

**LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EN LA SUBSIDENCIA DEL TERRENO EN LA
CALLE COLÓN Y ERNESTO A. CASTRO (DICIEMBRE 2021) ZARUMA, PROVINCIA
DE EL ORO**

COMPONENTE HIDROGEOLOGÍA

INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

DIRECTOR EJECUTIVO: MSc. Martín Cordovez Dammer

SUBDIRECTOR TÉCNICO: Dr. Ricardo Narváez

EQUIPO TÉCNICO PARTICIPANTE

Mgs. Andrés Álvarez
Ing. Oswaldo Coronel
Ing. Santiago Piedra

Ingeniero en Geología
Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial
Ingeniero en Geología

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
<p>.....</p> <p>Mgs. Andrés Álvarez. Analista de Propiedad Intelectual 3</p>	<p>.....</p> <p>Ing. Iván Núñez Coordinador</p>	<p>.....</p> <p>Dr. Ricardo Narváez Subdirector Técnico</p>

Instituto de Investigación Geológico y Energético	INFORME TECNICO	Versión 1.0
	INFORME INICIAL HIDROQUÍMICO DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS DEL CASCO URBANO DE LA CIUDAD DE ZARUMA	Página 2 de 14

Contenido

1	ANTECEDENTES.....	3
2	INTRODUCCIÓN	4
3	OBJETIVOS.....	4
3.1	OBJETIVO GENERAL	4
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
4	CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO	5
4.1	LOCALIZACIÓN Y ACCESOS.....	5
4.2	HIDROGRAFÍA	6
4.3	CLIMA.....	7
4.4	HIDROGEOLOGÍA PRELIMINAR CARTOGRÁFICA Y BIBLIOGRÁFICA	7
4.4.1	Recopilación de información existente	7
4.4.2	Reconocimiento a Mina “San Antonio”	8
5	RESULTADOS.....	9
	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE MUESTRAS DE AGUA	10
6	CONCLUSIONES.....	11
7	RECOMENDACIONES.....	12
8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	12
9	ANEXOS.....	13

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.-	Mapa de ubicación de la zona de estudio-ciudad de Zaruma.....	5
Figura 2.-	Mapa de unidades hidrográficas y ubicación de muestras de aguas.....	6
Figura 3.-	Cronograma de actividades para el componente hidrogeológico	7
Figura 4.-	Mapa de ubicación e identificación de información existente para el componente hidrogeológico.....	8
Figura 5.	Reconocimiento a la mina “SAN ANTONIO” para definición de la porosidad secundaria de las rocas	9
Figura 6.-	Diagrama hidroquímico de muestras de aguas superficiales e interior mina	11

Instituto de Investigación Geológico y Energético	INFORME TECNICO	Versión 1.0
	INFORME INICIAL HIDROQUÍMICO DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS DEL CASCO URBANO DE LA CIUDAD DE ZARUMA	Página 3 de 14

1 ANTECEDENTES

El miércoles 15 de diciembre de 2021, en la avenida Colón de la ciudad de Zaruma en la provincia de El Oro, se produce una subsidencia por un socavón, el cual ha afectado a varias viviendas del sector, por lo tanto el IIGE como ente rector en el área geológica y energética se encuentra desarrollando la asistencia técnica en las áreas de geología, geotecnia y escaneo laser de la ciudad.

Mediante el Decreto Ejecutivo N° 296 del 17 de diciembre 2021 de acuerdo al artículo 1, se declara en estado de excepción por calamidad pública en el cantón Zaruma, provincia de El Oro, por el plazo de 60 días. Esta declaratoria se fundamenta por los hundimientos ocurridos en este cantón que afectan los derechos de sus habitantes y el patrimonio de la ciudad de la actividad minera ilegal, así también en el artículo 2, se dispone la movilidad de las entidades de la administración pública como es el IIGE, en el artículo 7 se dispone que la gestión de la emergencia se articule y coordine mediante el Comité de Operaciones de Emergencia Nacional, en el marco de la competencias y atribuciones de cada entidad integrante de dicho comité, finalmente en el artículo 9 se dispone al Comité de Remediación y Fomento Productivo del área minera Zaruma-Portovelo, la actualización del Plan Estratégico, que contendrá la secuencia de planes, programas y proyectos para la mitigación, recuperación y remediación de las cusas y efectos provocados, de conformidad con sus competencias.

