



ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EN LA CUENCA OSTÚA-GÜIJA, CON ÉNFASIS EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS, Y LA INCIDENCIA DEL PROYECTO MINERO CERRO BLANCO.



Lago de Güija, Guatemala.

Informe elaborado por:

- Julio Roberto Luna Aroche, Ingeniero Civil, M. Sc. en Geología, Director del CESEM,
- Alan Cosillo Pinto, Ingeniero Civil, Ingeniero Geólogo, Maestría en hidrogeología y geoquímica de contaminantes y Maestría en administración de recursos naturales.
- Carla Gordillo de Marchena, Ingeniera Geóloga Minera, Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente.
- Paulo Vendrell, Ingeniería Química. Est.
- Linda Solís, Ingeniería Química y Ambiental. Est.
- Grissel Navichoque, Ingeniería Ambiental. Est.
- Luis Enrique Contreras, Ingeniero de Minas.

Guatemala, abril 2013.

Índice

I. RESUMEN EJECUTIVO	8
II. INTRODUCCIÓN	10
Justificación	10
Objetivos	10
Metodología	10
III. MARCO TEÓRICO	11
La presencia situacional del Arsénico y otros elementos, en aguas superficiales y subterráneas	12
Efectos del arsénico en la salud	13
IV. INFORMACIÓN GENERAL DEL ÁREA EN ESTUDIO	15
Localización y ubicación	15
Mapa de la cuenca	17
Geología regional	18
V. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.	19
Estudios realizados por el Plan Trifinio	19
Estudio Limnológico del Lago de Güija	22
Estudios realizados en el Área de El Salvador	24
Estudios realizados por la Empresa Entremares	27
Análisis del Informe técnico acerca de la calidad del agua en Proyecto Minero Cerro Blanco, DGM-UGSA INF-UGSA-16-04-08-10	47

VI. CONCLUSIONES.	48
VII. RECOMENDACIONES	51
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	52
IX. ANEXOS	56
ANEXO 1. Límites máximos permisibles para entes generadores	56
ANEXO 2. Cuadros	58
ANEXO 3. Fotográfico	83

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro no 1. Caracterización de la cuenca Ostúa-Güija	15
Cuadro no 2. Diagnóstico ambiental del lago de Güija con énfasis en la calidad del agua	24
Cuadro no 3. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos medidos en campo para el río angue,	25
Cuadro no 4. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos medidos en campo para el río Ostúa	25

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Mapa general del área de estudio	17
Mapa 2. Mapa de puntos importantes dentro de la cuenca ostúa-güija.	18
Mapa 3. Localización de sitios de muestreo de metales pesados muestreados	20
Mapa 4. Localización de sitios de muestreo de parámetros fisicoquímicos muestreados	21
Mapa 5. Localización de sitios de muestreo de parámetros fisicoquímicos y ambientales	23
Mapa 6. Monitoreo preliminar de la calidad del agua en los ríos ostúa, angue y san josé	25
Mapa 7. Puntos de muestreo cercanos al Proyecto Minero Cerro Blanco	27
Mapa 8. Puntos de muestreo dentro del lago de güija	28

CUADROS EN ANEXOS

Cuadro	Página
1.1 Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos	54
1.2 Valores de efluentes de descarga para la minería	57
2.1 Valores de arsénico 2.1. Valores de arsénico (Trifinio, 2008)	58
2.2 Valores de aluminio (Trifinio, 2008)	59
2.3 Valores de cinc (Trifinio, 2008)	59
2.4 Valores de manganeso (Trifinio, 2008)	60
2.5 Valores de hierro (Trifinio, 2008)	60
2.6 Valores de pH (Trifinio, 2008)	61
2.7 Valores de conductividad eléctrica (Trifinio, 2008)	61
2.8 Valores de sólidos totales (Trifinio, 2008)	62
2.9 Valores de nitritos (Trifinio, 2008)	62
2.10 Valores de nitratos (Trifinio, 2008)	63
2.11 Valores de sulfatos (Trifinio, 2008)	63
2.12 Valores de oxígeno disuelto (Trifinio, 2008)	64
2.13 Valores de coliformes fecales (Trifinio, 2008)	64
2.14 Valores de dureza (Trifinio, 2008)	65
2.15 Valores de cloruros (Trifinio, 2008)	65
2.16 Valores de fluoruros (Trifinio, 2008)	66
2.17 Valores de DBO (Trifinio, 2008)	66
2.18 Valores de DQO (Trifinio, 2008)	67
2.19 Valores de parámetros físico-químicos (López Paredes, 2008)	68
2.20 Valores de parámetros ambientales (López Paredes, 2008)	68
2.21 Variación de los valores de pH para el periodo 2008 – 2012. (Entremares)	69
2.22 Variación del contenido de arsénico para el periodo 2008 – 2012. (Entremares)	70
2.23 Variación del contenido de níquel para el periodo 2008 – 2012. (Entremares)	71
2.24 Variación del contenido de Cinc para el periodo 2008 – 2012 (Entremares)	72
2.25 Variación del contenido de Cianuro para el periodo 2008 – 2012 (Entremares)	73
2.26 Promedio de los resultados de calidad del agua de descarga de abril 2011 a diciembre de 2012 (Entremares)	74
2.27 Caracterización del lixiviado de lodos del año 2012, en Proyecto Minero Cerro Blanco (mg/L) (Entremares)	74
2.28 Descripción de las estaciones de muestreo. (DGM-UGSA)	75
2.29 pH de campo en estaciones de agua superficial (en unidades estándar) (DGM-UGSA)	75
2.30 Temperatura en estaciones de agua superficial (en °C) (DGM-UGSA)	76

2.31 Conductividad en estaciones de agua superficial (en $\mu\text{S}/\text{cm}$) (DGM-UGSA)	76
2.32 Sólidos suspendidos totales en estaciones de agua superficial (en mg/L) (DGM-UGSA)	76
2.33 Grasas y aceites totales en estaciones de agua superficial (en mg/L) (DGM-UGSA)	77
2.34 Alcalinidad en estaciones de agua superficial (DGM-UGSA)	77
2.35 Nitrógeno de nitritos y nitratos en estaciones de agua superficial (en mg/L) (DGM-UGSA)	77
2.36 Fósforo total en estaciones de agua superficial (en mg/L) (DGM-UGSA)	78
2.37 Sulfato disuelto en estaciones de agua superficial (en unidades estándar) (DGM-UGSA)	78
2.38 Demanda química de oxígeno en estaciones de agua superficial (en unidades estándar) (DGM-UGSA)	78
2.39 Arsénico total en estaciones de agua superficial (en mg/L) (DGM-UGSA)	79
2.40 Cadmio total en estaciones de agua superficial (en mg/L) (DGM-UGSA)	79
2.41 Cromo total en estaciones de agua superficial (en unidades estándar) (DGM-UGSA)	79
2.42 Plomo total en estaciones de agua superficial (en mg/L) (DGM-UGSA)	79
2.43 Mercurio total en estaciones de agua superficial (en $\mu\text{g}/\text{L}$) (DGM-UGSA) Cianuro WAD en estaciones de agua superficial (en mg/L) (DGM-UGSA)	80
2.44 Descripción de puntos de muestreo. (DGM-UGSA, 2011)	80
2.45 Especies inorgánicas de nitrógeno en la estación SW7 (en mg/l) (DGM-UGSA, 2011)	81
2.47 Resultados de análisis de blanco de metales totales (DGM-UGSA, 2011)	82

SIGLAS Y ABREVIATRUSAS

CEL	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa
COGUANOR	Comisión Guatimalteca de Normas
DBO	Demanda biológica de oxígeno
DGM	Dirección General de Minería
DQO	Demanda química de oxígeno
LMP	Límites máximos permisibles
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
MEM	Ministerio de Energía y Minas de Guatemala
mg/L	miligramos por litro
NGO	Norma Guatimalteca Oficial
NM	No muestreado
OEA	Organización de Estados Americanos
PDDH	Procuraduría de los Derechos Humanos de El Salvador
pH	Potencial de hidrógeno
UCA	Universidad Centroamericana del El Salvador

I. RESUMEN EJECUTIVO

En el presente documento se hace un análisis del estado ambiental de la cuenca Ostúa-Güija ubicada en el oriente de la República de Guatemala, con el propósito de evaluar la situación ambiental de la cuenca del lago de Güija y sus afluentes.

Este estudio se realiza con base a una solicitud del Ministerio de Energía y Minas (MEM) para tener una síntesis de la información, principalmente química y geoquímica de aguas dentro de la cuenca Ostúa-Güija. La solicitud del MEM responde a las inquietudes que tiene la comunidad salvadoreña respecto a la incidencia que tiene el Proyecto Minero Cerro Blanco a las aguas del Lago de Güija.

Se realiza un análisis de los informes elaborados por varias investigaciones, tomando en cuenta la incidencia del Proyecto Minero Cerro Blanco. Entre los documentos analizados se encuentran los elaborados por la Comisión del Plan Trifinio, entidades gubernamentales y empresas privadas, adicionalmente el equipo de trabajo realizó una visita técnica al área en estudio.

Las principales conclusiones obtenidas del presente estudio son las siguientes:

- Los valores anómalos de arsénico y otros elementos son parte del fondo natural (línea base) de la composición del agua y no del resultado de contaminación antrópica. Así mismo, los valores de hierro sobrepasan los límites del Banco Mundial en 8 puntos de muestreo en diferentes meses del año (Trifinio, 2008).
- Los parámetros fisicoquímicos de las condiciones del agua en el lago de Güija, de calidad de agua: temperatura, oxígeno disuelto y concentración de iones hidrógenos, se encuentran dentro de los rangos aceptables por la vida ictica; sin embargo, la demanda bioquímica del oxígeno, el grupo coliformes totales y fecales se encuentra por encima de los límites máximos permisibles recomendados por COGUANOR , por lo que el agua del lago no es recomendable para el consumo humano sin previo tratamiento.
- La determinación del estado trófico del lago de Güija en un estudio de ocho meses determinó que el mismo se encuentra en estado de incipiente eutrofización
- Mediante muestreos de agua se ha comprobado que el proceso de remoción de arsénico instalado es exitoso quedando las descargas de agua muy por debajo de las normas MARN (2006) y del Banco Mundial. La entrada del agua a la planta de tratamiento es de 0.47 mg/L en promedio, y las descargas de la salida de la planta es de 0.05 mg/L en promedio. Se puede considerar la eficiencia de remoción de la planta es del 90%.

- Los sistemas de saneamiento, agua potable y drenajes en el área de la cuenca Ostúa-Güija en ambos países son deficientes o inexistentes y como resultado se tiene el enriquecimiento de nutrientes tales como fósforo, nitrógeno y potasio lo cual eleva la eutrofización incipiente del lago de Güija como consecuencia disminuye la calidad del agua, tanto para la vida acuática como para la vida humana.
- Los análisis de Proyecto Minero Cerro Blanco presentados por López,(2010) y Robinson (2012) se basan exclusivamente en el estudio de impacto ambiental aprobado en el año 2007, sin embargo, al proyecto minero le han aprobado varios instrumentos ambientales adicionales: por ejemplo el estudio de impacto ambiental para la disposición de lodos de la planta de tratamiento de agua (Entremares, 2011). Así mismo, gran parte de la discusión de López y Robinson se basa en cuestiones técnicas puntuales que pueden ser resueltas a requerimientos del MARN o del MEM, y en cuanto al tratamiento de arsénico básicamente fue solucionado con la planta de tratamiento que está funcionamiento en el proyecto.
- A pesar de ser el lago de Güija es un recurso binacional El Salvador ha hecho uso extensivo del agua del lago por tener una mayor extensión dentro de soberanía salvadoreña, como ejemplo se tiene el proyecto hidroeléctrico Guajoyo hidroeléctrica, que utiliza un caudal 26.3 m³/seg. (CEL, 2013).
- En los acuerdos del plan Trifinio (OEA, 1993), se considera que el desarrollo de la minería es parte del desarrollo económico trinacional de la cuenca, y resalta a los minerales preciosos como parte del potencial de desarrollo de la zona, de tal forma que los acuerdos del plan trifinio no están en conflicto con el desarrollo del sector minero.

II. INTRODUCCIÓN

El presente documento está orientado a analizar el estado ambiental de la cuenca Ostúa-Güija, ubicada en el Oriente de República de Guatemala, se realiza un análisis de la documentación relacionada a la situación medioambiental del área que comprende el Proyecto Minero Cerro Blanco y su posible proyección en la Cuenca del Lago de Güija y sus afluentes. En el anexo 4 se presenta una reseña de la visita realizada el día 20 de marzo de 2013 a las instalaciones del proyecto minero Cerro Blanco.

En el análisis de los parámetros fisicoquímicos se requiere de la revisión de los diferentes documentos técnicos realizados por parte de Guatemala y algunos de El Salvador, estos documentos han sido desarrollados a través del trabajo del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Ministerio de Energía y Minas (MEM) y por Entremares de Guatemala S.A. del Proyecto Minero Cerro Blanco, además de documentos realizados por UCA y HOLCIM de El Salvador y otros.

Justificación

Con base a una solicitud del Ministerio de Energía y Minas (MEM) se realiza el presente informe para tener una síntesis de la información, principalmente química y geoquímica de aguas dentro de la cuenca Ostúa-Güija. La solicitud del MEM responde a las inquietudes que tiene la comunidad salvadoreña respecto a la incidencia que tiene el Proyecto Minero Cerro Blanco a las aguas del Lago de Güija.

Objetivos

El objetivo de este documento es evaluar y analizar la información las aguas superficiales y subterráneas del área de estudio, respecto a posibles contaminantes y otros factores que puedan afectar a la calidad de las aguas, a través de los documentos científico-técnicos existentes realizados sobre el área de estudio.

Metodología

El presente trabajo se realizó con un grupo multidisciplinario de profesionales que aportaron sus distintos puntos de vista y experiencia en la temática, lo que contribuyó al enriquecimiento del mismo.

La metodología que se utilizó para la realización de este informe aportó un valor agregado al sintetizar el conocimiento del área en estudio. Las actividades realizadas fueron las siguientes:

- Identificar según documentos técnicos oficiales si existen o no parámetros químicos y físicos que afecten el equilibrio ambiental del área que abarca el proyecto minero Cerro Blanco.
- Analizar los resultados de las diferentes investigaciones que tienen relación con la contaminación del Lago de Güija.
- Análisis de información, principalmente en el área geología minera, hidrogeología y química.
- Visita de campo al área de estudio
- Diagnóstico de la información existente
- Preparación de un documento que sintetice la información existente.
- Elaborar y presentar un documento con los resultados de la investigación.

III. MARCO TEÓRICO

El agua, ha de considerarse desde tres aspectos importantes: como un recurso, como un receptor de residuos y como un ecosistema. Desde el punto de vista: Recurso; debe ser inventariada fundamentalmente en términos de calidad y cantidad en función al uso que se le destine. La calidad del agua se define como producto de dos acciones predominantes: 1) las actividades antrópicas; 2) interacción en el espacio y en tiempo, la dinámica del ciclo hidrológico.

Una cuenca hidrográfica es el área geográfica donde el agua que llega mediante la lluvia, drena en un punto común, un río, un lago o hacia la mar, definida por una divisoria de aguas mediante los límites de altitud en las montañas. En las cuencas hidrográficas se identifican tres áreas donde la influencia del agua es diversa, aunque mantiene cierta relación e interconexión entre ellas: la parte alta, media y baja.

Todos los elementos esenciales que el ser humano necesita derivan en principio del geoambiente, y la cantidad de ellos presente en los alimentos depende de: esa porción que son liberados al ambiente a través de procesos mecánicos, químicos o biológicos y que pueda ser asimilada por el hombre. Esto define que para comprender los efectos a la salud es necesario: a) conocer las características geológicas, mineralógicas y químicas de la ocurrencia de estos elementos en la corteza; b) entender los procesos geoquímicos y bioquímicos de controlan su movilidad en el ambiente.

La presencia situacional del Arsénico y otros elementos, en aguas superficiales y subterráneas

Este elemento está presente en elevadas concentraciones en extensas regiones del mundo. El arsénico se encuentra en el ambiente en forma natural y su abundancia en la corteza terrestre es de $1,8\text{mg kg}^{-1}$, para la corteza continental. (Talyor y McLennan, 1985). Se le encuentra también como producto de la actividad industrial y antropogénica (Mandal y Suzuki, 2002).

El arsénico se encuentra en aguas naturales en variables concentraciones. Las concentraciones de arsénico comúnmente son expresadas en mg/l. El arsénico puede llegar al agua por vía natural; por ejemplo: ascenso de fluidos magmáticas e hidrotermales, emisiones volcánicas a la atmósfera, disolución de minerales con arsénico durante la meteorización; y antropogénica; uso de plaguicidas y preservantes de madera (arsenato de cobre y cromo), minería, procesos metalúrgicos, combustión de combustibles fósiles (Ferreccio et al 2000, Cáceres et al 1992).

El agua con altos contenidos de arsénico se presentan en forma de halos de dispersión bien definidos y focalizados en manifestaciones termales. La dispersión a través de las aguas superficiales juega un papel preponderante, además de las características geográficas, geológicas y climáticas del área.

Es de suma importancia el conocimiento detallado de una Cuenca, ya que una cuenca endorreica, puede acabar formando salares en su parte central, contrariamente, una cuenca abierta permitirá que las aguas circulen hacia la costa.

En muchas regiones de Sudamérica por ejemplo: Argentina y Chile; el origen del arsénico en el agua es de origen natural y está relacionado con vulcanismo y actividad hidrotermal. A la altura de la ciudad de la Serena, Chile, presenta numerosas manifestaciones termales y se evidencia una huella hidroquímica enriquecida con arsénico y concentraciones de flúor y boro, entre otros elementos.

El contexto hidrogeológico de una región, presentara variaciones temporales de la concentración de arsénico y otros elementos, como respuesta a la disolución por precipitación o entrada de aguas superficiales. Una huella hidroquímica se asocia arsénico-boro-flúor y se complementa con valores de molibdeno, bario, V, alta temperatura y alta salinidad. La movilidad del arsénico está condicionada por las condiciones redox y el pH. Esta combinación de aportes revela una diversidad; geología compleja; cuencas bien desarrolladas y extensas; manifestaciones hidrotermales; meteorización de capas de ceniza volcánica intercaladas con series sedimentarias; se postula el origen primario del arsénico en relación con la actividad hidrotermal y volcanismo cuaternario, fluctuaciones climáticas alterando épocas áridas y semiáridas con húmedas; influyen en la distribución de aguas superficiales y niveles freáticos. El papel del agua en el transporte del arsénico y otros

elementos es esencial para la distribución espacial del mismo y la interconexión entre la parte alta de cuenca, media y baja. La interacción con el medio geológico les proporciona una huella hidroquímica distintiva de la región. Se deberá tomar en cuenta las rocas base de una región, ya que pueden contener minerales con cantidades importantes de arsénico de forma natural. Esto demuestra la complejidad extrema sobre la determinación de su presencia y predicción.

Efectos del arsénico en la salud

La principal ingesta de arsénico proviene de los alimentos y el agua de bebida (Mandal y Susuki, 2002) y por inhalación por vía respiratoria también puede ocurrir. En áreas con aguas arsenicales es común observar vegetales con altas concentraciones de As y efectos en ganado.

El arsénico (As) se encuentra en los ambientes naturales en cuatro estados de oxidación: As (V), As (III), As (0), y As (-III). Además las especies formadas según su estado de oxidación son varias y pueden ser de origen orgánico e inorgánico. Pueden existir, en condiciones muy extremas, especies volátiles trimetil y dimetil arsina, que son producidas por transformaciones aeróbicas/anaeróbicas, de carácter muy tóxicas (Mandal y Susuki, 2002).

La movilidad y la toxicidad del Arsénico depende de su forma y estado de oxidación, razón por la cual no solo es necesario la determinación total del mismo sino también su especiación y conocer la concentración de cada una de las especies presentes (Mandal y Susuki, 2002).

Los efectos toxicológicos del arsénico aun no son bien conocidos y de hecho hay importantes controversias sobre su transferencia al hombre así como sus efectos. (BEST, 2001, Mandal y Susuki, 2002). Esta situación debida a la dificultad de los estudios por el prolongado tiempo de exposición, las diferencias en concentraciones de Arsénico y la presencia de otros elementos traza en el agua, exposición al sol, hábitos alimenticios, etc. Los efectos en humano a una exposición crónica al As puede causar una variedad de problemas a la salud de las personas: problemas respiratorios, cardiovasculares, gastrointestinales y efectos cancerígenos. Pueden encontrarse en la cadena alimenticia humana a través de plantas y animales (peces, frutas y vegetales) contienen As orgánico (menos tóxico) y solamente el 10% de Arsénico inorgánico (mayor toxicidad); aunque otros alimentos como leche, cereales y carne de cerdo presentan una situación invertida en cuanto la concentración de Arsénico.

El tiempo de residencia en el cuerpo del arsénico inorgánico es de unos cuatro días y solo a través de una larga exposición a la ingestión, sus efectos aparecen de 5 a 15 años. Análisis con animales en laboratorio indican que el Arsénico trivalente es más tóxico que el pentavalente debido a que este último, tiene menor efecto en actividades enzimáticas. La

toxicidad del Arsénico depende del estado de oxidación, estructura química y solubilidad en el medio biológico.

Fluorosis dental en el caso del flúor, se ha demostrado que hay una condicionante importante a partir de minerales derivados de rocas ígneas y metamórficas, procesos de disolución e intercambio iónico pueden aportar Flúor al agua (Villalba, 1999). El arsénico y el Flúor presentan normalmente una afinidad geoquímica y favorecen su movilización.

IV. INFORMACIÓN GENERAL DEL ÁREA EN ESTUDIO

Localización y ubicación

El área en análisis se encuentra dentro el área de influencia de la cuenca del lago de Güija y ríos tributarios: río Ostúa, Angue, Cusmapa, San José y río Drenaje.

El área que cubre la Cuenca de Ostúa-Güija de la Región de Guatemala, está comprendida por parte de cuatro Departamentos: Chiquimula, Jalapa, Jutiapa y Santa Rosa. En el cuadro se determina que el área que ocupa Guatemala de la cuenca 223833 Ha, mientras que el área de asunción mita representa el 22.67% de la cuenca Ostúa-Güija.

