



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Gestión de Recursos Hidrogeológicos

**CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLOGICA E HIDROGEOQUÍMICA DE LA MICROCUENCA
SAN GABRIEL, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL CHICAJ, DEPARTAMENTO DE BAJA
VERAPAZ**

Ing. Nester Giovani Ampérez Solíz
Asesorado por el MSc. Julio Roberto Luna Aroche

Guatemala, noviembre de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA E HIDROGEOQUÍMICA DE LA MICROCUENCA
SAN GABRIEL, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL CHICAJ, DEPARTAMENTO DE BAJA
VERAPAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. NESTER GIOVANI AMPÉREZ SOLÍZ
ASESORADO POR EL MSC. ING. JULIO ROBERTO LUNA AROCHE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS EN GESTIÓN DE RECURSOS
HIDROGEOLÓGICOS**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Julio Roberto Luna Aroche
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Alan Cosillo Pinto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA E HIDROGEOQUÍMICA DE LA MICROCUENCA
SAN GABRIEL, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL CHICAJ, DEPARTAMENTO DE BAJA
VERAPAZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Postgrado, con fecha 4 de julio de 2020.

Ing. Nester Giovani Ampérez Solíz

LNG.DECANATO.OI.731.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLOGICA E HIDROGEOQUÍMICA DE LA MICROCUENCA SAN GABRIEL, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL CHICAJ, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ**, presentado por: **Nester Giovanni Ampérez Solíz**, que pertenece al programa de Maestría en ciencias en Gestión de recursos hidrogeológicos después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, noviembre de 2022

AACE/gaoc



Guatemala, noviembre de 2022

LNG.EEP.OI.731.2022

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLOGICA E HIDROGEOQUÍMICA DE LA MICROCUENCA SAN GABRIEL, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL CHICAJ, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ”

presentado por **Nester Giovanni Ampérez Solíz** correspondiente al programa de **Maestría en ciencias en Gestión de recursos hidrogeológicos** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Colí
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

FACULTAD DE INGENIERÍA USAC

ESCUELA DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Guatemala, 3 de agosto de 2022

Mtro. Ing. Edgar Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería, USAC.

Respetable Ingeniero Álvarez

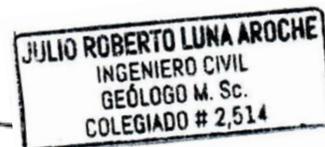
Por este medio me dirijo a usted para saludarlo y desearle éxitos en sus actividades.

El motivo de la presente es para hacer de su conocimiento que he **REVISADO** el trabajo de graduación titulado: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA E HIDROGEOQUÍMICA DE LA MICROCUENCA SAN GABRIEL, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL CHICAJ, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ del estudiante: Nester Giovani Ampérez Solíz, del Programa de Maestría en Gestión de Recursos Hidrogeológicos identificado con número de carné: 2011 14656.

Después de haberle hecho las observaciones pertinentes se da por **APROBADO** dicho trabajo

Sin otro particular me despido de usted, atentamente:

"Id y enseñad a todos"



Mtro. Ing. Julio Roberto Luna Aroche
COORDINADOR
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RECURSOS HIDROGEOLÓGICOS



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

FACULTAD DE INGENIERÍA USAC
EF
ESCUELA DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Guatemala, 3 de agosto de 2022

Mtro. Ing. Edgar Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería, USAC.

Respetable Ingeniero Álvarez

Por este medio informo a usted que he **REVISADO Y APROBADO** el trabajo de graduación titulado: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA E HIDROGEOQUÍMICA DE LA MICROCUENCA SAN GABRIEL, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL CHICAJ, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ del estudiante: Nester Giovani Ampérez Solíz, del Programa de Maestría en Gestión de Recursos Hidrogeológicos identificado con número de carné: 2011 14656.

Sin otro particular me despido, deseándole éxitos en todas sus actividades profesionales.

Atentamente:

"Id y enseñad a todos"

JULIO ROBERTO LUNA AROCHE
INGENIERO CIVIL
GEÓLOGO M. Sc.
COLEGIADO # 2,514

Mtro. Ing. Julio Roberto Luna Aroche
Asesor del trabajo de Graduación

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por regalarme esta oportunidad de seguir cosechando metas y seguir siendo mejor profesional.
- Mis padres** Rodrigo Ampérez Lucero y Marcela Elizabeth Solíz Morales, por su amor, apoyo y comprensión infinita en todos estos años de estudios.
- Mis hermanos** Lesly Xiomara, un angelito en el cielo, Marisol y Hayron Ampérez Solíz, por ser en mi vida los mejores aliados y amigos.
- Mis sobrinos** Randy, Angie y Jordy Gonzáles Ampérez, por regalarme su amor y alegrarme los días.
- Mi cuñado** Rubén González, por la admiración y respeto.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por ser la tricentenaria universidad de Guatemala y grande entre las del mundo, donde continúo forjándome como profesional.

Proyecto Agua Futura

Por la oportunidad de ser becado y parte de la primera cohorte de la Maestría en Gestión de Recursos Hidrogeológicos en Guatemala.

Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas CESEM, USAC

Donde en sus aulas me prepare como maestrante, con profesionales italianos y guatemaltecos de calidad.

Escuela de Postgrado

De la facultad de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Mtro. Ing. Julio Luna

Por la confianza, aprecio, amistad, asesoramiento y apoyo en este proceso de estudios a nivel de maestría.

Mtro. Ing. Alan Cosillo

Por la enseñanza, apoyo y aporte de conocimientos en los cursos impartidos.

Mis amigos

Maestrandos por el apoyo y amistad demostrada en toda la maestría dentro y fuera de las aulas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS	XVII
OBJETIVOS.....	XXI
HIPÓTESIS.....	XXIII
RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO	XXV
INTRODUCCIÓN	XXVII
1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	1
1.1. Localización y ubicación	1
1.2. Vías de acceso	4
1.3. Topografía	6
1.4. Clima	6
1.5. Suelo	6
1.6. Población.....	9
1.7. Flora y fauna.....	9
2. GEOLOGÍA E HIDROLOGÍA.....	13
2.1. Geología regional	13
2.1.1. Geología de Baja Verapaz.....	13
2.2. Geología local.....	15
2.2.1. Geología de la microcuenca San Gabriel	16

	2.2.1.1.	Puntos de muestreo geológico	17
2.3.		Hidrología.....	23
	2.3.1.	Ciclo hidrológico	24
	2.3.2.	Sequía.....	24
2.4.		Características hidrológicas	26
	2.4.1.	Delimitación de una cuenca	26
2.5.		Características geomorfológicas y morfológicas de una cuenca hidrográfica	27
	2.5.1.	Geomorfología y morfológicas de la microcuenca San Gabriel	28
	2.5.1.1.	Forma de la cuenca.....	29
3.		HIDROGEOLOGÍA.....	33
	3.1.	Recarga hídrica.....	34
	3.1.1.	Zonas de recarga hídrica.....	34
	3.2.	Red de drenaje.....	34
	3.2.1.	Orden de las corrientes	36
	3.2.2.	Densidad de drenaje (Dd)	37
	3.3.	Cuerpos de agua.....	37
	3.3.1.	Ríos, quebradas y manantiales	38
	3.4.	Dirección de flujo.....	41
	3.5.	Balance hídrico	42
	3.5.1.	Entradas al Sistema (E).....	44
	3.5.1.1.	Precipitaciones (P)	44
	3.5.2.	Caudal superficial de entrada (Manantiales) (Qso)	49
	3.5.2.1.	Método volumétrico	49
	3.5.2.2.	Caudal subterráneo de entrada (agua de pozos) (Quo)	50

3.5.3.	Salidas del Sistema (S)	52
3.5.3.1.	Temperatura	53
3.5.3.2.	Evapotranspiración (ETP).....	56
3.5.3.3.	Escorrentía	59
	3.5.3.3.1. Método de sección- velocidad	59
3.5.3.4.	Infiltración	61
	3.5.3.4.1. Método de infiltración Porchet.....	62
3.6.	Sondeo Eléctrico Vertical (SEV)	64
3.6.1.	Método de Schlumberger	64
3.6.2.	SEV San Gabriel Baja Verapaz	65
4.	HIDROGEOQUÍMICA.....	69
4.1.	Obtención de muestras.....	69
4.1.1.	Ubicación de puntos de muestreo	69
4.2.	Características fisicoquímicas del agua.....	74
4.2.1.	Potencial de hidrógeno (pH)	74
4.2.2.	Conductividad eléctrica.....	74
4.2.3.	Oxígeno disuelto.....	74
4.2.4.	Temperatura	75
4.2.5.	Color	75
4.2.6.	Cloruro (Cl)	75
4.2.7.	Sulfatos.....	75
4.3.	Método hidroquímico para la recarga hídrica	76
4.4.	Clasificación de las aguas	77
4.4.1.	Diagrama de <i>Stiff</i>	77
4.4.2.	Diagrama de <i>Piper</i>	78
4.5.	Agua para el consumo humano.....	79

4.5.1.	Principios de Dublín	80
4.5.2.	Características físicas y organolépticas	80
4.5.3.	Características químicas	81
4.6.	Contaminación	82
5.	RESULTADOS.....	83
5.1.	Características geomorfológicas, hidrogeológicas e hidrogeoquímicas de la microcuenca San Gabriel	84
5.1.1.	Características hidrogeológicas	84
5.1.1.1.	Balance hídrico.....	85
5.1.2.	Características hidrogeoquímicas	98
5.2.	Calidad del agua, COGUANOR 29 001	99
5.3.	Inventario de pozos y manantiales	105
5.4.	Clasificación de las aguas subterráneas	106
5.5.	Características químicas de las aguas subterráneas más importantes	116
	CONCLUSIONES.....	117
	RECOMENDACIONES	119
	REFERENCIAS	121
	APÉNDICES.....	127
	ANEXOS.....	157

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de Localización de la microcuenca San Gabriel.....	2
2.	Ubicación de la microcuenca San Gabriel.....	3
3.	Vías de acceso.....	5
4.	Mapa de suelos.....	8
5.	Puntos de plantación forestal.....	10
6.	Puntos de protección forestal.....	11
7.	Mapa de unidades geológicas de Baja Verapaz.....	14
8.	Unidades geológicas en la microcuenca.....	17
9.	Puntos de muestreo geológico.....	19
10.	Cantera La Cumbre.....	20
11.	Esquistos laminados.....	21
12.	Gneis cuarcíferos.....	22
13.	Dique de diabasa.....	22
14.	Grupo Santa Rosa.....	23
15.	Red de drenaje, microcuenca San Gabriel.....	35
16.	Orden de las corrientes.....	36
17.	Río San Gabriel.....	39
18.	Quebrada Las Minas.....	39
19.	Manantial Las Minas Sector 1.....	40
20.	Quebrada Las Minas.....	41
21.	Dirección de flujo.....	42
22.	Ubicación de estaciones.....	45
23.	Precipitación mensual estación San Jerónimo.....	46

24.	Precipitación mensual estación Cobán	46
25.	Precipitación mensual estación Cubulco	47
26.	Precipitación mensual estación Chixoy.....	47
27.	Mapa de precipitación promedio anual	48
28.	Medición de caudales del sector 3.....	50
29.	Mapa de pozos y manantiales	52
30.	Temperatura mensual estación San Jerónimo	53
31.	Temperatura mensual estación Cobán	54
32.	Temperatura mensual estación Cubulco	54
33.	Temperatura mensual estación Chixoy.....	55
34.	Atlas de Evapotranspiración promedio anual.....	58
35.	Medición de caudal del río San Gabriel, volumétrico	60
36.	Medición de caudal del río San Gabriel, sección-velocidad.....	61
37.	Punto de infiltración Las Minas	62
38.	Mapa de puntos de infiltración	63
39.	Método Schlumberger.....	64
40.	Instalación de equipo para SEV.....	65
41.	Mapa de ubicación del SEV	66
42.	Curva de resistividad resultante de SEV.....	67
43.	Perfil Estratigráfico.....	68
44.	Mapa de muestras físicas <i>in situ</i>	71
45.	Pozo Quiaté	72
46.	Pozo Chijuárez.....	72
47.	Mapa de muestras físicas y químicas	73
48.	Diagrama de <i>Stiff</i>	78
49.	Diagrama de <i>Piper</i>	79
50.	Características físicas y organolépticas.....	81
51.	Características químicas.....	82
52.	Precipitación media anual.....	86

53.	Comparación de caudales de los manantiales	89
54.	Caudales del río San Gabriel	91
55.	Gráfica de infiltración del parque San Gabriel Pasuj	93
56.	Gráfica de infiltración Chihuahuez	93
57.	Gráfica de infiltración vuelta San Gabriel	94
58.	Gráfica de infiltración de Las Minas	94
59.	Gráfica de infiltración de Los Encuentros.....	95
60.	Diagrama de <i>Piper</i> , época seca	109
61.	Diagrama de <i>Piper</i> , época lluviosa.....	110
62.	<i>Stiff</i> del manantial Las Minas, época seca	110
63.	<i>Stiff</i> del manantial Las Minas, época lluviosa.....	111
64.	<i>Stiff</i> del Pozo Chilajón, época seca	111
65.	<i>Stiff</i> del Pozo Chilajón, época lluviosa.....	112
66.	<i>Stiff</i> de San Gabriel (El Rosario), época seca	112
67.	<i>Stiff</i> de San Gabriel (El Rosario), época lluviosa.....	113
68.	<i>Stiff</i> del pozo de Quiaté, época seca.....	113
69.	<i>Stiff</i> del pozo de Quiaté, época lluviosa	114
70.	Mapa con diagramas de <i>Stiff</i>	115
71.	Comparación química del agua subterránea.....	116

TABLAS

I.	Tipos de suelo	7
II.	Población	9
III.	Unidades geológicas local.....	15
IV.	Tipos de rocas.....	16
V.	Coordenadas de puntos de muestreo geológicos	18
VI.	Municipios potencialmente afectados por la sequía	26
VII.	Número de pozos y manantiales	51

VIII.	Temperatura media anual (2009-2019)	55
IX.	Temperatura media mensual (2009-2019).....	56
X.	Resistividad aparente y espesor de los estratos geoelectricos resultantes del SEV	67
XI.	Puntos de muestreo físico <i>IN SITU</i>	70
XII.	Puntos de muestras físicas y químicas para laboratorio	73
XIII.	Resultados geomorfológicos.....	84
XIV.	Precipitación anual.....	85
XV.	Evapotranspiración media anual.....	87
XVI.	Caudales de manantiales Las Minas	88
XVII.	Caudal del río San Gabriel.....	90
XVIII.	Resultados de laboratorio, de cloruros de agua de lluvia	97
XIX.	Resultados de laboratorio completo, época seca	101
XX.	Resultados de análisis fisicoquímicos en laboratorio, época lluviosa	102
XXI.	Resultados de análisis <i>in situ</i> de los 30 pozos, época seca	103
XXII.	Resultados de análisis <i>in situ</i> de los 30 pozos, época lluviosa	104
XXIII.	Resultados de análisis físicos <i>in situ</i> , época seca	105
XXIV.	Resultados de análisis físicos <i>in situ</i> , época lluviosa	105
XXV.	Inventario de pozos y manantiales.....	106
XXVI.	Resultados hidrogeoquímicos, época seca	107
XXVII.	Resultados hidrogeoquímicos época lluviosa	108

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados Celsius
km	Kilómetros
km ²	Kilómetros cuadrados
L	Litro
m ³	Metros cúbicos
msnm	Metros sobre el nivel del mar
m/s	Metros sobre segundos
µS/cm	MicroSiemens sobre centímetro
meq/L	Miliequivalentes/centímetros
mg/L	Miligramo por litro
ml	Mililitro
mm	Milímetro
moles/L	Moles por litro
ppm	Partes por millón
K	Permeabilidad
%	Porcentaje
s	Segundo

GLOSARIO

Acuífero	Formación geológica constituida por capas de rocas, capaz de almacenamiento y circulación del agua subterránea por sus poros y grietas.
Afluente	Cuerpo de agua secundario que lleva sus aguas a un río principal.
Agua subterránea	Agua infiltrada y almacenada en los acuíferos.
Aniones	Iones con una carga negativa.
Antropogénica	Efectos producidos por actividades humanas en la naturaleza.
Cationes	Iones con una carga positiva.
CESEM	Centro de Estudios Superiores de Egregia y Minas.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
CSC	Corredor Seco Centroamericano.
Cuerpos hídricos	Extensiones de agua que se encuentran en la superficie terrestre o en el subsuelo.