Mediante Oficio No. STPE-SPN-2020-1065-OF de fecha 30 de noviembre de 2020 en alcance al Oficio No. STPE-SPN-2020-1063-OF de fecha 29 de noviembre de 2020 la Secretaría Técnica de Planificación "Planifica Ecuador" emite dictamen de prioridad para el proyecto "Zonificación Geotécnica de las ciudades de Zaruma y Portovelo" condicionado a la disponibilidad de recursos que emita el ente rector de las finanzas públicas, con CUP No. 102800000.0000.384695, mismo que cuenta con una inversión total de USD. 1.718.298,08 (Incluido IVA) para un período desde enero de 2021 hasta el 31 de diciembre de 2023.

Mediante Oficio Nro. SNP-SPN-2021-1223-OF del 22 de diciembre del 2021, la Secretaría Nacional de Planificación emitió el Dictamen de actualización de prioridad, por alineación al Plan de Creación de Oportunidades, al Proyecto de "Zonificación Geotécnica de las ciudades de Zaruma y Portovelo" por un monto de USD\$ 1.718.298,08 para el periodo 2022-2023.

A través de correo electrónico del 24 de enero del 2022, la Dirección de Planificación y Gestión Estratégica remite el organismo y correlativo para el proyecto de inversión Nombre del Proyecto "Zonificación Geotécnica de las ciudades de Zaruma y Portovelo".

Con estos antecedentes los trabajos que se desarrollarán en la ciudad de Zaruma serán realizados por técnicos del IIGE para dar inicio con el componente hidrogeológico, para así

Instituto de Investigación Geológico y Energético	INFORME TECNICO	Versión 1.0
	INFORME INICIAL HIDROQUÍMICO DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS DEL CASCO URBANO DE LA CIUDAD DE ZARUMA	Página 4 de 14

continuar con los trabajos de geología, geotecnia, sensores remotos y geofísica, esta actividad es alineada a los objetivos del proyecto de *“Zonificación geotécnica en las ciudades de Zaruma y Portovelo”* y así obtener la caracterización hidroquímica preliminar de los recursos hídricos de la zona de estudio.

2 INTRODUCCIÓN

El presente informe es un complemento al estudio geológico – geotécnico – sensores remotos que son llevados a cabo por el Instituto de Investigación Geológico y Energético desde el mes de diciembre de 2021, los cuales describen las condiciones geológicas-geotécnicas del socavón en el la calle Colón, ciudad de Zaruma, en la provincia de El Oro.

El IIGE, considerando la problemática del sector, planteó realizar estudios complementarios de hidrogeología en la zona, con la finalidad de obtener información respecto a las características físico-químicas de las aguas superficiales y subterráneas mediante el muestreo de agua en superficie e interior mina, y así, obtener información hidroquímica que aportará para el modelo conceptual hidrogeológico de la zona de Zaruma. Por otro lado, la caracterización hidroquímica de las aguas, de acuerdo a la problemática suscitada en la ciudad de Zaruma por el socavón de la calle Colón permitirá conocer los elementos químicos en su totalidad que puedan o no afectar a la obra civil que actualmente se viene desarrollando en superficie como en subterráneo.

En el presente documento, se presentan los resultados de los análisis físico-químicos de las muestras de agua obtenidas en el casco urbano de la ciudad de Zaruma; el propósito del estudio es conocer de manera directa mediante análisis de laboratorio (aniones, ICP de elementos, pH, alcalinidad) además in situ se midieron los parámetros físicos (pH, TDS, conductividad, temperatura, turbiedad, entre otros) de acuerdo a los protocolos de muestreo del IIGE.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar la caracterización físico-química de aguas superficiales y subterráneas en la ciudad de Zaruma, provincia de El Oro.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar las aguas superficiales e interior mina, para determinar las condiciones hidroquímicas que presentan en la actualidad.
- Conocer inicialmente la dinámica del agua superficial y subterránea en el sector del casco urbano de la ciudad de Zaruma.

- Obtener el estado del arte en el contexto hidrogeológico mediante cartografía base y bibliográfico del sector del casco urbano de la ciudad de Zaruma.

4 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

4.1 LOCALIZACIÓN Y ACCESOS

La ciudad de Zaruma se encuentra ubicada en el cantón del mismo nombre, provincia de El Oro al sur del Ecuador a 606.4 km desde la ciudad de Quito (Figura 1).