Cuadro No 1. Caracterización de la Cuenca Ostúa-Güija

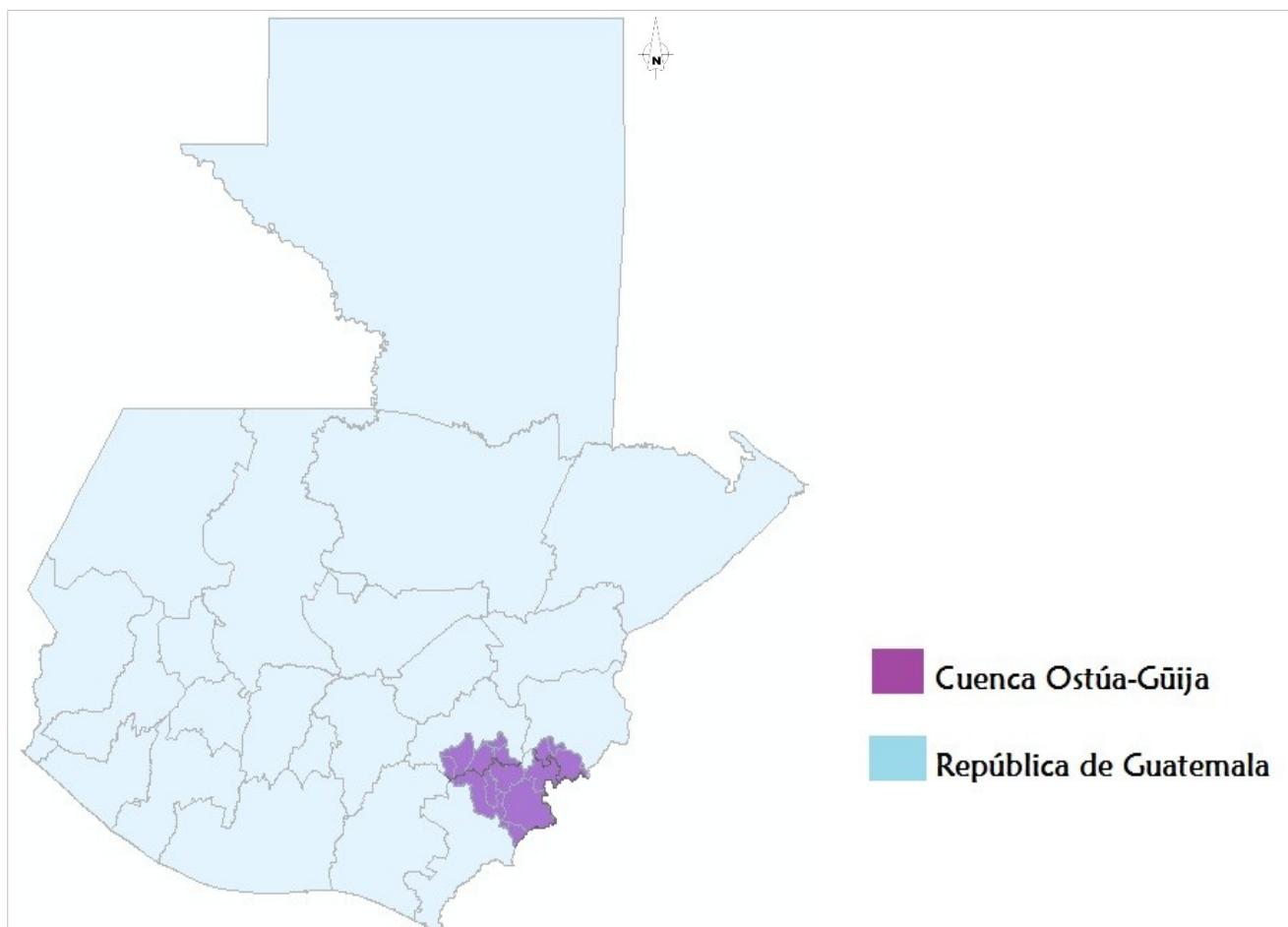
RÍO OSTÚA GÜIJA						
Departamento	Código	Municipio	Área (Ha)	Área (%) Respecto A La Cuenca	No De Poblados	Población
Chiquimula	2007	Esquipulas	448	0.2	0	0
	2008	Concepción Las Minas	19272	8.61	64	9099
	2009	Quetzaltepeque	4320	1.93	18	1660
	2011	Ipala	8394	3.75	30	5592
Chiquimula Total			32434	14.49	112	16351
Jalapa	2101	Jalapa	18757	8.38	16	1402
	2102	San Pedro Pinula	5059	2.26	8	1750
	2104	San Manuel Chaparrón	8259	3.69	19	4527
	2105	San Carlos Alzata	6290	2.81	23	8758
	2106	Monjas	14415	6.44	41	18994
Jalapa Total			52780	23.58	107	35431

Jutiapa	2201	Jutiapa	29322	13.1	79	46477
	2202	El Progreso	10005	4.47	32	16499
	2203	Santa Catarina Mita	19697	8.8	53	21207
	2204	Agua Blanca	19944	8.91	69	9855
	2205	Asunción Mita	50631	22.62	119	37234
	2206	Yupiltepeque	1433	0.64	7	2107
	2207	Atescatempa	7005	3.13	29	10108
	2208	Jerez	134	0.06	0	0
Jutiapa Total			138171	61.73	388	143487
Santa Rosa	604	Casillas	448	0.2	6	1202
Santa Rosa Total			448	0.2	6	1202
Río Ostúa Güija Total			223833	100	613	196471

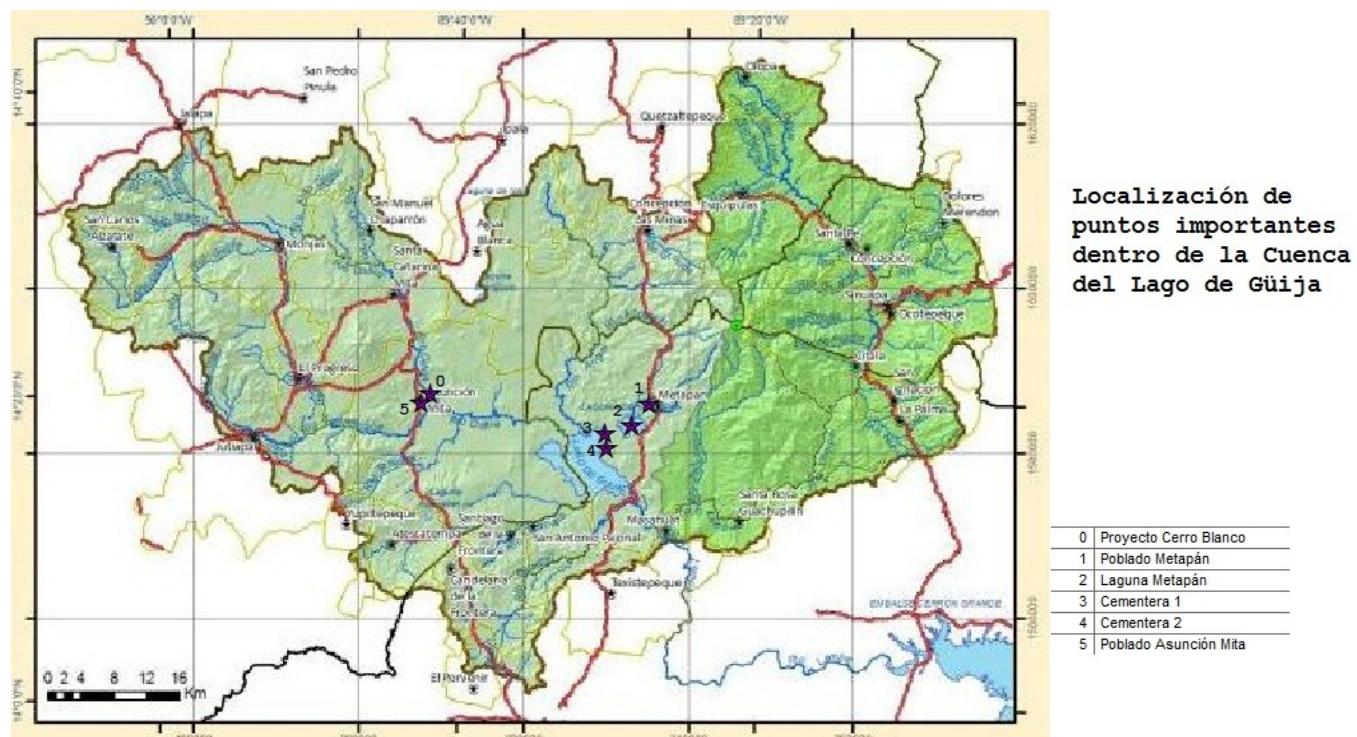
Fuente: (Fajardo, sf).

Mapa de la cuenca

En el mapa No. 1 se muestra el área de la cuenca Ostúa-Güija, se observa la República de Guatemala y área de la cuenca perteneciente al país de Guatemala. Dentro de la cuenca se localizan puntos importantes que influyen en las aguas dentro del área de estudio, en el mapa No. 2 se visualiza seis puntos importantes de muestreo para las diferentes investigaciones dentro de la cuenca Ostúa-Güija.



Mapa 1. Mapa General del área de estudio



Mapa 2. Mapa de puntos importantes dentro de la cuenca Ostúa-Güija. Fuente: Comisión Trinacional Plan Trifinio, 2008. Localización de puntos importantes dentro de la Cuenca, elaboración propia

Geología regional

Desde el punto de vista geológico es una zona de origen volcánico, especialmente de tipo ignimbítico, lavas de composición dacítica – riolítica, basaltos y felsitas. El vulcanismo en la región está relacionado a erupciones fundamentalmente basálticas. Además lo conforman rocas intrusivas, las cuales se encuentran fracturadas y altamente meteorizadas que forman parte del Grupo Padre Miguel.

Se ubican los volcanes: Mita, San Diego, Cerro Quemado, El Tule, El Puente, Mazatepeque, Suchitán, Ipala, Chingo. En el área se presentan manifestaciones hidrotermales actuales. Se considera que el origen del lago de Güija se debe al represamiento de los ríos Angue y Ostúa, provocado por las erupciones de los volcanes cercanos al mismo.

V. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

A continuación se presentará un análisis de los principales estudios realizados en el área en estudio y cuadros de resultados, de muestreos de aguas superficiales y subterráneas. Los cuadros se muestran en el anexo 2.

Estudios realizados por el Plan Trifinio

En el documento realizado por la Comisión Trinacional del Plan Trifinio, se hicieron varios muestreos en diferentes puntos a lo largo de la cuenca del río Lempa en el año 2008, estos valores son referenciados con los valores de efluentes de descarga para la minería, del Banco Mundial y los límites máximos permisibles para entes generadores de Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos de Guatemala. Los puntos de muestreo fueron los ríos Angue, San José, Lempa, Ostúa, lago de Güija en distintos puntos y laguna Metapán.

Respecto a los valores de potencial de hidrógeno (pH) en las muestras de agua no se encontraron variaciones en las diferentes fechas en que fueron tomadas las muestras, se puede decir que no existe una alteración en este caso referenciados con los valores del Banco mundial. (Anexo 2, cuadro 2.6). El pH es una unidad de medida del grado de acidez ó alcalinidad que posee el agua. La escala de pH va desde 0 a 14, siendo el 0 la condición más acida, el 14 el más alcalino y el 7 el valor neutro. El agua naturalmente es neutra y posee un valor de alrededor de 7.

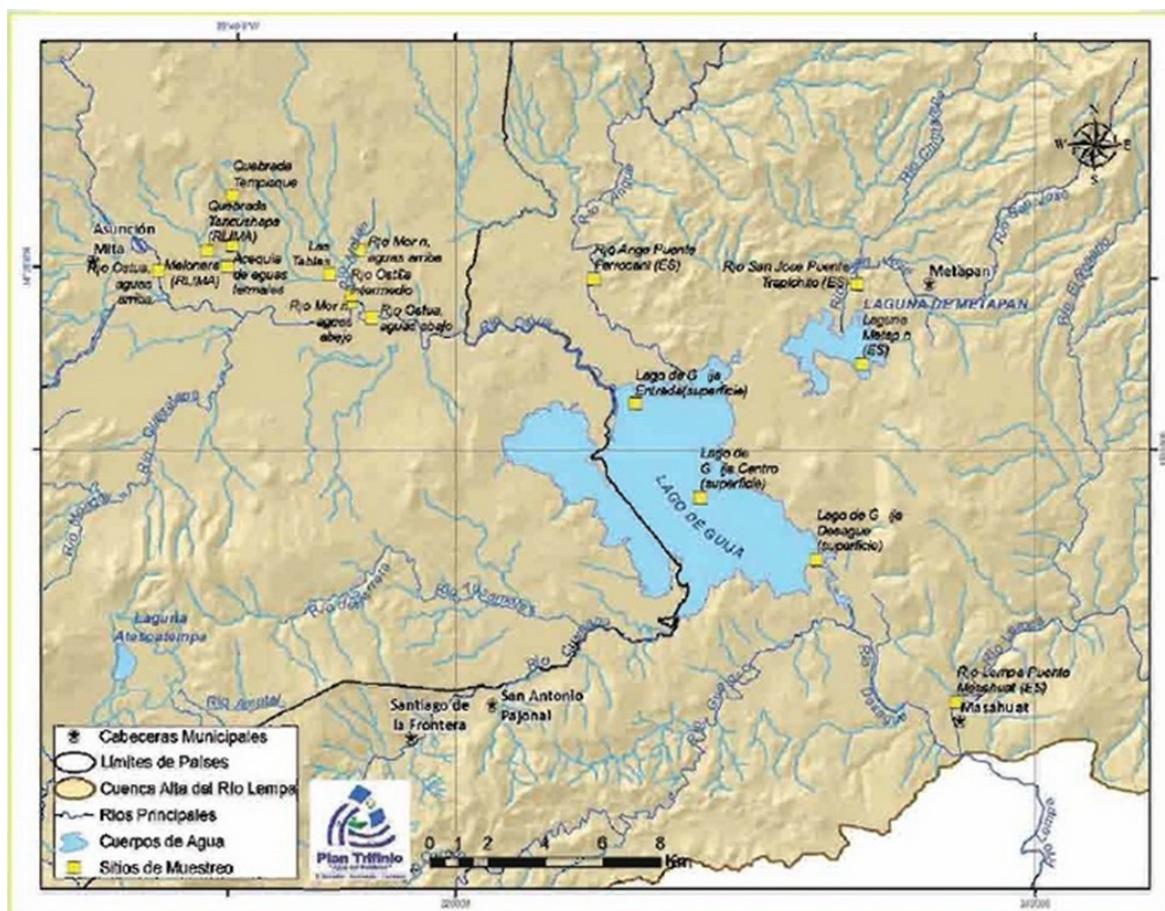
Para los valores en la demanda química de oxígeno (DQO) se encuentran alteraciones en los puntos de muestreo del río San José, puente Trapichito, río Lempa Puente Masahuat y en el río Ostúa Agua arriba, estos valores sobrepasan los límites del Banco Mundial. El DQO es la cantidad de oxígeno requerida para estabilizar químicamente la materia orgánica presente en el agua. (Anexo 2, cuadro 2.18)

Para la demanda biológica de oxígeno (DBO), se encuentra sobre el límite en el muestreo del río San José puente Trapichito. Con este parámetro se puede determinar el grado de contaminación de una corriente y la capacidad de depuración de las aguas. Respecto a esto se puede concluir que existe un grado de contaminación de DBO y DQO en el Río San José principalmente. (Anexo 2, cuadro 2.17).

Los valores de arsénico sobrepasan los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 (MARN, 2006) en el río Ostúa aguas abajo, en el mes de diciembre, y en Acequia de aguas termales en dos diferentes fechas en el año. Así mismo, los valores de hierro sobrepasan los límites del Banco Mundial en 8 puntos de muestreo en diferentes meses del año. El hierro provoca problemas de color e incrustaciones en las tuberías, en cantidades excesivas se le considera sustancias indeseable; generalmente el color rojizo o amarillento. (Anexo 2, cuadro 1.1)

En la investigación no se encuentran alteraciones en los valores de Cinc en ningún punto de muestreo. (Anexo 2, cuadro 2.3). Sobrepassan los límites también el hierro y los sólidos totales, sin embargo existen elementos y compuestos como el manganeso y sulfatos que no pueden referenciarse con los valores del banco mundial y del MARN (2006).

Según este documento desde el año 2008, existen altos niveles de Arsénico en las aguas que van a desembocar al lago de Güija lo que quiere decir que los niveles de contaminación por este compuesto no son recientes sino que llevan más de 5 años presentes en el agua. Los niveles de contaminación sin embargo son evidentes, lo que desde ya causa alteraciones en el sistema hídrico de la cuenca del río Ostúa.

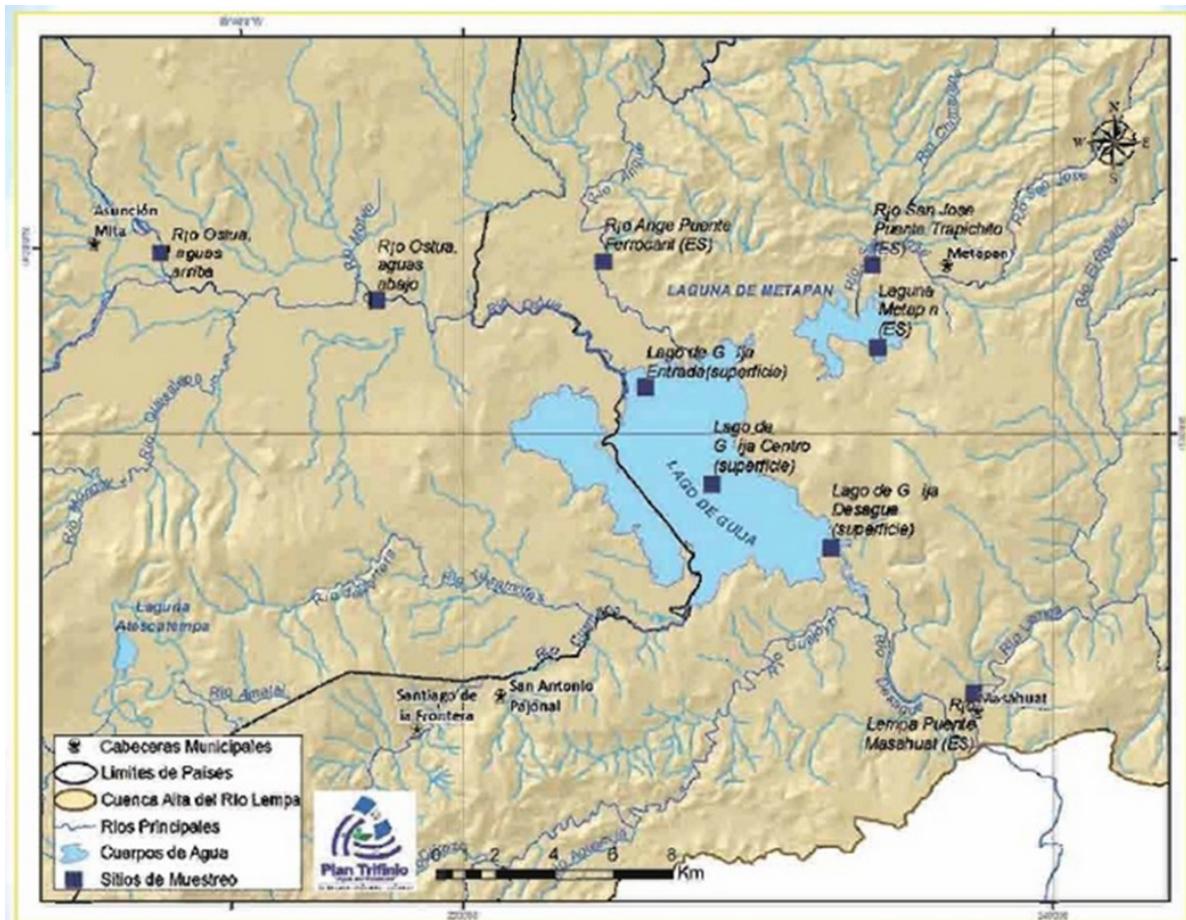


Mapa 3. Localización de sitios de muestreo de metales pesados muestreados. Fuente: Plan Trifinio, 2008.

En el mapa No. 3 se muestran puntos de muestreo de metales pesados dentro de la cuenca Ostúa-Güija, realizados en coordinación con el Ministerio de Ambiente y Recursos

Naturales de Guatemala y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador.

Con respecto a los valores de parámetros fisicoquímicos muestreados durante el año 2008, por la Comisión Trinacional del Plan Trifinio, estos fueron medidos por el MARN de Guatemala. Los parámetros no cumplen con los límites permisibles del país, estos son: pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, sólidos totales, nitratos y sulfatos. (Anexo 2, 2.1)



Mapa 4. Localización de sitios de muestreo de parámetros fisicoquímicos muestreados. Fuente: Plan Trifinio, 2008.

En el mapa No. 4 se muestran los puntos de muestreo de parámetros físico-químico medidos durante el año 2008, estudio realizado por la Comisión Trinacional del Plan Trifinio, en coordinación con el MARN de Guatemala.

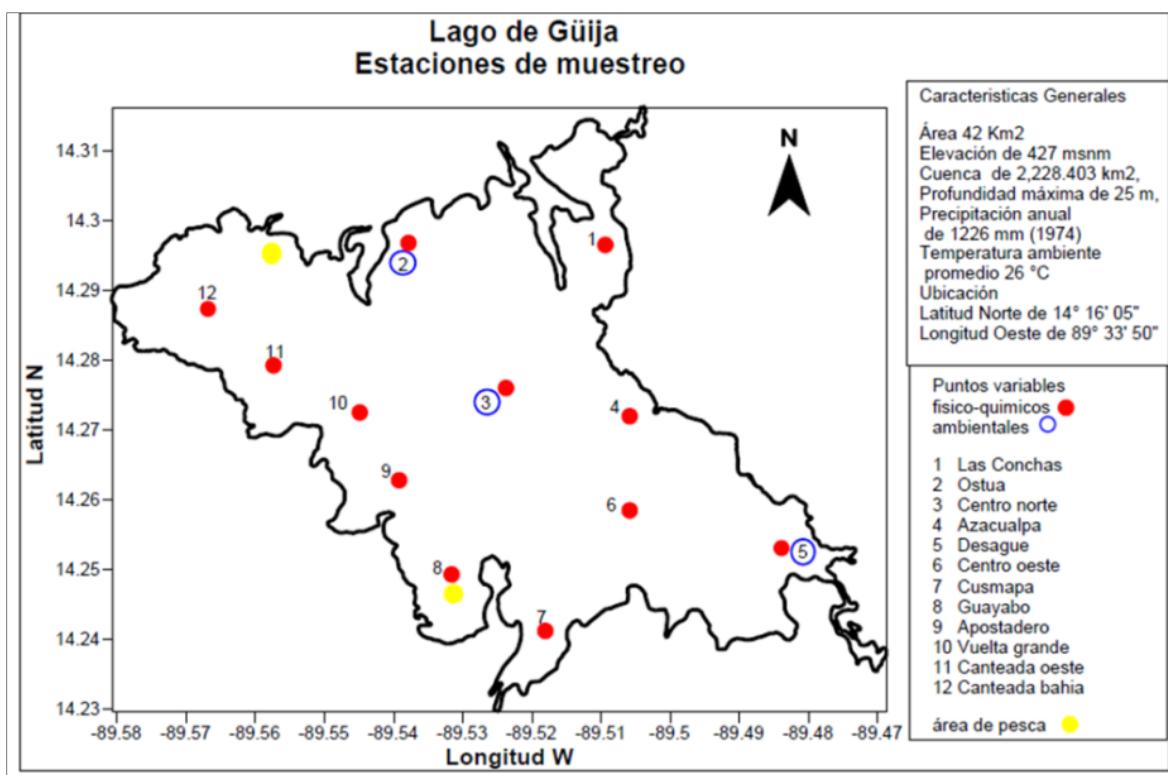
Estudio Limnológico del Lago de Güija

Estudio Limnológico del lago de Güija determinación de su estado de explotación. Guatemala CONCYT, realizado por Ing. Luis Arturo López Paredes, agosto del 2008. 113p. Estudio que presenta las características y condiciones de explotación del Lago de Güija. Los rangos de las variables fisicoquímicas de calidad de agua, temperatura, oxígeno disuelto y concentración de iones hidrógenos, se encuentran dentro de los rangos aceptables por la vida ictica.

