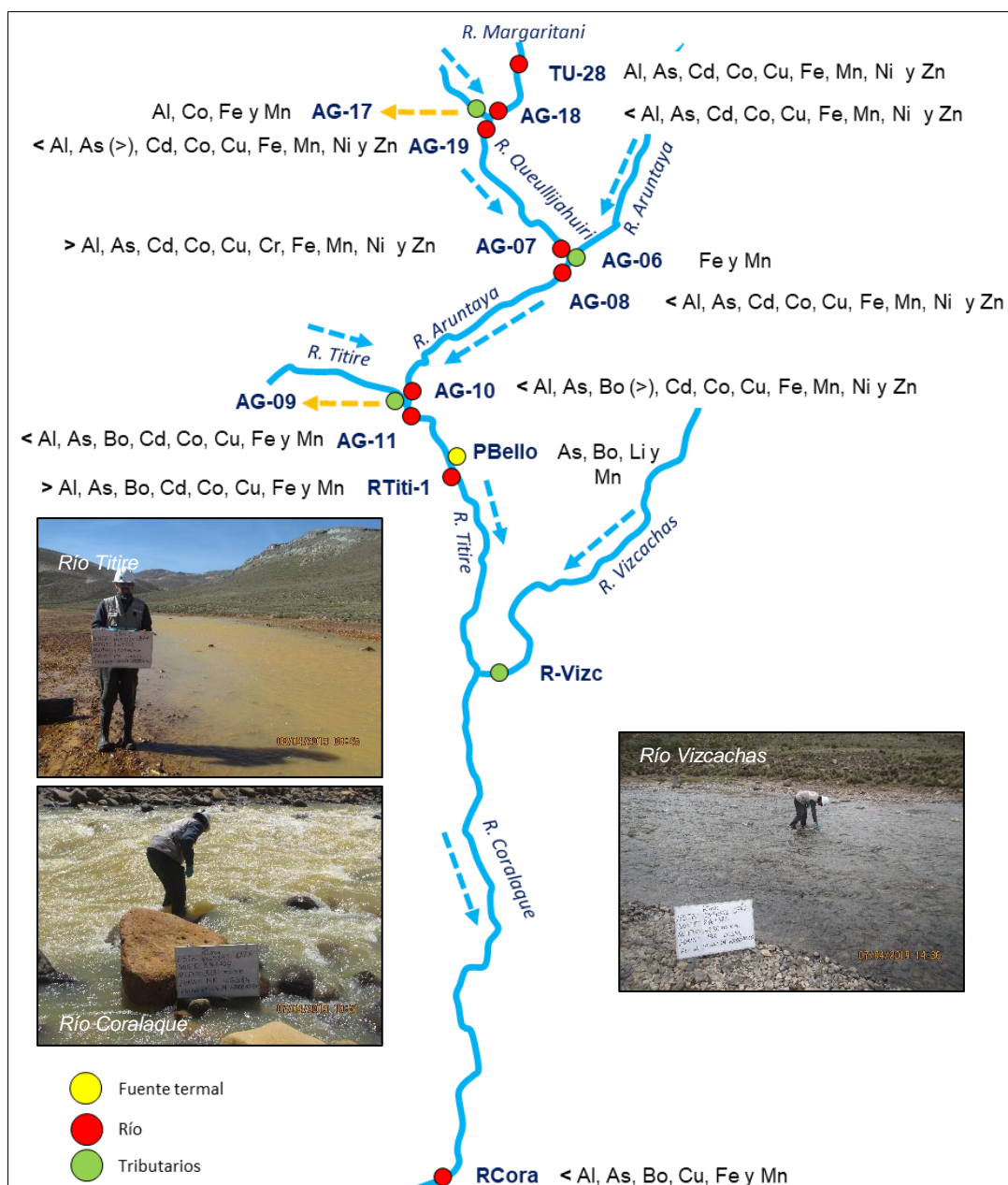
**Figura 5.48.** Parámetros de campo y concentración de sulfatos en el río Margaritani y tributarios (A) y tributarios y cauce principal de los ríos evaluados en la zona 3 (B)

Asimismo, se observa la coloración rojiza de los ríos Margaritani (TU-28 y AG-18), Queullirijahuiri (AG-19) y Aruntaya (AG-08), y la coloración crema en los ríos Titire (AG-11) y Vizcachas (RVizc), y de la fuente termal Puente Bello (PBello).

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

RTiti-1) y Coralque (RCora) en las Figuras 5.48 y 5.49. Sin embargo, cabe resaltar que estos ríos antes de su confluencia con los tributarios afectados no presentan esta coloración.