El acceso se lo realiza desde la ciudad de Quito a través de la vía de primer orden Troncal de la Sierra (E35) hasta Colta, luego se toma la vía Pallatanga – La Troncal (E487), posteriormente se continua por la Troncal de la Costa hasta Santa Rosa, luego se toma la vía E585 desde la parroquia La Avanzada hasta Zaruma – Portovelo.

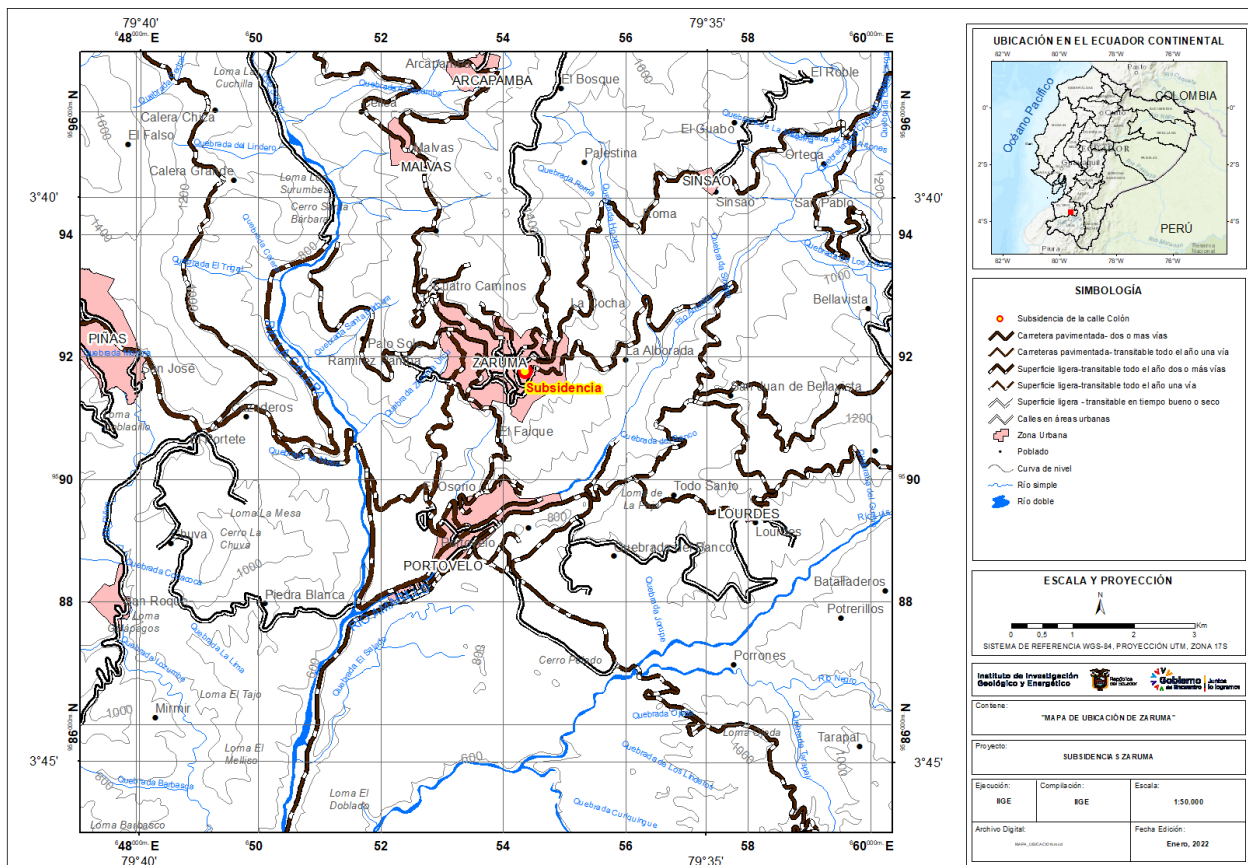


Figura 1.- Mapa de ubicación de la zona de estudio-ciudad de Zaruma.

4.2 HIDROGRAFÍA

Las muestras de aguas superficiales y subterráneas, recolectadas en la ciudad de Zaruma se localizan en la unidad hidrográfica 139292 de nivel 6 correspondiente al río Amarillo (SENAGUA-MAE, 2017) sin embargo en el mapa de unidades hidrográficas se visualizan otras unidades hidrográficas asociadas a la cuenca del río Puyango (Figura 2). Los drenajes están controlados por la litología y los elementos estructurales; en la zona de estudio predomina una red hidrográfica paralela a subparalelo, misma que a nivel regional forma un sistema dendrítico a subdendrítico hacia el norte de la unidad hidrográfica. Además, el sistema de drenajes presenta una densidad media.