La demanda bioquímica del oxígeno DBO, el grupo Coliformes totales y fecales se encuentra por encima de los LMP recomendados por COGUANOR Norma No. NGO-29-001, por lo que el agua del lago no es recomendable para el consumo humano sin previo tratamiento.

La concentración de metales pesados en agua se encuentra a niveles inferiores al límite máximo permisible, LPM recomendado por la norma COGUANOR para agua potable.

La determinación del estado trófico del lago de Güija no puede ser tomada como definitiva, pues el número de estaciones monitoreadas y los resultados obtenidos durante el presente estudio son limitados. Sin embargo puede considerarse como un cuerpo de agua con inicios de eutrofización. En las fotografías del anexo 4 tomadas durante la visita de campo realizado por el grupo de profesionales al área del presente estudio, se puede observar el estado del lago.



Mapa 5. Localización de sitios de muestreo de parámetros fisicoquímicos y ambientales. Fuente: CONCYT, agosto 2008.

En el mapa no. 5 se muestran todos los sitios de muestre para los parámetros fisicoquímicos y ambientales, tomados en cuenta en el estudio realizado durante los años 2007-2008, en el estudio limnológico, descrito anteriormente.

Estudios realizados en el Área de El Salvador

Informe de estudios sobre humedales en Metapán.

Convenio para la investigación aplicada en ciencias e ingeniería entre UCA y HOLCIM marzo 2012. En este estudio se realizaron 4 investigaciones analizadas a continuación:

1. Diagnóstico ambiental del lago de Güija con énfasis en la calidad del agua

Según la investigación 1, en julio de 2007 se realizó un diagnóstico ambiental de la del lago de Güija por HOLCIM-UCA de parte de El Salvador. Los estudios que se realizaron en el lago de Güija presentaron niveles altos de hierro según los valores límites del Banco Mundial y no se detectaron niveles de Arsénico. Además de evidenciar la degradación de la calidad del agua que existía en ese año en el lago de Güija debida a las condiciones socioeconómicas de ese territorio indica la existencia de problemas ambientales.

Cuadro No 2. Diagnóstico ambiental del Lago de Güija con énfasis en la calidad del agua

Sustancia	Concentración (mg/l)
Arsénico	ND
Hierro	3.35

Fuente: HOLCIM, 2012.

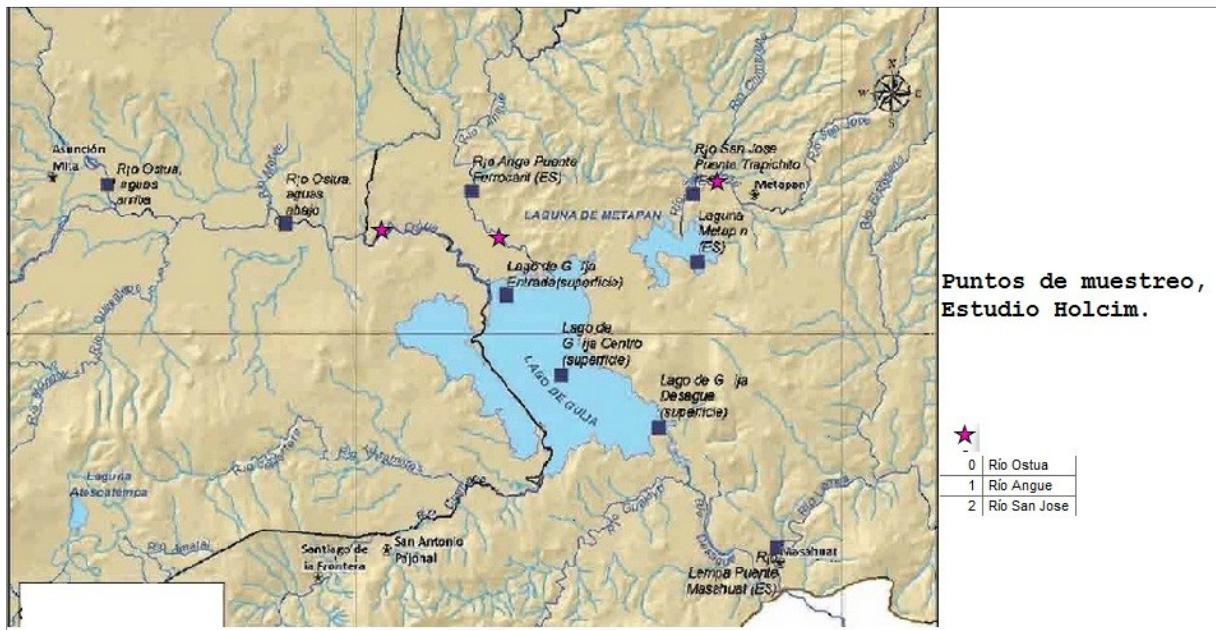
2. Monitoreo preliminar de la calidad del agua en los ríos Ostúa, Angue y San José

La investigación 2 realizada en marzo de 2008 se hicieron estudios de la calidad del agua En los ríos Ostúa, Angue y San José y se detectaron niveles que sobrepasan los valores del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 en sólidos suspendidos y cromo, esto en realidad si genera un impacto significativo en el agua puesto que este recurso ya no puede usarse para ciertas actividades si presenta estos niveles contaminación.

Sin embargo cualquier análisis que se le haga a los datos que presenta esta investigación no es concluyente puesto que el muestreo no representa una cantidad de datos significativa.

A pesar de esto los muestreos son puntuales y presentan niveles de contaminación que pasan los límites de las normas.

Todos estos ríos claramente presentan un deterioro ambiental en factores de temperatura del agua, pH, sólidos totales, coliformes totales y fecales y DQO. El mapa No. 6 muestra los puntos de muestreo, para el monitoreo preliminar de la calidad del agua de los ríos: Ostúa, Angue y San José, realizados en el año 2008 por Holcim- UCA.



Mapa 6. Monitoreo preliminar de la calidad del agua en los ríos Ostúa, Angue y San José. Fuente: Plan Holcim-Uca, 2008

Cuadro No 3. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos medidos en campo para el río Angue

DQO	DBO	SÓLIDOS SUSPENDIDOS	CROMO	temperatura	pH
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	°C	
28.7	1.71	69.44	0.03	29	6.4

Fuente: HOLCIN, 2012.

Cuadro No 4. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos medidos en campo para el río Ostúa

DQO	DBO	SÓLIDOS SUSPENDIDOS	CROMO	pH
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
47.7	3.1	153.2	0.02	6.7

Fuente: HOLCIN, 2012.

3. Caracterización de las aguas residuales vertidas al río San José por la ciudad de Metapán

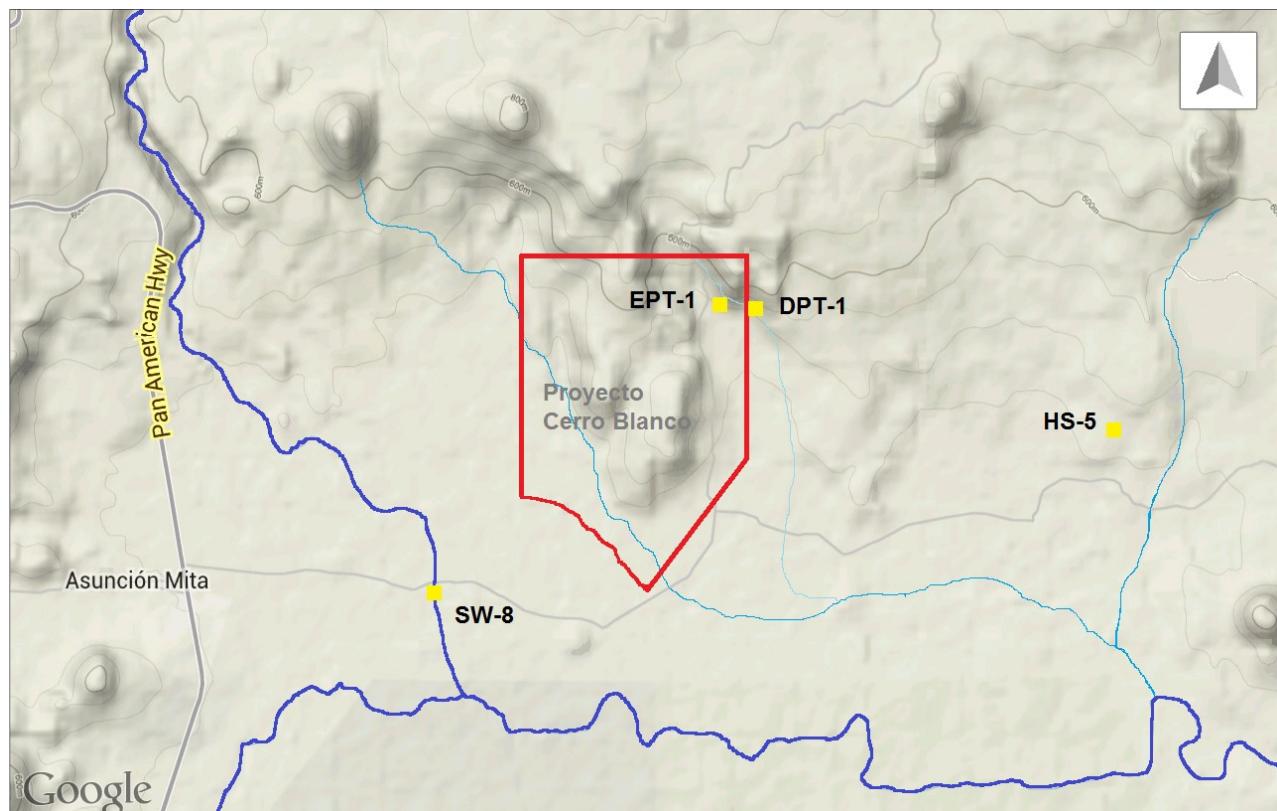
En mayo de 2009 se realizó el monitoreo al río San José al cual desembocan las aguas residuales de la ciudad de Metapán y este a su vez desemboca en la laguna de Metapán. Es por ello que este río presenta deterioro ambiental y se debe principalmente a factores antropogénicos. Y la mayoría de los factores fisicoquímicos que se analizaron en la investigación 3 para el río San José no cumplen con la normas.

4. Identificación de las fuentes de contaminación y material sedimentable de la laguna de Metapán

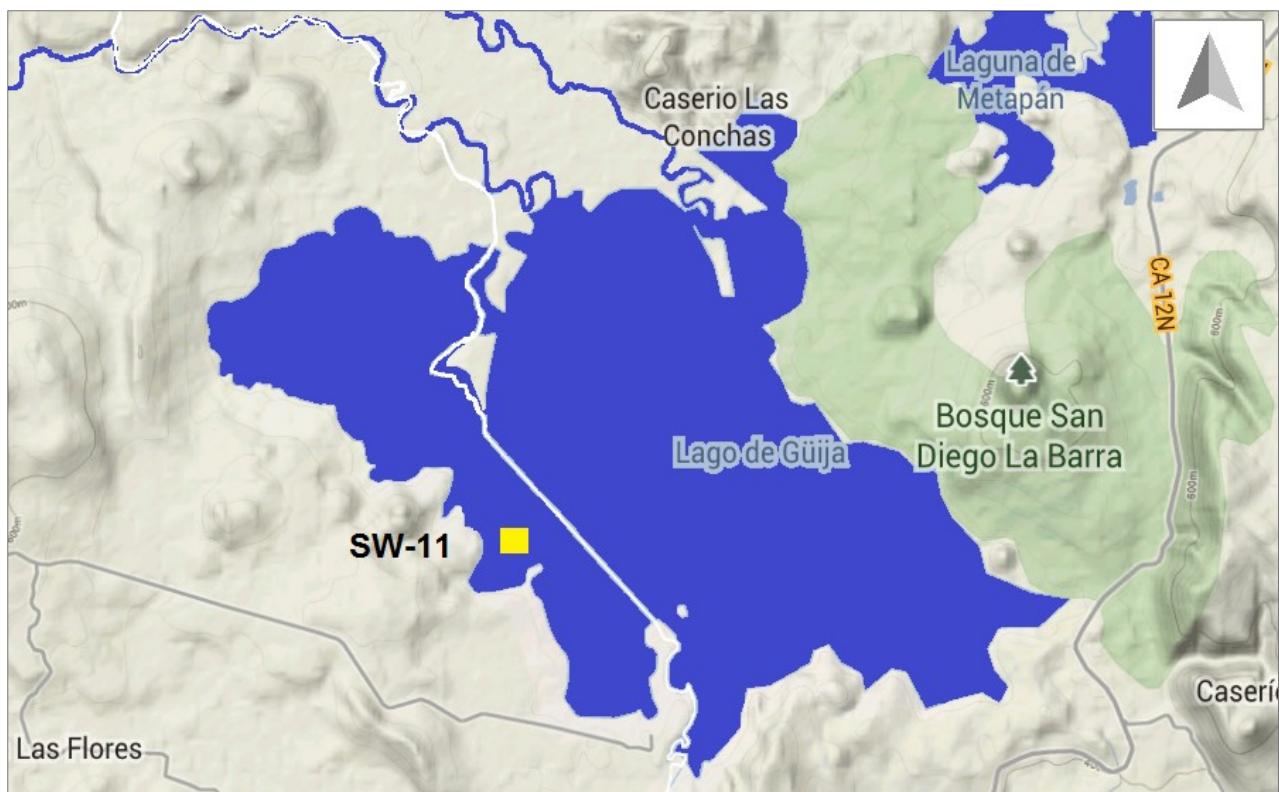
Este estudio fue realizado en octubre de 2011 y se evidencia varios factores de contaminación como lo son el río San José, la extracción del lirio acuático depositado en las playas, el ex botadero municipal a cielo abierto, explotaciones agropecuarias, erosión y las actividades domésticas.

Estudios realizados por la Empresa Entremares

El proyecto minero Cerro Blanco, se encuentra ubicado dentro del área en estudio y realiza periódicamente muestreos en varios puntos cercanos al proyecto minero y otros en el lago de Güija.



Mapa 7. Puntos de muestreo cercanos al Proyecto Minero Cerro Blanco. Fuente: Análisis MEM, 2013.



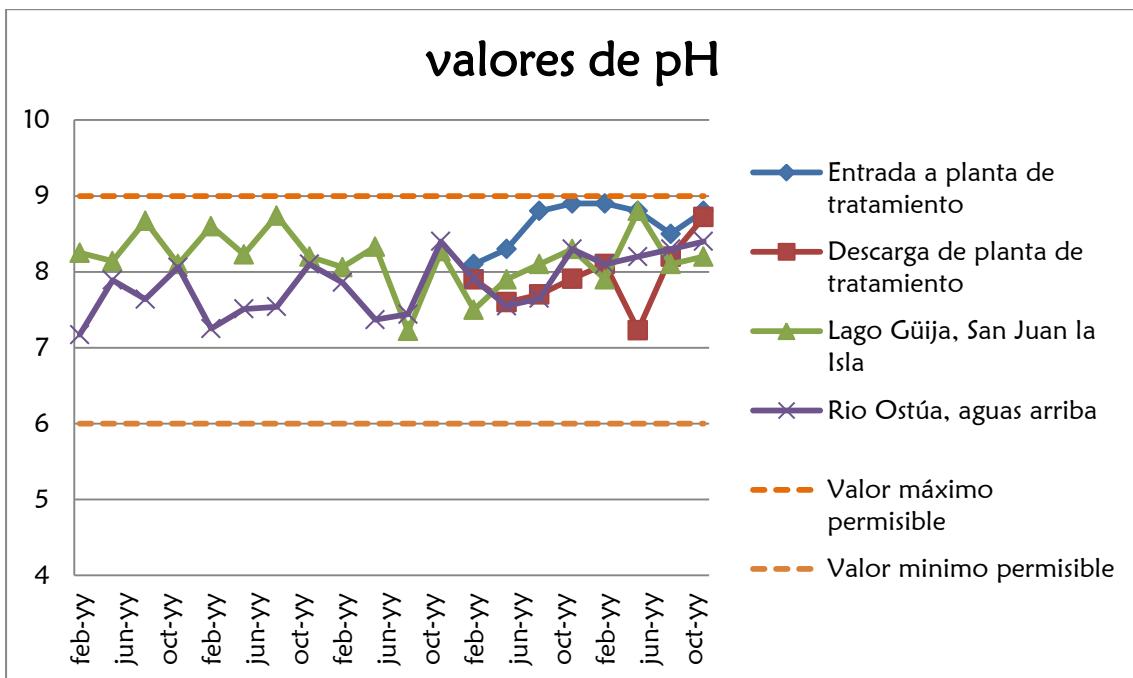
Mapa 8. Puntos de muestreo dentro del Lago de Güija. Análisis MEM, 2013.

Para objeto de este trabajo se seleccionaron varios puntos que se consideraron importantes para su análisis, los puntos están relacionados a la planta de tratamiento y la descarga, así como al río Ostúa y el lago de Güija. Los mapas No. 7 y 8 indican los puntos de muestreo.

- **Mediciones de pH.**

El reglamento nacional de descargas R-236-2006 del ministerio de ambiente establece un valor de entre 6 a 9 como los límites permisibles. De igual manera los límites establecidos por el Banco Mundial refieren un intervalo entre 6 a 9.

En la gráfica 1 se muestran los valores de pH para el agua en la entrada y la salida de la planta de tratamiento. Estos valores se comparan con los datos del agua del río Ostúa y el lago de Güija y se observa que todos los valores se encuentran dentro de los límites permisibles



Gráfica No 1. Variación de los valores de pH para el periodo 2008 – 2012. Fuente: Informes de laboratorio ACZ para la empresa Entremares de Guatemala.

Como se puede observar en la Gráfica No 1, los valores de pH para todos los puntos siempre se encuentran dentro de los límites permisibles.

La variación del pH del agua en la descarga de la planta de tratamiento en comparación con los valores en el río Ostúa y el lago de Güija son muy similares y todos se encuentran dentro de los valores límites permisibles.

- **Contenido de Metales Pesados.**

Para poder determinar la composición de elementos metálicos en el agua, el laboratorio ACZ utiliza una metodología llamada “Espectrometría por Inducción de Plasma acoplado con Espectrometría de masas” (conocido por sus siglas en inglés ICP/MS).

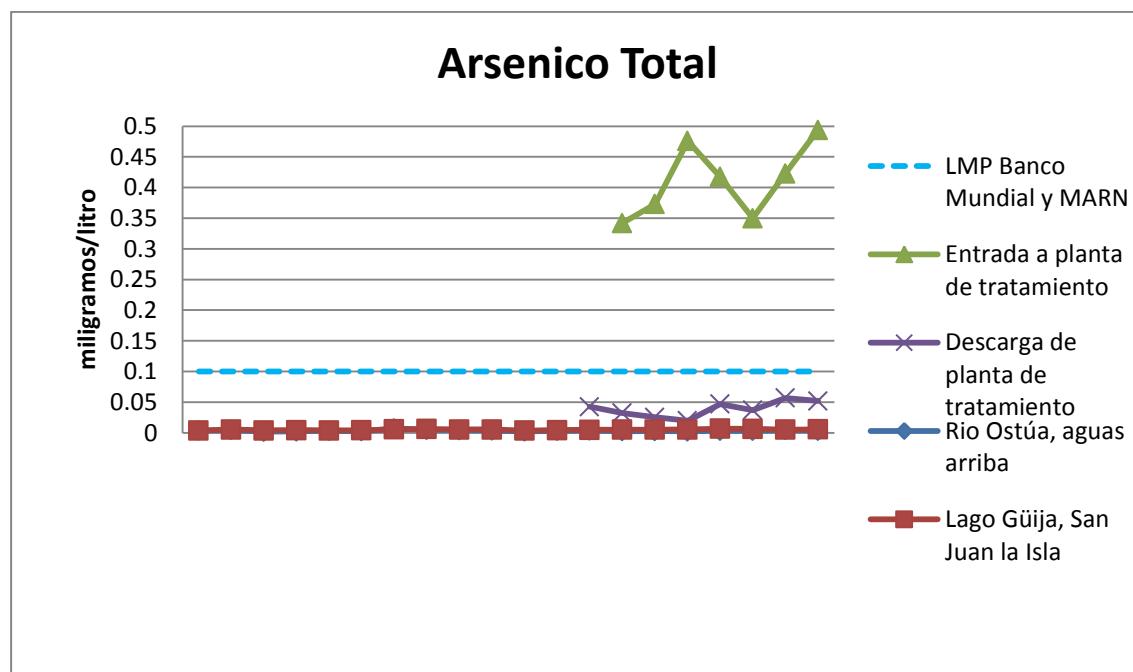
Este tipo de análisis permite determinar pequeñas trazas de todos los elementos metálicos y caracterizar la composición química de cualquier fuente de agua de una manera bastante precisa (hasta millonésima parte de un milígramo) y además los datos obtenidos pueden compararse con los niveles máximos permisibles para determinar su calidad.

Los resultados que se han obtenido hasta la fecha demuestran que en todas las fuentes de agua se encuentra la presencia natural de trazas de arsénico, níquel y cinc. Estos elementos

pueden hallarse naturalmente en el agua, pero el daño que pueden causar al ambiente y a la salud depende de los niveles en los que se encuentren.