Diabasa	Unidad de rocas ígnea intrusiva.
Escorrentía	Agua de lluvia que circula libremente sobre la superficie de un terreno.
Evapotranspiración	Pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa y pérdida de agua por transpiración de la vegetación.
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i> , traducido al español, Organización para la Alimentación y Agricultura.
FODA	Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.
Hidrogeología	Ciencia que estudia el agua subterránea, su distribución y evolución en tiempo y espacio en el marco de la geología regional.
Hidrogeoquímica	Ciencia encargada de los conocimientos químicos del agua subterránea.
IAEA	<i>International Atomic Energy Agency</i> , traducido al español, Agencia Internacional de Energía Atómica.
ICC	Instituto Privado de Investigación sobre el Cambio Climático.

Iones	Átomos o grupos de átomos que tienen una carga eléctrica.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
Metaintrusivas	Roca metamórfica formada a partir de una roca intrusiva.
Metasedimentarias	Roca metamórfica formada a partir de una roca sedimentaria.
Metavolcánicas	Roca metamórfica formada a partir de una roca volcánica.
Napas someras	Reservas de agua subterránea, formadas por la infiltración natural de lluvia a diferentes profundidades, y contenidas en mantos de arena o limo.
Nivel estático	Medida del nivel de agua en un pozo, desde la superficie al agua en reposo.
Permeabilidad	Capacidad que tiene un material de permitirle a un fluido que lo atraviese sin alterar su composición.
Pozo Mecánico	Pozos realizados con maquinaria para perforación y acondicionados para la explotación de agua de acuíferos profundos.

Pozos someros	Pozos artesanales perforados a poca profundidad, localizando acuíferos locales o colgados.
SDT	Sólidos Disueltos Totales.
SEV	Sondeo Eléctrico Vertical.
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i> , traducido al español, Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator.
WGS 84	<i>World Geodetic System 1984</i> .

RESUMEN

La microcuenca San Gabriel está geográficamente en la región denominada como Corredor Seco de Guatemala, ubicada dentro del municipio de San Miguel Chicaj, con un área de 42.98 km², lo cual se refleja en las bajas precipitaciones en la zona, la mayor parte de los hogares de las comunidades que se ubican dentro de la microcuenca son abastecidas por agua subterránea, siendo estas de manantiales y de pozos artesanales someros.

En la presente investigación se describen los cuerpos hídricos de la microcuenca de las seis comunidades participantes con 470 pozos someros familiares, 5 pozos someros comunitarios, 5 manantiales y un pozo mecánico. El caserío de Quiaté cuenta con un único pozo perforado que abastece a todo el caserío. Se realizaron pruebas fisicoquímicas a 4 puntos hídricos tanto *in situ* como de laboratorio, debido a que son unos de los puntos que abastecen a varios hogares de cada una de las comunidades siendo las mayores en cuanto a población, y a 30 pozos más pruebas físicas *in situ*, los análisis son comparados con los parámetros que se establecen en la norma Coguanor 29 001, la cual establece las especificaciones de un agua apta para el consumo humano.

También se describen las características hidrogeológicas, hidrogeoquímicas y geomorfológicas de la microcuenca, como la clasificación de las aguas de los puntos elegidos, la cantidad y calidad del agua disponible en la microcuenca. Con esta información se espera dejar una base de datos de información para futuras investigaciones relacionadas con el tema; concientizar a las comunidades sobre la importancia del cuidado y mantenimiento del agua utilizada para su consumo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

La escasez del agua en la microcuenca San Gabriel, una de las microcuencas que forman parte de la microcuenca del Río Salamá, ubicada geográficamente dentro del denominado corredor seco del país, se ha evidenciado en los últimos años, debido a la reducción de los caudales en los cuerpos de agua superficiales por la variabilidad climática, también ha sido afectada la calidad del agua debido a su contaminación antropogénica, afectando la dotación de agua potable o entubada en la población que cuenta con este servicio.

Debido a la escasez y contaminación del agua superficial, así como la disminución en la dotación de agua para el consumo humano, la población de las aldeas y caseríos que conforman la microcuenca San Gabriel, han realizado perforaciones de pozos en su mayoría artesanales, para poder cubrir la necesidad del consumo humano de agua y para las actividades domésticas, sin conocer las características hidrogeológicas, hidrogeoquímicas y la calidad del agua subterránea de la microcuenca.

- Delimitación del problema

El presente estudio será realizado en la microcuenca San Gabriel, del municipio de San Miguel Chicaj, departamento de Baja Verapaz. Primero se realizará la geomorfología con visitas de campo a la microcuenca, luego se realizará la caracterización hidrogeológica, hidrogeoquímica de la calidad del

agua, con la toma de muestras de pozos y manantiales, dentro de la microcuenca que sean necesarios para los análisis fisicoquímicos.

- Formulación del problema

Para poder definir el problema se plantea la siguiente pregunta principal y sus respectivas preguntas auxiliares:

- Pregunta principal

- ¿Cuáles son las características hidrogeológicas e hidrogeoquímicas en la microcuenca San Gabriel, del municipio de San Miguel Chicaj, departamento de Baja Verapaz?

- Preguntas auxiliares

- ¿Qué parámetros se toman en cuenta para la caracterización geomorfológica, hidrogeológica e hidrogeoquímica de la microcuenca San Gabriel?
- ¿Cómo caracterizar y determinar los cuerpos de agua subterránea en las aldeas y caseríos dentro de la microcuenca San Gabriel?
- ¿Cómo determinar la calidad del agua subterránea apta para el consumo humano?
- ¿Cómo clasificar el agua subterránea de la microcuenca por su contenido de aniones y cationes?

- ¿Cuáles son las características químicas más importantes del agua subterránea en la microcuenca?

OBJETIVOS

General

Determinar la hidrogeología e hidrogeoquímica de la microcuenca San Gabriel, del municipio de San Miguel Chicaj, departamento de Baja Verapaz.

Específicos

- Establecer las características geomorfológicas, hidrogeológicas e hidrogeoquímicas de la microcuenca San Gabriel.
- Obtener un inventario de pozos y manantiales necesarios para el estudio que se encuentren en las aldeas y caseríos dentro de la microcuenca.
- Determinar la calidad del agua subterránea apta para el consumo humano, con los parámetros fisicoquímicos mínimos según la Norma COGUANOR 29 001.
- Clasificar las aguas subterráneas por medio del método de *Piper* y *Stiff* por su contenido de aniones y cationes.
- Determinar las características químicas más importantes del agua subterránea en la microcuenca.

HIPÓTESIS

Las características hidrogeológicas e hidrogeoquímicas, están condicionadas por las unidades geológicas de la región, las cuales cambian o determinan la calidad, composición y almacenamiento de las aguas subterráneas disponible en los acuíferos para el consumo de las poblaciones, en la microcuenca San Gabriel, del municipio de San Miguel Chicaj, departamento de Baja Verapaz.

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

La investigación se enfocó en varias fases, la primera fue la de gabinete preliminar, donde se consultaron investigaciones sobre temas de referencias, y antecedentes para cumplir con los temas e información necesaria para la investigación, sobre geología, hidrología, hidrogeología, hidrogeoquímica, métodos sobre la clasificación de las aguas subterráneas y normas establecidas en el país para obtener parámetros que deben de cumplirse, para un agua apta para el consumo humano.

La segunda fase fue de campo, donde se realizaron varias etapas, la primera se enfocó en una visita de campo a la microcuenca San Gabriel para conocer a las autoridades locales, comités de agua, aldeas y caseríos que se ubican dentro de la microcuenca, para poder gestionar el desarrollo de la investigación y la participación de cada una de las autoridades en sus respectivas comunidades. La segunda etapa consistió en recorrer las aldeas y caseríos para la georreferenciación de manantiales, pozos familiares y pozos comunitarios utilizados para abastecer a los hogares de cada una de ellas y cuantificar, ubicar y mapear estos cuerpos de agua. En la tercera etapa se consideraron los puntos para la realización de pueblas de infiltración en suelo y toma de muestras geológicas superficiales y por último la etapa 4 se desarrollaron pruebas de caudales en manantiales, río principal, parámetros físicos *in situ* y toma de muestras de aguas para análisis fisicoquímicos en laboratorio. Los análisis físicos *in situ* se obtuvieron con equipo multiparamétrico y las fisicoquímicas en laboratorio privado

La última fase fue de gabinete, que consistió en complementar la investigación con temas auxiliares, interpretación de los resultados e información obtenida en las fases de campo y resultados de los análisis de laboratorio, utilizando herramientas de hojas de cálculo para ordenar y tabular los datos de caudales, coordenadas, resultados físicos *in situ*, resultados de laboratorio e información adicional. Con la base de datos ordenada se realizaron mapas de ubicación de manantiales y pozos, muestras geológicas, pruebas de infiltración y red de drenajes con la ayuda de software GIS y con los resultados químicos y con la ayuda de programa en línea se realizaron diagramas de *Piper* y *Stiff* para la clasificación del tipo de agua subterránea en la microcuenca San Gabriel.

INTRODUCCIÓN

La falta de agua en muchos de los municipios de Guatemala es alarmante y en especial los que se encuentran en el denominado corredor seco del país, la contaminación antropogénica como el mal manejo de los desechos orgánicos y químicos, y una mala administración del recurso hídrico en todo el país ha generado grandes déficits del vital líquido.

En el departamento de Baja Verapaz, la reducción de las dotaciones por medio de las municipalidades o autoridades que distribuyen agua entubada, potable y de riego, se ha reducido en los últimos años debido a la disminución de las precipitaciones. Baja Verapaz es uno de los departamentos que se ubica en el denominado corredor seco del país, como también dentro del corredor seco centroamericano (CSC), y de los ocho municipios que lo conforman, seis se encuentran en la lista de los municipios que son potencialmente afectados por las sequías FAO (2012). La microcuenca de San Gabriel se encuentra en el municipio de San Miguel Chicaj, uno de los seis municipios que se encuentra en la lista de la FAO.

En el presente trabajo de investigación se describe información de: geomorfológica, hidrogeológica e hidrogeoquímica de la microcuenca San Gabriel, para la caracterización del agua subterránea, realizando muestreos en cuerpos de agua necesarios en las aldeas y caseríos que se encuentren dentro de la microcuenca, con la finalidad de contar con información de la microcuenca y en específico de la calidad del agua para el consumo en las comunidades, cumpliendo con los parámetros que se establecen en la norma Coguanor 29 001.

1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

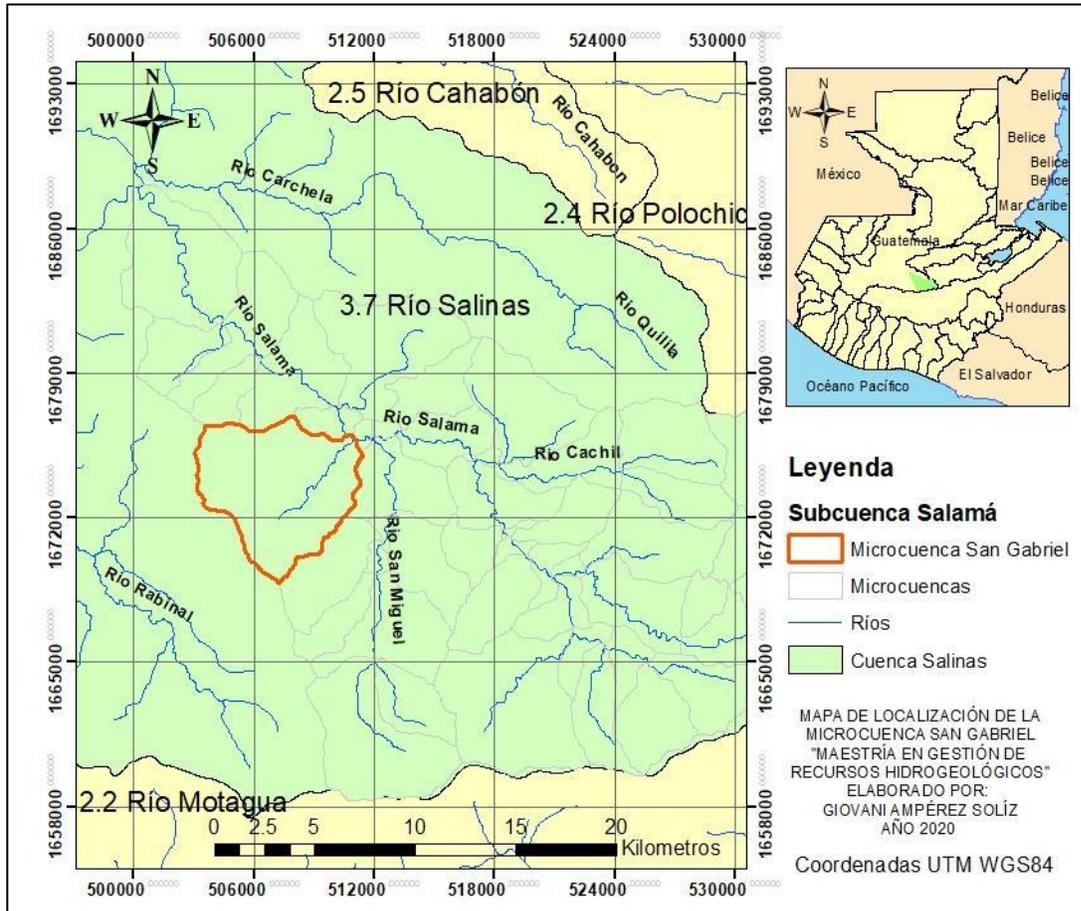
En el siguiente capítulo se encuentran datos referidos al área de estudio del presente trabajo de investigación, en cuanto a la morfología, geología e hidrología de la microcuenca a estudiar.

