



MARN

Ministerio de Medio Ambiente
y Recursos Naturales

Informe de la caracterización de la contaminación en Río San Sebastián, Santa Rosa de Lima, La Unión

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Contenido

- 1. Introducción**
- 2. Justificación**
- 3. Objetivo**
- 4. Metodología**
- 5. Muestreo 2016-2017**
- 6. Análisis de Resultados y Observaciones**
- 7. Conclusiones**
- 8. Recomendaciones**
- 9. Bibliografía**
- 10. Anexos**

1. Introducción

Las inspecciones realizadas por personal del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales MARN a partir del año 2012 en el río San Sebastián y el muestreo de agua del mismo, han evidenciado a través de análisis físico químicos la presencia de contaminantes, mostrando concentraciones decrecientes desde su afloramiento en el drenaje ácido procedente del cerro Cosigüina, hasta presentar una mayor dilución en aguas del río San Sebastián. Entre los contaminantes encontrados se identifican cianuro, hierro, aluminio, y cadmio, los que a su vez reaccionan con otros elementos presentes en las rocas de la zona formando compuestos que acidifican el agua que es drenada hasta el río. De acuerdo a los parámetros establecidos por la normativa salvadoreña para el agua potable, tanto el líquido procedente del afloramiento ácido como las aguas próximas al desagüe al delta del río San Sebastián, no son aptas para el uso hogareño o el consumo humano.

A continuación se presenta la tabla 1, que contiene los principales resultados del muestreo realizado en mayo de 2012.

Tabla 1. Resultados de determinaciones analíticas en muestras de agua del

DATOS MUESTREO RIO SAN SEBASTIAN MAYO 2012			
Parametro	Punto de Muestreo		
	J1	J2	J3
		13°38'21.99 87°55'16.83	13°38'21.43 87°55'16.05
Potencial de Hidrógeno (pH)	7,47	2,77	6,6
Conductividad eléctrica (µS/cm)	224	5240	253
Sólidos disueltos (mg/L)	96,6	2280	109,6
Oxígeno disuelto (mg/L)	4,39	4,3	4,57
Mercurio (mg/L) en agua	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Turbidez (UNT)	83,4	1,7	89,8
Cianuro (mg/L)	0,002	0,45	0,0095
Mercurio (ppm) en sedimento	Sin datos	Sin datos	Sin datos

río San Sebastián y drenaje ácido de mina. Fuente: Informe Mina San Sebastián 2012, MARN 2012

Así mismo, en el afloramiento encontrado en el cerro Cosigüina, se identifica la presencia del "drenaje ácido de mina" que descarga al río San Sebastián, que posee

Caracterización Contaminación Río San Sebastián

una concentración de 2.77 unidades de pH (Ver punto J2, Tabla 1) y causa la contaminación del citado río en un tramo de aproximadamente 1,500 metros de largo, partiendo desde la desembocadura del drenaje ácido al citado río.

DATOS MUESTREO RIO SAN SEBASTIAN JULIO 2012											
PARAMETRO	Punto de Muestreo										
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
	13°38'17 87°55'29	13°38'20 87°55'23	13°38'22 87°55'17	13°38'16 87°55'10	13°38'14 87°55'2	13°38'10 87°54'55	13°38'3 87°54'57	13°37'57 87°54'53	13°37'53 87°54'48	13°37'45 87°54'49	13°37'38 87°54'46
Potencial de Hidrógeno (pH)	8.35	8.4	2.815	7.132	7.2815	7.4	7.515	7.69	7.791	7.818	8.052
Conductividad eléctrica (µS/cm)	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Sólidos disueltos (mg/L)	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Oxígeno disuelto (mg/L)	9,79	Sin datos	0,8	8,66	9,86	8,22	8,39	8,04	8,26	8,38	9,6
Mercurio (mg/L)	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Turbidez (UNT)	4175	5565	7,4	13,3	12,4	9,3	7,25	7,2	6,45	6,8	6,75
Cianuro (mg/L)	0,002	0,002	0,102	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Mercurio en sedimento (PPM)	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos

Tabla 2. Resultados de determinaciones analíticas en muestras de agua del río San Sebastián. Fuente: Informe Mina San Sebastián 2012, MARN 2012

Dadas las condiciones encontradas en los estudios del año 2012, se recomendó continuar con la investigación para evaluar los niveles de contaminación que afectan el agua del río. Asimismo, es necesario evaluar de una forma más precisa el comportamiento de la afectación para diferentes épocas del año, para lograr una sistematización de la problemática, facilitando establecer un protocolo para la remediación de zonas que has sido afectadas por la contaminación del drenaje ácido de mina.

MUESTREOS DE AGUA – AÑO 2016

Con fecha 12 de mayo de 2016, se procedió con una inspección ocular de la zona de estudio, realizando un recorrido del drenaje ácido localizado en el río San Sebastián. De la misma forma se levantaron datos de georreferenciación de los sitios donde se recolectaron dos muestras de agua para su respectivo análisis fisicoquímico. Se identificó el punto de afloramiento del drenaje ácido el cual posee las coordenadas siguientes 13° 38'30" N y 87° 55' 20" O.

Figura 1. Fotografías del drenaje ácido de mina en su recorrido hacia el río San Sebastián



Fuente: Informe Técnico de Inspección Mina San Sebastián Contenedores Drenaje Acido, MARN 12 mayo 2016

La medición analítica de las dos muestras de agua tomadas al drenaje ácido procedentes de la mina San Sebastián reportaron los datos fisicoquímicos siguientes:

DATOS MUESTREO RIO SAN SEBASTIAN MAYO 2012		
Parametro	Punto de Muestreo	
	X1	X2
	13°38'30 87°55'20	13°38'30 87°55'20
Potencial de Hidrógeno (pH)	2.96	2.94
Conductividad eléctrica (µS/cm)	5696	5677
Sólidos disueltos (mg/L)	2844	2840
Oxígeno disuelto (mg/L)	1.91	1.38
Mercurio (mg/L) en agua	Sin dat	Sin dat
Turbidez (UNT)	Sin dat	Sin dat
Cianuro (mg/L)	Sin dat	Sin dat
Mercurio (ppm) en sedimento	Sin dat	Sin dat

Tabla 3. Resultados de determinaciones analíticas en muestras de agua del drenaje ácido de mina. Fuente: Informe Técnico de Inspección Mina San Sebastián Contenedores Drenaje Acido, MARN 12 mayo 2016.

Los resultados de los análisis fisicoquímicos, de las muestras procedentes del drenaje ácido que descarga al río San Sebastián, reportan un potencial de hidrógeno (pH) de 2.96 y 2.94, respectivamente. Estas concentraciones de potencial de hidrógeno en las muestras del agua evidencian que las mismas corresponden a "aguas ácidas", las cuales son características a un "drenaje ácido de minas".

Las aguas de drenaje ácido de mina continúan siendo drenadas de forma natural al río San Sebastián, afectando la calidad de dicho recurso, por lo que se hace necesario continuar realizando los estudios de monitoreo de la calidad de agua e identificar las medidas mitigación y remediación de la zona que está siendo afectada por la contaminación.