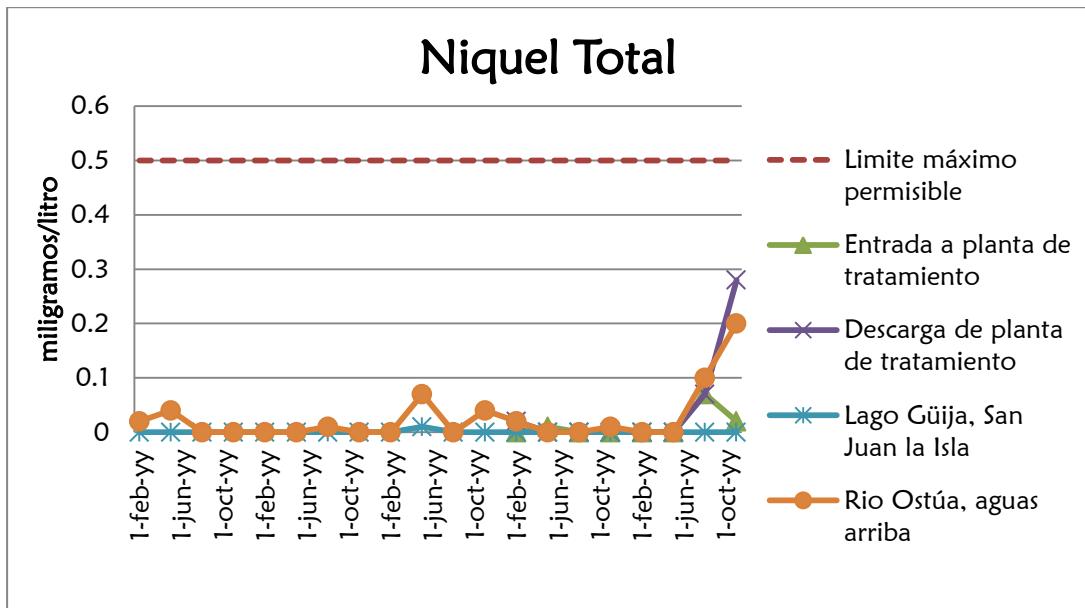
Los datos demuestran que los niveles nunca se han encontrado sobre los límites establecidos en el reglamento nacional de descargas y los límites establecidos por el banco mundial, exceptuando el arsénico que se puede encontrar en niveles altos en el agua que entra a la planta de tratamiento y en las fuentes de agua termal. En la anexo 2 se pueden hallar los datos del contenido de arsénico en el agua de las diferentes muestras.

En las siguientes graficas se muestra las variaciones de concentración de dichos elementos, comparados con los límites máximos permisibles según el reglamento nacional de descargas y del banco mundial.

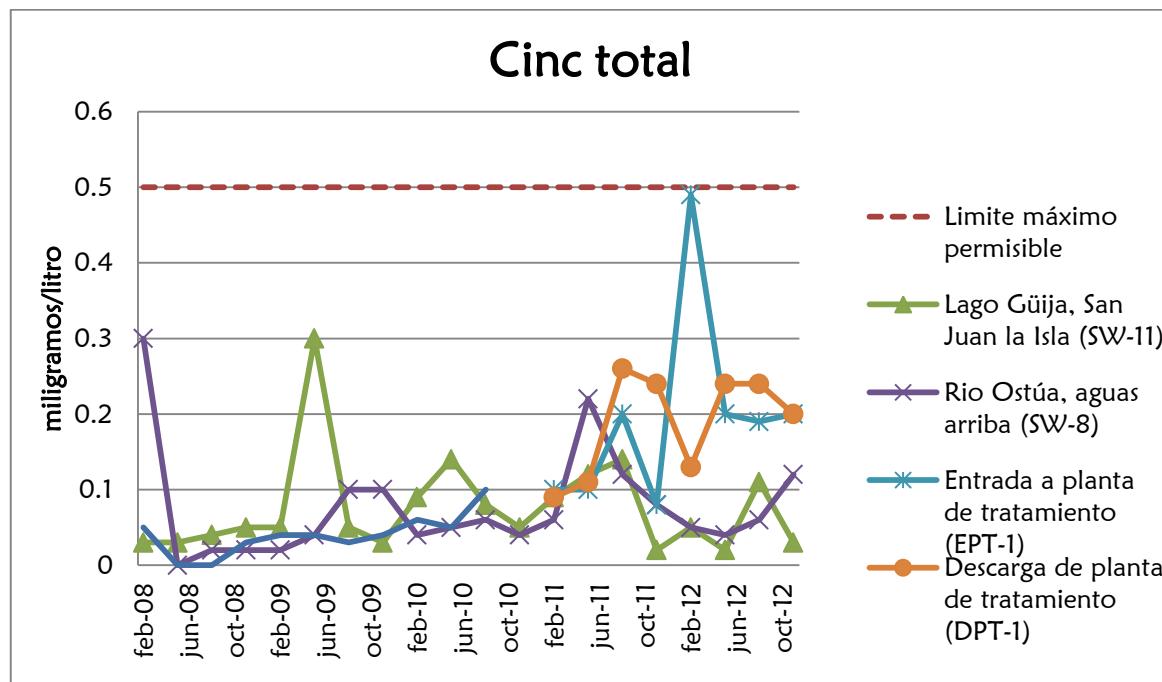


Gráfica No 2. Variación de la concentración de Arsénico. Fuente: Informes de laboratorio ACZ para la empresa Entremares de Guatemala.

En la gráfica No 2, se puede observar que el agua en la entrada de la planta de tratamiento, siempre posee valores muy por encima de los límites permisibles, lo que demuestra la necesidad de ser tratada antes de ser descargada. También, se puede corroborar que el nivel de arsénico en el agua de la descarga siempre se mantiene por debajo del límite máximo permisible.



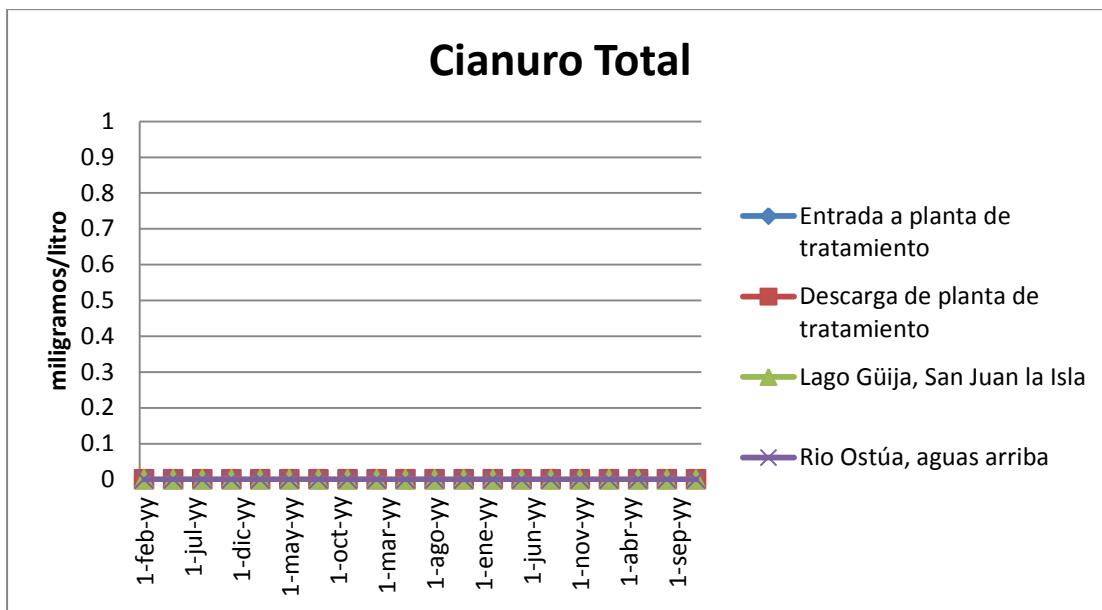
Gráfica No 3. Variación de la concentración de Níquel. Fuente: Informes de laboratorio ACZ para la empresa Entremares de Guatemala.



Gráfica No 4. Variación de la concentración de cinc. Fuente: Informes de laboratorio ACZ para la empresa Entremares de Guatemala.

- Cianuros.

Según los resultados obtenidos de los informes del laboratorio, nunca se ha detectado la presencia de cianuro en ninguno de los puntos monitoreados.



Gráfica No 5. Variación de la concentración de Cianuro total. Fuente: Informes de laboratorio ACZ para la empresa Entremares de Guatemala.

Análisis de caracterización química del agua

EPT-1: Entrada planta de tratamiento de arsénico

Coordenadas (UTM): E 212341 m, N 1588439 m.

- Aniones.

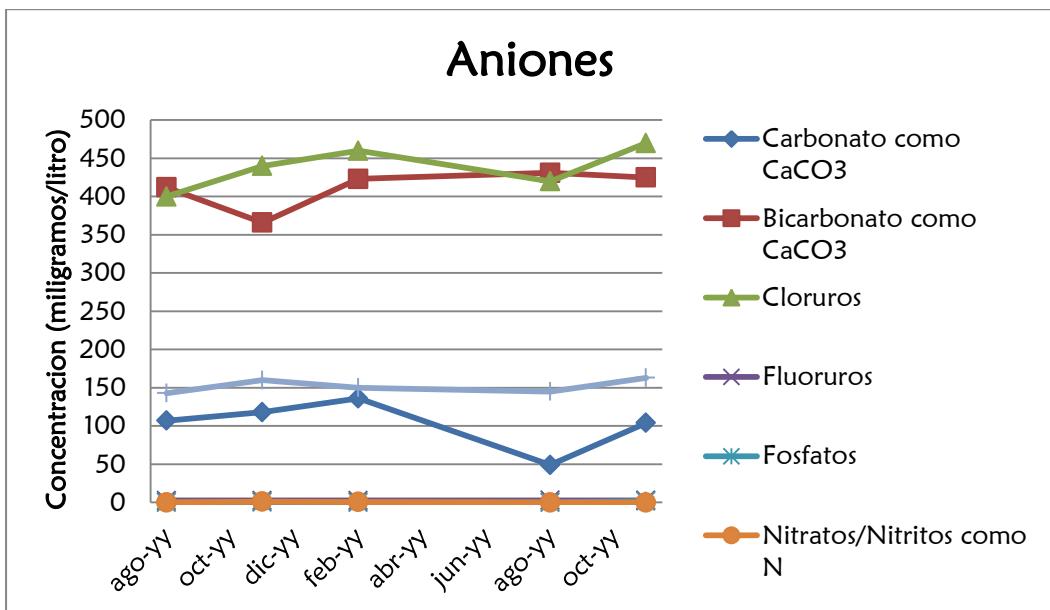
Los metales muy raras veces se hallan en la naturaleza en forma pura, por lo regular se encuentran unidos a otros elementos no metálicos formando compuestos químicos.

El agua tiene la propiedad de poder disolver los compuestos químicos, dependiendo de las condiciones de temperatura y la solubilidad del compuesto.

El agua separa la parte metálica de la parte no metálica, y cada una adquiere una carga eléctrica. La parte metálica adquiere una carga positiva llamada catión y la parte no metálica adquiere una carga negativa llamada anión.

En el siguiente grafico se presenta la composición de los aniones presentes en el agua de la entrada a la planta de tratamiento (EPT-1) en donde se puede observar que los aniones predominantes son, en orden de mayor a menor son: cloruros, bicarbonatos, carbonatos y sulfatos; y en pequeñas cantidades de nitratos y nitritos.

Los datos graficados se obtienen de las tablas que se encuentran en la sección de anexos.



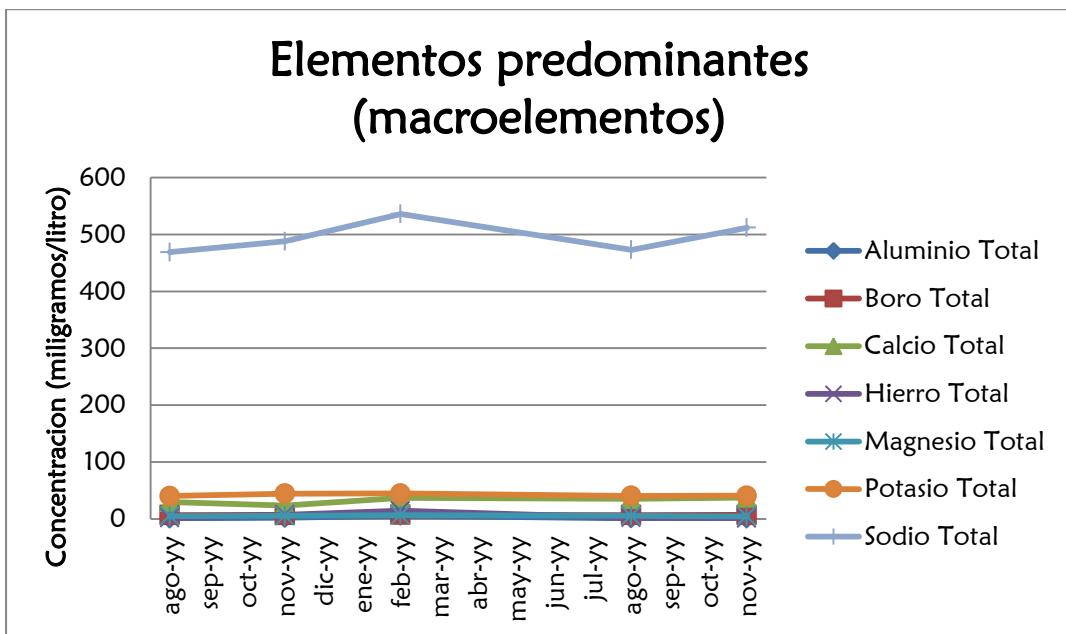
Gráfica No 6. Composición química de aniones, Entrada planta de tratamiento de Arsénico. Fuente: Tablas Anexo 2.

- Cationes

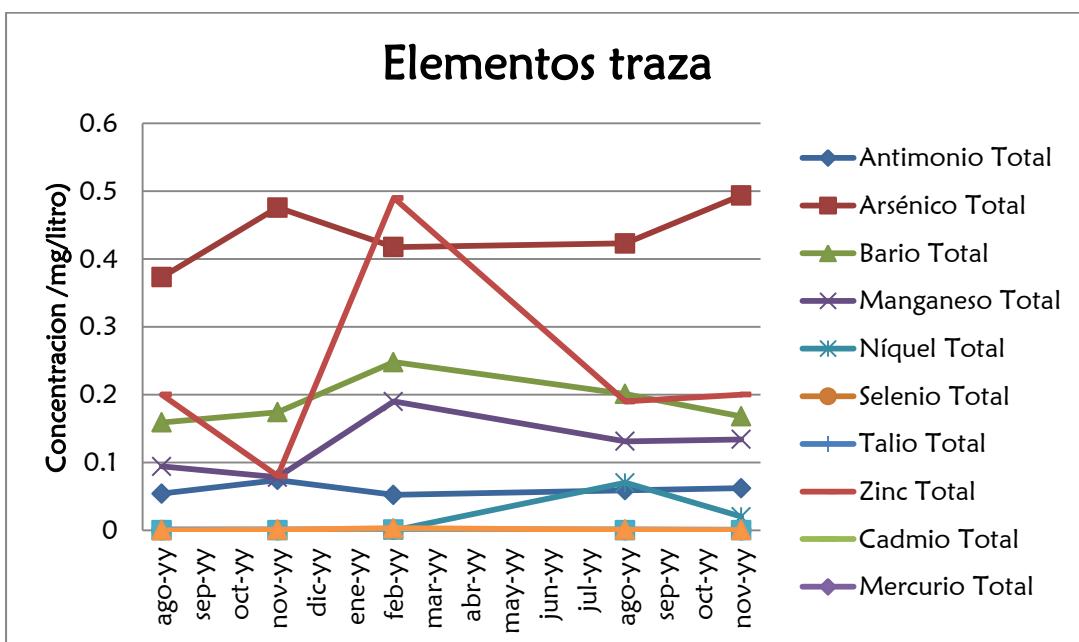
Estos se separan en elementos predominantes, que son los elementos que se pueden hallar comúnmente en el agua, y en elementos traza, que son los elementos metálicos que solo se pueden hallar en cantidades muy pequeñas y dependen de la composición de minerales presentes en el área.

En el siguiente grafico se presenta la composición de los cationes presentes en el agua de la entrada a la planta de tratamiento (EPT-1), en donde se puede observar que los elementos predominantes son: sodio, potasio, calcio, aluminio, boro, hierro y manganeso. Los elementos traza que se encuentran presentes son: arsénico, cinc, bario, manganeso y antimonio.

En el agua de la entrada a la planta de tratamiento posee niveles muy altos de arsénico y una elevada concentración de sólidos disueltos, lo que demuestra la necesidad de tratarla antes de poder ser descargada al ambiente.



Gráfica No 7. Composición química de elementos metálicos predominantes. Entrada planta de tratamiento de Arsénico. Fuente: Tablas Anexo 2



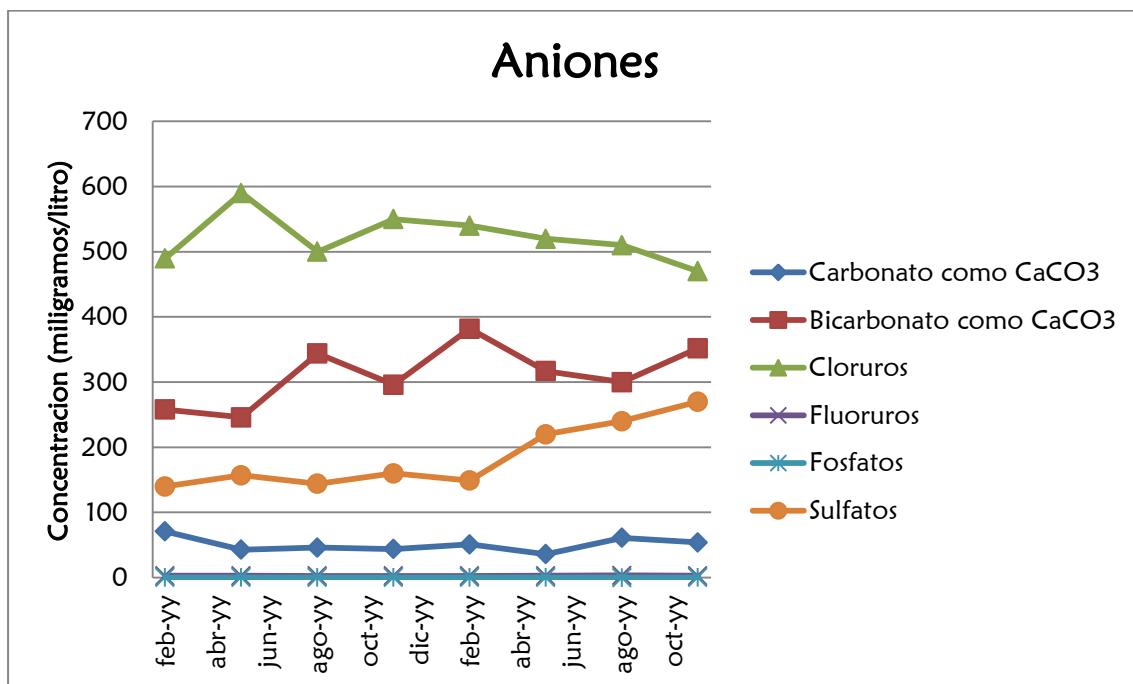
Gráfica No 8. Composición química de elementos encontrados en concentraciones de pequeñas trazas. Entrada planta de tratamiento de Arsénico. Fuente: Tablas Anexo 2

DPT-1: Descarga de planta de tratamiento de arsénico
Coordenadas (UTM): E 212471 m, N 1588456 m.

- **Aniones.**

En el siguiente grafico se presenta la composición de los aniones presentes en el agua de descarga de la planta de tratamiento (DPT-1), en donde se puede observar que los aniones predominantes son, en orden de mayor a menor son: cloruros, bicarbonatos, sulfatos y carbonatos.

Los datos graficados se obtienen de las tablas que se encuentran en la sección de anexos.



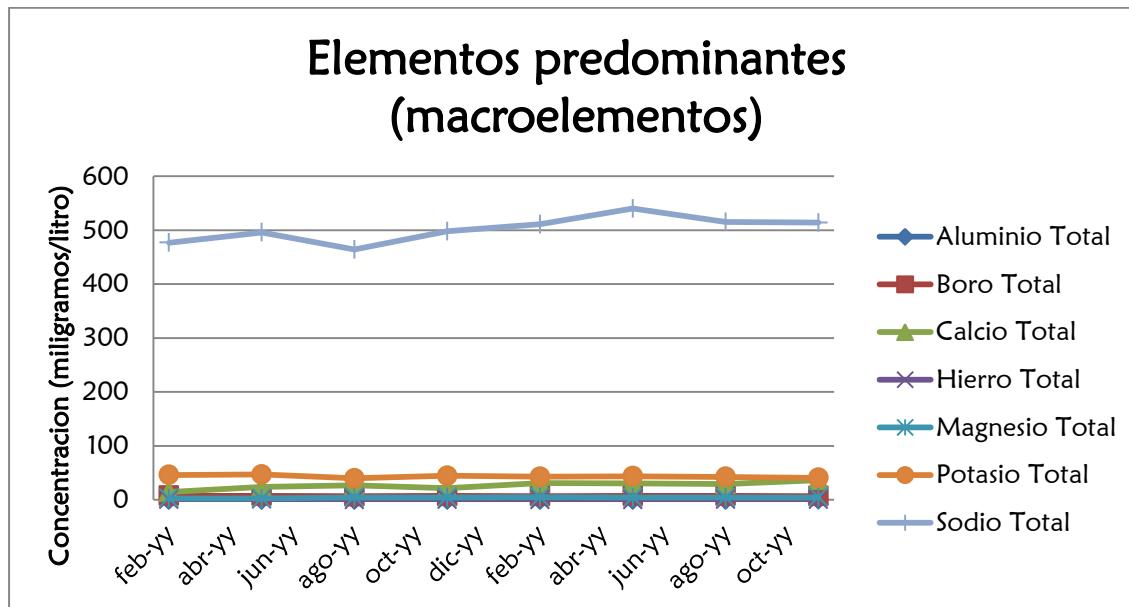
Gráfica No. 9. Composición química de aniones. Entrada planta de tratamiento de arsénico. Fuente: Tablas Anexo 2

- Cationes

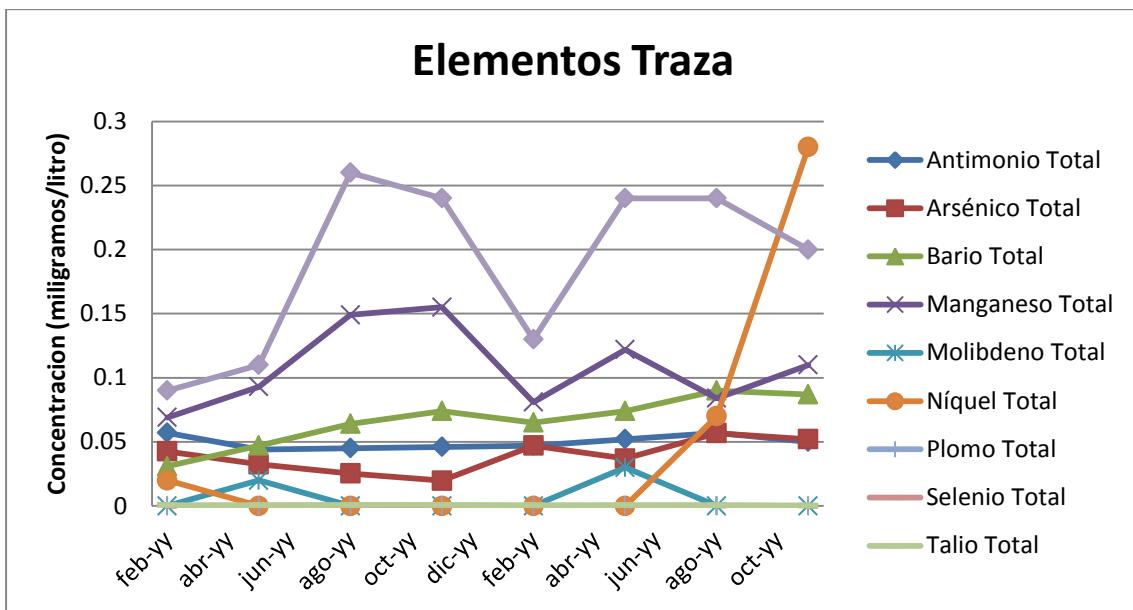
Estos se separan en elementos predominantes, que son los elementos que se pueden hallar comúnmente en el agua, y en elementos traza, que son los elementos metálicos que solo se pueden hallar en cantidades muy pequeñas y dependen de la composición de minerales presentes en el área.