1.1. Localización y ubicación

La microcuenca San Gabriel está limitada al norte por los caseríos de Camalmapa y Buena Vista, al este con la aldea de San Francisco y los caseríos de Bramadero y Javillal pertenecientes al municipio de San Miguel Chicaj, al sur con la cabecera municipal de San Miguel Chicaj y por el oeste con el municipio de Rabinal Baja Verapaz.

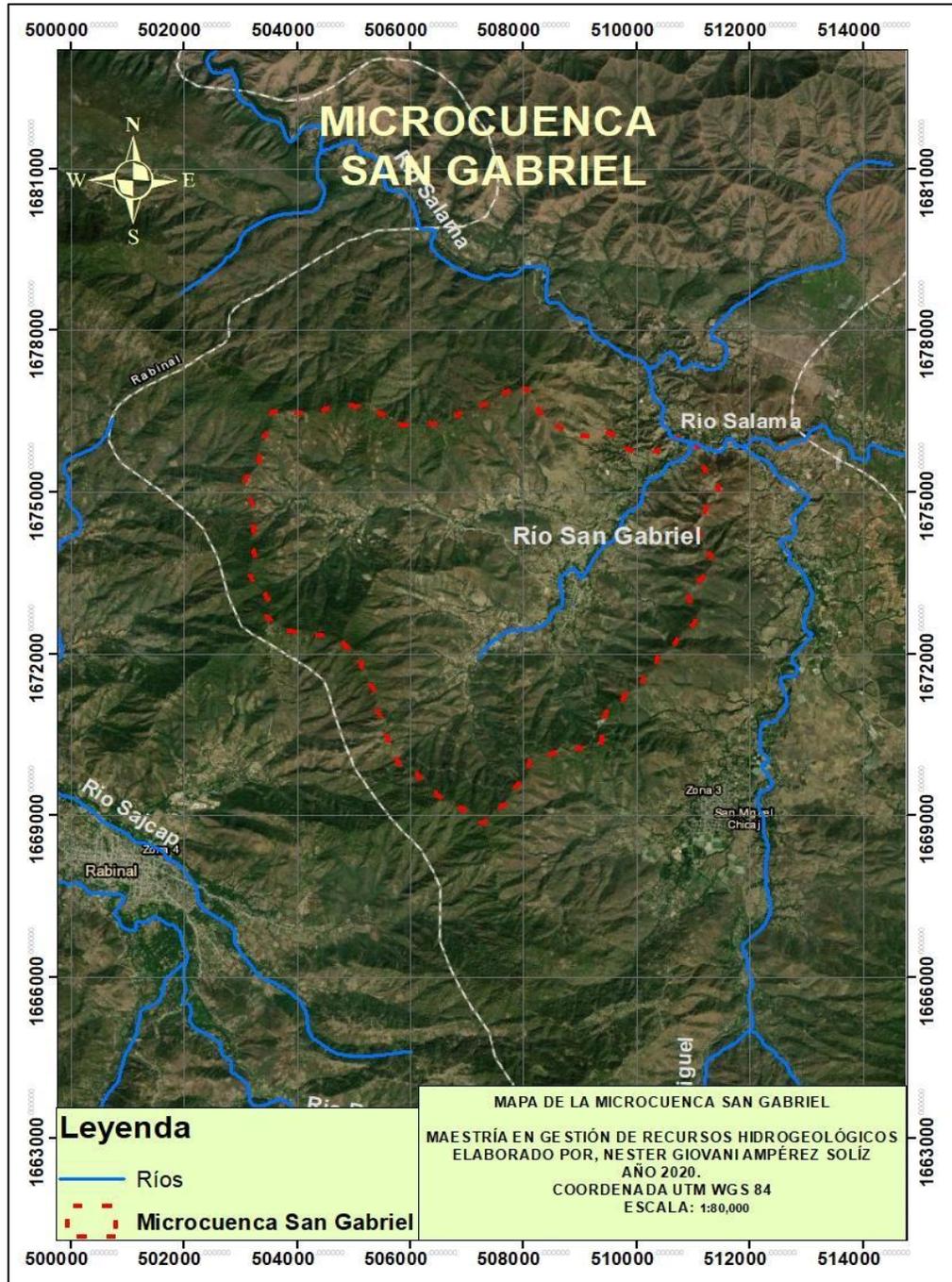
La microcuenca San Gabriel está localizada entre las coordenadas UTM WGS 84, Elevación 949.761 msnm. $X = 777695.608$ m. $Y = 1674360.269$ m. zona 15 norte. Las aldeas y caseríos que conforman la microcuenca San Gabriel son San Gabriel Pasuj, Las Minas, Quiaté, Los Guzmán, Chilajón, Los Encuentros, Chixolop y Xolá. En la figura 1 se observan las cuencas y vertientes que pertenecen al país, en la cuenca del río Salinas o Chixoy se encuentra la subcuenca de Salamá y sus respectivas microcuencas siendo una de ellas, la microcuenca San Gabriel resaltando su localización. En la figura 2 se aprecia con más detalle que la microcuenca San Gabriel se encuentra dentro del municipio de San Miguel Chicaj, con un área de 42.98 km².

Figura 1. Mapa de Localización de la microcuenca San Gabriel



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

Figura 2. Ubicación de la microcuenca San Gabriel



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

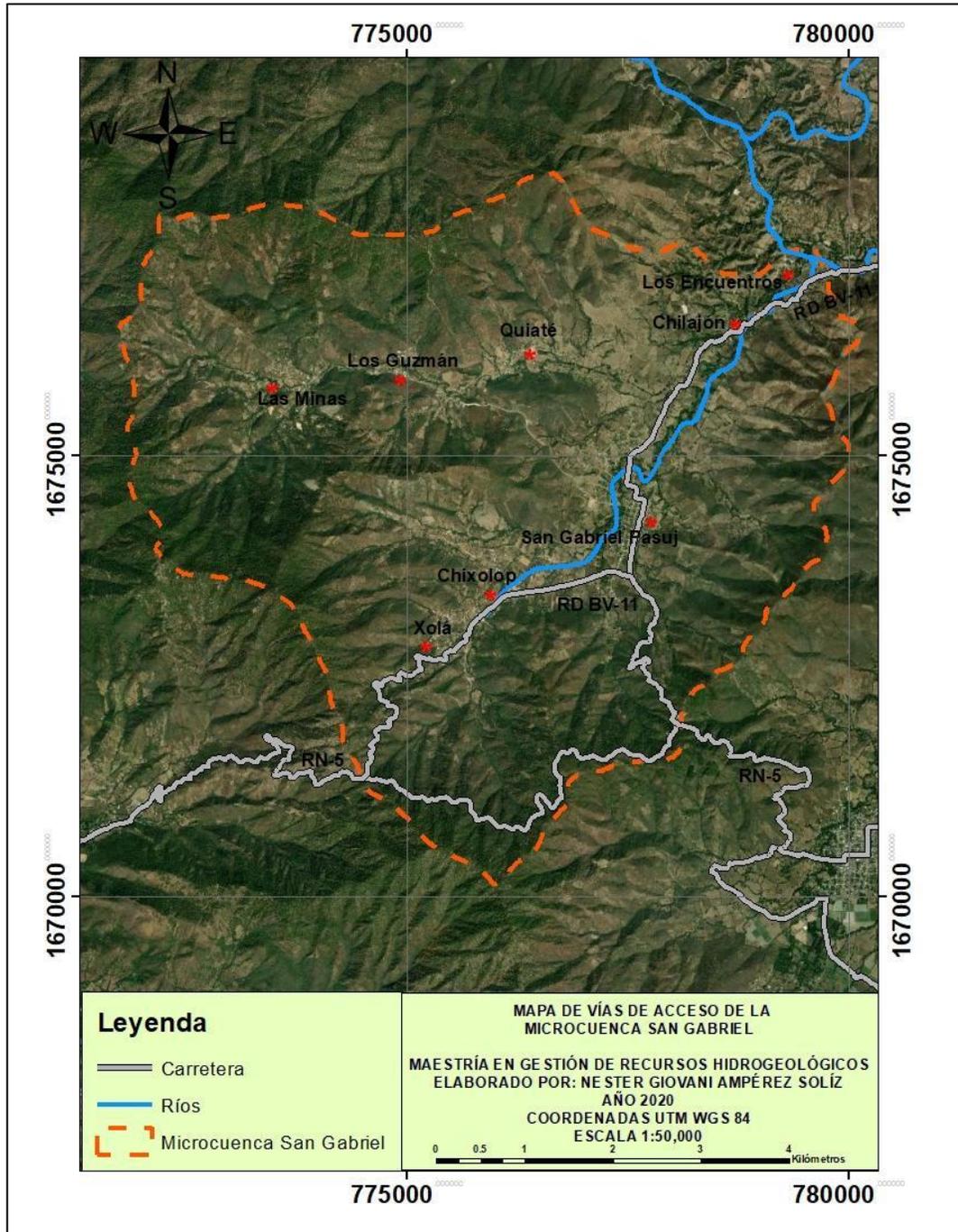
1.2. Vías de acceso

Para ingresar a la microcuenca San Gabriel, se sigue la carretera CA-9 Norte, en el cruce del Rancho en el kilómetro 84, se toma la carretera CA-14 a las Verapaces, al llegar a la cumbre llamada, Santa Elena, se toma la carretera RN-17 que conduce a la cabecera departamental de Baja Verapaz, luego se toma la carretera RN-5 que comunica a los municipios de Salamá, Rabinal, San Miguel Chicaj, Granados y El Chol. La microcuenca San Gabriel, se encuentra a una distancia de 15 kilómetros de la cabecera departamental y 9 kilómetros de la cabecera municipal de San Miguel Chicaj.

La microcuenca San Gabriel cuenta con dos acceso terrestres, el principal es por la carretera RN-5 que conduce al municipio de Rabinal, a la altura del kilómetro 162.8 en el cruce de la cumbre llamada, San Gabriel, a la derecha sobre la carretera RD BV-11, se desciende con dirección a la aldea de San Gabriel Pasuj, este ingreso es por la parte alta de la microcuenca y el segundo ingreso es por la parte baja, a la altura del kilómetro 154 sobre la carretera RN-5, se cruza hacia la derecha sobre la carretera RD BV-11, más conocido como el cruce de San Francisco, que conduce también al Centro Universitario de Baja Verapaz, (CUNBAV), y al finalizar se ingresa a la microcuenca San Gabriel por el caserío Los Encuentros.

Existe otro ingreso por una parte alta de la microcuenca, a 4.5 kilómetros de la cumbre de San Gabriel, en el cruce hacia el caserío Xolá. En la figura 3, se observan los ingresos vía terrestre hacia la microcuenca San Gabriel, siendo los más importantes el de la cumbre de San Gabriel y en el cruce de San Francisco, del Municipio de San Miguel Chicaj.

Figura 3. Vías de acceso



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

1.3. Topografía

En el valle de la microcuenca se presenta una topografía semiplana con una elevación aproximada de 900-950 msnm, en las aldeas de San Gabriel Pasuj y Chixolop, en los caseríos y aldeas circunvecinas con una topografía montañosa y semi montañosa a una elevación en el lado oeste de la microcuenca con 1,000-1,250 msnm y al noreste, siendo la del lado bajo entre 850-880 msnm en el caserío Los Encuentros.

1.4. Clima

En la región de la microcuenca San Gabriel, la época de lluvia es nublada y la época seca mayormente despejada con una temperatura alta todo el resto del año, estas temperaturas varían generalmente de 15 °C a 31 °C y muy raro baja a menor de 13 °C o aumenta a más de 34 °C. La temporada de lluvia dura entre 6 a 8 meses y la temporada del año sin lluvia dura entre 3 y 4 meses, con una precipitación anual entre 600-1,200 mm. En los meses de octubre a abril son los que cuentan con una mayor influencia de fuertes vientos que en promedio son de 8.7 kilómetros por hora.