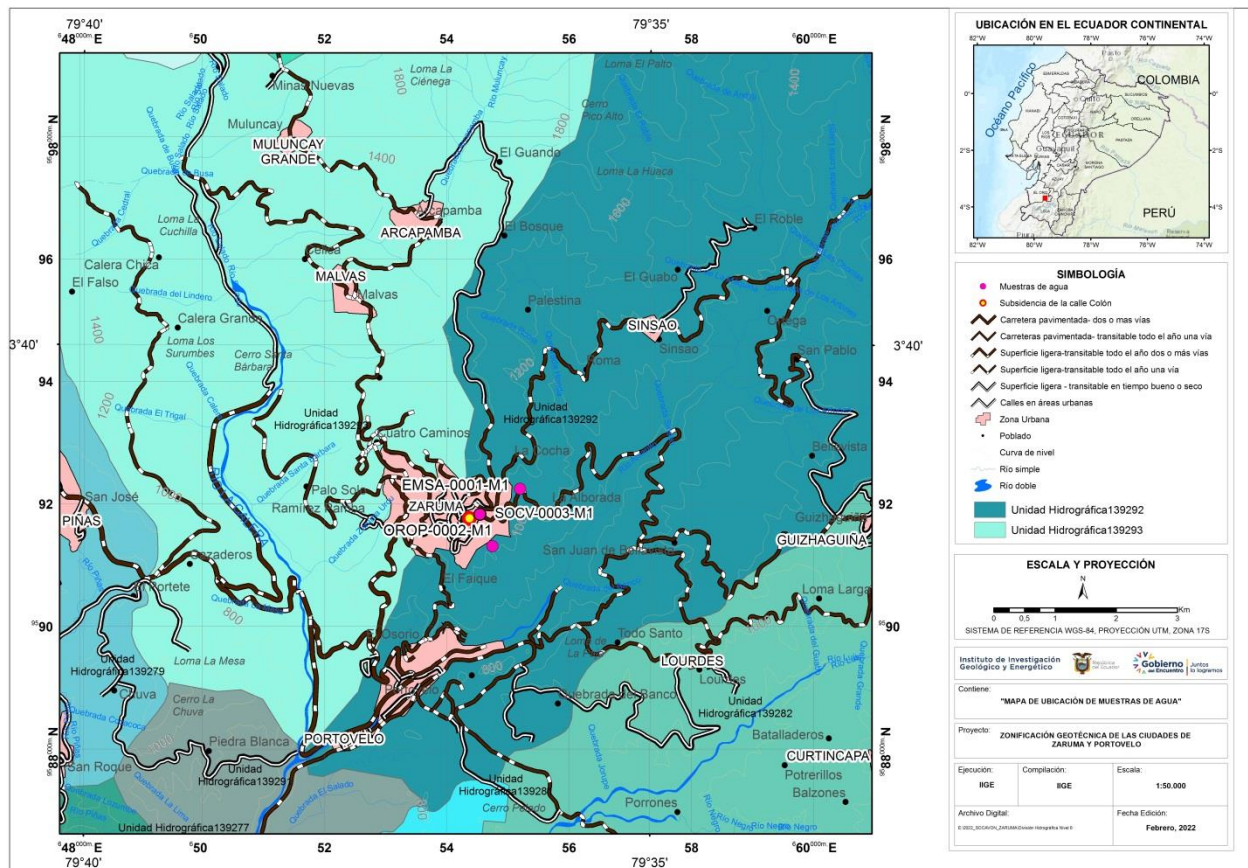


Figura 2.- Mapa de unidades hidrográficas y ubicación de muestras de aguas.

4.3 CLIMA

La ciudad de Zaruma presenta un clima subtropical, con temperaturas que oscilan entre 18°C a 31°C, con una temperatura media de 21°C; con un promedio anual de precipitaciones de 1330 mm, siendo los meses de diciembre a mayo los de mayor precipitación (SNGR, 2012).

4.4 HIDROGEOLOGÍA PRELIMINAR CARTOGRÁFICA Y BIBLIOGRÁFICA

Las actividades realizadas hidrogeológicas han sido basadas y regidas por el cronograma de actividades (Figura 3) establecido con la coordinación del proyecto.