En el siguiente grafico se presenta la composición de los cationes presentes en el agua de la descarga de la planta de tratamiento (DPT-1), en donde se puede observar que, luego de ser tratada el agua, los elementos predominantes siguen siendo: sodio, potasio, calcio, aluminio, boro, hierro y manganeso. Los elementos traza que se encontraron en el agua de la entrada a la planta de tratamiento continúan estando presentes en el agua de la descarga pero en menor medida aparece el arsénico ya que fue removido en el proceso de tratamiento.

Los elementos traza que aparecen en el agua de la descarga son: cinc, bario, manganeso, antimonio y arsénico. Todos se encuentran en concentraciones muy bajas y en niveles menores a los del reglamento nacional de descargas.



Gráfica No 10. Composición química de elementos metálicos predominantes. Entrada planta de tratamiento de Arsénico. Fuente: Tablas Anexo 2



Gráfica No 11. Composición química de elementos encontrados en concentraciones de pequeñas trazas. Entrada planta de tratamiento de Arsénico, Fuente: Tablas Anexo 2

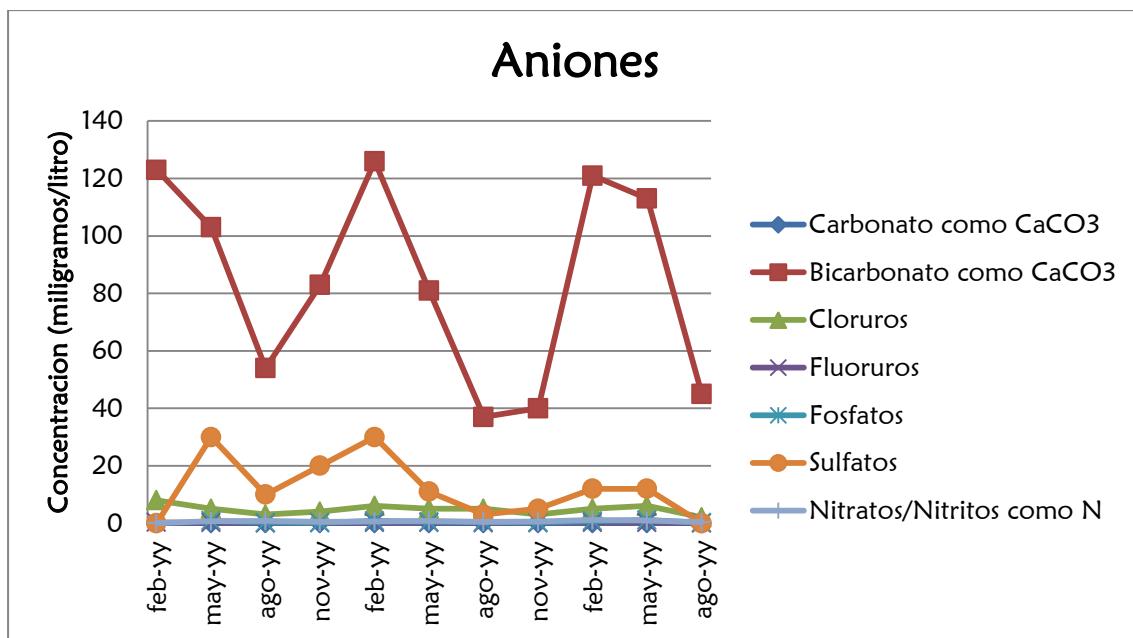
SW-8: Río Ostúa aguas arriba (bajo el puente, aldea el Tule)

Coordenadas (UTM): E 209731, N 1585966

- Aniones.

Los resultados de los análisis del laboratorio demuestran que en la composición química del agua en el río Ostúa, antes de recibir los afluentes que provienen de la descarga de la planta de tratamiento, los aniones predominantes son: bicarbonato, sulfato y cloruro.

Los niveles de estos aniones son bastante bajos y en comparación con la composición de aniones del agua de la descarga de la planta de tratamiento estos están en niveles bastante similares con excepción de los cloruros ya que estos están en niveles mayores en el agua de la descarga.

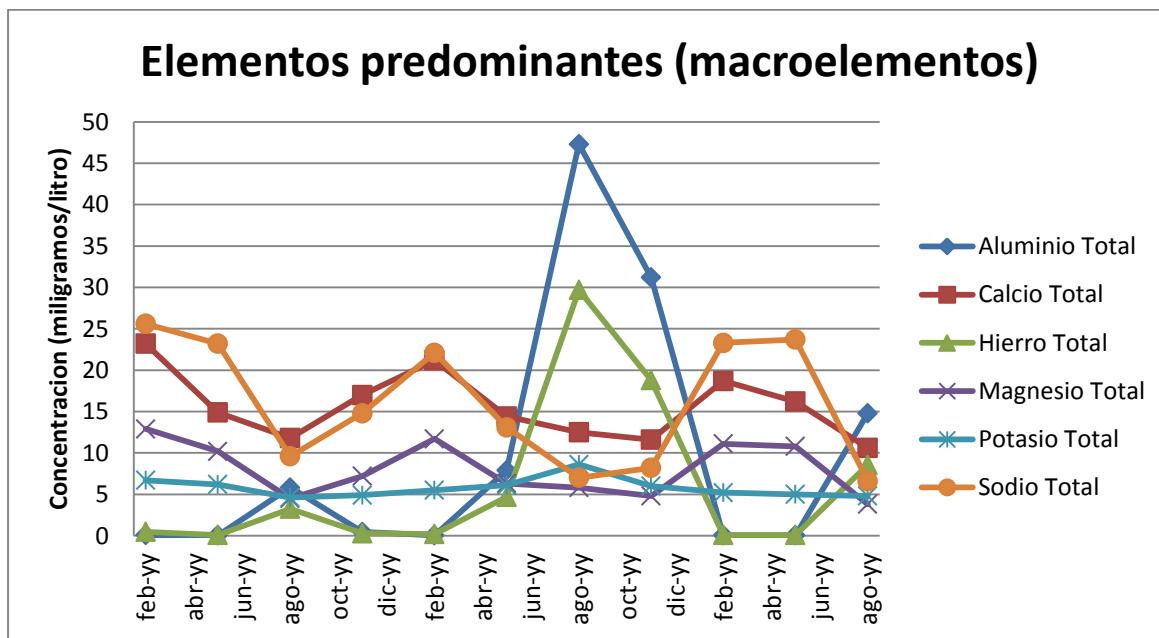


Gráfica No 12. Composición química de aniones, río Ostúa aguas arriba, bajo el puente, aldea el Tule. Fuente: Tablas Anexo 2.

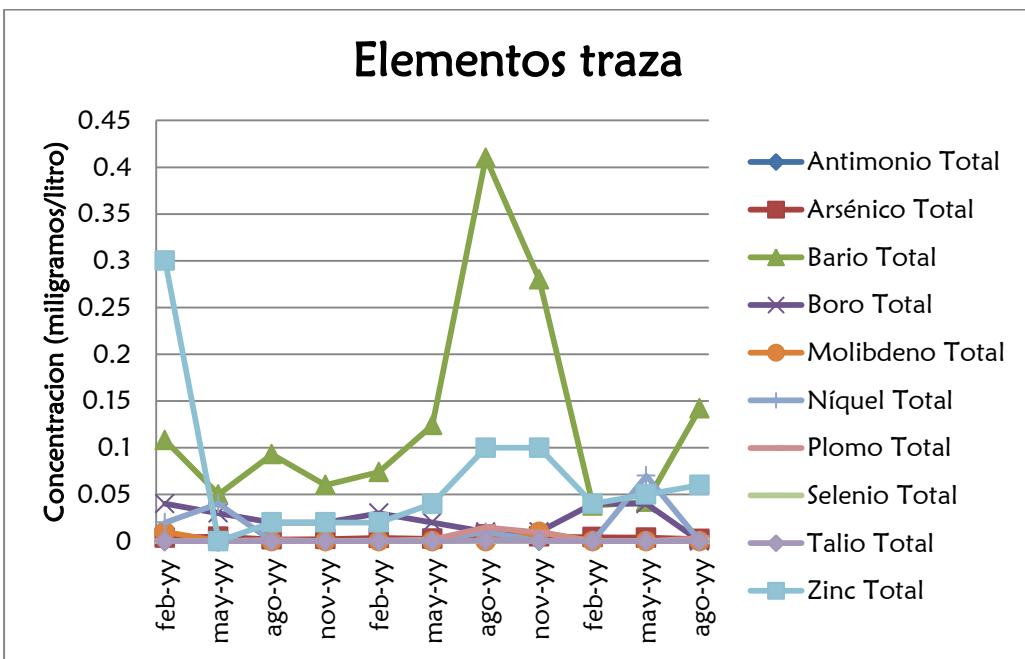
- Cationes

Los análisis del agua del río Ostúa, demuestran que los elementos metálicos predominantes son: aluminio, calcio, sodio, hierro y magnesio. Estos elementos se encuentran en niveles muy similares a los del agua de la descarga de la planta de tratamiento.

Los elementos traza que se encuentran en el agua del río Ostúa son: bario, cinc, boro, arsénico y ocasionalmente plomo. Los niveles de estos elementos están muy por debajo de los límites establecidos en el reglamento nacional de descargas.



Gráfica No 13. Composición química de elementos metálicos predominantes. Río Ostúa aguas arriba, bajo el puente, aldea el Tule. Fuente: Tablas Anexo 2



Gráfica No 14. Composición química de elementos encontrados en concentraciones de pequeñas trazas. Río Ostúa aguas arriba, bajo el puente, aldea el Tule. Fuente: Tablas Anexo 2

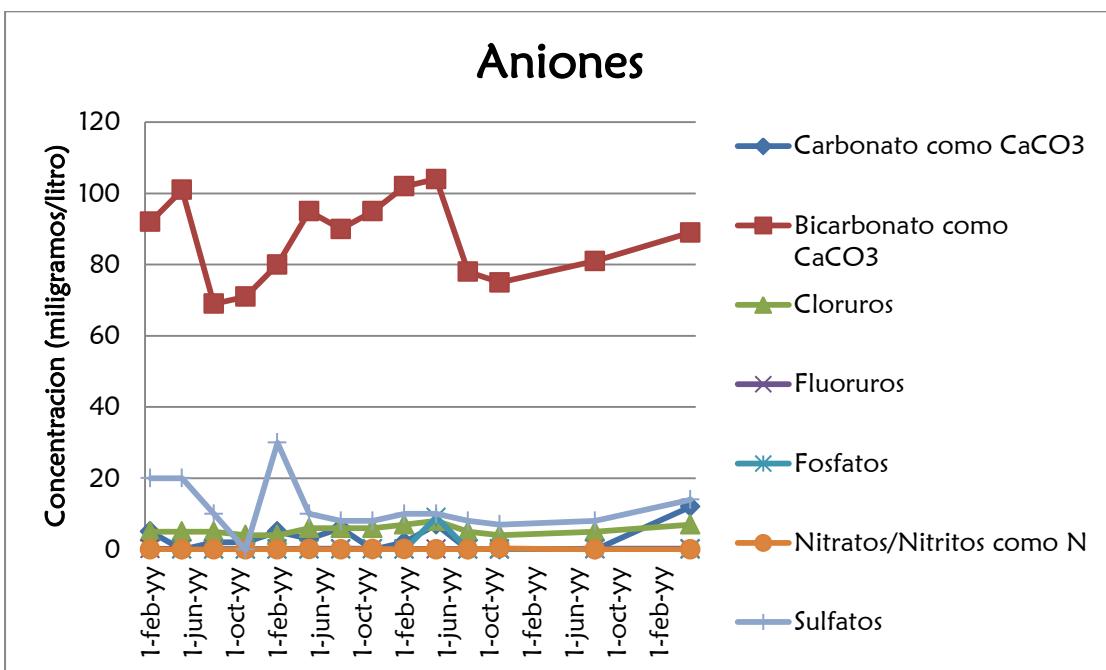
SW-11: Lago de Güija, Aldea San Juan la Isla
Coordenadas (UTM): E 225224, N 1576523

- Aniones.

El análisis de la composición de aniones en el agua del lago de Güija, demuestran que los aniones presentes son: bicarbonato y en mucho menor cantidad, sulfatos y cloruros.

Esto demuestra que en el agua del lago Güija, los niveles de sulfatos y cloruros son mucho menores que en el agua del río Ostúa y en el agua de la descarga de la planta de tratamiento lo que indicaría un posible efecto de dilución en el lago de Güija causado por fuentes de agua subterránea.

A continuación se presentan gráficamente las líneas de control de calidad del agua para diferentes puntos alrededor del área de influencia directa del Proyecto Minero Cerro Blanco.



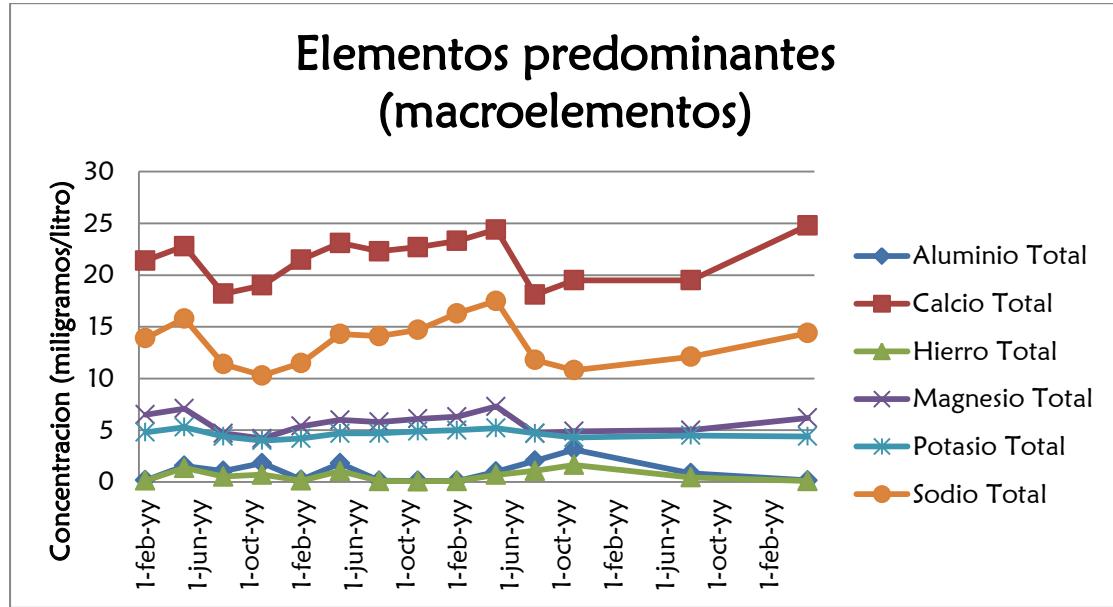
Gráfica No 15. Composición química de aniones. Lago de Güija, Aldea San Juan la Isla.

Fuente: Tablas Anexo 2

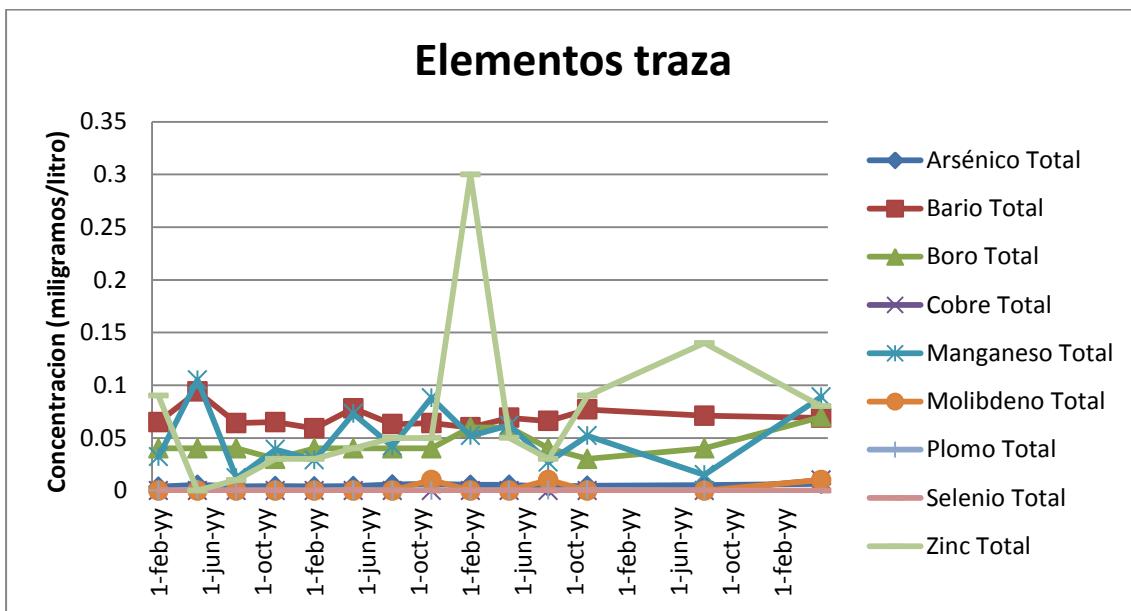
- **Cationes.**

El análisis de cationes presentes en el agua del lago de Güija, demuestran que los elementos predominantes son: calcio, sodio, potasio, magnesio y aluminio. Los niveles de estos elementos son levemente mayores que en el agua del río Ostúa con excepción del aluminio que disminuye su concentración.

Los elementos traza que aparecen en el agua del lago Güija son: cinc, bario, boro, manganeso y arsénico. Estos se encuentran en niveles muy similares al agua del río Ostúa y muy por debajo de los niveles establecidos en el reglamento nacional de descargas.



Gráfica No 16. Composición química de elementos metálicos predominantes. Lago de Güija, Aldea San Juan la Isla. Fuente: Tablas Anexo 2

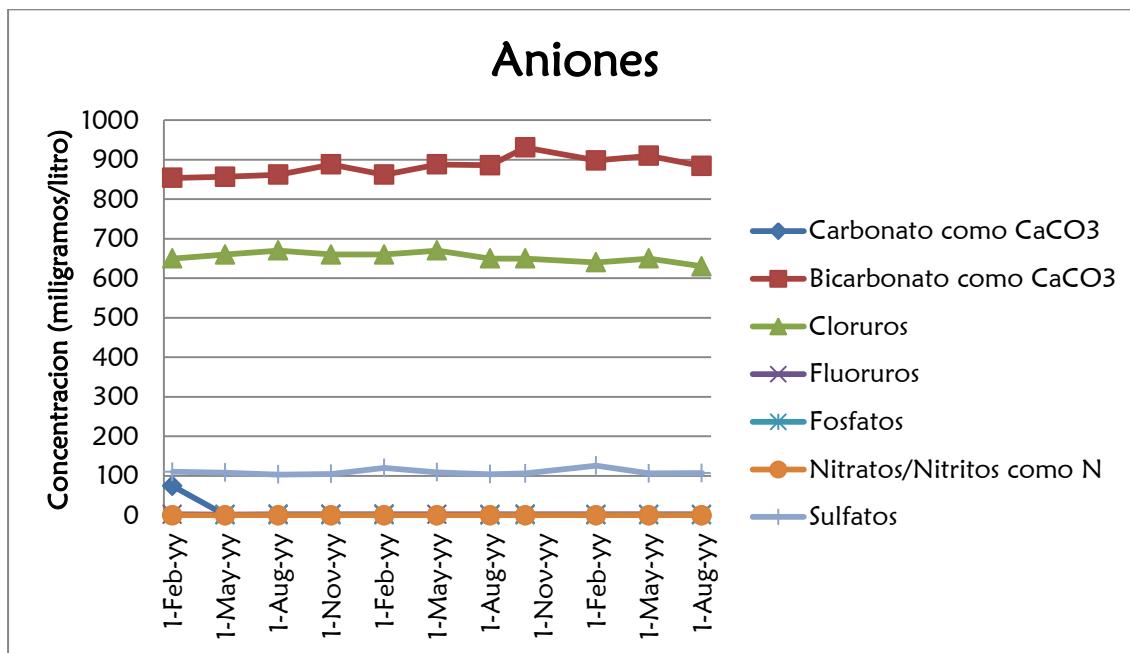


Gráfica No 17. Composición química de elementos encontrados en concentraciones de pequeñas trazas. Lago de Güija, Aldea San Juan la Isla, Fuente: Tablas Anexo 2

HS-5: Estación de Agua Termal, en Aldea Trapiche Vargas
Coordenadas (UTM): E 215990 m, N 1586798 m.

- **Aniones.**

Los análisis de composición de aniones que se encuentran presentes en el agua de la fuente termal son, de mayor a menor: bicarbonatos, cloruros y en menor cantidad sulfatos. Estos niveles son muy similares al agua de la entrada a la planta de tratamiento.