1.5. Suelo

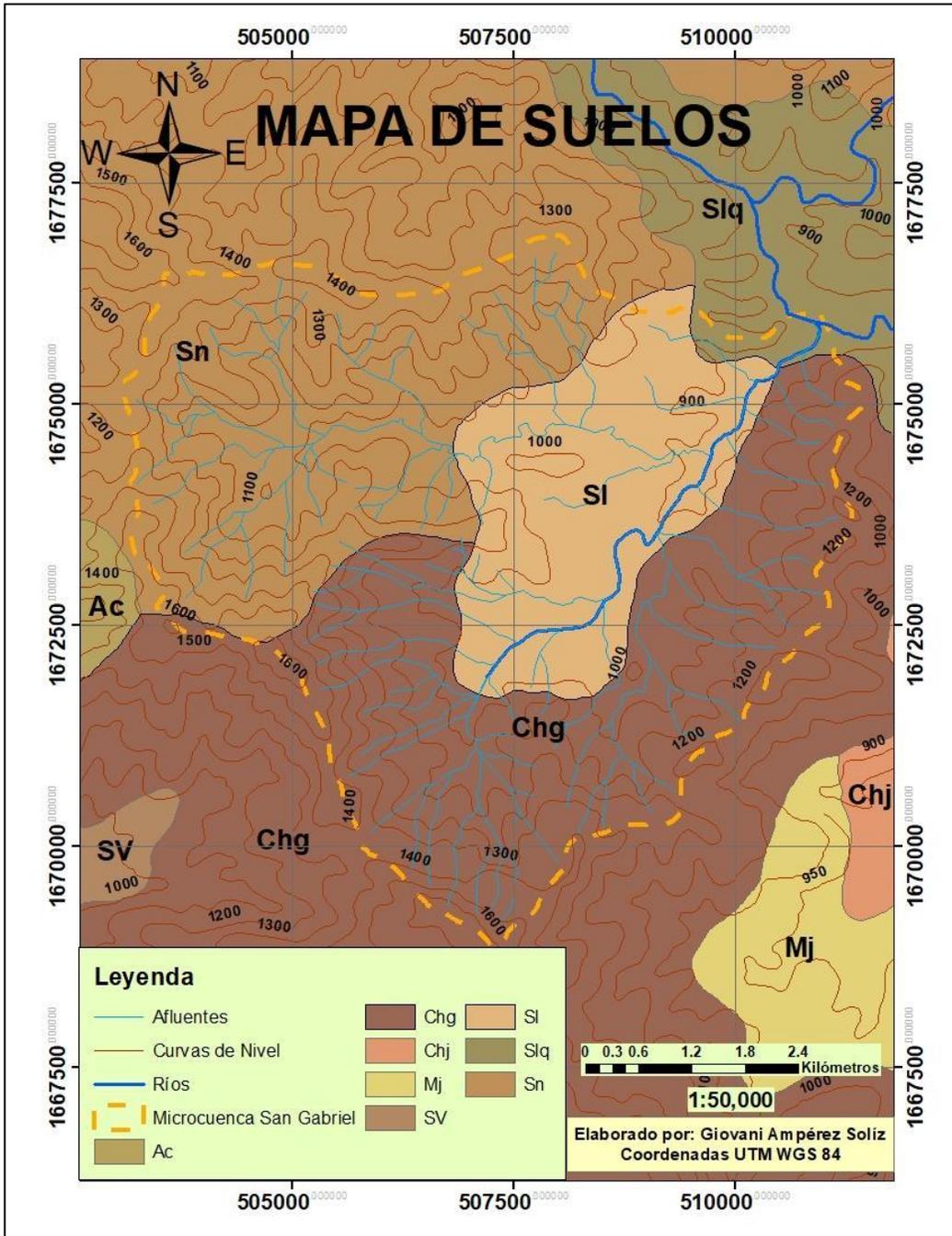
En la microcuenca se encuentran 4 tipos de suelo principalmente los cuales son, Chol (Chg), Salamá (Slq), Salamá (Sl) y Sholanimà (Sn), como se puede apreciar en la figura 4, los cuales se tomaron como base para determinar los puntos para la realización de las pruebas de infiltración, los suelos se describen en la tabla I, que contiene los distintos tipos de suelo localmente.

Tabla I. Tipos de suelo

Serie	Símbolo	Material madre	Relieve	Drenaje interno	Suelo Superficial			Subsuelo		
					Color	Textura y consistencia	Espesor aproximado	Color	Textura y consistencia	Espesor aproximado
Chol	Chg	Esquisto micáceo	escarpado	Rápido	Café grisáceo	Franco arenoso fina; friable	10 cm.	Café o Café rojizo	Franco arcilloso gravosa arcillosa; suelta	20-30 cm.
Acasaguastlan	Ac	Serpentina	Inclinado o escarpado	Bueno	Café rojizo oscuro	Franco arcillosa; friable	10-15 cm.	Café rojizo a rojo	Arcillosa o franco arcilloso; friable	15-25 cm.
Chicaj	Chj	Ceniza volcánica de color claro, cementada	Casi plano	Malo	Gris muy oscuro	Arcilla plástica	20-50cm.	Ceniza volcánica Pomácea cementada		
Marajuma	Mj	Esquisto	Escarpado	Bueno	Café oscuro	Franco limosa; friable	5 cm.	Amarillo rojizo	Franco arcilloso, limosa arcillosa; friable	75-100 cm,
Salamá	Sl	Ceniza volcánica de color claro	Ondulado	Excesivo	Café a Café grisáceo	Arena franco fina; suelta	20 cm.	Café amarillento	Franco arenosa fina; Suelta a débilmente cementada	30 cm.
Sholanimá	Sn	Serpentina	Escarpado	Moderado	Café muy oscuro	Arcilla; plástica	10 cm.	Café oscuro	Arcilla; plástica	25 cm.

Fuente: Miranda. (2012). *Evaluación de la calidad fisicoquímica del recurso hídrico en la microcuenca San Gabriel y servicios realizados en la Microcuenca San Miguel, Municipio de San Miguel Chicaj, Departamento de Salamá, Baja Verapaz, Guatemala, CA.*

Figura 4. Mapa de suelos



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

1.6. Población

La microcuenca San Gabriel está conformada por aldeas y caseríos del municipio de San Miguel Chicaj, Departamento de Baja Verapaz, y la población figura 3, aproximada de cada uno de ellos se describen en la tabla II.

Tabla II. **Población**

Número	Lugar	Población
1	San Gabriel Pasuj	3,673
2	Las Minas	1,589
3	Chixolop	2,537
4	Los Guzmán	153
5	Quiaté	625
6	Chilajón	712
7	Los Encuentros	337
8	Xolá	44
Población Total		9,670

Fuente: elaboración propia.

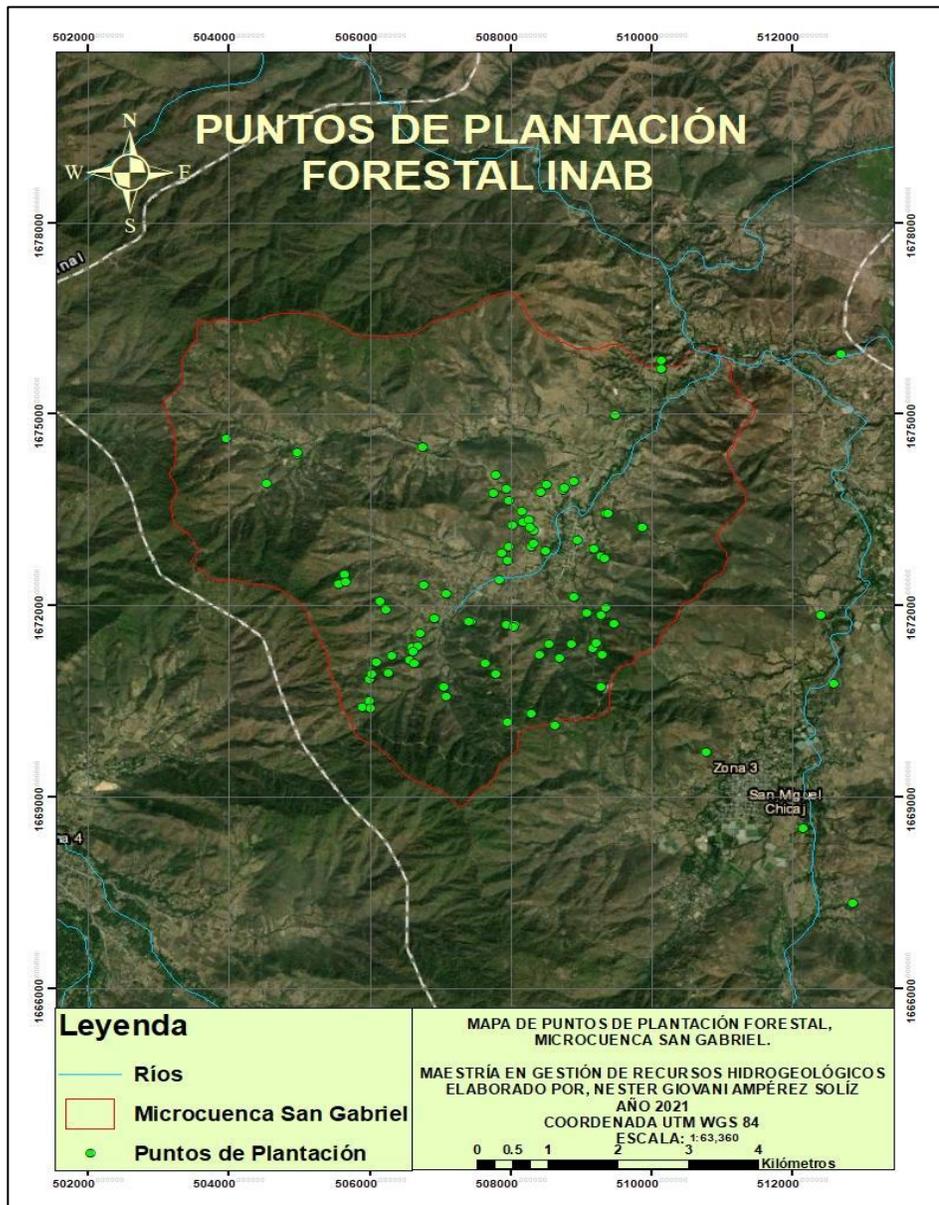
1.7. Flora y fauna

En la microcuenca se encuentran bosques húmedos subtropicales, en las partes altas, bosques secos subtropicales predominando en su mayoría y bosques de plantaciones forestales privadas. Dentro de la microcuenca San Gabriel se encuentran áreas protegidas de alguna institución o terrenos privados, que en los últimos años los dueños han reforestado o protegiendo por medio del apoyo de proyectos como PINPEP del Instituto Nacional de Bosques (INAB), figuras 5 y 6.

La fauna local aún persiste debido a que aún existen áreas de poca interacción por el hombre, dando lugar a la fauna existir en esas zonas alejadas de la población, teniendo mamíferos de tamaño pequeño a mediano, aves,

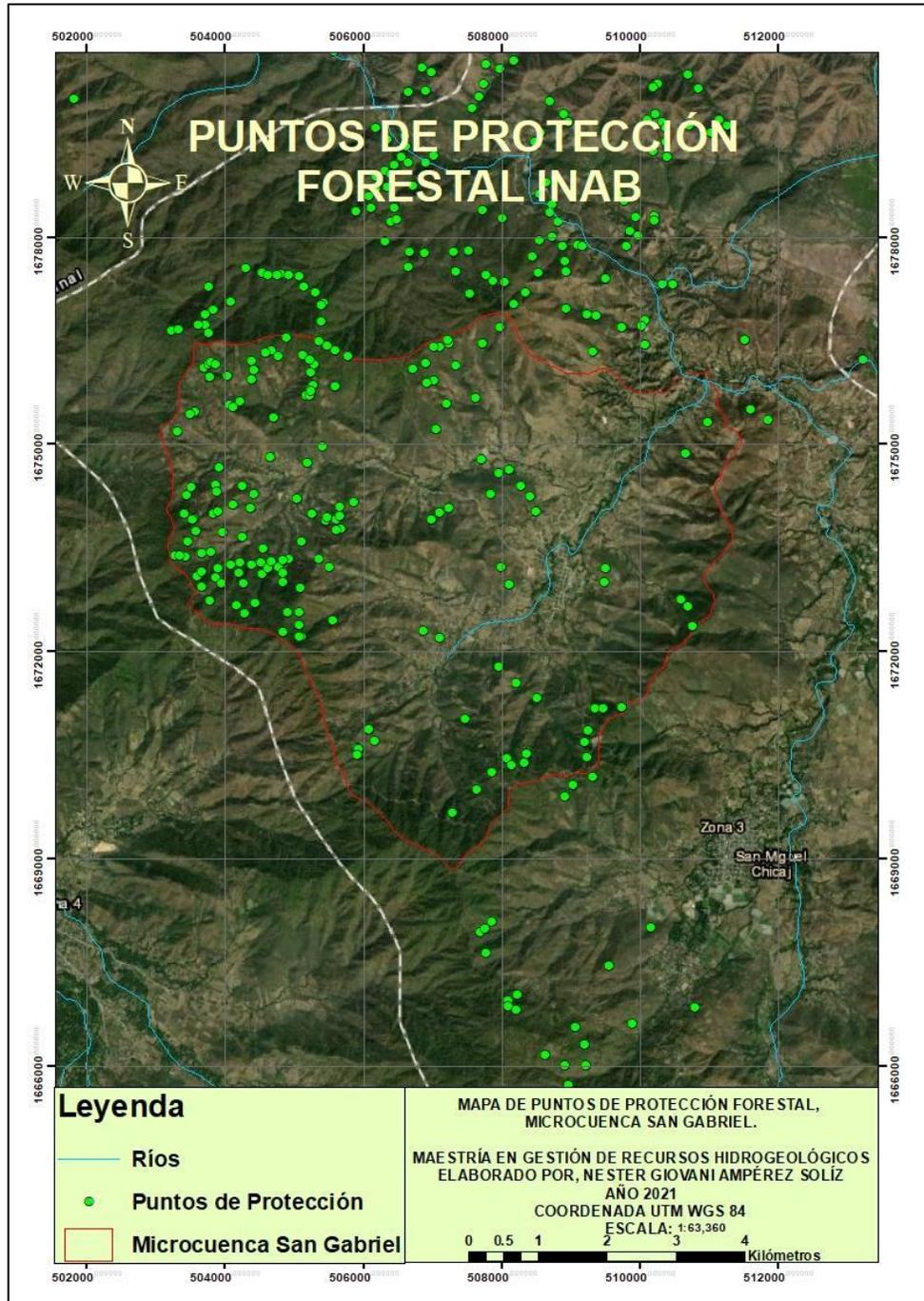
reptiles y crustáceos (cangrejos de agua dulce) en quebradas en las partes altas de la microcuenca.