2. Justificación

Recomendaciones al órgano ejecutivo:

- Que el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) proceda a realizar un estudio actualizado para determinar los niveles de contaminación por mercurio en el suelo y en el aire en San Sebastián y en la ciudad de Santa Rosa de Lima, y tomar las acciones de su competencia en favor de las víctimas. Las recomendaciones contenidas en un estudio realizado por el MARN (MARN,2013) e informadas a esta institución se considera puede ser un inicio para toma de acciones inmediatas, proceder a remediar los ecosistemas y a reparar los derechos humanos de las personas que habitan en San Sebastián.
- Dado que el estudio del MARN, arriba citado, establece que los niveles de plomo en el suelo, en algunas localidades particulares, son superiores a los límites de seguridad establecidos, el MARN debe actuar de manera urgente para revertir la situación. El primer paso es determinar el nivel de plomo en la sangre de las personas que viven en el área; el segundo, educar a la población sobre cómo hacer frente a su presencia, como evitarlo y como reconocer los síntomas asociados a la intoxicación de plomo. El paso final es ayudar a las personas que viven en el área con el debido saneamiento de su entorno. El mismo enfoque se puede tomar con el resto de los metales pesados en la zona cuya presencia se mide en cantidades que están encima del límite de seguridad humana.
- Al MARN se le recomienda que utilice la fianza ambiental pagada por CGC y sus filiales, en 2003, para ayudar a financiar los costos de remediación de drenaje ácido.
- Del mismo modo, se debe proceder a determinar el nivel de mercurio en las siguientes poblaciones: los mineros artesanales a pequeña escala (MAPE), los habitantes del cantón San Sebastián, los joyeros de Santa Rosa de Lima, sus familias y sus vecinos, además de las comunidades ribereñas del río Guascorán. Sin ese conocimiento, es difícil saber si los niveles son tolerables, tóxicos o letales para la salud de las personas. Afortunadamente, existe una prueba de cabello para determinar niveles de mercurio en personas, aquí referida. Esta prueba es simple, no intrusiva, de bajo costo y se puede llevar a cabo a nivel local por promotores con formación mínima.
- Que con base al artículo 57 de la ley de Medio Ambiente, que se refiere a la introducción, tránsito, distribución y almacenamiento de sustancias peligrosas; se deben tomar acciones urgentes con relación al contenedor que actualmente se encuentra en el terreno de la mina y que, según los habitantes

de San Sebastián, contiene cianuro de sodio y otros químicos. Para que sea inmediatamente retirado de la mina San Sebastián y evitar un posible desastre en la comunidad. Domínguez et al han sugerido seis métodos de disposición final de cianuro de sodio (2015:38) lo que significa que las autoridades responsables tienen muchas posibilidades para tomar acción inmediata.

3. Objetivo

El estudio tiene los objetivos siguientes:

- Generar una línea base de la contaminación causada por el drenaje ácido al río San Sebastián.
- Determinar las concentraciones de cianuro y mercurio presentes en el agua y sedimentos del río San Sebastián, por ser los principales contaminantes tóxicos asociados a la actividad de explotación de minería metálica (oro y plata).
- Definir acciones para mitigación y remediación de la contaminación causada por el drenaje ácido de mina.

4. Metodología

Se inició con un reconocimiento en campo, buscando el o los drenajes ácidos de mina que pudieran estar conectados por su descarga al Río San Sebastián.

Además, se mapeo el curso del drenaje ácido desde el afloramiento hasta su unión con el río San Sebastián y por una longitud de al menos 1.5 km sobre el cauce del río.

Se realizaron dos muestreos en el 2016 y 2017, considerando el agua del río San Sebastián, el drenaje ácido de mina y los sedimentos presentes en ambos.

Cada sitio de muestreo se caracterizó con base a los siguientes parámetros:

- Potencial de Hidrógeno (pH)
- Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
- Sólidos disueltos (mg/L)
- Oxígeno disuelto (mg/L)
- Mercurio (mg de Hg/L) en agua
- Turbidez (UNT)

- Cianuro (mg/L)
- Mercurio (ppm de Hg) en sedimento

5. Resultados de Muestreos 2016-2017

5.1 Sitios de Muestreo 2016

En el primer muestreo, realizado septiembre de 2016, en total se definieron 10 sitios de muestreo de agua y sedimentos a lo largo del río. Se presenta en la Tabla 4 las coordenadas geodésicas de cada sitio, indicado como punto de muestreo:

Tabla 4. Coordenadas de localización de sitios de muestreo de agua y

Punto de Muestreo									
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
13°38'21 87°55'19	13°38'21 87°55'19	13°38'22 87°55'16	13°38'17 87°55'09	13°38'15 87°55'3	13°38'14 87°55'0	13°38'2 87°54'56	13°37'55 87°54'47	13°37'46 87°54'50	13°37'36 87°54'45

sedimentos. Fuente: MARN 2016

En la figura 2 se muestran la ubicación de los puntos en el mapa:

Caracterización Contaminación Río San Sebastián



Figura 2. Mapa de localización de sitios de muestreo según coordenadas geodésicas. Fuente: MARN 2016

En el segundo muestreo octubre 2016 se definieron 10 sitios, identificados como puntos de muestreo de agua y sedimentos a lo largo del río. El punto de muestreo N1a es un segundo drenaje ácido. Se presentan en la Tabla 5 las coordenadas geodésicas de cada punto:

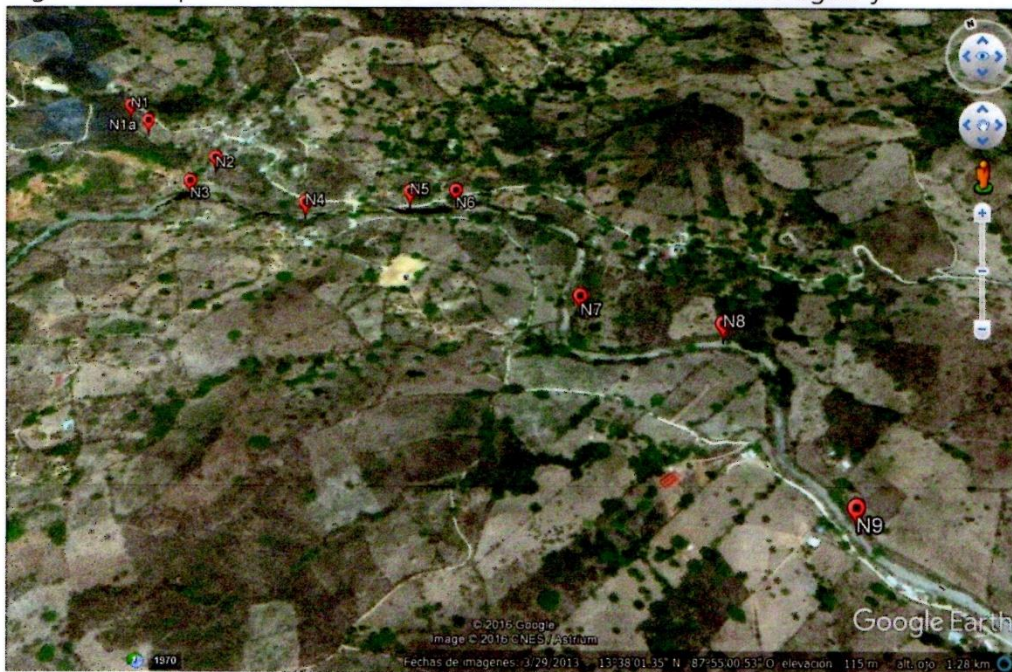
Tabla 5. Coordenadas de localización de sitios de muestreo de agua y