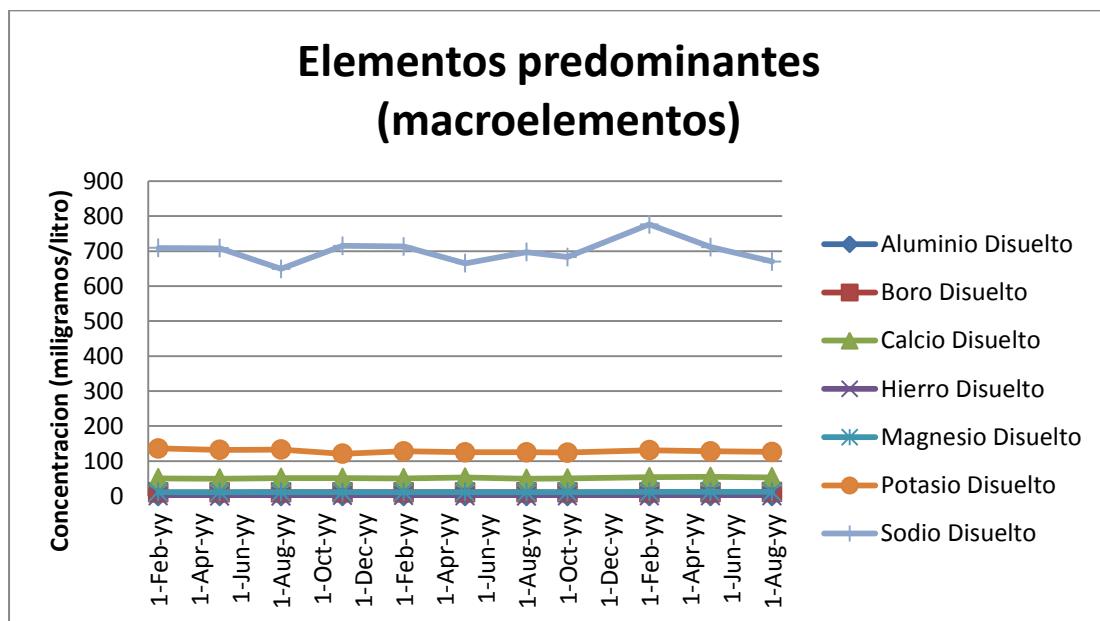
Gráfica No 18. Composición química de aniones. Estación de Agua Termal, en Aldea Trapiche Vargas. Fuente: Tablas Anexo 2

- **Cationes.**

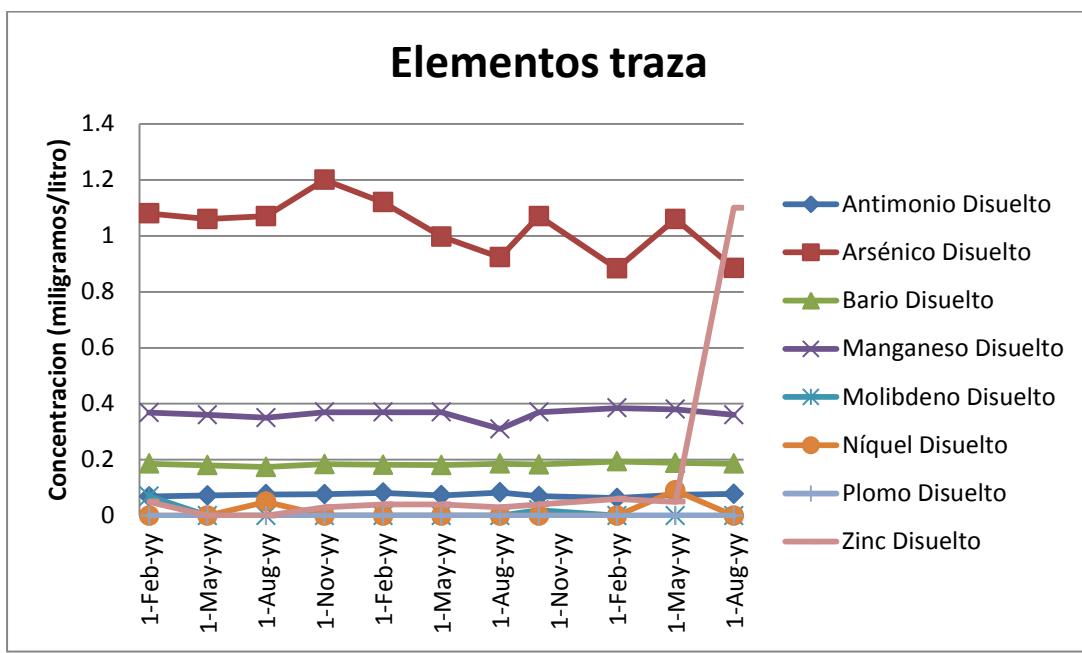
Los resultados del análisis de cationes presentes en el agua de la fuente termal, demuestran que los elementos predominantes son: sodio, potasio y calcio. Estos se encuentran en niveles considerablemente más altos que en el agua del río Ostúa y muy similares al agua de la entrada de la planta de tratamiento.

Los elementos traza, encontrados en el agua de la fuente termal son: arsénico, manganeso, cinc, bario y antimonio. Estos se encuentran también en niveles considerablemente mayores al agua del río Ostúa y muy similares al agua de la entrada a la planta de tratamiento.

Estos elementos metálicos se encuentran en mayor cantidad en el agua de la fuente termal, sin embargo el agua de esta fuente alimenta primero a una pequeña quebrada y luego esta se une al río Ostúa, pero la cantidad de agua es muy pequeña y no influye mayormente en la composición del agua del río Ostúa.



Gráfica No 19. Composición química de elementos metálicos predominantes. Estación de Agua Termal, en Aldea Trapiche Vargas. Fuente: Tablas Anexo 2



Gráfica No 20. Composición química de elementos encontrados en concentraciones de pequeñas trazas. Estación de Agua Termal, en Aldea Trapiche Vargas Fuente: Tablas Anexo 2

Análisis del Informe técnico acerca de la calidad del agua en Proyecto Minero Cerro Blanco, DGM-UGSA INF-UGSA-16-04-08-10

El informe acerca de la calidad del agua en Proyecto Minero Cerro Blanco estuvo a cargo del Ministerio de Energía y Minas a través de la Unidad de Gestión Socio Ambiental y Departamento de Control Minero, con la colaboración de personal de medio ambiente de la empresa titular de la licencia, Entre Mares de Guatemala, S.A. y la observación y participación de delegados del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales así como de la Fiscalía de Delitos contra el Ambiente del Ministerio Público.

Se tomaron muestras en tres puntos sobre el río Ostúa, un pozo de agua subterránea y dos manantiales calientes, los cuales son el río Ostúa aguas arriba, río Ostúa antes de confluencia de río Moran, río Ostúa Aguas abajo, Manantial Caliente Aguas arriba, manantial caliente dentro del proyecto, pozo dentro del proyecto. Este muestreo se realizó del 26 al 28 de mayo de 2010.

En los parámetros que se analizaron se encuentran el pH, grasas y aceites totales de agua superficial, DQO, arsénico Total en estaciones de agua superficial, cadmio, cromo, plomo y cianuro los cuales no presentaron ninguna alteración y se encuentran dentro de los límites del Banco Mundial y del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 (MARN, 2006). (Anexo 2, investigación 4)

Se presentaron alteraciones únicamente en mercurio total en estaciones de agua superficial en Rio Ostúa aguas arriba y en Ostúa antes de confluencia de río Moran sobrepasando los límites del MARN (2006). Este es un metal pesado que afecta el uso que se le pueda dar al agua, además es un compuesto que normalmente se encuentra en aguas de tipo industrial. (Anexo 2, cuadro 2.43)

De estos resultados se concluye que la mayoría de los análisis cumplen con los límites según los reglamentos y la contaminación de Arsénico al Rio Ostúa no es atribuible a las operaciones del Proyecto Minero Cerro Blanco, sin embargo cabe resaltar que las muestras se tomaron en pocos días y en un único mes del año, y los resultados no pueden ser significativos en comparación con los estudios que se hicieron en la Comisión Trinacional Del Plan Trifinio en el 2008 en donde se toman en cuenta varias muestras en distintos meses del año.

VI. Conclusiones.

1. A partir de este análisis previo, es importante destacar la relevancia de los estudios geológicos-hidrogeológicos, con especial énfasis en la hidroquímica, ya que el conocimiento detallado de una región aporta las implicaciones ambientales y evidencia las fuentes específicas de contaminación, de esta manera se sustentaría un manejo más adecuado de los recursos naturales. Que permita entender el origen y la movilidad de elementos traza en el ambiente y sus relaciones e implicaciones en la salud humana y/o animal.
2. Los valores anómalos de arsénico y otros elementos son parte del fondo natural (línea base) de la composición del agua, y no del resultado de contaminación antrópica. La variación del fondo natural puede ser incluso mayor, causada por la polución (contaminación orgánica o química antrópica). Los valores de arsénico en el área sobrepasan los límites máximos permisibles del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 (MARN, 2006) en el río Ostúa aguas abajo, en el mes de diciembre, y en Acequia de aguas termales en dos diferentes fechas en el año. Así mismo, los valores de hierro sobrepasan los límites del Banco Mundial en 8 puntos de muestreo en diferentes meses del año (Trifinio, 2008).
3. Los parámetros fisicoquímicos de las condiciones del agua en el lago de Güija, de calidad de agua: temperatura, oxígeno disuelto y concentración de iones hidrógenos, se encuentran dentro de los rangos aceptables por la vida ictica; sin embargo, la demanda bioquímica del oxígeno, el grupo coliformes totales y fecales se encuentra por encima de los límites máximos permisibles recomendados por COGUANOR Norma No. NGO-29-001, por lo que el agua del lago no es recomendable para el consumo humano sin previo tratamiento. La concentración de metales pesados según el estudio limnológico de López Paredes (2008) en el agua se encuentra a niveles inferiores al límite máximo permisible recomendado por la norma COGUANOR para agua potable. No obstante, el estudio de Trifinio (2008) señala que los valores de agua superficial en el área de la cuenca no cumplen con los límites permisibles de las normas de Guatemala y El Salvador para pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, sólidos totales, nitratos y sulfatos.
4. La determinación del estado trófico del lago de Güija en un estudio de ocho meses (López Paredes, 2008) determinó que el mismo se encuentra en estado de incipiente eutrofización, como evidencia del mismo se tiene el crecimiento de algas en las pequeñas bahías alrededor del lago.

5. El resultado de la presencia de arsénico se debe a las mineralizaciones hidrotermales relacionadas con el vulcanismo del área de la cuenca Ostúa-Güija, de la cual se tiene información bibliográfica en ambos países.
6. Durante la visita realizada al proyecto minero Cerro Blanco y con los análisis químicos, se comprobó que el proceso de remoción de arsénico instalado es exitoso quedando las descargas de agua muy por debajo de las normas MARN (2006) y del Banco Mundial cuyo límite máximo permisible es 0.1 mg/L. La entrada del agua a la planta de tratamiento es de 0.47 mg/L en promedio, y las descargas de la salida de la planta es de 0.05 mg/L en promedio. Se puede considerar la eficiencia de remoción de la planta es del 90%. Así mismo, el valor de descarga es 50% por debajo de los LMP de las normas. Los valores de fondo geoquímico de las aguas superficiales son muy superiores a la descarga.
7. El recurso agua es el más discutido con relación al proyecto minero Cerro Blanco, puesto que existen acusaciones de parte de la PDDH del El Salvador sobre la contaminación que llega al lago de Güija debido a las actividades que se realizan en este proyecto. Sin embargo, existe evidencia técnica que los niveles de arsénico especialmente los que llegan al río Ostúa que desemboca en el lago de Güija, provienen de varias fuentes, especialmente aportes de agua hidrotermal en ambos países, con valores mucho más altos que los permitidos por las normas ambientales. También se conoce que existen proyectos mineros y geotérmicos en el área del El Salvador que descargan a la cuenca en donde existen fuentes termales que contienen naturalmente altos contenidos de arsénico.
8. Los sistemas de saneamiento, agua potable y drenajes en el área de la cuenca Ostúa-Güija en ambos países son deficientes o inexistentes y como resultado se tiene el enriquecimiento de nutrientes tales como fósforo, nitrógeno y potasio lo cual eleva la eutrofización incipiente del lago de Güija como consecuencia disminuye la calidad del agua, tanto para la vida acuática como para la vida humana. En este aspecto, la contribución de contaminación orgánica y de nutrientes es mayor en el área de El Salvador por estar más habitada, especialmente en la zona comprendida por Metapán y el río San José. (HOLCIM-UCA, 2012).
9. Los análisis de Proyecto Minero Cerro Blanco presentados por López,(2010) y Robinson (2012) se basan exclusivamente en el estudio de impacto ambiental aprobado en el año 2007, sin embargo, al proyecto minero le han aprobado varios instrumentos ambientales adicionales: por ejemplo el estudio de impacto ambiental para la disposición de lodos de la planta de tratamiento de agua (Entremares, 2011) así mismo, gran parte de la discusión de López y Robinson se basa en cuestiones técnicas puntuales que pueden ser resueltas a requerimientos del MARN o del

MEM, y en cuanto al tratamiento de arsénico básicamente fue solucionado con la planta de tratamiento que está funcionamiento en el proyecto.

10. La planta de tratamiento de arsénico, actualmente en funcionamiento en el Proyecto Minero Cerro Blanco, tiene una capacidad de 1500 gpm (galones por minuto), al momento de la visita el día 20 de mayo 2013, están tratando 900 gpm, la misma fue diseñada con una planta piloto y finalmente fue construida a tamaño real con una eficiencia del 90% de remoción de arsénico. La misma fue diseñada de forma modular de tal manera que al aumentar el caudal se adicionarán módulos a la planta, por lo que el aumento futuro del caudal de achique no es una limitante al futuro del proyecto.
11. A pesar de ser el lago de Güija es un recurso binacional El Salvador ha hecho uso extensivo del agua del lago por tener una mayor extensión dentro de soberanía salvadoreña, como ejemplo se tiene el proyecto hidroeléctrico Guajoyo hidroeléctrica, que utiliza un caudal 26.3 m³/seg (CEL, 2013).
12. En los acuerdos del plan Trifinio (OEA, 1993), se considera que el desarrollo de la minería es parte del desarrollo económico trinacional de la cuenca, y resalta a los minerales preciosos como parte del potencial de desarrollo de la zona, de tal forma que los acuerdos del plan trifinio no están en conflicto con el desarrollo del sector minero. Así mismo, la Constitución de la República de Guatemala en el artículo 141 permite dentro de la definición de soberanía la utilización de los recursos naturales para el desarrollo económico de la nación, y la utilización de los recursos naturales y la generación de políticas públicas en los artículos 118 y 119, y la gestión de los recursos mineros mediante la Ley de Minería (Decreto Número 28-97).
13. Se concluye que gran parte de la aversión al proyecto minero Cerro Blanco se basa en información parcial y basada bajo criterios poco técnicos. Así mismo, esta comisión considera que los impactos del cerro blanco son manejables y puntuales. A través del análisis de la información se evidencia claramente que la posición de las autoridades salvadoreñas intencionalmente minimizan el impacto de otras actividades que son más impactantes al medio acuático como son la agricultura, la descarga de aguas negras sin tratamiento y otras actividades productivas especialmente en el área salvadoreña de la cuenca que son menos controladas que la industria minera en Guatemala.

VII. Recomendaciones

1. Un instrumento importante para reducir el riesgo a la exposición de aguas de consumo no aptas, es invertir en estudios de diseño de sistemas económicos que permitan el tratamiento de aguas no aptas cuando la geología del lugar no ofrece aguas de buena calidad en base a la realidad socioeconómica de la región.
2. El agua que sale de los pozos de achique y de los túneles lleva una temperatura cercana a 61° C, y es descargada de la planta de tratamiento a una temperatura de 34° C. La temperatura del agua en las fuentes superficiales es aproximadamente de 28° C a 30° C, es decir que la descarga esta de 4°C a 6°C por encima de la temperatura normal, al respecto se recomienda construir una torre de enfriamiento por gravedad adicional para poder bajar un poco más la temperatura, ya que en la visita el agua se encuentra en el límite alto permitido por el reglamento del acuerdo gubernativo 236-2006 (MARN, 2006), y sobrepasa los límites permitidos en las normas del Banco Mundial que es de +/- 3° C. Se considera que esta temperatura al desplazarse por el río y mezclarse con el río Ostúa y sus afluentes se normaliza. La temperatura en el lago Güija es de 26°C promedio anuales según López Paredes (2008).

VIII. Referencias Bibliográficas.

1. Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento. II Taller Seminario Latinoamericano sobre temas actuales de hidrología subterránea- IV Congreso Hidrogeológico Argentino. Río Cuarto, 25 al 28 de octubre 2005. Argentina. Editado por G. Galindo, JL Fernández, MA Parada, y D. Gimeno Torrente. 2005 - 182pp, impreso en Argentina.
2. Cáseres L., Gruttner E. y Contreras R., 1992 Water recycling in arid regions- Chilean case. Ambio, 21, 138-144.
3. COMISIÓN TRINACIONAL DEL PLAN TRIFINIO. El Trifinio: Los recursos hídricos en la parte alta de la cuenca del río Lempa. Plan Trifinio, año 2008. 108 p.
4. CONCYT, López Paredes, Luis Arturo. *Estudio Limnológico del lago de Güija determinación de su estado de explotación*. Guatemala, agosto del 2008. 113p.
5. Entre Mares de Guatemala, S.A., 2006: Cerro Blanco Project. Interim feasibility report. Hydrology and geochemistry. Water Management Consultants preparado para Entre Mares de Guatemala, S.A. Mayo de 2006, 75 Pág, 10 anexos. Copia electrónica, de circulación restringida.
6. Entre Mares de Guatemala,, S.A., 2007: Proyecto Minero Cerro Blanco, Municipio de Asunción Mita, Estudio de evolución de impacto ambiental EIA, Reporte presentado al Gobierno de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Junio de 2007, 2305 Págs.
7. Entre Mares de Guatemala,, S.A., 2011: Estudio de Impacto Ambiental para la disposición de lodos de la planta de tratamiento de agua. Proyecto minero Cerro Blanco. Preparado Everlife para Entre Mares de Guatemala S.A. Entregado al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Julio. 61 Págs.
8. Entre Mares de Guatemala,, S.A., 2013: Reporte Técnico Preliminar, Respuesta técnica al informe especial sobre el proyecto minero Cerro Blanco y las potenciales vulneraciones a derechos humanos a la población salvadoreña. Departamento de Medio Ambiente. Febrero 2013. 48 Págs. Inédito.
9. Fajardo, N., sf. Levantamiento de información documental y de campo del lago de Güija. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Datos no publicados.
10. Ferreccio C., González C., Milosavlevic V., Marshall G., Sancha A.M., Smith A.H., 2000. Lung cancer and arsenic concentrations in drinking water in Chile. Epidemiology 11 (6), 673-679.
11. HOLCIM; UCA. Informe de estudios sobre humedales en Metapán. San Salvador, marzo 2012. 59 p.

12. López, D.L., 2009: Análisis del estudio de impacto ambiental para el Proyecto Minero Cerro Blanco, Asunción Mita, Jutiapa, Guatemala. San Salvador, 11 páginas. Primer Borrador. 4 de diciembre de 2009.
13. López, D.L., 2010: Análisis del estudio de impacto ambiental para el Proyecto Minero Cerro Blanco, Asunción Mita, Jutiapa, Guatemala. San Salvador, 10 páginas no numeradas. Marzo 10 de 2010.
14. Mandal B.K., Suzuki K.T., 2002. Arsenic round the world: a review, *Talanta* 58. 201,235.
15. MARN, 2011. Descarga de agua de abatimiento proyecto minero Cerro Blanco. Resolución 461-2011/ECM/caml. Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales. MARN. 23-03-2011. 6 Págs. Notificada a Entre Mares, S.A. Resolución privada entre las partes.
16. Norma guatemalteca obligatoria Agua potable COGUANOR. NGO 29.001.98 Publicado en el Diario Oficial del 4 de agosto de 2000. 20 págs.
17. Robinson, R., 2012.: Propuesta de proyecto minero de Cerro Blanco. Comentarios Preliminares al estudio de evaluación de impacto ambiental. 12 Págs. 25 de julio de 2012.
18. Taylor S.R., McLennan S.M., 1985. *The continental Crust: Its composition and evolution*, Blackwell Scientific Publications, London.
19. Villalba G. 1999. Estudio geohidrológico con énfasis en la geoquímica del flúor de la cuenca del arroyo El Talita. Dpto. Río Cuarto, Córdoba. Trabajo final de Lic. UNRC. Inédito. 180 pp.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. Ávila, J., 2012: Informe laboral mayo 2012. Inspector de Minería Mina Marlin, San Miguel Ixtahuacán, San Marcos, Guatemala C.A. Dirección General de Minería, Ministerio de Energía y Minas. 18 Págs.
<http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2012/05/JULIO-AVILA2.pdf> (Visitado 29 de marzo de 2013).
2. California Public Health Goal (CPHG), 1997: Cyanide in drinking Water. Pesticide and Environmental Toxicology Section Office of Environmental Health Hazard Assessment California Environmental Protection Agency. 13 Págs. (Visitado 29 de marzo de 2013).
http://oehha.ca.gov/water/phg/pdf/cyan_c.pdf

3. Congreso de la República de Guatemala, 1989. Decreto Número 29-89. Ley de fomento y desarrollo de la actividad exportadora y de maquila. 16. Págs. 23 de mayo de 1989.
http://www.sice.oas.org/investment/NatLeg/GTM/ActExportMaquila_s.pdf
(Visitado el 29 de marzo de 2013).
4. Congreso de la República de Guatemala, 1997. Decreto Número 28-97. Ley de Minería y su reglamento. 28 Págs. 11 de junio de 1997.
http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2012/05/1._Ley_de_Mineria_y_su_Reglamento.pdf (Visitado el 29 de marzo de 2013).
5. Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL), 2013. Sitio Central Guajoyo.
http://www.cel.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=80&Itemid=120 (Visitado el 14 de Abril de 2013)
6. Gobierno de Guatemala, Decreto Ley Número 109-83. Ley de hidrocarburos. 44 pp.
http://www.infoiarna.org.gt/media/file/areas/recursos/legislacion/ley_hidrocarburos.pdf (Visitado el 29 de marzo de 2013).
7. Environmental Law Alliance Worldwide, 2010: Guía para evaluar EIAs de proyectos mineros. 132 Págs. Eugene, Oregon.
<http://www.elaw.org/files/mining-eia-guidebook/Guia%20%20para%20Evaluar%20EIAs%20de%20Proyectos%20Mineros.pdf> (Visitado el 29 de marzo de 2013).
20. MARN, 2006. Acuerdo Gubernativo Número 236-2006. Reglamento de descargas y reuso de aguas residuales y la disposición de lodos. 5 de mayo de 2006. Publicado en el Diario de Centro América el 11 de mayo de 2006 Pág. 7 a 15.
<http://www.marn.gob.gt/documentos/guias/documentos/reglamento.pdf>
21. Ministerio de Energía y Minas de Perú. Guía ambiental para el manejo de drenaje ácido de minas. 50. Págs.
<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/manedrenaje.PDF> (visitado Marzo, 29, 2013).
22. OEA, 1993. Plan Trifinio – El Salvador-Guatemala-Honduras. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Instituto interamericano de Cooperación para la Agricultura, OEA, 1993. Washington, D.C. 184 Págs.