Figura 5. Puntos de plantación forestal



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

Figura 6. Puntos de protección forestal



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

2. GEOLOGÍA E HIDROLOGÍA

La Geología se define como la rama de las Ciencias Naturales que se ocupa del estudio de la Tierra. Su dominio es el estado inorgánico de la materia. Su contraparte es la Biología, que estudia en los seres vivos el estado orgánico de la materia. (Varela, 2014, p. 13)

2.1. Geología regional

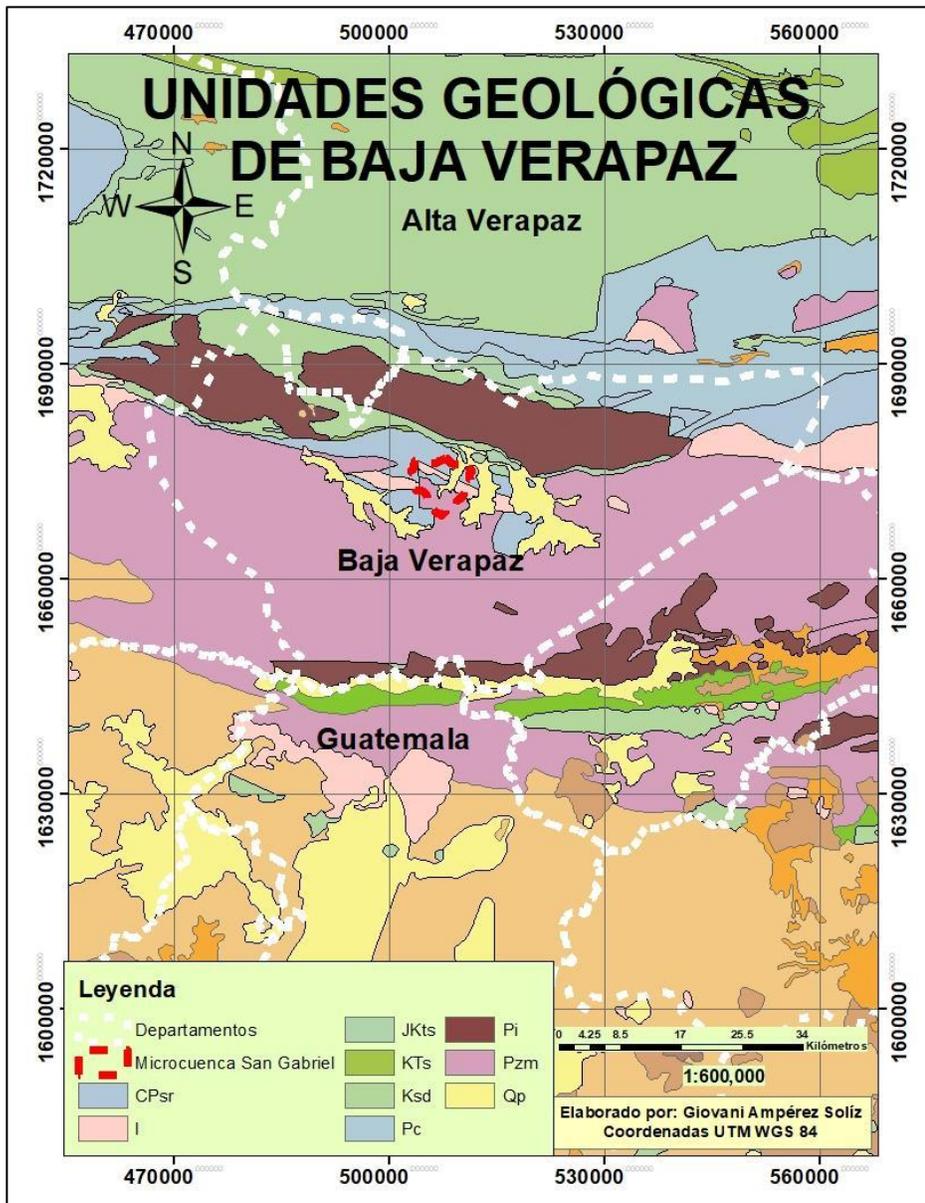
En la región norte en la que pertenece el departamento de Baja Verapaz, existen distintos tipos de unidades geológicas, provenientes de rocas metamórficas principalmente y sedimentarias, y pocas de origen ígneo. Al norte del departamento se puede definir como el inicio de rocas sedimentarias de carbonatos y en gran parte del departamento de Alta Verapaz hasta el departamento de Peten. En la parte este colindante con el departamento de El Progreso comparten una gran porción de rocas ígneas de origen volcánico y metamórficas sin dividir, como lo son esquistos cloríticos, filitas, cuarzo-feldespático y mármol.

2.1.1. Geología de Baja Verapaz

El departamento de Baja Verapaz se encuentra en la parte norte del país, ubicado entre dos fallas tectónicas, al norte con la falla de Chixoy-Polochic y al sur con la falla del Motagua. Al norte de la falla del Motagua, las montañas de la Sierra de Chuacús y Sierra de Las Minas que están compuestas por complejos de rocas metasedimentarias, metavolcánicas y metaintrusivas las cuales son denominadas como Grupo Chuacús, por lo que se dice que la geología de la zona

es predominada por rocas metamórficas, aunque existen varios bancos de cenizas volcánicas en todo el departamento, figura 7.

Figura 7. Mapa de unidades geológicas de Baja Verapaz



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

2.2. Geología local

En el área de estudio se pueden encontrar rocas sedimentarias del período Carbonífero-pérmico del grupo Santa Rosa también formaciones Sacapulas, Tactic y Macal. Rocas metamórficas e ígneas del período Terciario que incluyen granitos, dioritas, del Paleozoico se tienen filitas, esquistos, granatíferos, esquistos y gneises de cuarzo-mica-feldespato, mármol y migmatitas, y del periodo Cuaternario rellenos y cubiertas gruesas de cenizas tipo pómez de diverso origen. En la tabla III, se describen las unidades geológicas que se encuentran en la microcuenca y en la figura 8 se puede apreciar con más detalle la distribución de estas unidades geológicas.

Tabla III. **Unidades geológicas local**

Símbolo	Tipo de roca	Periodo	Características
CPsr	Rocas sedimentarias	Carbonífero-pérmico	Grupo Santa Rosa (areniscas, conglomerados y filitas). formaciones Santa Rosa, Sacapulas, Tactic y Macal
I	Rocas ígneas y metamórficas	Terciario	Incluye granitos y dioritas de edad pre-pérmico, cretácico y Terciario.
Ksd	Rocas sedimentarias	Cretácico	Carbonatos. incluye Cobán, Ixcoy, Sierra Madre y Grupo Yojoa
Pzm	Rocas ígneas y metamórficas	Paleozoico	Rocas metamórficas sin dividir. filitas, esquistos, granatíferos, esquistos y gneises de cuarzo-mica-feldespato, mármol, y migmatitas
Qp	Rocas ígneas y metamórficas	Cuaternario	Rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pómez de origen diverso

Fuente: Miranda. (2012). *Evaluación de la calidad fisicoquímica del recurso hídrico en la microcuenca San Gabriel y servicios realizados en la Microcuenca San Miguel, Municipio de San Miguel Chicaaj, Departamento de Salamá, Baja Verapaz, Guatemala, CA.*

2.2.1. Geología de la microcuenca San Gabriel

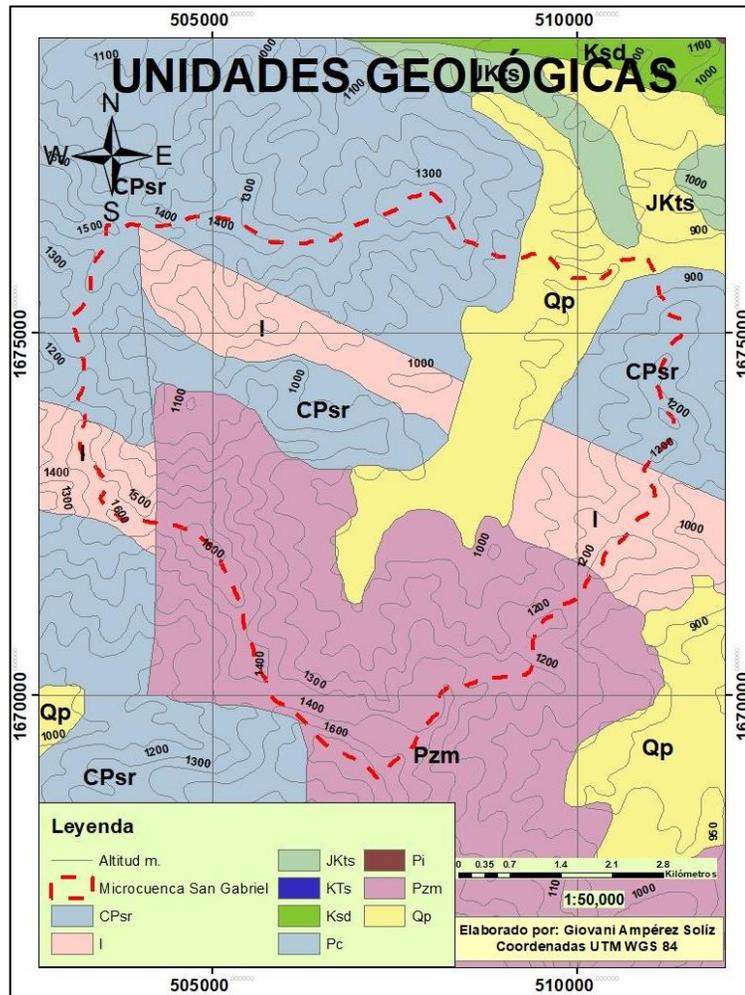
En la figura 8 se pueden observar con detalle la distribución de las unidades geológicas dentro de la microcuenca San Gabriel, las cuales se conforman por rocas sedimentarias (CPsr), Rocas Ígneas y Metamórficas del Terciario (I), rocas ígneas y metamórficas del periodo Paleozoico (Pzm) y rocas ígneas y metamórficas del Cuaternario (Qp). En la tabla IV, se describen los tipos de rocas.

Tabla IV. Tipos de rocas

Tipo de roca	Características
Rocas sedimentarias	Son rocas formadas por la acumulación de sedimentos, producidos por los procesos físicos y químicos en otras rocas, ejemplos más comunes, areniscas, conglomerados y filitas
Rocas ígneas	Son rocas que se forman cuando el magma se enfría y solidifica, existen dos tipos rocas intrusivas (enfriamiento bajo la superficie) extrusivas (enfriamiento sobre la superficie). granitos.
Rocas metamórficas	Son rocas producidas en condiciones de temperatura y presión que son sometidas las rocas primarias. Esquistos, gneis

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Unidades geológicas en la microcuenca



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

2.2.1.1. Puntos de muestreo geológico

En la figura 9, se visualizan los puntos de muestreos geológicos realizados en campo y en la tabla V, se encuentran las ubicaciones de cada punto con sus respectivas coordenadas geográficas, UTM WGS 84, zona 15. En cada punto de

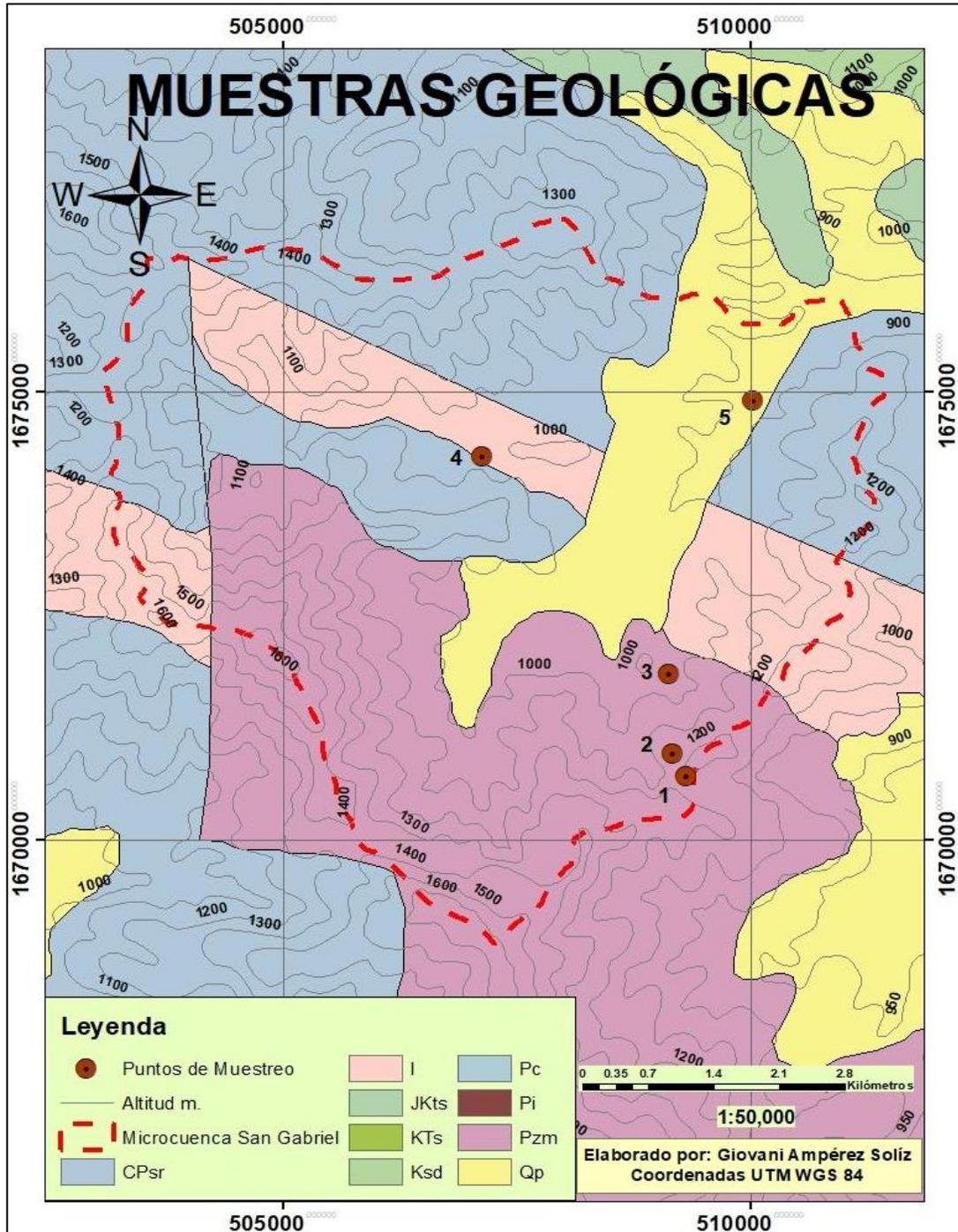
muestreo se obtuvieron rocas para ser identificadas, como parte de una mejor caracterización geológica dentro de la microcuenca San Gabriel.

Tabla V. **Coordenadas de puntos de muestreo geológicos**

Punto	Ubicación	Elevación	X	Y
1	Cumbre San Gabriel	1207.719	778024.047	1672016.785
2	Bajada, km 163	1179.020	777882.514	1672270.990
3	Bajada, km 164	991.025	777821.671	1673163.222
4	Los Guzmán	980.231	775805.390	1675555.197
5	Los Encuentros	888.673	778693.372	1676215.307

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Puntos de muestreo geológico



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

En el punto 1, se encuentra la cumbre de San Gabriel, se encuentra expuesta en una cantera de aproximadamente 100 m², una unidad de granito de una coloración gris claro, denominado granito Rabinal, con grietas que están rellenas por cuarzo, también esquistos cloríticos fracturados altamente meteorizados, como se puede apreciar en la figura 10.