En la Figura 5.49, también se observa que la mayoría de los puntos evaluados en esta zona incumplieron los ECA para Agua 2008, categoría 3, para los metales aluminio, arsénico, cadmio, cobalto, cobre, hierro y manganeso. Asimismo, el punto AG-17 solamente incumplió para el aluminio, boro, cobalto, hierro y manganeso; el punto AG-06, para el boro, hierro y manganeso; los puntos AG-09 y RVizc, para el boro; el punto PBello, para el arsénico, litio y manganeso; y el punto RCora, para el aluminio, arsénico, cobre, hierro y manganeso. Cabe mencionar que el boro solamente superó los ECA para agua 2008 en los puntos PBello, RTiti-1, AG-10 y AG-11; el cromo, en AG-07; el litio, en PBello; el níquel, en TU-28, AG-18, AG-19, AG-07, AG-08, AG-10; y el zinc, en los puntos TU-28, AG-18, AG-19, AG-07, AG-08, AG-10. Además, las concentraciones de mercurio, plomo, plata y selenio no superaron la norma señalada en ningún punto (Anexo 8).



**Figura 5.49.** Metales que superaron el ECA para agua 2008 en los puntos de monitoreo en la quebrada Margaritani y tributarios



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

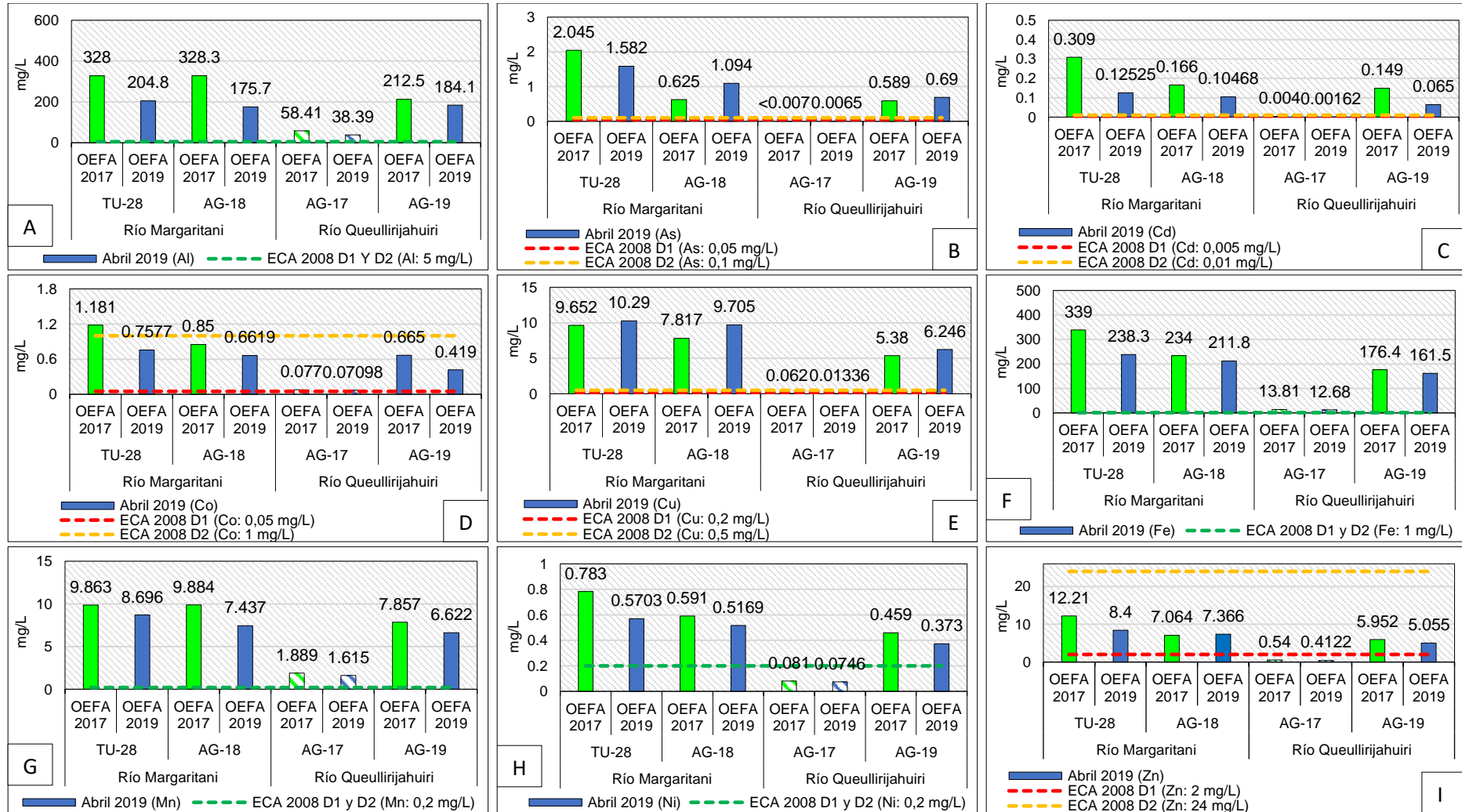
STEC: Subdirección  
Técnica Científica

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

Al comparar los resultados de la presente evaluación con la data histórica de los puntos TU-28, AG-18, AG-17 y AG-19 se observa que las concentraciones de aluminio, cadmio, cobalto y hierro disminuyeron en el 2019 en comparación con lo reportado en el 2017 a excepción del cobre que se incrementó (Figura 5.50).

Respecto al sedimento de la quebrada Margaritani y aportantes Sur, se registró una disminución en la concentración de aluminio, arsénico, cromo, hierro y mercurio en los puntos aguas arriba y aguas abajo del río Queullirijahuiri en 2019 respecto a la evaluación realizada por el OEFA en 2017, a diferencia del cadmio, manganeso y plomo que incrementaron sus concentraciones (Figura 5.51).

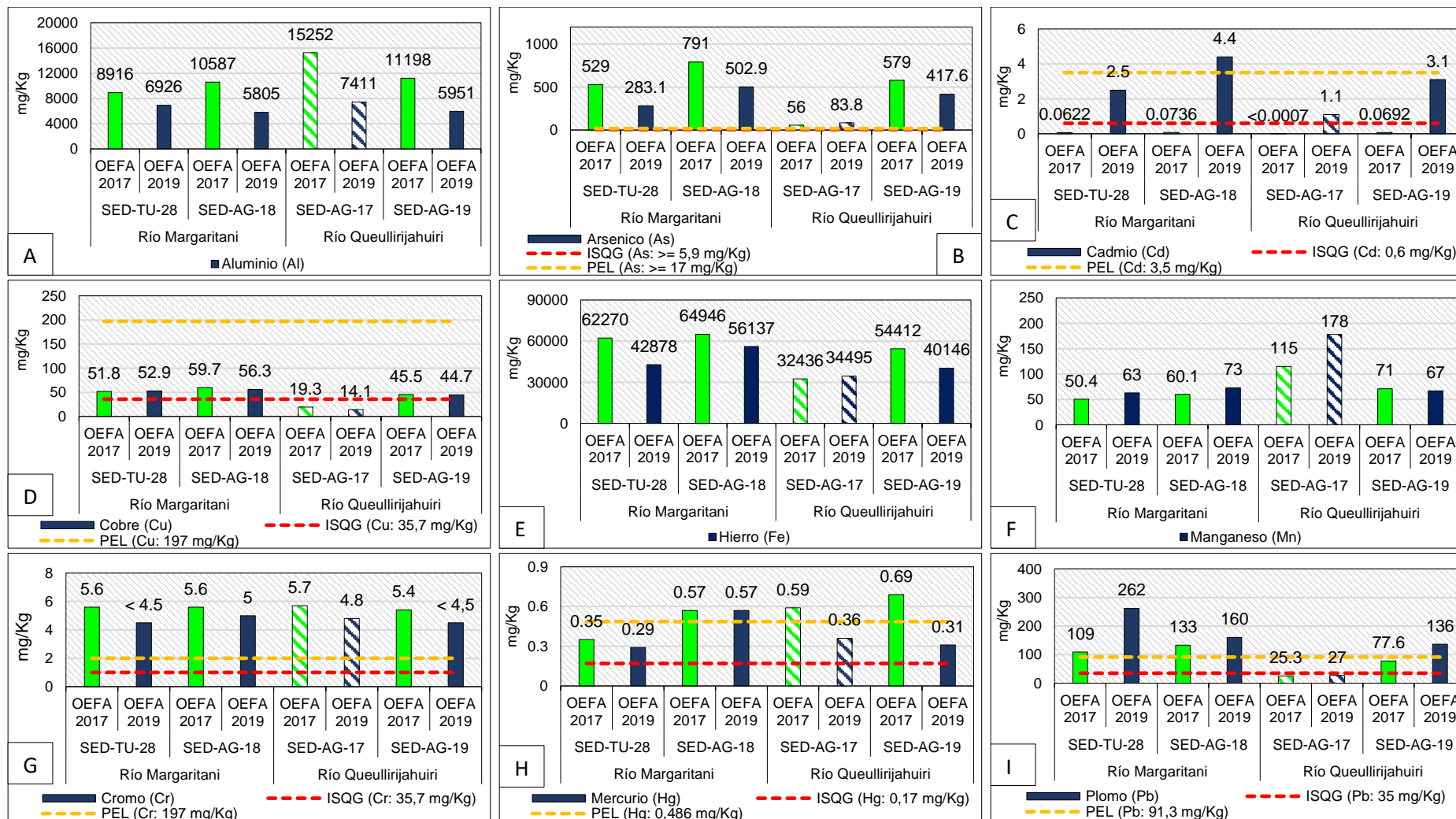
Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres  
Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad



**Figura 5.50.** Concentración de aluminio (A), arsénico (B), cadmio (C), cobalto (D), cobre (E), hierro (F), manganeso (G), níquel (H) y zinc (I). Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios.



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



**Figura 5.51.** Concentración de aluminio (A), arsénico (B), cadmio (C), cobre (D), hierro (E), manganeso (F), cromo (G), mercurio (H) y plomo (I) Los colores sólidos representan el cauce principal, los colores en tramas representan los tributarios

## 6. CONCLUSIONES

### Depósito de Desmonte Norte

Los afloramientos TU-19B, MT-46 y MT-60, provenientes del pie del Depósito de Desmonte Norte, y el flujo (TU-24) que se forma por el aporte de los afloramientos MT-BO14, MT-BO2 y MT-BO3, afectaron la calidad del agua de la quebrada Margaritani debido a que el pH ácido disminuyó y se incrementaron las concentraciones de metales y sulfatos incumpliendo los ECA para agua 2008, categoría 3, tanto aguas arriba como aguas abajo de los afloramientos. Cabe resaltar que la disminución de los metales en el punto TU-22 se debe al aporte de los manantiales MT-44, MT-45, MT-46 y MT-47, provenientes de ambas márgenes de la quebrada Margaritani. Asimismo, en el sedimento de esta quebrada se observó el incremento de metales como arsénico, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, mercurio, plomo y zinc, aguas abajo de los afloramientos mencionados.

Por otro lado, al comparar los resultados (2019) con la data histórica (2017) se observa la disminución de las concentraciones de aluminio, cadmio, cobalto, cobre, manganeso y níquel en agua y el aumento de bario, cadmio, manganeso y zinc en sedimento en 2019; mientras que, en los afloramientos se observa que las concentraciones de los parámetros mencionados se incrementaron. Cabe resaltar que estas variaciones se deben a que ambas evaluaciones se hicieron en épocas diferentes.

### Bofedales

Los afloramientos MT-57, MT-57A y MT-55, ubicados al pie del Depósito de Desmonte Norte, influenciaron sobre la calidad del agua del bofedal (FTU) debido a que el pH se hizo más ácido y se incrementaron las concentraciones de metales y sulfatos incumpliendo los ECA para agua 2008, categoría 3.

Por otro lado, al comparar los resultados (2019) con la data histórica (2017) se observa la disminución de las concentraciones de cadmio, cobalto, cobre, hierro, níquel y zinc en 2019; a excepción del aluminio, arsénico y manganeso que se incrementaron solamente en el afloramiento MT-57 debido a que ambas evaluaciones se hicieron en épocas diferentes.

### Quebrada Apostoloni Norte

El punto aguas arriba y aguas abajo del PAD de lixiviación N.º 3 (TU-12 y TU-34, respectivamente) se caracterizó por ser ácido y presentar concentración de sulfatos y metales similares, mientras que el punto TU-04 registró disminución de pH e incremento de la concentración de sulfatos y metales como aluminio, arsénico, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, níquel y zinc en comparación con el punto ubicado aguas arriba (TU-34), debido al aporte del flujo de agua TU-PS02, que colecta los afloramientos MT-BO13 y ARI-1, ubicados en la parte baja del sistema de tratamiento de agua del Tajo Tucari. Por otro lado, al comparar los resultados (2019) con la data histórica (2017) se observa la disminución de las concentraciones de aluminio, cadmio, cobalto y hierro a excepción del arsénico, cobre, manganeso, níquel y zinc que se incrementaron. Cabe indicar que ambas evaluaciones se hicieron en épocas diferentes.