- <http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea29s/oea29s.pdf> (Visitado Marzo, 29, 2013).
23. Robinson, R., 2012.: Propuesta de proyecto minero de Cerro Blanco. Comentarios Preliminares al estudio de evaluación de impacto ambiental. 12 Págs. 25 de julio de 2012.
<http://www.flacso.edu.gt/portal/wp-content/uploads/2012/09/analisis-cerro.pdf> (visitado marzo, 29, 2013)
24. Servicio Nacional de Geología y Minería. Recopilación Reglamentos de seguridad Minera. 320 p. Santiago- Chile.
http://www.fundacionist.cl/user/file/temas_interes/Reglamento_Seguridad_Minera.pdf (visitado marzo, 29, 2013)

IX. Anexos

ANEXO 1. Límites máximos permisibles para entes generadores

Cuadro 1.1. Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos

Parámetros	Dimensionales	Límites máximos permisibles
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	20
Fósforo total	Miligramos por litro	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	< 1x10 ⁴
Arsénico	Miligramos por litro	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	1
Cobre	Miligramos por litro	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.01
Níquel	Miligramos por litro	2
Plomo	Miligramos por litro	0.4
Cinc	Miligramos por litro	10
Color	Unidades platino cobalto	500

Fuente: Acuerdo Gubernativo No. 236-2006. Guatemala, 2006.

Cuadro 1.2. Valores de efluentes de descarga para la minería

Parámetro	Limite	Unidades
pH	6-9	S.U
DQO	150	mg/L
DBO	50	mg/L
Aceites y Grasas	10	mg/L
Arsénico	0.1	mg/L
Cadmio	0.05	mg/L
Cromo (IV)	0.1	mg/L
Cobre	0.3	mg/L
Cianuro	1	mg/L
Cianuro Libre	0.1	mg/L
Cianuro WAD	0.5	mg/L
Hierro (total)	2.0	mg/L
Plomo	0.2	mg/L
Mercurio	0.002	mg/L
Níquel	0.5	mg/L
Fenoles	0.5	mg/L
Cinc	0.5	mg/L
Temperatura	<3 grados de diferencia	°C

Fuente: WORLD BANK GROUP. Environmental, Health and Safety Guidelines for Mining. Año 2007

ANEXO 2. Cuadros

1. COMISIÓN TRINACIONAL DEL PLAN TRIFINIO. El Trifinio: Los recursos hídricos en la parte alta de la cuenca del río Lempa. Plan Trifinio, año 2008. 108 p.

Valores de metales pesados muestreados durante el año 2008 por Comisión del Plan Trifinio. (Los parámetros fueron medidos por el MARN de Guatemala y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador, a través del servicio nacional de estudios territoriales).

Cuadro No. 2.1. Valores de arsénico (Trifinio, 2008)

Nota: en rojo se muestran los valores más altos detectados

Valores de arsénico (mg/L) encontrados en el año 2008							
Sitio de Muestreo	Fechas de muestreo						
	1 abril (GUA)	25 sep (GUA)	25 sep (ELS)	09 octu (GUA)	23 oct (GUA)	23 Oct (ELS)	10 dic (ELS)
Río Angue Punte Ferrocarril	0.001	0.005	NM	0.016	0.005	NM	NM
Río San José puente Trapichito	0.004	0.002	NM	0.003	0.002	NM	NM
Laguna Metapán	NM	0.004	NM	0.003	0.002	NM	NM
Río Lempa puente Masahuat	0.005	0.002	NM	0.006	0.003	NM	NM
Lago de Guija Desague (superficie)	0.004	0.004	NM	0.003	0.003	NM	NM
Lago de Guija centro (superficie)	NM	0.004	NM	0.004	0.003	NM	NM
Lago de Guija centro (intermedio)	NM	0.005	NM	0.005	0.004	NM	NM
Lago de Guija centro (fondo)	0.004	0.005	NM	0.008	0.005	NM	NM
Lago de Guija entrada (superficie)	0.08	0.004	NM	0.004	0.003	NM	NM
Río Ostua, aguas arriba	NM	<0.002	0.02	0.003	0.007	0.29	0.08
Río Ostua, intermedio	0.01	NM	NM	<0.002	0.004	NM	NM
Río Ostua, aguas abajo	NM	0.003	0.02	0.004	0.007	0.03	0.11
Quebrada Tancushapa	NM	0.017	0.03	0.005	0.012	0.02	0.1
Acequia de aguas termales	NM	0.110	NM	0.084	0.140	NM	NM

Cuadro No. 2.2 Valores de aluminio (Trifinio, 2008)

Valores de Aluminio (mg/L) encontrados en el año 2008							
Sitio de Muestreo	Fechas de muestreo						
	1 abril (GUA)	25 sep (GUA)	25 sep (ELS)	09 octu (GUA)	23 oct (GUA)	23 Oct (ELS)	10 dic (ELS)
Río Angue Puente Ferrocarril	<0.3	0.65	NM	1.94	6.15	NM	NM
Río San José puente Trapichito	0.37	<0.3	NM	6.99	2.65	NM	NM
Laguna Metapán	NM	<0.3	NM	0.23	<0.3	NM	NM
Río Lempa puente Masahuat	<0.3	0.86	NM	12.6	10.9	NM	NM
Lago de Guija Desague (superficie)	<0.3	<0.3	NM	0.46	1.22	NM	NM
Lago de Guija centro (superficie)	<0.3	<0.3	NM	1.25	1.33	NM	NM
Lago de Guija centro (intermedio)	NM	<0.3	NM	0.69	3.74	NM	NM
Lago de Guija centro (fondo)	NM	<0.3	NM	10.7	6.48	NM	NM
Lago de Guija entrda (superficie)	0.55	<0.3	NM	1.03	1.56	NM	NM
Río Ostua, aguas arriba	<0.3	0.65	10.77	20.1	69.4	70.46	0.23
Río Ostua, intermedio	NM	NM	11.32	10.7	11.6	NM	NM
Río Ostua, aguas abajo	0.37	0.55	2.91	12.6	8.9	12.1	0.98
Quebrada Tancushapa	NM	<0.3	NM	3.19	2.43	4.62	0.91
Acequia de aguas termales	NM	0.55	2.96	2.52	3.85	NM	NM

Cuadro No. 2.3 Valores de cinc (Trifinio, 2008)

Valores de zinc (mg/L) encontrados en el año 2008							
Sitio de Muestreo	Fechas de muestreo						
	1 abril (GUA)	25 sep (GUA)	25 sep (ELS)	09 octu (GUA)	23 oct (GUA)	23 Oct (ELS)	10 dic (ELS)
Río Angue Puente Ferrocarril	<0.01	0.02	NM	0.21	0.03	NM	NM
Río San José puente Trapichito	<0.01	<0.01	NM	0.01	0.02	NM	NM
Laguna Metapán	NM	<0.01	NM	<0.01	0.01	NM	NM
Río Lempa puente Masahuat	<0.01	<0.01	NM	0.03	0.03	NM	NM
Lago de Guija Desague (superficie)	<0.01	<0.01	NM	<0.01	0.03	NM	NM
Lago de Guija centro (superficie)	<0.01	0.01	NM	<0.01	0.04	NM	NM
Lago de Guija centro (intermedio)	NM	0.01	NM	0.02	0.09	NM	NM
Lago de Guija centro (fondo)	NM	0.08	NM	0.05	0.11	NM	NM
Lago de Guija entrada (superficie)	<0.01	<0.01	NM	0.21	0.07	NM	NM
Río Ostua, aguas arriba	<0.01	<0.01	0.02	0.01	0.13	0.01	0.01
Río Ostua, intermedio	NM	NM	NM	<0.01	0.05	NM	NM
Río Ostua, aguas abajo	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.13	0.01	0.01
Quebrada Tancushapa	NM	<0.01	0.02	0.02	0.09	0.01	<0.077
Acequia de aguas termales	NM	<0.01	NM	0.02	0.06	NM	NM

Cuadro No. 2.4 Valores de manganeso (Trifinio, 2008)

Valores de manganeso (mg/L) encontrados en el año 2008							
Sitio de Muestreo	Fechas de muestreo						
	1 abril (GUA)	25 sep (GUA)	25 sep (ELS)	09 octu (GUA)	23 oct (GUA)	23 Oct (ELS)	10 dic (ELS)
Río Angue Punte Ferrocarril	0.16	0.09	NM	0.24	<0.03	NM	NM
Río San José puente Trapichito	0.43	0.08	NM	0.07	0.08	NM	NM
Laguna Metapán	NM	0.04	NM	0.04	<0.03	NM	NM
Río Lempa puente Masahuat	<0.03	0.07	NM	0.13	0.05	NM	NM
Lago de Guija Desague (superficie)	<0.03	<0.03	NM	<0.03	<0.03	NM	NM
Lago de Guija centro (superficie)	<0.03	<0.03	NM	<0.03	<0.03	NM	NM
Lago de Guija centro (intermedio)	NM	0.13	NM	0.17	0.04	NM	NM
Lago de Guija centro (fondo)	NM	0.1	NM	0.09	0.07	NM	NM
Lago de Guija entrda (superficie)	0.07	<0.03	NM	<0.03	<0.03	NM	NM
Río Ostua, aguas arriba	<0.03	0.04	<0.03	<0.03	0.37	<0.03	<0.03
Río Ostua, intermedio	NM	NM	NM	0.06	0.07	NM	NM
Río Ostua, aguas abajo	0.05	0.06	<0.03	<0.03	0.31	<0.03	<0.03
Quebrada Tancushapa	NM	0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Acequia de aguas termales	NM	0.08	NM	<0.03	0.09	NM	NM

Cuadro No. 2.5 Valores de hierro (Trifinio, 2008)

Valores de hierro (mg/L) encontrados en el año 2008							
Sitio de Muestreo	Fechas de muestreo						
	1 abril (GUA)	25 sep (GUA)	25 sep (ELS)	09 octu (GUA)	23 oct (GUA)	23 Oct (ELS)	10 dic (ELS)
Río Angue Punte Ferrocarril	0.17	0.68	NM	14.1	2.2	NM	NM
Río San José puente Trapichito	0.52	0.36	NM	4.15	1.85	NM	NM
Laguna Metapán	NM	<0.03	NM	0.22	0.1	NM	NM
Río Lempa puente Masahuat	<0.03	0.75	NM	8.97	3.18	NM	NM
Lago de Guija Desague (superficie)	<0.03	<0.03	NM	0.45	0.44	NM	NM
Lago de Guija centro (superficie)	<0.03	<0.03	NM	0.57	0.62	NM	NM
Lago de Guija centro (intermedio)	NM	0.29	NM	0.64	1.46	NM	NM
Lago de Guija centro (fondo)	NM	0.47	NM	4.24	2.67	NM	NM
Lago de Guija entrda (superficie)	0.48	<0.03	NM	0.57	0.61	NM	NM
Río Ostua, aguas arriba	0.19	0.45	0.02	4.59	21.8	0.39	0.02
Río Ostua, intermedio	NM	NM	NM	4.49	3.78	NM	NM
Río Ostua, aguas abajo	0.28	0.42	0.1	5.54	17.3	0.71	0.17
Quebrada Tancushapa	NM	0.29	0.17	1.39	1.08	0.12	0.29
Acequia de aguas termales	NM	0.49	NM	1.69	2.05	NM	NM

Valores de parámetros fisicoquímicos, muestreados durante el año 2008 por Comisión del Plan Trifinio.

Cuadro No. 2.6 Valores de pH(Trifinio, 2008)

Valores de pH (unidades)				
Punto de muestreo	01-abr	25-sep	09-oct	23-oct
Río Angue Puente Ferrocarril	7.5	7.8	7.8	7.92
Río San José Puente Trapichito	7.2	7.58	7.56	7.67
Laguna Metapán		7.76	7.76	7.86
Río Lempa Puente Masahuat	8.8	7.77	7.69	7.86
Lago de Güija Desagüe (superficie)	8.38	8.03	7.75	8.31
Lago de Güija Centro (superficie)	8.29	8.21	7.86	8.03
Lago de Güija Centro (intermedio)		7.25	7.28	7.47
Lago de Güija Centro (fondo)		7.29	7.21	7.42
Lago de Güija Entrada (superficie)	8.19	8.47	8	7.65
Río Ostúa, aguas arriba	7.99	7.61	7.6	7.67
Río Ostúa, aguas abajo	7.94	7.56	7.61	7.72
NM=no muestreado				

Cuadro No. 2.7 Valores de conductividad eléctrica(Trifinio, 2008)

Punto de muestreo	Valores de conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)			
	01-Abr	25-Sep	09-Oct	23-Oct
Río augue Puente Ferrocarril	796	191	132	207
Río san Jose Puente Trapichito	1770	225	164	229
Laguna Metapán	NM	200	299	209
Río Lempa Puente Masahuat	293	96	89	166
Lago de Guija Desague (superficie)	457	177	89	166
Lago de Guija Centro (superficie)	474	176	168	166
Lago de Guija Centro (intermedio)	NM	166	169	170
Lago de Guija Centro (fondo)	NM	165	151	158
Lago d eGuija Entrada (superficie)	492	175	166	170
Río Ostúa, aguas arriba	816	105	85	92
Río Ostúa, aguas abajo	746	174	133	182
NM=no muestreado				

Cuadro No. 2.8 Valores de sólidos totales (Trifinio, 2008)

Punto de muestreo	Valores de sólidos totales (mg/L)		
	25-Sep	09-Oct	23-Oct
Río augue Puente Ferrocarril	344	804	252
Río san Jose Puente Trapichito	196	244	200
Laguna Metapán	172	180	144
Río Lempa Puente Masahuat	308	504	328
Lago de Guija Desague (superficie)	144	132	136
Lago de Guija Centro (superficie)	132	156	148
Lago de Guija Centro (intermedio)	168	172	168
Lago de Guija Centro (fondo)	268	228	184
Lago d eGuija Entrada (superficie)	136	160	168
Río Ostúa, aguas arriba	192	316	1160
Río Ostúa, aguas abajo	272	420	324

NM=no muestreado

Cuadro No. 2.9 Valores de nitritos (Trifinio, 2008)

Punto de muestreo	Valores de nitritos(mg/L)			
	01-Abr	25-Sep	09-Oct	23-Oct
Río augue Puente Ferrocarril	0.05	0.139	0.31	0.09
Río san Jose Puente Trapichito	0.14	<0.03	0.18	0.15
Laguna Metapán	NM	0.05	<0.03	<0.03
Río Lempa Puente Masahuat	0.06	0.133	0.22	0.15
Lago de Guija Desague (superficie)	0.06	<0.03	0.04	0.04
Lago de Guija Centro (superficie)	0.03	<0.03	0.05	0.05
Lago de Guija Centro (intermedio)	NM	0.092	0.19	0.09
Lago de Guija Centro (fondo)	NM	0.171	0.28	0.12
Lago d eGuija Entrada (superficie)	0.05	0.03	0.15	0.04
Río Ostúa, aguas arriba	0.04	0.119	0.19	0.19
Río Ostúa, aguas abajo	0.04	0.119	0.23	0.23

NM=no muestreado

Cuadro No. 2.10 Valores de nitratos (Trifinio, 2008)

Punto de muestreo	Valores de nitratos(mg/L)			
	01-Abr	25-Sep	09-Oct	23-Oct
Río augue Puente Ferrocarril	0.8	3.2	4.2	5
Río san Jose Puente Trapichito	16.79	4.6	4.7	4.9
Laguna Metapán	NM	1.6	4.1	3.6
Río Lempa Puente Masahuat	0.63	3.6	8	4.6
Lago de Guija Desague (superficie)	0.41	<1	8.3	4.9
Lago de Guija Centro (superficie)	0.74	2.1	3	1.8
Lago de Guija Centro (intermedio)	NM	1.7	13.1	3
Lago de Guija Centro (fondo)	NM	<1	4.3	3.1
Lago d eGuija Entrada (superficie)	1.9	4.5	7.1	7
Río Ostúa, aguas arriba	0.52	3.5	3.8	8.8
Río Ostúa, aguas abajo	2.9	4.3	3.3	4.7

NM=no muestreado

Cuadro No. 2.11 Valores de sulfatos(Trifinio, 2008)

Punto de muestreo	Valores de sulfatos (mg/L)			
	01-Abr	25-Sep	09-Oct	23-Oct
Río augue Puente Ferrocarril	119	<25	<25	<25
Río san Jose Puente Trapichito	252	<25	<25	<25
Laguna Metapán	NM	<25	<25	<25
Río Lempa Puente Masahuat	66	<25	<25	<25
Lago de Guija Desague (superficie)	82	<25	<25	<25
Lago de Guija Centro (superficie)	86	<25	<25	<25
Lago de Guija Centro (intermedio)	NM	<25	<25	<25
Lago de Guija Centro (fondo)	NM	<25	<25	<25
Lago d eGuija Entrada (superficie)	119	<25	<25	<25
Río Ostúa, aguas arriba	82	<25	<25	<25
Río Ostúa, aguas abajo	60	<25	<25	<25

NM=no muestreado

Cuadro No. 2.12 Valores de oxígeno disuelto (Trifinio, 2008)

Punto de muestreo	Valores de oxígeno disuelto (mg/L)		
	25-Sep	09-Oct	23-Oct
Río augue Puente Ferrocarril	4.5	5.45	5.05
Río san Jose Puente Trapichito	6.1	4.83	5.28
Laguna Metapán	4.87	3.95	4.56
Río Lempa Puente Masahuat	5.8	5.83	5.3
Lago de Guija Desague (superficie)	5.58	4.7	5.13
Lago de Guija Centro (superficie)	4.9	4.76	5.09
Lago de Guija Centro (intermedio)	2.35	1.05	1.71
Lago de Guija Centro (fondo)	2.12	0.88	2.64
Lago de Guija Entrada (superficie)	7.13	5.75	3.98
Río Ostúa, aguas arriba	5.6	5.56	5.55
Río Ostúa, aguas abajo	5.46	5.7	5.48

NM=no muestreado

Cuadro No. 2.13 Valores de coliformes fecales(Trifinio, 2008)

Punto de muestreo	Valores de coliformes fecales	Fecha de muestreo
	01-Abr	
Río augue Puente Ferrocarril	500	
Río san Jose Puente Trapichito	1.60E+06	
Laguna Metapán	NM	
Río Lempa Puente Masahuat	<2	
Lago de Guija Desague (superficie)	<2	
Lago de Guija Centro (superficie)	<2	
Lago de Guija Entrada (superficie)	80	
Río Ostúa, aguas arriba	NM	
Río Ostúa, aguas abajo	300	

Cuadro No. 2.14 Valores de dureza (Trifínio, 2008)

Punto de muestreo	Valores de Dureza (mg/L CaCO ₃)		
	25-Sep	09-Oct	23-Oct
Río augue Puente Ferrocarril	100	60	100
Río san Jose Puente Trapichito	107	60	90
Laguna Metapán	87	90	120
Río Lempa Puente Masahuat	49	37	50
Lago de Guija Desague (superficie)	60	60	60
Lago de Guija Centro (superficie)	67	70	70
Lago de Guija Centro (intermedio)	60	67	80
Lago de Guija Centro (fondo)	62	56	60
Lago d eGuija Entrada (superficie)	70	68	60
Río Ostúa, aguas arriba	40	39	45
Río Ostúa, aguas abajo	60	56	60

NM=no muestreado

Cuadro No. 2.15 Valores de cloruros (Trifinio, 2008)

Punto de muestreo	Valores de Cloruros (mg/L)		
	25-Sep	09-Oct	23-Oct
Río augue Puente Ferrocarril	4.9	5.6	4.4
Río san Jose Puente Trapichito	3.4	4.3	5.3
Laguna Metapán	2.6	<2.5	<2.5
Río Lempa Puente Masahuat	4.2	5.3	4.4
Lago de Guija Desague (superficie)	4.0	3.5	4.1
Lago de Guija Centro (superficie)	3.5	3.9	4.1
Lago de Guija Centro (intermedio)	4.2	5.8	4.6
Lago de Guija Centro (fondo)	7.2	5.7	5.3
Lago d eGuija Entrada (superficie)	4.7	3.5	3.8
Río Ostúa, aguas arriba	5.8	5.8	15
Río Ostúa, aguas abajo	6.6	6.6	13.2

NM=no muestreado

Cuadro No. 2.16 Valores de fluoruros (Trifinio, 2008)

Punto de muestreo	Valores de Fluoruros (mg/L)		
	25-Sep	09-Oct	23-Oct
Río augue Puente Ferrocarril	<0.1	<0.1	<0.1
Río san Jose Puente Trapichito	<0.1	<0.1	<0.1
Laguna Metapán	<0.1	<0.1	<0.1
Río Lempa Puente Masahuat	<0.1	<0.1	<0.1
Lago de Guija Desague (superficie)	<0.1	<0.1	<0.1
Lago de Guija Centro (superficie)	<0.1	<0.1	<0.1
Lago de Guija Centro (intermedio)	<0.1	<0.1	0.1
Lago de Guija Centro (fondo)	<0.1	<0.1	<0.1
Lago d eGuija Entrada (superficie)	<0.1	<0.1	0.25
Río Ostúa, aguas arriba	<0.1	<0.1	0.38
Río Ostúa, aguas abajo	<0.1	<0.1	0.14

NM=no muestreado

Cuadro No. 2.17 Valores de DBO (Trifinio, 2008)

Punto de muestreo	Valores de DBO			
	01-Abr	25-Sep	09-Oct	Dic
Río augue Puente Ferrocarril	<10	<10	<10	<10
Río san Jose Puente Trapichito	250	<10	<10	<10
Laguna Metapán	<10	<10	<10	<10
Río Lempa Puente Masahuat	115	<10	<10	<10
Lago de Guija Desague (superficie)	<10	<10	<10	<10
Lago de Guija Centro (superficie)	<10	<10	<10	<10
Lago de Guija Centro (intermedio)	<10	<10	<10	<10
Lago de Guija Centro (fondo)	<10	<10	<10	<10
Lago d eGuija Entrada (superficie)	<10	<10	<10	<10
Río Ostúa, aguas arriba	<10	<10	<10	<10
Río Ostúa, aguas abajo	<10	<10	<10	<10

NM=no muestreado

Cuadro No. 2.18 Valores de DQO (Trifinio, 2008)

Punto de muestreo	Valores de DQO			
	01-Abr	25-Sep	09-Oct	Dic
Río augue Puente Ferrocarril	<25	<25	<25	<25
Río san Jose Puente Trapichito	315	<25	<25	<25
Laguna Metapán	<25	<25	<25	<25
Río Lempa Puente Masahuat	345	<25	<25	<25
Lago de Guija Desague (superficie)	<25	<25	<25	<25
Lago de Guija Centro (superficie)	<25	<25	<25	<25
Lago de Guija Centro (intermedio)	<25	<25	<25	<25
Lago de Guija Centro (fondo)	<25	<25	<25	<25
Lago d eGuija Entrada (superficie)	<25	<25	<25	<25
Río Ostúa, aguas arriba	<25	<25	157	<25
Río Ostúa, aguas abajo	<25	<25	<25	<25
NM=no muestreado				

2. Estudio denominado CONCYT, López Paredes, Luis Arturo. Estudio Limnológico del lago de Güija determinación de su estado de explotación. Guatemala, agosto del 2008.