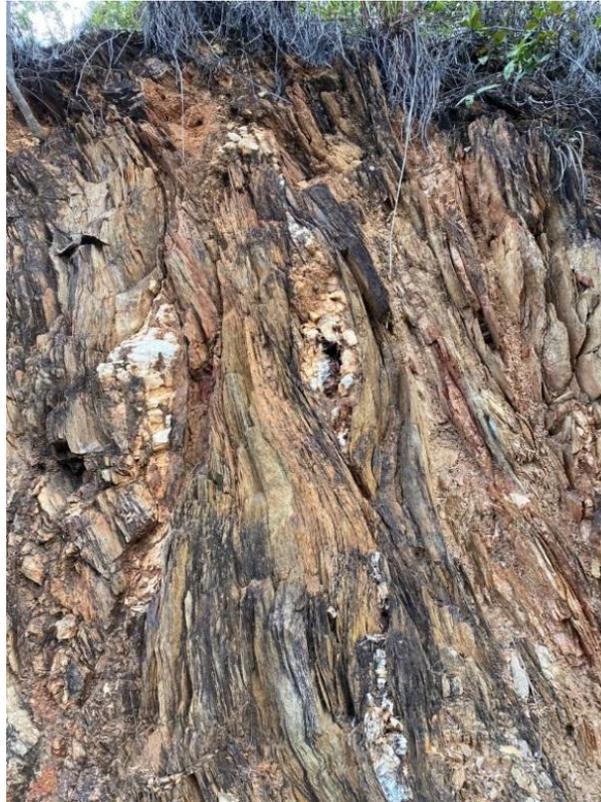
Figura 10. **Cantera La Cumbre**



Fuente: [Fotografía de Ing. Nester Ampérez]. (Cantera La Cumbre, Baja Verapaz. 2021).
Colección particular. Guatemala.

En el punto 2, se aprecian filitas y esquistos laminados con vetas de cuarzo, figura 11, a diferencia que el punto 1 donde se observaron granitos, a pesar que se encuentra a poca distancia y dentro de la unidad geológica (Pzm) los tipos de rocas varían, se tomaron los puntos 1 y 2 para una mejor caracterización.

Figura 11. **Esquistos laminados**



Fuente: [Fotografía de Ing. Nester Ampérez]. (Km 163 ruta a San Gabriel Pasuj, Baja Verapaz. 2021). Colección particular. Guatemala.

En el punto 3, las rocas observadas son gneis cuarcífero con intercalaciones de esquistos, figura 12.

Figura 12. **Gneis cuarcíferos**



Fuente: [Fotografía de Ing. Nester Ampérez]. (Km 164 ruta a San Gabriel Pasuj, Baja Verapaz. 2021). Colección particular. Guatemala.

En el punto 4 se identificó un dique de DIABASA, incluyendo a la unidad metamórficas Pzm, figura 13.

Figura 13. **Dique de diabasa**



Fuente: [Fotografía de Ing. Nester Ampérez]. (Los Guzmán, Baja Verapaz. 2021). Colección particular. Guatemala.

El punto 5, se aprecia en las paredes del cauce del río San Gabriel, rocas sedimentarias del grupo Santa Rosa, figura 14.

Figura 14. **Grupo Santa Rosa**



Fuente: [Fotografía de Ing. Nester Ampérez]. (Los Encuentros, Baja Verapaz. 2020). Colección particular. Guatemala.

2.3. Hidrología

Se define a la hidrología como “la ciencia natural dedicada al estudio del agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y la relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos” (Aparicio, 1992, p. 13).

Un marco hidrológico incluye la superficie terrestre elevación, ubicaciones de ríos y otros drenajes, distribución regional de precipitación, delimitación de áreas de recarga y descarga, determinación de un balance de agua para el sistema de flujo de agua subterránea, mapeo de la altitud de las superficies potenciométricas de los acuíferos, y caracterización de regiones variabilidad en las propiedades hidráulicas de un sistema de flujo de agua subterránea. (IAEA, 2013, p. 9)

2.3.1. Ciclo hidrológico

MARN y jICA (2016-2019), en el manual de educación ambiental define que el ciclo hidrológico es:

El recorrido que realiza el agua, pasando por sus diferentes estados. La lluvia, al caer sobre la tierra, proporciona el agua a los nacimientos y ríos, quienes al final de su recorrido alimentan a los lagos y mares. Todos los cuerpos de agua, por la acción del calor, se evaporan, es decir, se convierten en pequeñísimas gotas de agua que suben a la atmósfera. Estas, al reunirse, forman las nubes. Cuando estas se condensan, debido a cambios bruscos en la temperatura, el vapor se convierte nuevamente en agua, cayendo a la tierra en forma de lluvia, o bien en forma de granizo o de nieve. (MARN Y JICA, p. 11)

2.3.2. Sequía

Según Bonilla (2014) describe en su investigación:

Patrones de sequía en Centroamérica los diferentes tipos de sequía que afectan a la región Centroamérica. Sequía meteorológica, Es el grado de

desviación de precipitaciones que se puede comparar con un comportamiento que se considera normal, a partir de una serie de tiempo previamente establecida. La magnitud de la desviación y del tiempo que puede durar el episodio seco, pero depende de la forma como se evalúe el fenómeno regionalmente, también puede estar influenciado por los patrones climáticos de la región.

La sequía hidrológica se refiere al descenso en el nivel de superficie y subsuelo y su impacto se refleja en la recarga de acuíferos, lagos, ríos, presas. La sequía hidrológica puede afectar la producción agrícola de varios años, la extracción de agua subterránea o la producción hidroeléctrica. El impacto es de largo plazo, por lo tanto, la sequía agrícola presenta un efecto inmediato en los cultivos.

La sequía agrícola está extremadamente relacionada con la sequía meteorológica y su impacto en los cultivos, también considera el proceso en términos de balance de humedad, quiere decir que evalúa la evapotranspiración real y potencial, la escasez de agua en el suelo que a su vez depende de características físicas del mismo, los niveles de reserva de agua, y considera la cualidad del cultivo en cuanto a la humedad que necesita, en función de la etapa de crecimiento y la biología de la planta. (p. 18).

Baja Verapaz es uno de los departamentos con un potencial alto en sequía por su ubicación dentro del denominado corredor seco del país y también dentro del corredor seco centroamericano debido a las bajas precipitaciones en épocas lluviosas. En la tabla VI se encuentran los municipios de Baja Verapaz con este problema.

Tabla VI. **Municipios potencialmente afectados por la sequía**

País	Municipios de Baja Verapaz	Condición
Guatemala	San Miguel Chicaj (porciones centro este y centro oeste), Granados (sur), Salamá (sur y centro norte), El Chól (sur), Rabinal (centro), San Jerónimo (noroeste)	En Guatemala el 11.8 % del área del corredor seco centroamericano se clasifica como de potencial de año severo y corresponde a 54 municipios.

Fuente: FAO. (2012). *Estudio de caracterización del corredor seco centroamericano. Países CA-4. Tomo1. Acción contra el Hambre, Unión Europea, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).*

2.4. Características hidrológicas

Guatemala cuenta con más 90,000 millones de m³ de agua. Existe suficiente agua, pero no está ubicada en donde la necesitamos. En la sierra de Las Minas se establece que cuenta con una precipitación de 4 000 milímetros de lluvia anualmente, desafortunadamente toda esa agua drena hacia el río Motagua que desfoga en el mar del Caribe. (jiCA, 2016-2019, p. 22)

2.4.1. Delimitación de una cuenca

Las cuencas están delimitadas por las partes altas denominadas parteaguas o divisorias, donde estas se considera que al momento de las precipitaciones la gota de lluvia al caer en esta parte es transportada hacia la cuenca infiltrándose o escurriéndose, aportando al agua subterráneo o al agua superficial para uno u otro sistema fluvial.

Existen dos tipos de divisorias para la delimitación de una cuenca divisoria topográfica y divisoria subterránea, la primera se acostumbra a definir el área de drenaje superficial y la segunda establece los límites de los embalses de agua subterránea, de donde se deriva el caudal de la base de la cuenca hidrográfica. (Moreno y Esquivel, 2015, p. 14)

2.5. Características geomorfológicas y morfológicas de una cuenca hidrográfica

En el libro fundamentos de hidrología de superficie, se define una cuenca como “una zona de la superficie que si fuese impermeable las gotas de lluvia que caen dentro de ella tienden a drenar por el sistema de corrientes a un punto único de salida” (Aparicio, 1992, p. 19).

Existen dos tipos de cuencas debido a la ubicación del punto de salida; endorreicas y exorreicas.

Las endorreicas su punto de salida está dentro de los límites de la cuenca, los casos más comunes son hacia un lago, las exorreicas son las que su punto de salida se encuentra sobre los límites de la cuenca y está va hacia otra corriente o al mar. (Aparicio, 1992, p. 19)

Aparte de las cuencas hidrográficas también existen las cuencas subterráneas, donde la forma en planta es similar a una superficial. “Las características morfológicas principales son: Área, longitud de la cuenca, perímetro, forma, ancho, longitud del cauce principal, altura y elevación promedio” (RedULA, 2019, p. 3).

2.5.1. Geomorfología y morfológicas de la microcuenca San Gabriel

La microcuenca San Gabriel, internamente por su topografía se conforma por dos microcuencas pequeñas y debido a su tamaño no se analizaron por separado. Esta microcuenca no cuenta con datos geomorfológicos de estudios previos por tal motivo, se describirán y calcularán con la ayuda del programa GIS y cálculos matemáticos.

- Tipo de cuenca: la microcuenca San Gabriel, debido que su cauce principal tributa al río Salamá, se considera una microcuenca exorreica.
- Área (A): la microcuenca San Gabriel es de un área de 42.98 km², se considera microcuenca debido a que su área no superó los 100 km² para poder ser denominada subcuenca y ni tan pequeña para clasificarse como quebrada.
- Perímetro (P): la microcuenca San Gabriel cuenta con un perímetro de 28 441 metros lineales y su equivalente a 28.441 km lineales.
- Longitud cuenca: esta característica se debe a la medición del punto más lejano hasta el punto de desfogue, la microcuenca San Gabriel tiene una longitud de 8 079.90 m. equivalente a 8.079 km.
- Ancho de cuenca: para obtener el ancho de la cuenca se puede realizar dividiendo el área entre la longitud de la cuenca, y la otra forma es medirlo directamente en los mapas. La microcuenca San Gabriel tiene un ancho de 5 319.965 m. igual a 5.320 km obtenido de la división y de 8 028.88 m.

igual a 8.029 km. medido en el mapa siendo esta medida el ancho mayor de la microcuenca.

- Longitud del cauce principal: la microcuenca San Gabriel, debido a su topografía cuenta con una quebrada con longitud de 5 862.20 m. proveniente de la aldea de Las Minas, que se une al cauce principal con una longitud de 6 825.57 m. proveniente de la aldea de Chixolop, hasta el punto de desfogue al río Salamá.
- Desnivel altitudinal (DA): el desnivel altitudinal de la microcuenca San Gabriel es de 780 m. Este se obtuvo de la resta entre la cota más alta (1 660 m.) con la cota más baja (880 m.).

2.5.1.1. Forma de la cuenca

Estas características son importantes debido a que están relacionadas con el tiempo que le toma al agua desde las partes altas (parteaguas) o extremos hasta llegar al punto de salida de la microcuenca.

“Índice de Gravelius o Coeficiente de compacidad (K_c): este es un indicador adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca con el área de un círculo igual al de la cuenca (círculo equivalente)” (Moreno y Esquivel, 2015, p. 17).

$$K_c = 0.28 \left[\frac{P}{\sqrt{A}} \right]$$

(Ecuación 1)

Donde:

Kc = Coeficiente de compacidad

P = Perímetro de la cuenca en Km (28.441 Km)

A = Área de la cuenca en Km² (42.98 Km²)

Kc1 1.00 – 1.25 = Cuenca redonda a oval redonda

Kc2 1.25 – 1.50 = Cuenca de oval redonda a oval oblonga

Kc3 1.50 – 1.75 = Cuenca de oval oblonga a rectangular oblonga

Al realizar los cálculos se obtuvo que el Kc para la microcuenca San Gabriel es de 1.215, por lo tanto, se considera que es una cuenca redonda a oval redonda.

- “Factor de forma: es un parámetro adimensional que mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas y que denota la forma redondeada o alargada de la cuenca” (Moreno y Esquivel, 2015, p. 18). se obtiene de:

$$F = \frac{A}{(Lm)^2}$$

(Ecuación 2)

Donde:

F = Factor de forma

L = Longitud de la cuenca en Km (8.079 Km)

A = Área de la cuenca en Km² (42.98 Km²)

F > 1 = Cuenca achatada, tendencia a ocurrencia de avenidas

F < 1 = Cuenca alargada, baja susceptibilidad a las avenidas

Al realizar los cálculos se obtuvo F = 0.658, por lo tanto, se considera una cuenca alargada con baja susceptibilidad a las avenidas.

- “Índice de alargamiento: indica el comportamiento de la forma de la cuenca, respecto a su tendencia a ser de forma alargada, este índice adimensional relaciona la longitud de la cuenca con su ancho” (Moreno y Esquivel, 2015, p. 18). Se obtiene de:

$$Ia = \frac{Lm}{l}$$

(Ecuación 3)

Donde:

Ia = Índice de alargamiento

Lm = Longitud máxima Km (8.079 Km)

L = Ancho mayor Km (8.029 km)

“Este índice permite predecir el movimiento del agua en los drenajes y potencia erosiva o de arrastre, se caracteriza a partir de los siguientes parámetros.” (Moreno y Esquivel, 2015, pág. 19).

Ia > 1: Cuenca alargada

Ia ≈ 1: Cuenca achatada y por lo tanto el cauce principal es corto

Realizando los cálculos se obtuvo que Ia es igual a 1.006, lo que nos indica que la cuenta está achatada, por lo tanto, el cauce principal es corto.

3. HIDROGEOLOGÍA

Las aguas subterráneas son un componente importante de toda el agua dulce del planeta. Representan el 29,9 % de los recursos de agua dulce de la tierra y el 99 % del agua azul. Sin embargo, únicamente las aguas almacenadas en los espacios porosos o fracturas interconectados son accesibles para el uso. (Cap-Net, 2010, p 13)

El agua subterránea suele reaccionar más lentamente que el agua superficial; por lo general, los procesos llevan más tiempo y en consecuencia, su recarga y remediación demoran mucho más.

Según Lorca (2011), los “estudios hidrogeólogos tienen el objetivo de conocer el comportamiento de los recursos hídricos que existen en el subsuelo y la explotación sostenible” (p. 9). Por lo tanto, incluye el movimiento del agua, sus propiedades, composición química, el estudio del ciclo hidrológico para saber su origen y la consideración para sus usos potenciales. La obtención de las muestras se toma en envases de polietileno, dependiendo del propósito de la muestra así será el volumen del recipiente a utilizar, para un análisis de elementos menores se utiliza una botella de 125 ml.