Punto de Muestreo									
N1	N1a	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9
13°38'30 87°55'20	13°38'28 87°55'19	13°38'23 87°55'15	13°38'21 87°55'17	13°38'16 87°55'10	13°38'15 87°55'3	13°38'14 87°54'0	13°38'2 87°54'56	13°37'57 87°54'49	13°37'44 87°54'49

sedimentos. Fuente: MARN 2016

En la figura 3 se muestran la ubicación de los puntos en el mapa.

Figura 3. Mapa de localización de sitios de muestreo de agua y



sedimentos, según coordenadas geodésicas. Fuente: MARN 2016

5.2 Resultados 2016

Caracterización Contaminación Río San Sebastián

En la Tabla 6 se presenta el cuadro comparativo del valor de cada parámetro por punto de monitoreo en los muestreos de septiembre y octubre de 2016

Tabla 6. Resultados de monitoreos de agua y sedimentos del río San

Parámetro	Distancia (m)							
	0	340	525	645	1105	1530	1830	2180
Potencial de Hidrógeno (pH) Sept	7.07	7.12	7.2	7.25	7.05	7.25	7.2	7.2
Potencial de Hidrógeno (pH) Oct	7.83	7.81	7.88	7.88	7.78	7.78	7.79	
Conductividad eléctrica (µS/cm) Sept	167.8	176.9	175.3	209	186.6	176.5	178.3	177.7
Conductividad eléctrica (µS/cm) Oct	348	355	354	354	363	362	362	
Sólidos disueltos (mg/L) Sept	617	71	70	89	75	71	45	71
Sólidos disueltos (mg/L) Oct	139	143	141	146	147	144	145	
Oxígeno disuelto (mg/L) Sept	9.86	9.64	9.19	9.52	9.86	10.23	9.64	10.49
Oxígeno disuelto (mg/L) Oct	9.54	9.49	9.41	9.29	9.14	8.73	8.82	
Mercurio (mg/L) Sept	0	0	0	0	0	0	0	0
Mercurio (mg/L) Oct	0	0	0	0	0	0	0	
Turbidez (UNT) Sept	128	97.6	116	121	110	56.2	96.2	94.3
Turbidez (UNT) Oct	1.75	1.81	4.11	4.26	1.89	2.05	2.66	
Cianuro (mg/L) Sept	0	0	0	0	0	0	0	0
Cianuro (mg/L) Oct	0	0	0	0	0	0	0	
Mercurio en sedimento (PPM) Sept	0.41	0.54	0.54	0.54	0.53	0.55	0.52	0.57
Mercurio en sedimento (PPM) Oct	0	0	0	0	0	0	0	

Sebastián, Santa Rosa de Lima, La Unión, realizados en septiembre y octubre de 2016. Fuente: Reporte de laboratorio FUSADES 21 (septiembre y 26 octubre) 2016

5.3 Punto de Muestreo 2017

Para el muestro de mayo de 2016 en total se definieron 10 puntos de muestreo de agua y sedimentos a lo largo del río San Sebastián. Se presentan en la Tabla 7 las coordenadas geodésicas de cada punto.

Caracterización Contaminación Río San Sebastián

Punto de Muestreo									
P1	P1a	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
13°38'30 87°55'20	13°38'28 87°55'19	13°38'24 87°55'16	13°38'21 87°55'18	13°38'16 87°55'10	13°38'14 87°55'3	13°38'14 87°55'0	13°37'55 87°54'48	13°37'45 87°54'49	13°38'30.5 87°55'20

Tabla 7. Coordenadas de localización de los sitios de muestreo de agua y sedimentos. Fuente: MARN 2017

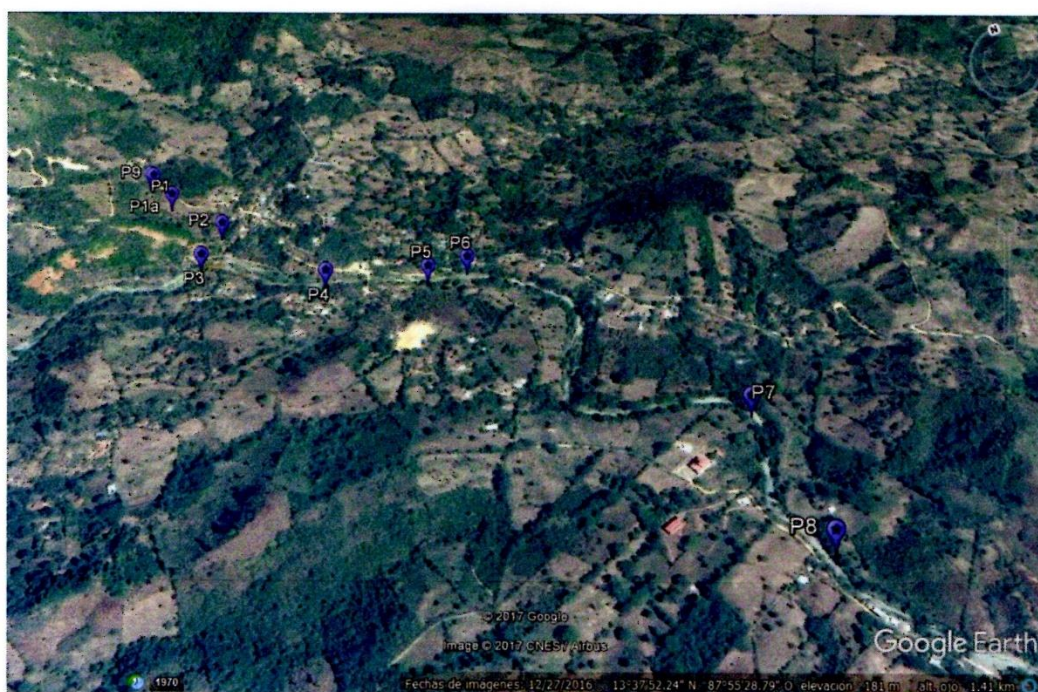


Figura 4. Mapa de localización de sitios de muestreo de agua y sedimentos, según coordenadas geodésicas. Fuente: MARN 2017

5.4 Resultados 2017

A continuación, en la Tabla 8, se encuentra el cuadro resumen de los resultados analíticos de los parámetros medidos en mayo de 2017. Copia de los informes de laboratorio se encuentran el anexo de este documento.