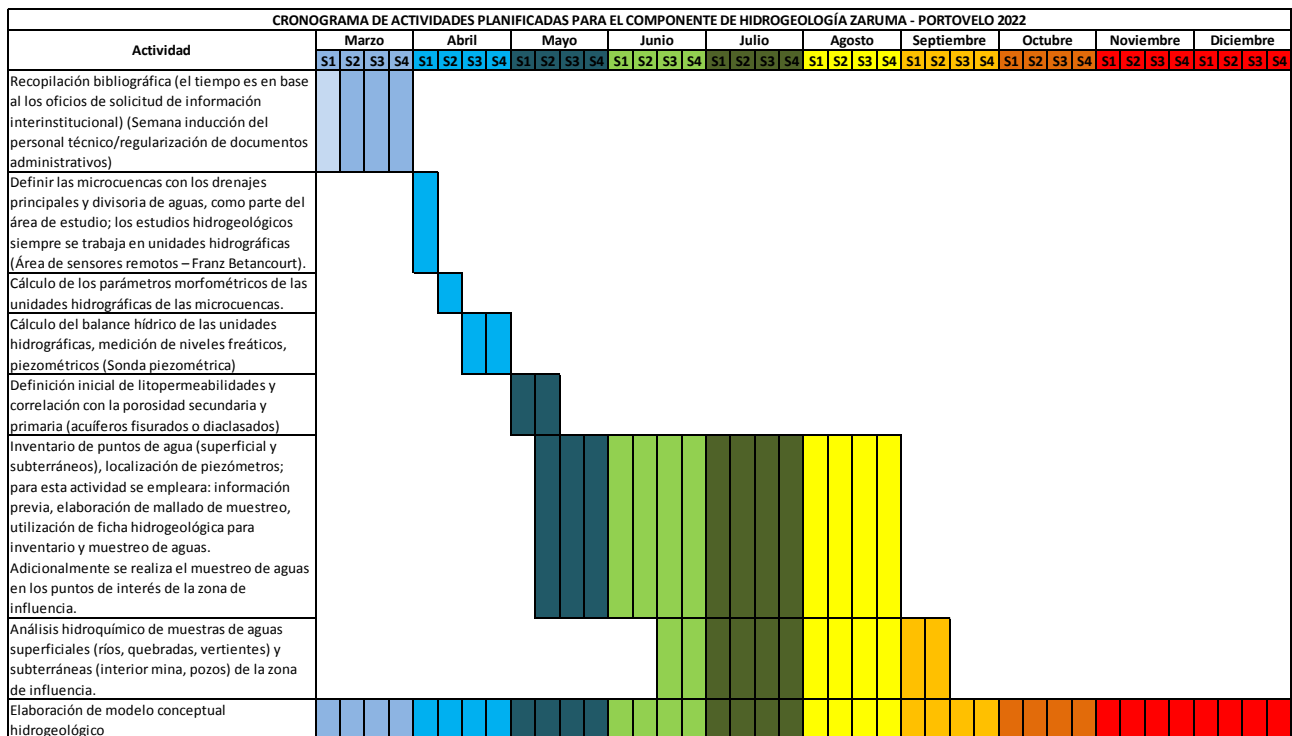


Figura 3.- Cronograma de actividades para el componente hidrogeológico

4.4.1 Recopilación de información existente

Como primera actividad se ha realizado la recopilación bibliográfica de información de estudios realizados de la zona de Zaruma, con las siguientes temáticas: geología, geomorfología, uso de suelos, inventarios de puntos de agua, tipo de suelos, geofísica, datos pluviométricos desde el año 2002 al 2022, drenajes, hidroquímica superficial y subterránea.

De esta manera se filtró y depuró la información obtenida para poder utilizarla y actualizar hasta la fecha actual, cierta información requerida y solicitada a diferentes entidades como INAMHI y GAD de Zaruma se encuentra en proceso de emisión (Figura 4).