La caracterización hidrogeológica tiene como objetivo determinar la relación entre el medio geológico y el agua que circula por cada unidad, por lo tanto, el análisis fisicoquímico del agua permite conocer el comportamiento del flujo en el subsuelo, también la interacción con los elementos geológicos, así como con las áreas de recarga, descarga y tránsito en toda el área. (Ochoa, 2017, p. 33)

3.1. Recarga hídrica

Es denominada recarga hídrica al proceso por el que se incorpora a un acuífero agua proveniente del exterior de este, también se llama recarga a la cantidad de agua que se infiltra al acuífero durante las precipitaciones en un tiempo determinado.

Gran parte del caudal de los ríos, en el clima húmedo, proviene de la descarga de aguas subterráneas de poca profundidad, lo que indica que existe una interacción del agua subterránea y la superficial. Debido a la falta de datos hidráulicos se limita el poder realizar un modelo de flujo de las aguas subterráneas. (Vegas y Álvarez, 2011, p. 275)

3.1.1. Zonas de recarga hídrica

Es la zona o área donde ocurre la recarga hídrica. Estas áreas son las que abastecen a los acuíferos principalmente de las precipitaciones en los suelos de alta capacidad de infiltración o rocas con alta permeabilidad, las áreas pueden estar muy cerca de donde se explotan sus aguas subterráneas. También está el caso donde se obtiene una mayor infiltración localmente por medio de las corrientes o escarmientos superficiales de agua, esto se da más en las zonas altas de las cuencas de mayor precipitación y estas son las áreas que se deben de proteger para no afectar el volumen constante de los acuíferos que son abastecidos por estas.

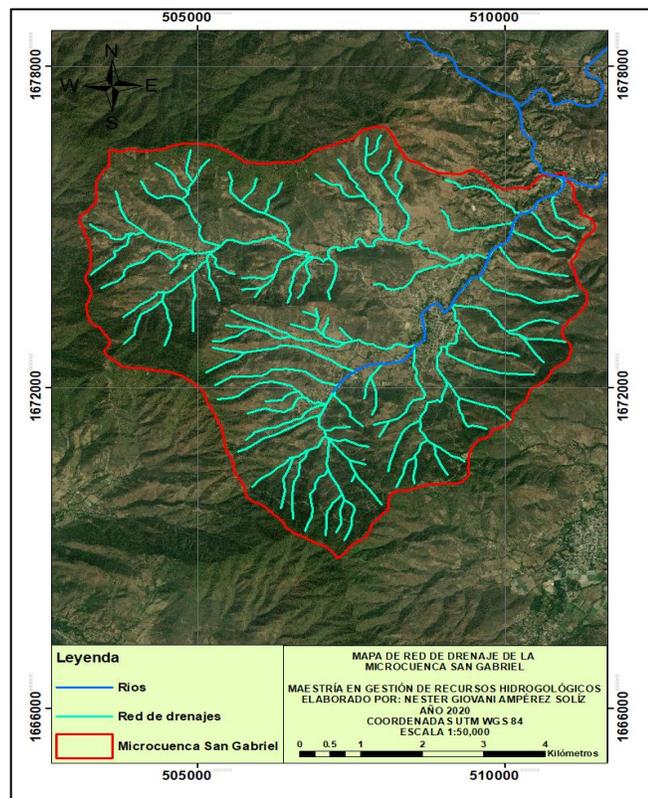
3.2. Red de drenaje

“La red de drenaje también es llamada sistema de drenaje, está constituido por el principal y sus tributarios, son trazados considerando la constancia en el transporte de caudal de las corrientes” (Moreno y Esquivel, 2015, p. 20).

En la figura 15, se aparecía que el tipo de sistema de drenaje de la microcuenca San Gabriel es detrítico.

Este patrón es uno de los más comunes y presenta la carterista de tener ramificaciones tipo arboledas en los afluentes que tributan a la corriente principal formando ángulos agudos, estos tipos de red de drenajes pueden indicar suelos homogéneos, y están presentes en áreas con rocas sedimentarias blandas, tobas volcánicas superficialmente. (Meza y Martínez, 2010, p. 4).

Figura 15. **Red de drenaje, microcuenca San Gabriel**

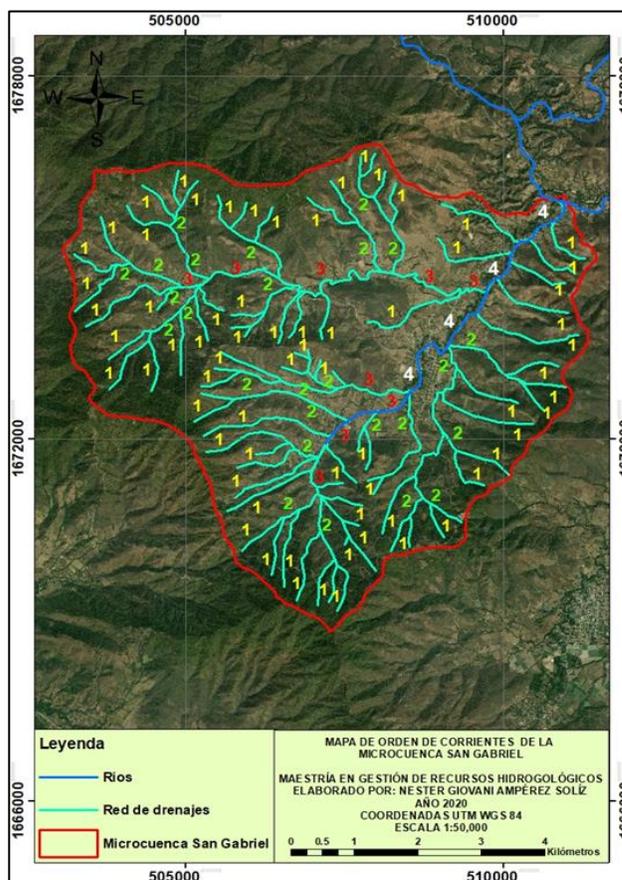


Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

3.2.1. Orden de las corrientes

La figura 16 refleja el grado de ramificación o bifurcación de la microcuenca San Gabriel donde, las corrientes de primer orden son pequeños canales que no tienen tributarios, las de segundo orden son dos corrientes de primer orden que se unen, las corrientes de tercer orden son dos corrientes de segundo orden que se unen y las corrientes de cuarto orden son dos corrientes de tercer orden que se unen, siendo este el último orden de la microcuenca.

Figura 16. Orden de las corrientes



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

3.2.2. Densidad de drenaje (Dd)

“La densidad de drenaje es la relación entre la longitud total de las corrientes de agua de la cuenca y su área total” (Moreno y Esquivel, 2015, p. 21).

$$Dd = \frac{L}{A}$$

(Ecuación 4)

Donde:

Dd = Densidad de drenaje

L = longitud total de corrientes en Km (109.144 Km)

A = Área total de la cuenca en Km² (42.98 Km²)

Con los resultados se obtuvo que la microcuenca San Gabriel cuenta con una densidad de drenaje de 2.539 Km/Km² lo que nos indica que la densidad de drenaje de la microcuenca es pobre, a lo que se obtiene que la erosión por las corrientes es baja.

3.3. Cuerpos de agua

Las aguas superficiales son todas aquellas aguas que provenientes de precipitaciones y por la saturación del suelo escurren por la topografía del suelo hacia los cuerpos de aguas para ser drenadas o por el afloramiento de agua subterránea, también son las aguas que se encuentran localizadas en la superficie de la tierra.

Cuando el agua subterránea fluye hacia un río, el río es efluente o ganancia. Un río influyente o perdedor es aquel que su agua se infiltra en el suelo. Cualquiera de estos tipos de ríos puede estar conectado

hidráulicamente o desconectado del agua subterránea. La conexión hidráulica implica agua superficial puede pasar al dominio de aguas subterráneas, y viceversa, sin encontrarse barreras para fluir (como en un canal revestido) o zonas no saturadas (Hudak, 2004, p 13).

3.3.1. Ríos, quebradas y manantiales

En la microcuenca San Gabriel se ubican varios cuerpos hídricos superficiales, actualmente varios de ellos cuentan con corrientes efímeras, es decir que únicamente fluye agua en época lluviosa, como se observa en la figura 17.

Ríos: Río San Gabriel.

Quebradas: Chilajon, Quiaté, Las Minas, Chixolop, Xolá.

Manantiales: Las Minas (figura 19), Xolá, Chixolop, San Gabriel.

La microcuenca San Gabriel está irrigada por distintos cuerpos hídricos, el origen de estos cuerpos hídricos es de distintos manantiales, uno de estos es el manantial Las Minas, figura 19. Los niveles y el caudal varían según la época del año, siendo en la época seca la más crítica de las aguas superficiales en las quebradas por su reducción total, y en los manantiales la reducción casi total. Las aguas superficiales de las quebradas de los distintos manantiales son aportadas al río San Gabriel y este a su vez las aporta al río Salamá.

Figura 17. **Río San Gabriel**



Fuente: [Fotografía de Ing. Nester Ampérez]. (Caserío Los Encuentro, Baja Verapaz. 2020).
Colección particular. Guatemala.

Figura 18. **Quebrada Las Minas**



Fuente: [Fotografía de Ing. Nester Ampérez]. (Aldea Las Minas, Baja Verapaz. 2020). Colección
particular. Guatemala.

Figura 19. **Manantial Las Minas Sector 1**



Fuente: [Fotografía de Ing. Nester Ampérez]. (Aldea Las Minas, Baja Verapaz. 2020). Colección particular. Guatemala.

El río San Gabriel a pesar de ser el río principal, no tiene la capacidad de producir agua todos los meses del año, su comportamiento es efímero como en las quebradas principales. En los últimos años y en las épocas secas, es más evidente la falta de caudal, por tal motivo la población que años atrás dependía del agua del río para cubrir con necesidades domésticas y de riego, decidieron perforar pozos artesanales a la orilla del cauce y pozas dentro de cauce de quebradas y del río principal para cubrir esa necesidad, figura 20.

Figura 20. **Quebrada Las Minas**

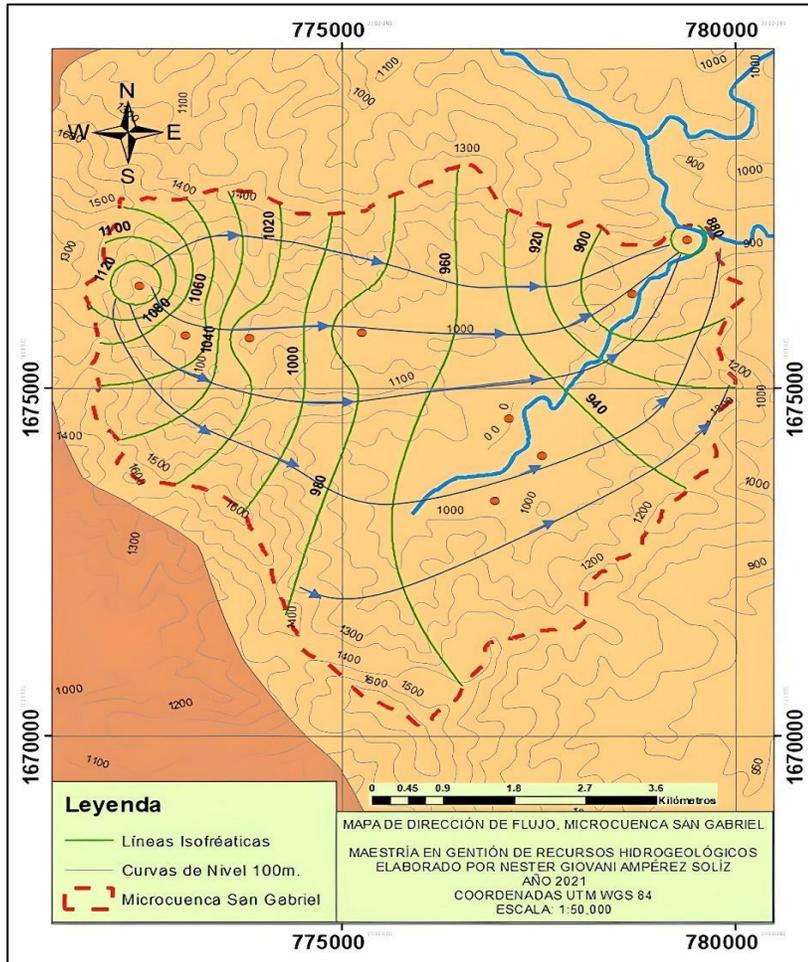


Fuente: [Fotografía de Ing. Nester Ampérez]. (Las Minas, Baja Verapaz. 2020). Colección particular. Guatemala.

3.4. Dirección de flujo

Según los datos obtenidos de niveles estáticos de pozos, en la figura 21, se puede apreciar el comportamiento y dirección de las aguas subterráneas en la microcuenca teniendo que la microcuenca se abastece de oeste a este siguiendo la dirección del río principal de la microcuenca hacia el río Salamá donde es el desfogue del río de San Gabriel.

Figura 21. Dirección de flujo



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

3.5. Balance hídrico

Este Método consiste en el análisis de entrada y salida de agua en un territorio a lo largo del tiempo, Este concepto es ampliamente usado en hidrología e hidrogeología, basándose en la fórmula general de la variación en el almacenamiento de entradas y salidas del sistema hídrico a través de una ecuación básica (Sáenz, 1995).

$$\Delta A = E - S$$

(Ecuación 5)

Donde:

ΔA = es la variación en el almacenamiento (en el suelo o en el acuífero)

E = son las entradas al sistema:

- Precipitación,
- Importaciones de agua,
- Recarga lateral (aguas subterráneas provenientes de otras cuencas).

S son las salidas del sistema:

- Evaporación,
- Transpiración,
- Escorrentía,
- Infiltración,
- Descarga (aguas subterráneas hacia otras cuencas),
- Exportación de agua.

Estableciendo para el balance hídrico natural los siguientes términos:

$$P - ET + (Q_{so} + Q_{uo}) - (Q_s + Q_u) - \Delta A - n = 0$$

(Ecuación 6)

Donde:

P = precipitación

ET = evapotranspiración

Qso = caudal superficial de entrada (abastecimiento superficial, manantiales)

Quo = caudal subterráneo de entrada (agua de pozos)

Qs = caudal superficial de salida (escorrentía)

Qu = caudal subterráneo de salida (infiltración)

ΔA = cambio de almacenamiento en el sitio de estudio (reservorio).