PARAMETRO	Punto de Muestreo									
	P1	P1a	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
	13°38'30 87°55'20	13°38'28 87°55'19	13°38'24 87°55'16	13°38'21 87°55'18	13°38'16 87°55'10	13°38'14 87°55'3	13°38'14 87°55'0	13°37'55 87°54'48	13°37'45 87°54'49	13°38'30.5 87°55'20
Potencial de Hidrógeno (pH)	3.48	2.88	2.65	6.74	6.65	6.74	6.66	6.63	6.67	2.63
Conductividad eléctrica (µS/cm)	1740	3980	4020	176.8	187.2	192.4	214	191.3	191.8	4.01
Sólidos disueltos (mg/L)	1739	6620	6490	181	190	195	214	192	194	678
Oxígeno disuelto (mg/L)	11.24	11.08	11.34	9.74	9.53	11.44	9.09	9.54	10.91	11.02
Mercurio (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Turbidez (UNT)	2.85	18.1	4.1	191	179	16	180	155	221	1
Cianuro (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mercurio en sedimento (PPM)	0	0.07	0.11	0.13	0.03	0.03	0.04	0.08	0.05	0.04

Tabla 8: Resultados de laboratorio de muestras de agua y sedimentos correspondientes a muestreo de mayo de 2017. Fuente: Resultados de Informe de análisis de aguas superficiales, Reporte de Laboratorio de FUSADES, 01 junio 2017.

6. Análisis de Resultados y Observaciones

En la figura 4 se presenta un esquema de la ubicación de los puntos del muestreo de septiembre 2016, octubre 2016 y mayo 2017, con el propósito de facilitar la localización e interpretación de los resultados obtenidos en cada una de las campañas de muestreo.

Caracterización Contaminación Río San Sebastián

Los puntos de muestreo N, M y P se han colocado en las distancias correspondientes sobre el cauce del río, para poder hacer las comparaciones pertinentes de los parámetros de calidad de agua en cada fecha, como se muestra en la figura 5.



Figura 5. Diagrama esquemático de la localización de los sitios de muestreo de agua y sedimentos. Fuente: MARN 2017

En la tabla 9, se presentan los resultados de los análisis de laboratorio de los parámetros de calidad de agua y sedimento para cada uno de los puntos que se encuentran dentro del cauce del río San Sebastián.

Los recuadros verdes de la figura 5 son los puntos localizados dentro del cauce del río San Sebastián. Los recuadros azules pertenecen al drenaje ácido y el recorrido del mismo hacia la quebrada que desemboca en el Río San Sebastián. El punto rojo representa la zona de mezcla del drenaje ácido, quebrada y río San Sebastián.

Caracterización Contaminación Río San Sebastián

Los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados se usarán para determinar si el río es capaz de recuperar su calidad de agua en forma natural después de la mezcla con el drenaje ácido de la mina o establecer niveles de referencia para proponer y evaluar alternativas de tratamiento de las aguas y del drenaje ácido con el propósito de recuperar el medio ambiente afectado.

Parametro	Distancia (m)							
	0	340	525	645	1105	1530	1830	2180
Potencial de Hidrógeno (pH) Sept	7.07	7.12	7.2	7.25	7.05	7.25	7.2	7.2
Potencial de Hidrógeno (pH) Oct	7.83	7.81	7.88	7.88	7.78	7.78	7.79	
Potencial de Hidrógeno (pH) May 2017	6.74	6.65	6.74	6.66		6.63	6.67	
Conductividad eléctrica (µS/cm) Sept	167.8	176.9	175.3		209	186.6	176.5	177.7
Conductividad eléctrica (µS/cm) Oct	348	355	354	354	363	362	362	
Conductividad eléctrica (µS/cm) may 2017	176.8	187.2	192.4	214		191.3	191.8	
Sólidos disueltos (mg/L) Sept	617	71	70	89	75	71	45	71
Sólidos disueltos (mg/L) Oct	139	143	141	146	147	144	145	
Sólidos disueltos (mg/L) May 2017	181	190	195	214		192	194	
Oxígeno disuelto (mg/L) Sept	9.86	9.64	9.19	9.52	9.86	10.23	9.64	10.49
Oxígeno disuelto (mg/L) Oct	9.54	9.49	9.41	9.29	9.14	8.73	8.82	
Oxígeno disuelto (mg/L) May 2017	9.74	9.53	11.44	9.09		9.54	10.91	
Mercurio (mg/L) Sept	0	0	0	0	0	0	0	0
Mercurio (mg/L) Oct	0	0	0	0	0	0	0	
Mercurio (mg/L) May 2017	0	0	0	0		0	0	
Turbidez (UNT) Sept	128	97.6	116	121	110	56.2	96.2	94.3
Turbidez (UNT) Oct	1.75	1.81	4.11	4.26	1.89	2.05	2.66	
Turbidez (UNT) May 2017	191	179	16	180		155	221	
Cianuro (mg/L) Sept	0	0	0	0	0	0	0	0
Cianuro (mg/L) Oct	0	0	0	0	0	0	0	
Cianuro (mg/L) May 2017	0	0	0	0		0	0	
Mercurio en sedimento (PPM) Sept	0.41	0.54	0.54	0.54	0.53	0.55	0.52	0.57
Mercurio en sedimento (PPM) Oct	0	0	0	0	0	0	0	
Mercurio en sedimento (PPM) May 2017	0.13	0.03	0.03	0.04		0.08	0.05	

Tabla 9. Resultados de monitoreo de calidad de agua y sedimentos correspondientes a los muestreos realizados en el 2016 y 2017.

Fuente: MARN 2017

Los datos de la tabla 9 se graficaron para facilitar su visualización y comportamiento. Las gráficas junto con su análisis respectivo se presentan a continuación.

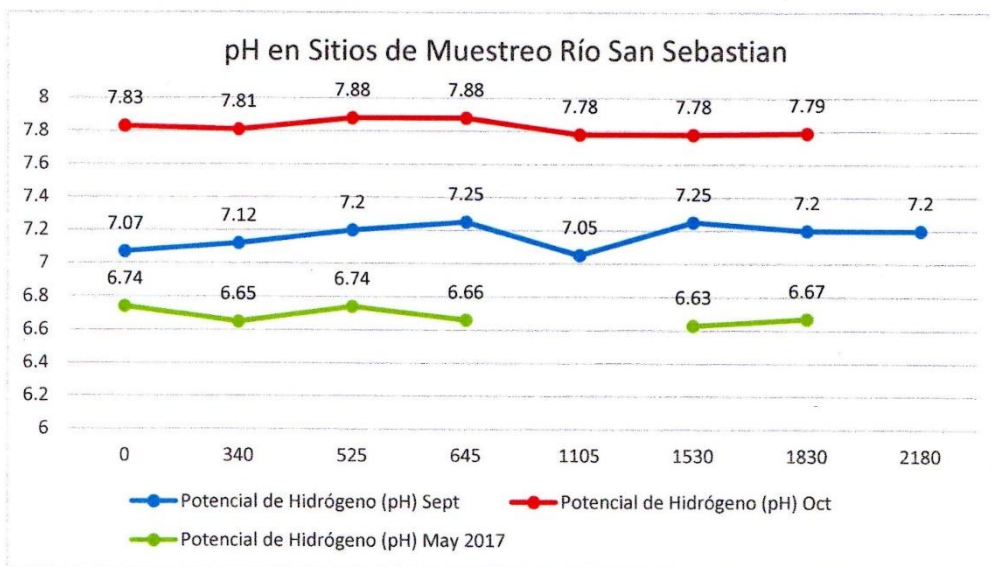


Figura 6. Determinaciones de pH en agua y sedimentos del río San Sebastián para los monitoreos de septiembre 2016, octubre 2016 y mayo 2017. Fuente: MARN 2017