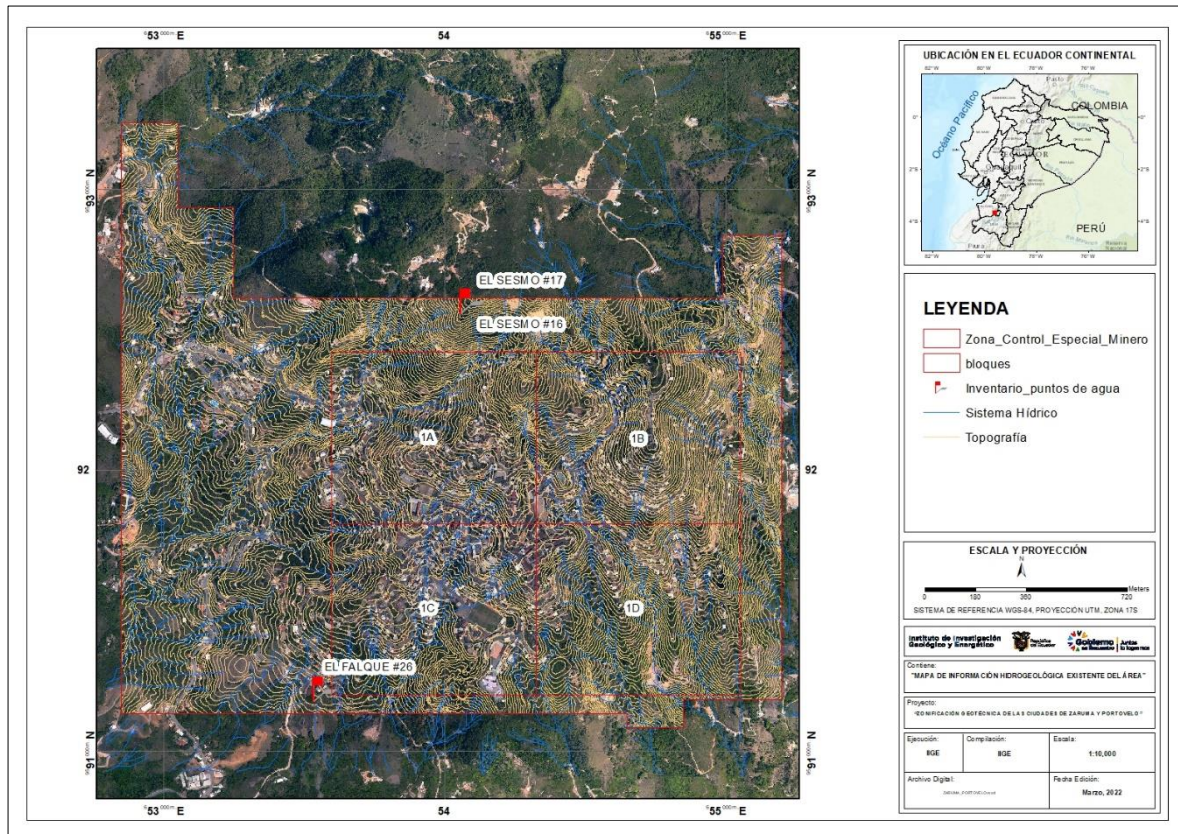


Figura 4.- Mapa de ubicación e identificación de información existente para el componente hidrogeológico

4.4.2 Reconocimiento a Mina "San Antonio"

El 11 de marzo de 2022 se realiza la inspección técnica de reconocimiento a la mina "SAN ANTONIO", durante este recorrido se identificaron puntos de infiltración de agua debido al fracturamiento (porosidad secundaria) de la roca por efecto de la explotación de actividades de minería.

De esta manera, se tiene una guía mediante el reconocimiento subterráneo, para el muestreo de aguas subterráneas que se efectuará en la siguiente fase del estudio (Figura 5).



Figura 5. Reconocimiento a la mina “SAN ANTONIO” para definición de la porosidad secundaria de las rocas

5 RESULTADOS

La toma de muestras de agua se desarrolló en las vertientes localizadas al ingreso de la mina San Antonio, parte baja del barrio Gonzalo Pizarro e interior mina sobre el nivel L 1/3 cerca al socavón de la calle Colón (Figura 2). Para el muestreo, tanto de aguas superficiales y subterráneas se basa en el protocolo de muestreo del IIGE (IIGE, 2013), el cual consiste en: georeferenciación de puntos de agua, medición de parámetros físicos in situ (pH, TDS, temperatura, turbiedad, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto) (Tabla 1-Figura 2) mismos que fueron medidos con una sonda multi-paramétrica con electrodos específicos de marca Hanna-instrument, toma de muestras de agua en recipientes esterilizados y/o descontaminados de 1000 ml por cada punto se toman dos muestras la primera para análisis de aniones (refrigeración) y la segunda muestra para ICP de minerales (preservada con HNO₃), finalmente se procede con la codificación de muestras, elaboración de cadena de custodia, embalaje y envío de muestras al laboratorio (Anexo 1).