Cuadro No. 2.19 Valores de parámetros físico-químicos (López Paredes, 2008)

Mes	Temperatura Promedio °C	Oxigeno (ml/Litro)	pH	TDS (mg/L)	Conductividad Electrica	Salinidad en partes por mil (ppt)	Turbidez en unidades nefelométricas de formacina. UNF.	secchi
May-07	27.23	4.75	7.71	1527.52	2389.12	0.11	910.45	53.67
Jun-07	28.08	4.31	7.65	1537.59	2403.83	0.11	45.78	124.17
Jul-07	28.61	4.62	8.01	1505.46	2351.13	0.11	32.35	105.00
Ago-07	28.08	4.09	7.82	1447.49	2261.33	0.11	28.27	85.93
Sep-07	27.25	3.15	7.69	1206.66	1874.39	0.09	188.39	75.07
Oct-07	25.59	3.47	7.28	1192.59	1857.46	0.08	41.60	75.17
Nov-07	24.5	15.90	8.37	1165.96	1805.96	0.01	81.23	88.15
Dic-07	23.96	16.10	8.45	1232.58	1878.54	0.01	330.94	82.04
Ene-08	22.9	7.49	9.1	1264.62	1976.57	0.09	233.29	188.69
Feb-08	22.62	6.46	9.35	1307.39	2032.03	0.09	9.73	124.75
Mar-08	25.31	11.78	7.42	0.13	19.40	0.01	0.00	123.92
Abr-08	27.12	8.83	8.11	0.13	20.21	0.01	710.22	154.17

*Los datos presentados, son promedio de todas las muestras tomadas en todas las estación, los datos de cada estación se pueden observar en el archivo FISICOS 2007 FODECTY

Cuadro No. 2.20 Valores de parámetros ambientales (López Paredes, 2008)

	DBO	Dureza	Alcalinidad	Fosfatos	Fosforo	Nitrogeno	Mercurio	Plomo	Arsenico	Coliformes totales (NMP/100ml)	Coliformes fecales (NMP/100ml)
Mayo '07	13.0	91.3	208.7	0.23	1.7	0.9	0.0002	0.1	0.0050	806	368
Julio '07	13.0	90.9	239.3	0.08	2.15	1.00	0.0002	0.1	0.0069	4	3
Oct '07	65.2	95.6	213.0	0.23	0.17	1.31	0.0002	0.1	0.0050	4383	163
Dic '07	30.4	78.3	221.7	0.04	3.15	0.61	0.0002	0.1	0.0055	9	7
Mar '08	13.0	82.6	269.6	0.00	0.19	1.23					
Abril '08							0.0002	0.1	0.0050	102333	6
Jun '08	43.5	78.3	252.2	5.69	1.38	1.53	0.0002	0.1	0.0060	7	3

*Los datos presentados, son promedio de todas las muestras tomadas en todas las estación, los datos de cada estación no fueron proporcionados por el investigador

3. Resultados de muestreo tomados por la empresa Entremares

**Cuadro No. 2.21 Variación de los valores de pH para el periodo 2008 – 2012.
(Entremares)**

	Lago Güija, San Juan la Isla	Río Ostúa, aguas arriba	Entrada a planta de tratamiento	Descarga de planta de tratamiento
febrero-08	8,25	7,17		
mayo-08	8,14	7,89		
agosto-08	8,67	7,64		
noviembre-08	8,1	8,06		
febrero-09	8,6	7,25		
mayo-09	8,23	7,51		
agosto-09	8,74	7,54		
noviembre-09	8,2	8,1		
febrero-10	8,06	7,86		
mayo-10	8,33	7,37		
agosto-10	7,22	7,44		
noviembre-10	8,27	8,4		
febrero-11	7,5	7,9	8,1	7,9
mayo-11	7,9	7,55	8,3	7,6
agosto-11	8,1	7,65	8,8	7,7
noviembre-11	8,3	8,3	8,9	7,91
febrero-12	7,9	8,1	8,9	8,1
mayo-12	8,8	8,2	8,8	7,23
agosto-12	8,1	8,3	8,5	8,2
noviembre-12	8,2	8,4	8,8	8,72
PROMEDIO	8,1805	7,8315	8,6375	7,92

Fuente: Informes de laboratorio ACZ para la empresa Entremares de Guatemala.

**Cuadro No. 2.22 Variación del contenido de arsénico para el periodo 2008 – 2012.
(Entremares)**

	Entrada a planta de tratamiento EPT-1	Descarga de planta de tratamiento DPT1	Lago Güija, San Juan la Isla SW-11	Río Ostúa, aguas arriba SW-8	Fuente de agua termal HS-5	LMP Banco Mundial y MARN
feb-08			0.0036	0.0037	1.08	0.1
may-08			0.0054	0.0048	1.06	0.1
ago-08			0.004	0.0019	1.07	0.1
nov-08			0.0043	0.0023	1.2	0.1
feb-09			0.004	0.0035	1.12	0.1
may-09			0.0042	0.0026	0.997	0.1
ago-09			0.0058	0.007	0.923	0.1
nov-09			0.0063	0.005	1.07	0.1
feb-10			0.0055	0.0043	0.883	0.1
may-10			0.0055	0.0037	1.06	0.1
ago-10			0.0037	0.0023	0.885	0.1
nov-10			0.0045	0.0032		0.1
feb-11		0.0425	0.0049	0.0039		0.1
may-11	0.342	0.0324	0.0052	0.0027		0.1
ago-11	0.3732	0.0253	0.0051	0.0028		0.1
nov-11	0.476	0.0197	0.0054	0.0024		0.1
feb-12	0.4176	0.047	0.0067	0.0035	1.23	0.1
may-12	0.35	0.037	0.0064	0.0031		0.1
ago-12	0.423	0.0568	0.0051	0.0046	1.18	0.1
nov-12	0.494	0.052	0.0057	0.0033		0.1
PROMEDIO	0.41082857	0.0390875	0.005065	0.00353	1.05830769	0.1

Fuente: Informes de laboratorio ACZ para la empresa Entremares de Guatemala.

**Cuadro No. 2.23 Variación del contenido de níquel para el periodo 2008 – 2012.
(Entremares)**

	Entrada a planta de tratamiento (EPT-1)	Descarga de planta de tratamiento (DPT-1)	Lago Güija, San Juan la Isla (SW-11)	Río Ostúa, aguas arriba (SW-8)	Fuente de agua termal (HS-5)	LMP MARN	Limite BM
febrero-08			<0.01	0.02	<0.01	2	0.5
mayo-08			<0.01	0.04	<0.02	2	0.5
agosto-08			<0.01	<0.01	0.05	2	0.5
noviembre-08			<0.01	<0.01	<0.02	2	0.5
febrero-09			<0.01	<0.01	<0.02	2	0.5
mayo-09			<0.01	<0.01	<0.02	2	0.5
agosto-09			<0.01	0.01	<0.01	2	0.5
noviembre-09			<0.01	<0.01	<0.02	2	0.5
febrero-10			<0.01	<0.01	<0.01	2	0.5
mayo-10			0.01	0.07	0.09	2	0.5
agosto-10			<0.01	<0.01	<0.02	2	0.5
noviembre-10			<0.01	0.04		2	0.5
febrero-11	<0,01	0.02	<0.01	0.02		2	0.5
mayo-11	0.01	<0,01	<0.01	<0.01		2	0.5
agosto-11	<0,01	<0,01	<0.01	<0.01		2	0.5
noviembre-11	<0,01	<0,01	<0.01	0.01		2	0.5
febrero-12	<0,01	<0,01	<0.01	<0,01		2	0.5
mayo-12	<0,01	<0,01	<0.01	<0,01		2	0.5
agosto-12	0.07	0.07	<0.01	0.1		2	0.5
noviembre-12	0.02	0.28	<0.01	0.2		2	0.5
PROMEDIO	0.03	0.12	0.01	0.06	0.07	2	0.5

Fuente: Informes de laboratorio ACZ para la empresa Entremares de Guatemala.

**Cuadro No. 2.24 Variación del contenido de Cinc para el periodo 2008 – 2012
(Entremares)**

	Entrada a planta de tratamiento (EPT-1)	Descarga de planta de tratamiento (DPT-1)	Lago Güija, San Juan la Isla (SW-11)	Río Ostúa, aguas arriba (SW-8)	Fuente de agua termal (HS-5)	LMP Reglamento MARN	Límite máximo permisible
febrero-08			0.03	0.3	0.05	10	0.5
mayo-08			0.03	<0.01	<0.02	10	0.5
agosto-08			0.04	0.02	<0.02	10	0.5
noviembre-08			0.05	0.02	0.03	10	0.5
febrero-09			0.05	0.02	0.04	10	0.5
mayo-09			0.3	0.04	0.04	10	0.5
agosto-09			0.05	0.1	0.03	10	0.5
noviembre-09			0.03	0.1	0.04	10	0.5
febrero-10			0.09	0.04	0.06	10	0.5
mayo-10			0.14	0.05	0.05	10	0.5
agosto-10			0.08	0.06	0.1	10	0.5
noviembre-10			0.05	0.04		10	0.5
febrero-11	0.1	0.09	0.09	0.06		10	0.5
mayo-11	0.1	0.11	0.12	0.22		10	0.5
agosto-11	0.2	0.26	0.14	0.12		10	0.5
noviembre-11	0.08	0.24	0.02	0.08		10	0.5
febrero-12	0.49	0.13	0.05	0.05		10	0.5
mayo-12	0.2	0.24	0.02	0.04		10	0.5
agosto-12	0.19	0.24	0.11	0.06		10	0.5
noviembre-12	0.2	0.2	0.03	0.12		10	0.5

Fuente: Informes de laboratorio ACZ para la empresa Entremares de Guatemala.

**Cuadro No. 2.25 Variación del contenido de Cianuro para el periodo 2008 – 2012
(Entremares)**

	Entrada a planta de tratamiento (EPT-1)	Descarga de planta de tratamiento (DPT-1)	Lago Güija, San Juan la Isla (SW-11)	Río Ostúa, aguas arriba (SW-8)	Fuente de agua termal (HS-5)	LMP Reglamento MARN	Límite máximo permisible
febrero-08			<0.003	<0.003	<0.003	1	0.5
mayo-08			<0.003	<0.003	<0.003	1	0.5
agosto-08			<0.003	<0.003	<0.003	1	0.5
noviembre-08			<0.003	<0.003	<0.003	1	0.5
febrero-09			<0.003	<0.003	<0.003	1	0.5
mayo-09			<0.003	<0.003	<0.003	1	0.5
agosto-09			<0.003	<0.003	<0.003	1	0.5
noviembre-09			<0.003	<0.003	<0.003	1	0.5
febrero-10			<0.003	<0.003	<0.003	1	0.5
mayo-10			<0.003	<0.003	<0.003	1	0.5
agosto-10			<0.003	<0.003	<0.003	1	0.5
noviembre-10			<0.003	<0.003	<0.003	1	0.5
febrero-11	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	1	0.5
mayo-11	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	1	0.5
agosto-11	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	1	0.5
noviembre-11	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	1	0.5
febrero-12	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	1	0.5
mayo-12	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	1	0.5
agosto-12	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	1	0.5
noviembre-12	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	1	0.5

Fuente: Informes de laboratorio ACZ para la empresa Entremares de Guatemala.

Cuadro No. 2.26 Promedio de los resultados de calidad del agua de descarga de abril 2011 a diciembre de 2012 (Entremares)

Parámetro	Unidad	Estándar MARN	Promedio (N=21)
Temperatura	°C	TCR+/-7(26.89) ⁹	28.83*
pH	U.E	6 - 9	7.89*
Grasas Y Aceites	mg/L	10	<2.062
Sólidos Suspensidos Totales	mg/L	100	<5
Sólidos Sedimentables	ml/L	NA	<0.1**
Dbo	mg/L	NA	<6
Color	uPtCo	500	12**
Materia Flotante	A/P	Ausente	AUSENTE*
Coliformes Fecales	NMP/100ml	<1X104	<2**
Nitratos+Nitritos	mg/L	NA	0.29
Nitrógeno Total	mg/L	20	0.47
Cianuro Total	mg/L	1	<0.003
Arsénico Total	mg/L	0.1	0.041
Cadmio Total	mg/L	0.1	<0.0001
Cobre Total	mg/L	3	<0.01
Cromo Hexavalente	mg/L	0.1	<0.01**
Fosforo Total	mg/L	10	0.01
Mercurio Total	mg/L	0.001	<0.0002
Níquel Total	mg/L	2	<0.01
Plomo Total	mg/L	0.4	<0.0001
Zinc Total	mg/L	10	0.33

Fuente: ACZ laboratorios, Inc. Y Soluciones Analíticas Entre Mares, 2013

Cuadro No. 2.27 Caracterización del lixiviado de lodos del año 2012, en Proyecto Minero Cerro Blanco (mg/L) (Entremares)

Mes	Arsénico	Cadmio	Cromo	Mercurio	Plomo
Mayo	0.0902	<0.0001	<0.01	<0.0002	0.0002
Septiembre	0.0756	0.0003	0.01	0.0002	0.0008
Diciembre	0.0327	0.0002	<0.01	<0.0002	0.0001
Promedio	0.0662	0.0003	<0.01	<0.0002	0.0004
norma MARN	0.1	0.1	----	0.01	0.4

Fuente (Entre Mares, 2013) Nota: información en color negro corresponde al máximo aceptado o al dato más repetitivo por debajo del límite de detección

**4. Análisis del Informe técnico acerca de la calidad del agua en Proyecto Minero Cerro Blanco,
DGM-UGSA INF-UGSA-16-04-08-10**

Muestreo extraordinario de agua en los alrededores de la Licencia Minera Cerro Blanco

Cuadro No. 2.28 Descripción de las estaciones de muestreo. (DGM-UGSA)

ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS		TIPO DE AGUA
		ESTE	NORTE	
SW8	Río Ostúa aguas arriba	209733	1585920	SUPERFICIAL
SW5	Río Ostúa antes de confluencia de río Moran	216396	154835	SUPERFICIAL
SW13	Río Ostúa aguas abajo	217089	1584289	SUPERFICIAL
HS5	Manantial caliente agua arriba	215979	1586797	TERMAL
HS1	Manantial caliente dentro del proyecto	212397	1587035	TERMAL
MW2.2	Pozo dentro del proyecto	212229	1586880	SUBTERRÁNEA

Fuente: DGM-UGSA INF-UGSA-16-04-08-10

Resultados de las estaciones de agua superficial

**Cuadro No 2.29. pH de campo en estaciones de agua superficial (en unidades estándar)
(DGM-UGSA)**

Estación	Resultado	LB medio
SW8	7.22	7.32
SW5	7.30	7.85
SW	13 7.17	NA

Fuente: DGM-UGSA INF-UGSA-16-04-08-10

Cuadro No 2.30. Temperatura en estaciones de agua superficial (en °C) (DGM-UGSA)

Estación	Resultado	LB medio
SW8	24.8	27.35
SW5	25.4	27.87
SW13	25.1	NA

Fuente: DGM-UGSA INF-UGSA-16-04-08-10

* NA No aplica

Cuadro No 2.31. Conductividad en estaciones de agua superficial (en $\mu\text{S}/\text{cm}$) (DGM-UGSA)

Estación	Resultado	LB medio
SW8	118.7	NE
SW5	164.4	NE
SW13	158.3	NA

Fuente: DGM-UGSA INF-UGSA-16-04-08-10

* NE No encontrado **NA No aplica

Cuadro No 2.32. Sólidos suspendidos totales en estaciones de agua superficial (en mg/L) (DGM-UGSA)

Estación	Resultado	LB medio
SW8	500	265.9
SW5	210	640.5
SW13	690	NA

DGM-UGSA INF-UGSA-16-04-08-10

* NA No aplica

Cuadro No 2.33. Grasas y aceites totales en estaciones de agua superficial (en mg/L) (DGM-UGSA)

Estación	Resultado	LB medio
SW8	ND*	NA**
SW5	ND	NA
SW13	ND	NA

Fuente: DGM-UGSA INF-UGSA-16-04-08-10 *Estuvo por debajo del límite de detección del 1 mg/L

Cuadro No 2.34 Alcalinidad en estaciones de agua superficial (DGM-UGSA)

Estación	Total (Mg/L CaCO ₃)	Bicarbonato (mg/L HCO ₃ ⁻)	Carbonato (mg/L CO ₃ ²⁻)	Hidróxido (mg/L OH ⁻)
SW8	42	48	ND	ND
SW5	490	ND	170	69
SW13	510	ND	190	65

Fuente: DGM-UGSA INF-UGSA-16-04-08-10, ND No Detectado

Cuadro No 2.35 Nitrógeno de nitritos y nitratos en estaciones de agua superficial (en mg/L) (DGM-UGSA)

Estación	Resultado	LB medio
SW8	0.72	0.35
SW5	0.98	0.575
SW13	1.04	NA

Fuente: DGM-UGSA INF-UGSA-16-04-08-10

* NA No aplica

Cuadro No. 2.36 Fósforo total en estaciones de agua superficial (en mg/L) (DGM-UGSA)

Estación	Resultado	LB medio
SW8	0.367	0.196
SW5	0.459	0.367
SW13	0.671	NA

Fuente: DGM-UGSA INF-UGSA-16-04-08-10

Cuadro No 2.37. Sulfato disuelto en estaciones de agua superficial (en unidades estándar) (DGM-UGSA)

Estación	Resultado	LB medio
SW8	10	NE
SW5	12	NE
SW13	11	NA

Fuente: DGM-UGSA INF-UGSA-16-04-08-10

* NE No encontrado **NA No aplica

Cuadro No 2.38 Demanda química de oxígeno en estaciones de agua superficial (en unidades estándar) (DGM-UGSA)

Estación	Resultado	LB medio
SW8	21	NE*
SW5	88	NE
SW13	97	NA**

Fuente: DGM-UGSA INF-UGSA-16-04-08-10

Cuadro No 2.39. Arsénico total en estaciones de agua superficial (en mg/L) (DGM-UGSA)

Estación	Resultado	LB medio
SW8	0.0069	0.027
SW5	0.0071	0.0308
SW13	0.0086	NA*

Fuente: DGM-UGSA INF-UGSA-16-04-08-10

Cuadro No 2.40. Cadmio total en estaciones de agua superficial (en mg/L) (DGM-UGSA)

Estación	Resultado	LB medio
SW8	0.00010	0.0023
SW5	0.00013	0.0015
SW13	0.00016	NA*

Fuente: DGM-UGSA INF-UGSA-16-04-08-10

Cuadro No 2.41. Cromo total en estaciones de agua superficial (en unidades estándar) (DGM-UGSA)

Estación	Resultado	LB medio
SW8	0.005	NE*
SW5	0.006	NE
SW13	0.011	NA**

Fuente: DGM-UGSA INF-UGSA-16-04-08-10

Cuadro No 2.42. Plomo total en estaciones de agua superficial (en mg/L) (DGM-UGSA)

Estación	Resultado	LB medio
SW8	0.0119	0.0075
SW5	0.0109	0.0118
SW13	0.0146	NA*

Fuente: DGM-UGSA INF-UGSA-16-04-08-10

Cuadro No 2.43. Mercurio total en estaciones de agua superficial (en µg/L) (DGM-UGSA)

Estación	Resultado	LB medio
SW8	ND	0.16
SW5	ND	0.07
SW13	ND	NA*

Fuente: DGM-UGSA INF-UGSA-16-04-08-10

Cuadro No 2.44. Cianuro WAD en estaciones de agua superficial (en mg/L) (DGM-UGSA)

Estación	Resultado	LB medio
SW8	ND	NE*
SW5	0.0008	NE
SW13	0.0008	NA**

Fuente: DGM-UGSA INF-UGSA-16-04-08-10

**5. Informe técnico inicio de descarga de agua en el proyecto Minero Cerro Blanco DGM-UGSA
UGSA-INF-MA-35-2011**

Cuadro No 2.45. Descripción de puntos de muestreo. (DGM-UGSA, 2011)

ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS		TIPO DE GUA
		ESTE	NORTE	
SW7	Quebrada Tancushapa, aguas abajo	215658	1585758	SUPERFICIAL
EPT-1	Tanque colector, entrada al sistema de tratamiento	212160	1588148	SUBTERRÁNEA
DPT-1	Dispositivo de descarga	212447	1588240	SUBTERRÁNEA

Fuente: DGM-UGSA UGSA-INF-MA-35-2011

Cuadro No 2.46. Especies inorgánicas de nitrógeno en la estación SW7 (en mg/l) (DGM-UGSA, 2011)

Parámetro	SW7
Nitrógeno total	NA
Nitritos y nitratos	0.41
Nitratos	0.031
Amonio	0.12

Fuente: DGM-UGSA UGSA-INF-MA-35-2011

Cuadro No 2.47. Resultados de análisis de blanco de metales totales (DGM-UGSA, 2011)

Parámetro	unidades	LDR	LC	SW45	SW45 DUP	DPR
Aluminio	mg/L	0.001	0.003	0.0087	0.0091	-4.5
Arsénico	mg/L	0.0001	0.0003	0.00004	0.00005	-22.2
Bario	mg/L	0.0001	0.0003	0.00029	0.00029	0
Cadmio	mg/L	0.00003	0.00009	0.000027	0.000024	11.8
Cesio	mg/L	0.0003	0.0009	0.00017	0.00016	6.1
Cobalto	mg/L	0.00003	0.00009	0.000014	0.000014	0
Cobre	mg/L	0.0003	0.0009	0.00045	0.0005	-10.5
Hierro	mg/L	0.005	0.015	0.003	0.003	0
Plomo	mg/L	0.00003	0.00009	0.000176	0.000185	-5
Litio	mg/L	0.003	0.009	0.0022	0.0023	-4.4
Manganeso	mg/L	0.0003	0.0009	0.00035	0.00032	9
Níquel	mg/L	0.0001	0.0003	0.00031	0.00029	6.7
Rubidio	mg/L	0.0003	0.0009	0.00024	0.00024	0
Estroncio	mg/L	0.0003	0.0009	0.00068	0.00066	3
Estaño	mg/L	0.00005	0.00015	0.00001	<0.00001	NC
Tungsteno	mg/L	0.00005	0.00015	0.00002	0.00002	0
Cinc	mg/L	0.0005	0.0015	0.112	0.111	0.9
Calcio	mg/L	0.3	0.9	0.09	NC	NC
Potasio	mg/L	0.3	0.9	0.11	NC	NC
Sodio	mg/L	0.3	0.9	0.65	NC	NC

Fuente: DGM-UGSA UGSA-INF-MA-35-2011

LDR límite de detección reportables

LC límite de cuantificación

NC no calculado

ANEXO 3. Fotográfico