El valor de potencial de hidrogeno en el punto cero localizado sobre el río San Sebastián representa la condición del mismo antes de entrar en contacto con el drenaje ácido. Corresponde a las condiciones sin afectación por el drenaje ácido de mina

Caracterización Contaminación Río San Sebastián

Se observa que el pH se mantiene prácticamente constante a lo largo del cauce del río San Sebastián, pese a la incorporación del drenaje ácido de mina. La mezcla del drenaje ácido con las aguas del río ocurre en el intervalo de 0-340 metros, indicados en el primer tramo de la gráfica.

Los datos de las mediciones obtenidas durante mayo de 2017 son más bajos con respecto a los dos muestreos del 2016. Esta variabilidad, es decir, la presencia de agua más ácida, está asociada a la cantidad de agua superficial arrastrada por el río. Es importante señalar que en el 2016 se presentó una cantidad considerable de lluvia en la zona de estudio, que se reflejó en un aumento del caudal del río San Sebastián.

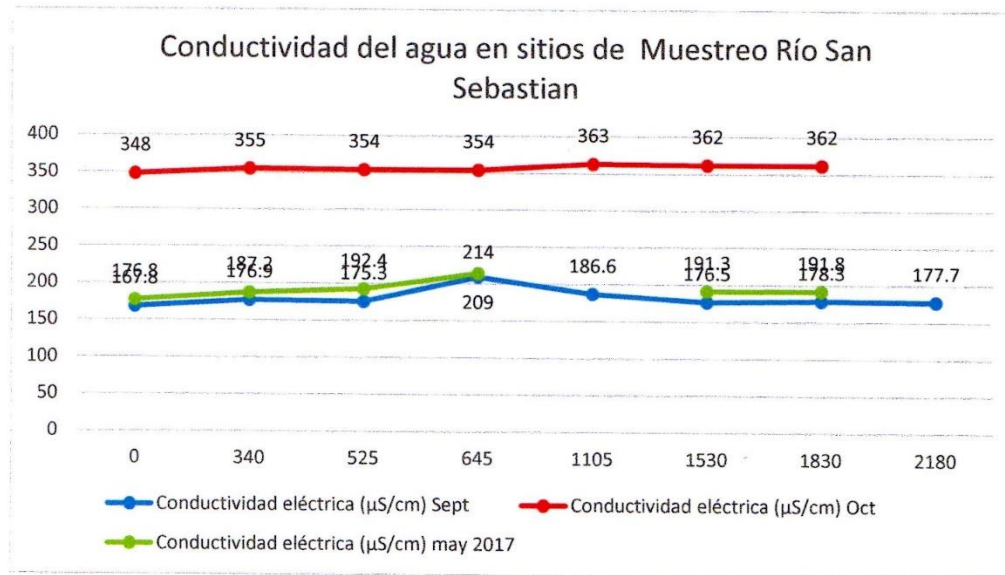


Figura 7. Determinaciones de conductividad en agua y sedimentos del río San Sebastián para los monitoreos de septiembre 2016, octubre 2016 y mayo 2017. Fuente: MARN 2017

Se observa incremento de la conductividad en el tramo de los 525-645 metros para octubre de 2016. Los datos de conductividad entre el mes septiembre 2016 y mayo 2017 son similares y presentan el mismo

comportamiento en los tramos comparables. El incremento de la conductividad puede estar asociado al arrastre de partículas de arcilla y solubilización de minerales de las rocas.

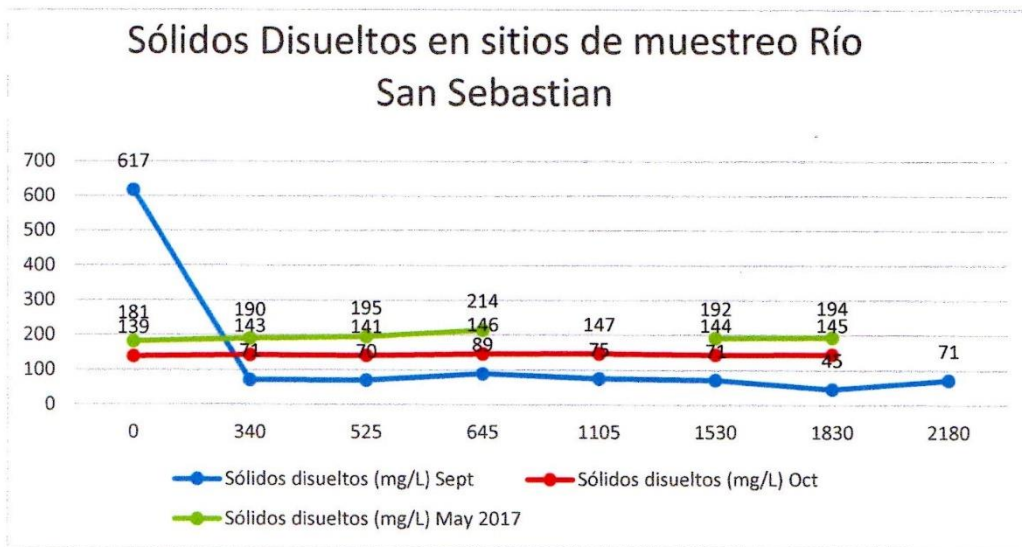


Figura 8. Determinaciones de sólidos disueltos en agua y sedimentos del río San Sebastián para los monitoreos de septiembre 2016, octubre 2016 y mayo 2017. Fuente: MARN 2017

Se observa inconsistencia en el dato del punto de monitoreo a cero metros para el monitoreo de septiembre de 2017, presentándose una alta concentración de sólidos disueltos. Esta situación puede estar asociada a las lluvias previas ocurridas en la zona, que arrastraron cantidad considerable de arcillas y suelos.

También en el punto de muestreo a 1,830 metros, en septiembre de 2016, se presenta una leve disminución en la concentración de sólidos disueltos, en relación al comportamiento de los restantes sitios de muestreo.

Caracterización Contaminación Río San Sebastián

Los datos de sólidos disueltos en los meses de octubre 2016 y mayo 2017 son similares para los puntos analizados, presentando el mismo comportamiento a lo largo del río. La variación en la concentración de sólidos disueltos es prácticamente constante a lo largo del cauce del río San Sebastián.