Tabla 1.- Parámetros físicos medidos in situ en el casco urbano de Zaruma

Coordenadas WGS-84	Unidad	Punto de control		
		EMSA-0001	OROP-0002	SOCV-0003
	m/m/msnm	655198E;9592249N;1096	654748E;9591313N;1012	Interior mina
Parámetro físico	Unidad	Código de muestra		
		EMSA-0001-M1	OROP-0002-M1	SOCV-0003-M1
pH	-	6.7	7.3	2.82
Conductividad eléctrica	μS/cm	693	219	5583
Temperatura	°C	19.53	19.63	29.38
TDS	Ppm	347	111	2821

Turbiedad	FNU	19	32.8	1000
Oxígeno disuelto	ppm	2.77	2.75	2.39

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE MUESTRAS DE AGUA

Las tres muestras de aguas que inicialmente se recolectaron corresponden a drenajes que tienen incidencia directa con la zona del socavón de la calle Colón tanto superficial como interior mina.

Los resultados del laboratorio (Anexo 2) corresponden a 26 cationes (ICP-MS), 7 aniones (cromatografía iónica), alcalinidad (titulación) y presencia de cianuro (amperometría); con estos resultados se obtuvo el diagrama hidroquímico de Piper (Figura 6), el mismo que, representa la composición de una sustancia (agua) en la proporción de los componentes (aniones y cationes); para la representación de los elementos químicos en el diagrama, estos fueron convertidos de mg/l a meq/l, permitiendo así conocer el tipo de agua que se encuentra en la zona de estudio.

En los diagramas triangulares de Piper (Figura 6), se observa dos tipos de aguas, la primera corresponde a aguas sulfatadas-magnésicas para las muestras EMSA-0001-M1 y SOCV-0003-M1, lo cual es el resultado de la lixiviación proveniente de la mineralización propia de la zona; el segundo tipo corresponde a aguas sulfatadas sódicas-bicarbonatadas OROP-0003-M1, que de igual manera corresponden al mismo fenómeno de lixiviación de los minerales de las rocas.