### Quebrada Apostoloni Sur

El punto aguas arriba y aguas abajo del PAD de lixiviación N.º 3 (MT-36 y P-5, respectivamente) se caracterizó por ser ácido y presentar una disminución en las concentraciones de sulfatos, aluminio, cadmio, cobalto, hierro y níquel; mientras que el pH, cobre y manganeso se incrementaron aguas abajo del PAD con presencia de coloración rojiza. El punto P-7 registró un ligero incremento en los parámetros mencionados en

comparación con P-5 (ubicado aguas arriba) manteniendo sus concentraciones aguas abajo del punto de vertimiento PS02 que no presentó flujo e incrementó luego del aporte de la quebrada Apostoloni Norte (TU-04). Estos parámetros incumplieron los ECA para agua 2008, categoría 3, aguas arriba como aguas abajo del TU-04 a excepción del zinc y cobre que solo incumplieron aguas abajo. Asimismo, se observó el incremento de arsénico, cadmio, cobre, hierro y plomo en el sedimento aguas abajo del SED-TU-04. Por otro lado, al comparar los resultados (2019) con la data histórica (2017) se observa la disminución de las concentraciones de aluminio, cadmio, cobalto y hierro en agua y de aluminio, arsénico, cobre, cromo, hierro, mercurio, plomo y zinc en el punto SED-TU-11 en el sedimento de esta quebrada. Cabe indicar que ambas evaluaciones se hicieron en épocas diferentes.

### **Río Margaritani y tributarios**

El río Margaritani influye en la calidad del agua de los ríos Queullirijahuri, Aruntaya, Titire, Vizcachas y Coralaque debido a que las concentraciones de aluminio, arsénico, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, níquel y zinc disminuyeron progresivamente durante su recorrido, y luego de recibir el aporte de la fuente termal Puente Bello (PBello) estos parámetros se incrementaron. Además, al recibir el aporte del río Vizcachas, los metales aluminio, arsénico, boro, cobre, hierro y manganeso disminuyeron; sin embargo, continuaron incumpliendo con los ECA para agua 2008, categoría 3, a excepción del cadmio y cobalto que también disminuyen pero cumplen con los ECA. Cabe resaltar, que los parámetros mencionados en los puntos de los ríos Queullirijahuri (AG-17), Aruntaya (AG-06), Titire (AG-09) y Vizcachas (RVizc) presentaron menores concentraciones antes de su confluencia con los tributarios afectados. Además, la afectación de estos ríos se evidenció por la coloración rojiza o crema de sus aguas.

Respecto a los sedimentos, las concentraciones de aluminio, cobre, cromo, manganeso y zinc, proveniente de la parte alta, se incrementaron progresivamente en los ríos Queullirijahuri, Aruntaya, Titire, Vizcachas y Coralaque a excepción del hierro que disminuyó. Además, el arsénico y cadmio se incrementaron progresivamente en los ríos Queullirijahuri y Aruntaya, y disminuyeron en los ríos Titire, Vizcachas y Coralaque, luego del aporte de los tributarios. Cabe resaltar, que el arsénico, cadmio, cobre, hierro y zinc en el sedimento de los puntos evaluados en los ríos Queullirijahuri (SED-AG-17), Aruntaya (SED-AG-06), Titire (SED-AG-09) y Vizcachas (SED-RVizc) presentaron menores concentraciones a excepción del aluminio, cromo y manganeso antes de su confluencia con los tributarios afectados.

Por otro lado, al comparar los resultados (2019) con la data histórica (2017) se observa la disminución de las concentraciones de aluminio, cadmio, cobalto, hierro, manganeso, níquel y zinc en agua y de aluminio, arsénico, cromo, hierro y mercurio en sedimento. Cabe resaltar que ambas evaluaciones se hicieron en épocas diferentes.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección  
Técnica Científica

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

## 7. ANEXOS

- Anexo 1: Mapa de ubicación de la UM Tucari
- Anexo 2: Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo
- Anexo 3: Ficha fotográfica
- Anexo 4: Datos de campo
- Anexo 5: Certificados de calibración de los equipos
- Anexo 6: Cadena de custodia
- Anexo 7: informes de ensayo de laboratorio
- Anexo 8: Resultados comparados con la normativa correspondiente

Es cuanto informamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente:

[LFAJARDO]

[NREQUENA]

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

Atentamente:

[DRAMOS]



"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por el OEFA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. N° 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: <https://sistemas.oefa.gob.pe/verifica> e ingresando la siguiente clave: 06217239"



06217239