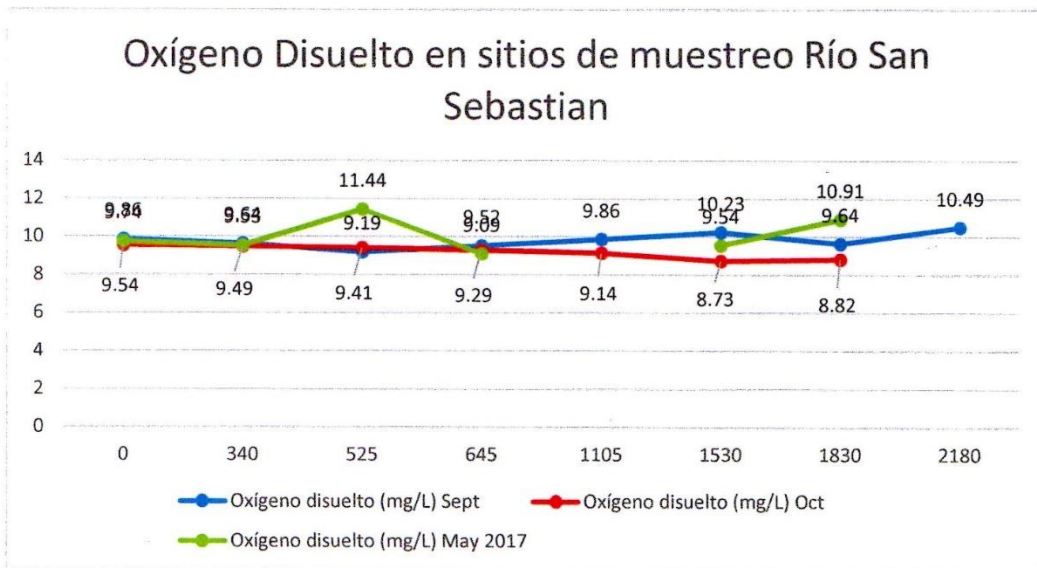


Figura 9. Determinaciones de oxígeno disuelto en agua y sedimentos del río San Sebastián para los monitoreos de septiembre 2016, octubre 2016 y mayo 2017. Fuente: MARN 2017

Las concentraciones de oxígeno disuelto se encontraron entre las 8.82 ppm y las 11.44 ppm, con ligeras fluctuaciones a lo largo del río, pero sin presentar cambios significativos en la concentración de oxígeno disuelto, encontrándose un agua de buena calidad para el sostenimiento de vida acuática.

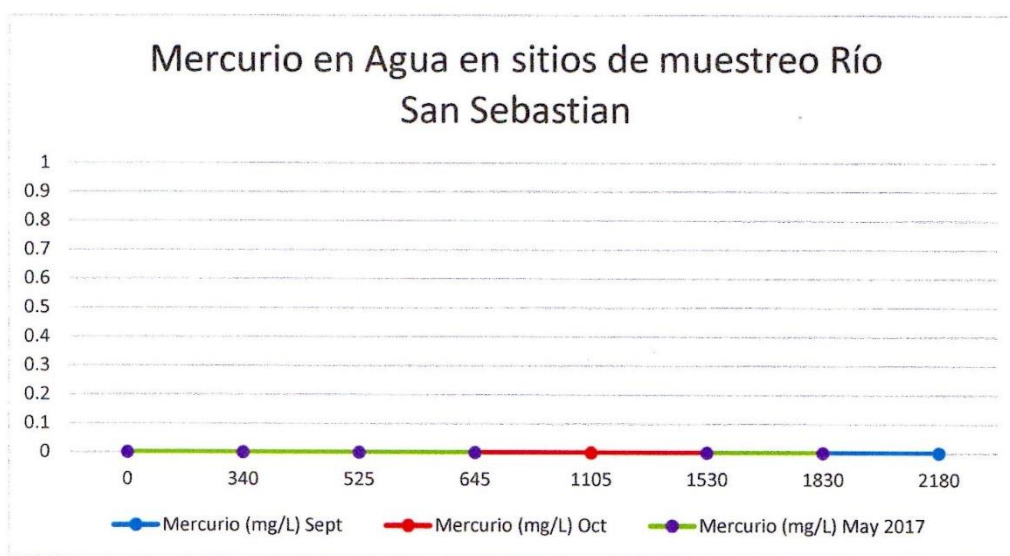
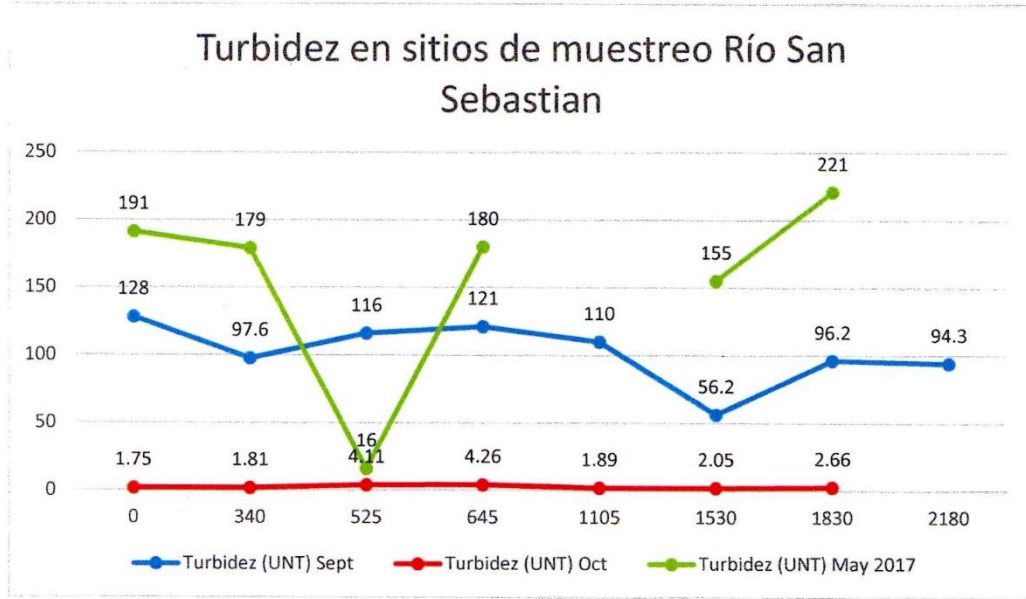


Figura 10. Determinaciones de mercurio en agua del río San Sebastián para los monitoreos de septiembre 2016, octubre 2016 y mayo 2017. Fuente: MARN 2017

De las determinaciones analíticas de todas las muestras de agua se obtiene que no hay presencia de Mercurio en el agua del río San Sebastián en ninguna de las tres fechas de muestreo.