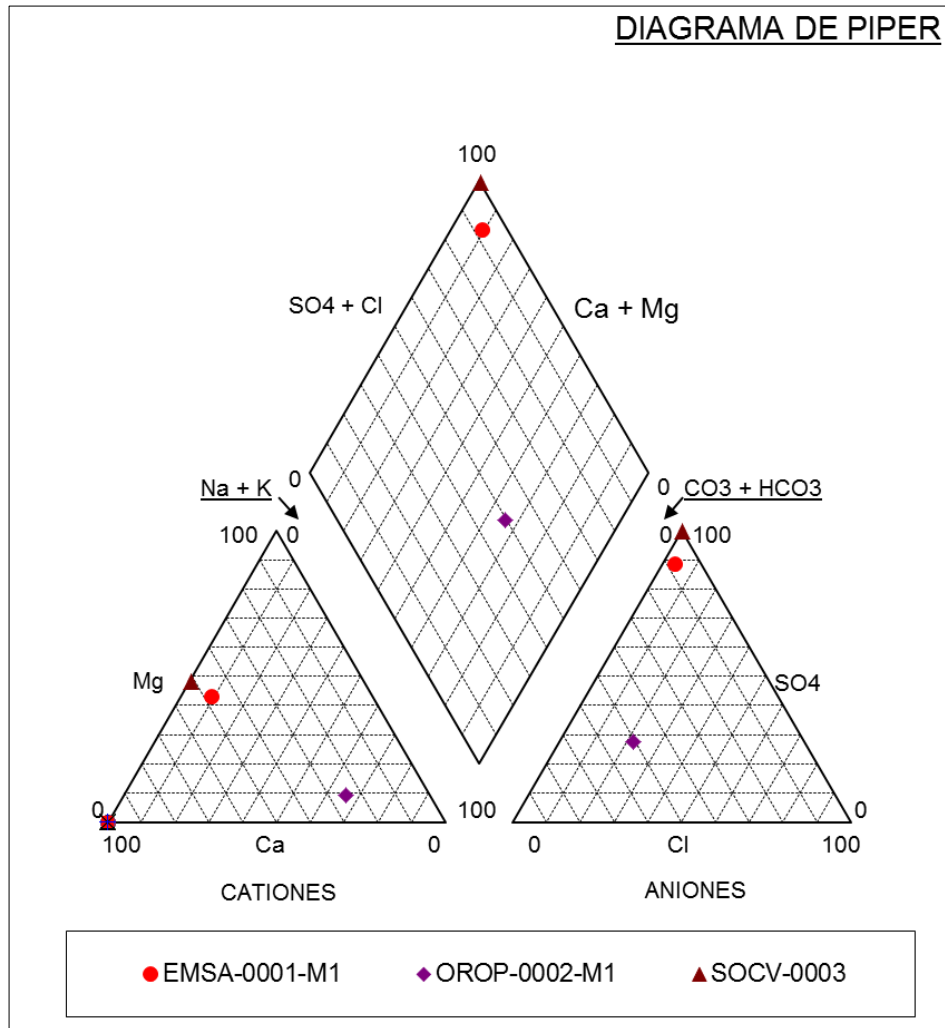


Figura 6.- Diagrama hidroquímico de muestras de aguas superficiales e interior mina

Nota: Los resultados oficiales de los análisis hidroquímicos de laboratorio se encuentran adjuntos a este documento en formato pdf para su mejor visualización.

Adicionalmente, a estos diagramas de tipo de agua, se obtuvieron valores de cianuro total < 5 mg/l en las aguas superficiales, sin embargo en las aguas de interior mina el valor es de 5.410 mg/l lo al ser cianuro total este se lo asocia con el proceso de minado de minerales, degradación de materia orgánica y/o infiltración de aguas residuales superficiales, superando así el límite permisible de 2 mg/l de acuerdo a normativas mineras (Golder Associates, 2003).

6 CONCLUSIONES

- El tipo de aguas que se encuentran en el casco urbano de la ciudad de Zaruma, corresponden a sulfatadas-magnésicas y sulfatadas sódicas-bicarbonatadas, las mismas

Instituto de Investigación Geológico y Energético	INFORME TECNICO	Versión 1.0
	INFORME INICIAL HIDROQUÍMICO DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS DEL CASCO URBANO DE LA CIUDAD DE ZARUMA	Página 12 de 14

que son propias de las zonas con alto contenido de mineralización y por efectos de lixiviación enriquecen con estos elementos a las aguas superficiales e interior mina.

- Las aguas superficiales presentan pH que varían entre 6.7 a 7.3 lo que se interpretan como aguas alcalinas, mientras que las aguas interior mina tienen un valor de pH de 2.82 lo que corresponden a los denominados drenajes ácidos de mina.
- Los valores de cianuro total más significativos son de la muestra de agua de interior mina el cual por procesos de minado de minerales, degradación de materia orgánica y/o infiltración de aguas residuales superficiales es de 5.410 mg/l, de acuerdo a normativas mineras estas aguas superan el límite permisible de 2 mg/l.
- Mediante la obtención de la cartografía y bibliografía referente al componente hidrogeológico se han determinado las microcuencas que tienen influencia en el área de Zaruma y Portovelo, lo cual permite realizar un estudio técnico y ordenado, permitiendo así generar al final del proyecto un modelo conceptual hidrogeológico para su correlación con la actividad minera.

7 RECOMENDACIONES

- Realizar el modelo conceptual hidrogeológico de la zona de intervención con la finalidad de caracterizar los recursos hídricos y definir su relación directa e indirecta con los componentes geológicos y geotécnicos.
- Se debe realizar un monitoreo a la química del agua tanto superficial y subterránea especialmente en los valores de sulfatos ya que estos podrían afectar significativamente a las obras civiles de remediación.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Golder Associates. (2003). *Estandares de calidad ambiental - aguas*. Lima: Golder Associates.

IIGE. (2013). *Procedimiento para el muestreo de aguas superficiales y subterráneas, sedimentos y suelos*. Quito: Instituto de Investigación Geológico y Energético.

SENAGUA-MAE. (2017). *División hidrográfica del Ecuador nivel 6*. Quito: Ministerio del Ambiente y Agua.

SNGR. (2012). *Identificación del territorio del Cantón Zaruma*. Loja: Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos.

9 ANEXOS

Anexo 1

Registro fotográfico



Fotografía 1. Recolección de muestras de agua



Fotografía 2. Preservación de muestras de agua con HNO₃



Fotografía 3. Codificación y almacenamiento de muestras de agua

Anexo 2

Los resultados de los análisis de laboratorio se encuentran adjunto a este informe para su mejor visualización en formato PDF.