Figura 11. Determinaciones de turbidez en agua del río San Sebastián



para los monitoreos de septiembre 2016, octubre 2016 y mayo 2017. Fuente: MARN 2017

La turbidez presentó unidades más bajas durante el muestreo de octubre de 2016, indicando una mejor calidad de agua en esa fecha. En los meses de septiembre de 2016 y mayo de 2017 se encontraron mayores niveles de turbidez del agua, estando asociado al arrastre de arcillas, limos y suelos por la escorrentía de aguas lluvias que drenan hacia el río. Para el muestreo de mayo de 2017, en el sitio a 525 metros, se encuentra una lectura que no refleja el comportamiento normal del cauce del río para dicho muestreo.

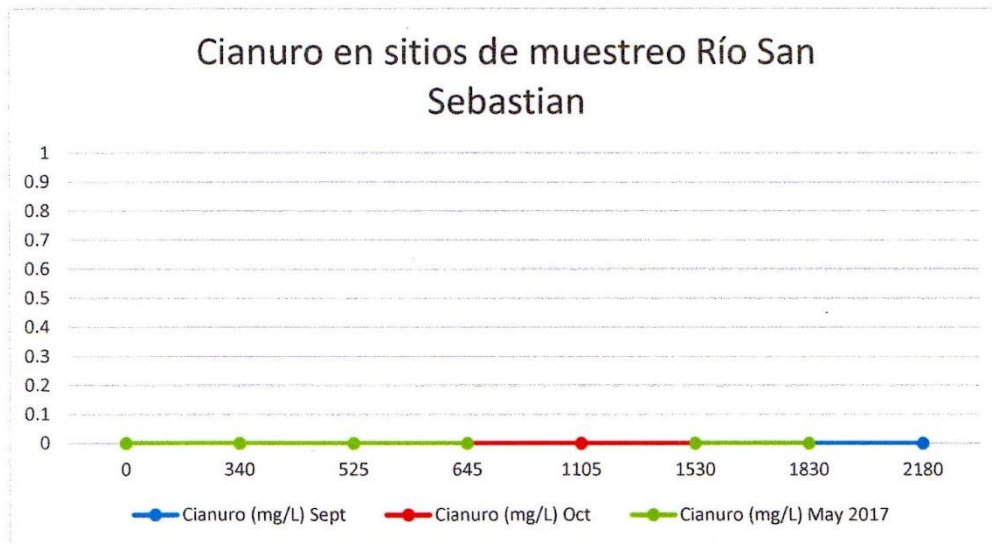


Figura 12. Determinaciones de cianuro en agua del río San Sebastián para los monitoreos de septiembre 2016, octubre 2016 y mayo 2017. Fuente: MARN 2017

De las determinaciones analíticas de todas las muestras de agua se obtiene que no hay presencia de Cianuro en el agua del río San Sebastián en ninguna de las tres fechas de muestreo.

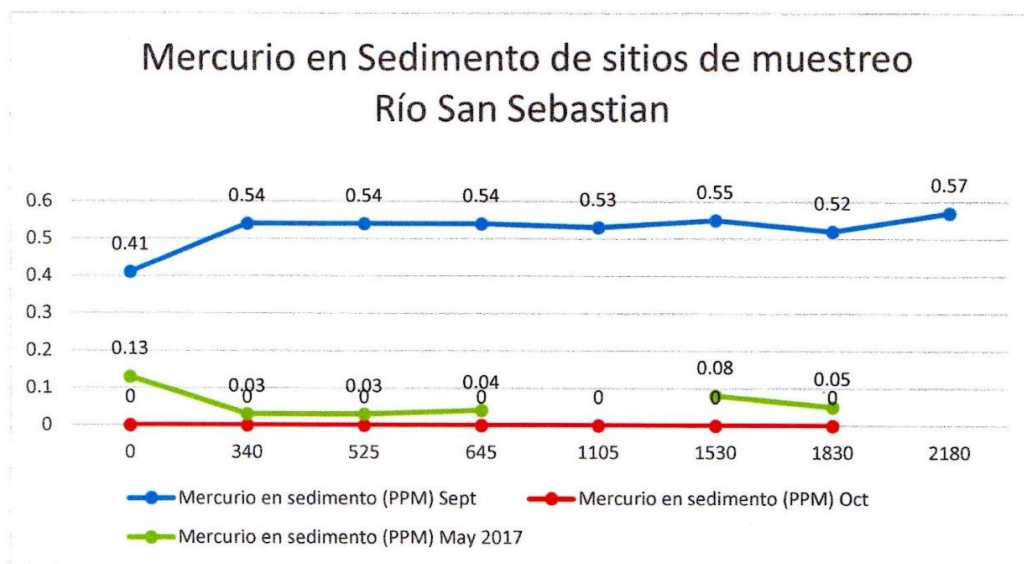


Figura 13. Determinaciones de mercurio en agua del río San Sebastián para los monitoreos de septiembre 2016, octubre 2016 y mayo 2017. Fuente: MARN 2017

De los resultados de análisis de laboratorio se concluye que existe presencia de mercurio en los sedimentos para los muestreos de septiembre 2016. En el muestreo de octubre de 2016 no se encontró presencia de mercurio en sedimentos. En el mes de mayo del 2017 se presentan nuevamente trazas de mercurio en sedimento.

Por no existir un valor de concentración de mercurio en sedimentos en una normativa nacional, se ha seleccionado la concentración de 0.71 ppm de mercurio para sedimentos reportado por la NOAA de los Estados Unidos de América como el criterio para determinar contaminación por dicho tóxico (US Guidelines, Quick Reference Table for Inorganics in Sediment, NOAA).

Ninguno de los valores de concentración de mercurio en sedimento, como se muestra en la figura 13, no superan el límite de concentración de 0.71 ppm de mercurio. Por tanto, los niveles de mercurio encontrando no representan riesgos ambientales negativos significativos, pero debe ser medido nuevamente, a fin de monitorear cualquier incremento de la concentración que pueda resultar tóxica para el medio ambiente.

Es oportuno señalar que el incremento de la concentración de mercurio en sedimentos podría estar asociado a un aumento en la extracción artesanal de oro por parte de los pobladores de la zona que realizan la actividad de forma ilegal.

7. Conclusiones

- Se evidencia el drenaje ácido de mina, encontrándose mediciones de concentración de potencial de hidrógeno (pH) entre los 2.77 y xx unidades de pH.
- El pH en el cauce del río San Sebastián permanece prácticamente constante, encontrándose que el efecto de la descarga del drenaje ácido no es significativo sobre dicho parámetro. La no afectación del drenaje ácido sobre el caudal del río San Sebastián en los periodos de monitoreo es debida al aumento de caudal durante la época de lluvia, generándose un efecto de dilución de la contaminación ácida.
- En el tramo del río entre 645-1105 metros se identificó un descenso de pH, hay posibilidad de que exista una corriente ácida en ese tramo, la cual no ha sido posible identificar. Se continuarán realizando inspecciones a fin de encontrar otros puntos de descarga de potenciales drenajes ácidos de mina.
- No se determinó contaminación por mercurio en el agua del río San Sebastián para los muestreos de septiembre de 2016, octubre de 2016 y mayo de 2017.
- Los valores de mercurio en sedimento se encuentran por debajo del límite (menores a 0.71 ppm de Hg) de la regulación de NOAA de los Estados Unidos de América (Reference Table for Inorganics in Sediment), por lo que en ninguno de los muestreos se detectó contaminación por mercurio en sedimentos del río. Los resultados

indican que las concentraciones de mercurio en cada uno de los sitios evaluados no representan riesgos ambientales negativos significativos.

- No se determinó contaminación por cianuro en el agua del río San Sebastián para los muestreos de septiembre de 2016, octubre de 2016 y mayo de 2017.
- Se tiene conocimiento de la existencia de actividad minera artesanal realizada por pobladores de la zona en forma ilegal. En el proceso artesanal de recuperación del oro emplean mercurio (azogue) y dicho método genera vapores de mercurio que después tendrán que precipitar en suelo, aguas artificiales y sedimento, además, se favorece el arrastre mediante la dispersión y escurrimiento del mercurio a lo largo del río. El comportamiento fluctuante de las concentraciones de mercurio en el sedimento del río podría estar ligado a lo antes expuesto.

8. Recomendaciones

- La extracción artesanal de oro de forma ilegal podría ser la principal fuente de contaminación por mercurio. En ese sentido, es necesario el monitoreo regular del mercurio en los sedimentos. Se deben de buscar mecanismos para evitar la minería ilegal y que los pobladores se expongan al mercurio, sustancia altamente tóxica y bioacumulativa.
- El drenaje ácido de mina requiere de un tratamiento alcalino para neutralizar su potencial de hidrógeno. Una alternativa de tratamiento es la aplicación de material alcalino mediante lechos instalados en el afloramiento y cauce del drenaje ácido, previo a la descarga hacia el río, debiéndose realizar ensayos de laboratorio y un diseño piloto para validar la tecnología en el sitio y establecer costos reales para las obras de remediación del drenaje ácido.

9. Referencias

- <http://www.nmfs.noaa.gov/> (NOAA, screening quick reference table for inorganics in sediments, 2008, NOAA)
- <http://www.ccme.ca/> (Canadian sediment Quality guidelines for the protection of aquatic life, 1999 updated 2001, Ministers of the Environment)
- <http://www.esdat.net/> (Circular on target values and intervention values for soil remediation, Version, februari 4th, 2000, Ministerie van Volkshuisvesting)

10. Anexo: Monitoreos de agua del río San Sebastián, Santa Rosa de Lima, La Unión

Resultados de monitoreo del agua del río San Sebastián, Mayo 2012

DATOS MUESTREO RIO SAN SEBASTIAN MAYO 2012			
Parametro	Punto de Muestreo		
	J1	J2	J3
	87°55'16.83	87°55'16.05	87°55'19
Oxígeno Disuelto	59,72	63,8	62,5
Temperatura muestra	30	35	30
Salinidad	0	2,3	0
Aluminio	0,835	7,65	2,26
Níquel	0,00004	12,45	2,26
Manganeso	0,000024	34,1	14
Hierro total	0,548	558,25	27,18
Aceites y grasas	0	3	1,2
Sólidos Sedimentables	0,3	0,1	0,4
Sólidos suspendidos totales	39,5	36	57
DQO	33,79	113,44	26,21
DBO	2	30	2
Zinc	0,031	3,94	0,075
Coliformes Totales	110000	1,8	130000
Coliformes fecales	79000	1,8	49000

Caracterización Contaminación Río San Sebastián

Resultados de monitoreo del agua del río San Sebastián, Julio 2012

DATOS MUESTREO RIO SAN SEBASTIAN JULIO 2012											
PARAMETRO	Punto de Muestreo										
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
	13°38'17 87°55'29	13°38'20 87°55'23	13°38'22 87°55'17	13°38'16 87°55'10	13°38'14 87°55'2	13°38'10 87°54'55	13°38'3 87°54'57	13°37'57 87°54'53	13°37'53 87°54'48	13°37'45 87°54'49	13°37'38 87°54'46
Resultado pH	8.35	8.4	2.815	7.132	7.2815	7.4	7.515	7.69	7.791	7.818	8.052
Boro	0,02	0,02	0,25	0,02	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
Cianuros	0,002	0,002	0,102	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Fluoruros	0,215	0,26	1,25	0,3	0,26	0,235	0,205	0,22	0,24	0,225	0,23
Hierro Total	0,145	0,1646	393,46	0,98	0,71	0,59	0,5	0,5085	0,48	0,49	0,55
Oxígeno Disuelto	9,79	No efectuado	0,8	8,66	9,86	8,22	8,39	8,04	8,26	8,38	9,6
Sólidos Sedimentables	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Sólidos suspendidos totales	6	14	121	27	16,5	13,5	15,5	12,5	10,5	10,5	17
Turbidez	4175	5565	7,4	13,3	12,4	9,3	7,25	7,2	6,45	6,8	6,75
Zinc	0,005	0,005	9,87	0,091	0,041	0,044	0,0315	0,027	0,018	0,007	0,005
Temperatura	31,4	32,1	30,2	38,2	36,3	32,7	33,6	33,8	33,9	34,8	34,9
Coliformes Fecales	780	200	1,8	400	1700	No efectuado	680	550	610	3300	450
Aluminio	0,862	1635	61,1	3055	2055	2,03	1685	1655	1,14	1,34	0,96
Cadmio	0,000196	0,000196	0,0599	0,0002	0,0002	0,000196	0,000196	0,0002	0,000196	0,000196	0,000196
Níquel	0,000468	0,000468	0,0198	0,00211	0,0016	0,0011	0,0013	0,0012	0,00102	0,00097	0,00033
Plomo	0,000214	0,000214	0,0017	0,00052	0,0002	0,000214	0,000214	0,00021	0,000214	0,000214	0,000214

Resultados de monitoreo del agua del río San Sebastián , Marzo 2013

DATOS MUESTREO RIO SAN SEBASTIAN MARZO 2013					
Parametro	Punto de Muestreo				
	L1	L2	L3	L4	L5
	13°38'17 87°55'29	13°38'22 87°55'17	13°38'14 87°55'02	13°38'03 87°54'57	13°37'53 87°54'48
Plomo	0,0002	0,0015	0,0039	0,0002	0,0010
Arsénico	0,0003	0,0959	0,0800	0,0013	0,1165
Cadmio	0,0029	0,0178	0,0416	0,0011	0,0800
Cianuros	0,044	0,002	0,002	0,014	0,020
Boro	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Nitratos	2	98	62		9
Potasio	11,2	7,1	17,8	9,8	9,2
Sodio	83	50	63	63	37
Calcio	369	156	493	275	9
Cloruros	23	6	12	7	
Magnesio	126	384	828	88	621
Sulfatos	2032	4437	5120	1220	4933
Dureza total	1443	1970	4640	1048	2580
fluor	1,9	1,0	1,3	1,0	1,3
Coliformes Totales	13000	1,8	1200	4900	49000
Coliformes Fecales	1100	1,8	400	680	3300
Bicarbonatos	44	0	0	12	0
DBO	6	14	2	2	9
Fosforo	0,2	0,3	0,1	0,1	0,0