N = error de estimación o pérdidas indeterminadas (debe ser menor al 5 %) solo para áreas menos, no es aplicable a microcuencas

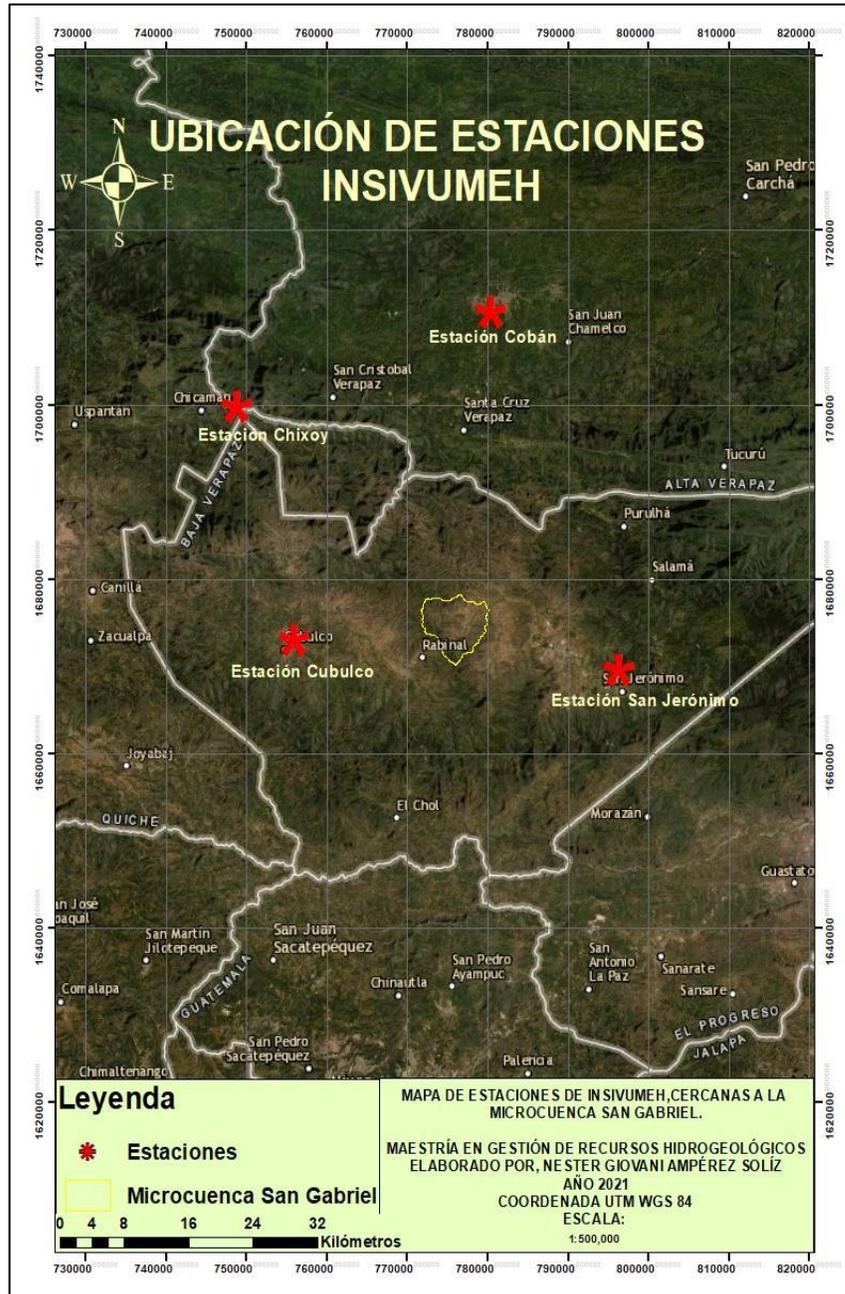
3.5.1. Entradas al Sistema (E)

Las entradas al sistema para el balance hídrico, a considerar son la precipitación, caudales de manantiales y de agua de pozos.

3.5.1.1. Precipitaciones (P)

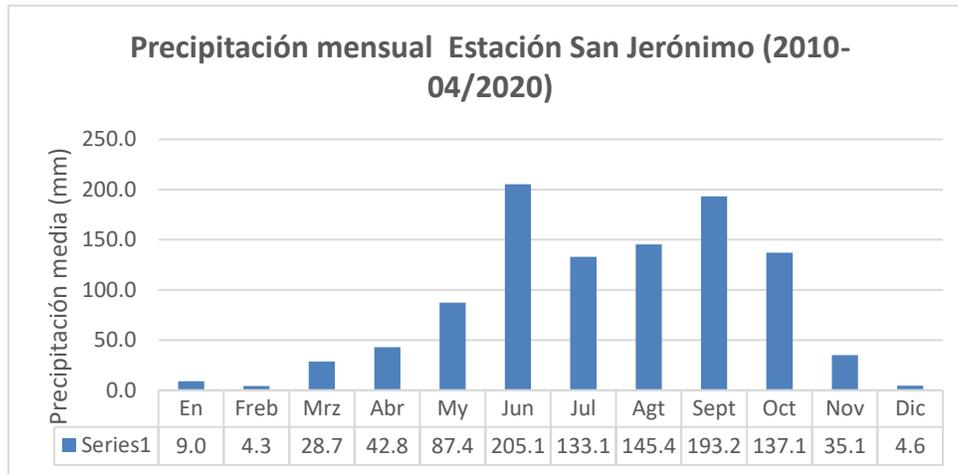
Las precipitaciones mensuales obtenidas de las estaciones de San Jerónimo, Cubulco, Cobán y Chixoy del INSIVUMEH, las cuales están cercanas a la microcuenca San Gabriel, figura 22, son representadas en las figuras 23-26. En la microcuenca San Gabriel, las precipitaciones están marcadas en los meses de mayo a octubre, al formar parte del denominado corredor seco del país y también al de Centro América, la microcuenca es una zona de baja precipitación. La precipitación media se encuentra entre 500-1,000 mm de lluvia, figura 27.

Figura 22. Ubicación de estaciones



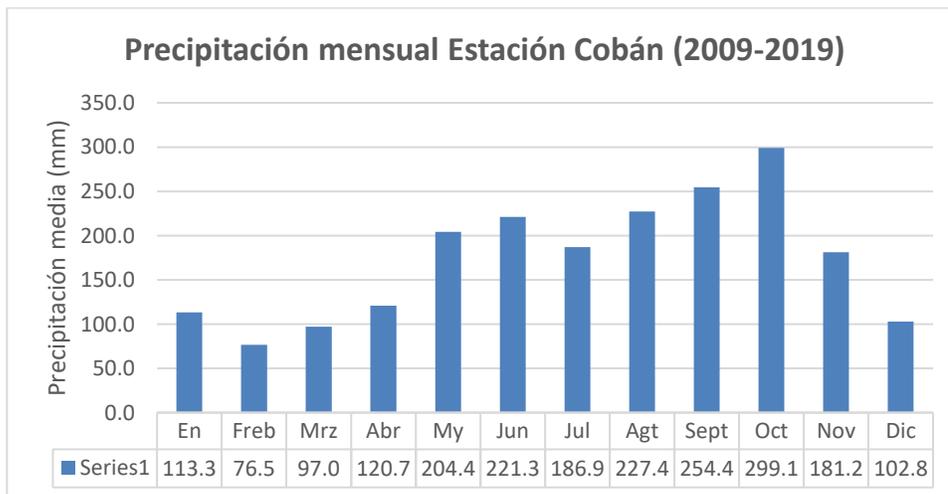
Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

Figura 23. Precipitación mensual estación San Jerónimo



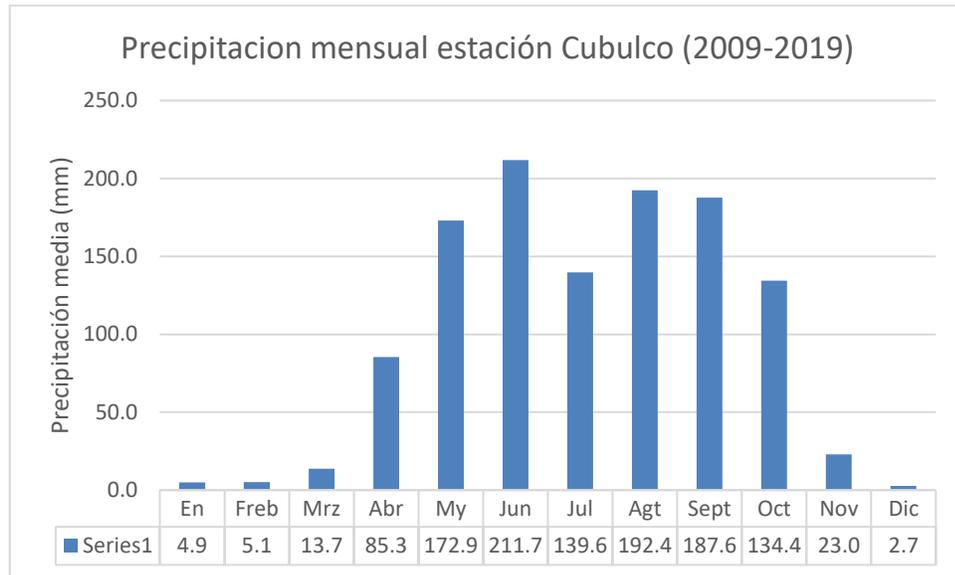
Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Figura 24. Precipitación mensual estación Cobán



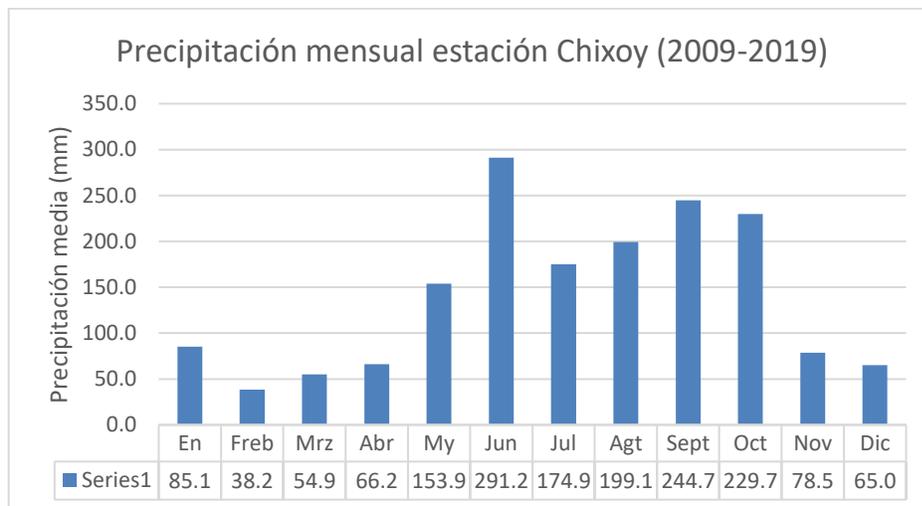
Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Figura 25. Precipitación mensual estación Cubulco



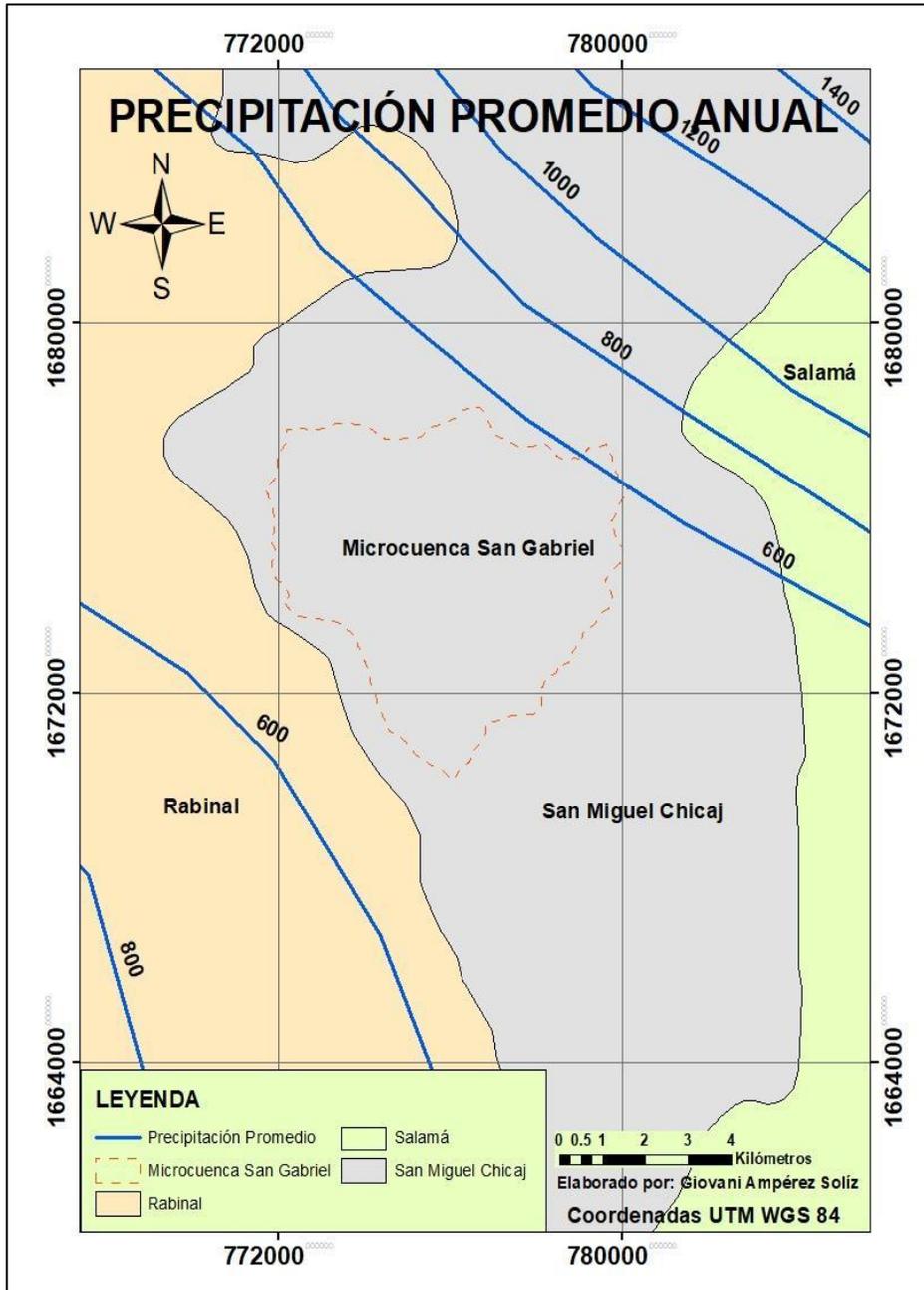
Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Figura 26. Precipitación mensual estación Chixoy



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Figura 27. **Mapa de precipitación promedio anual**



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

3.5.2. Caudal superficial de entrada (Manantiales) (Qso)

Los son cuerpos de agua subterráneas que afloran en la superficie, donde sus aguas son aprovechadas para diferentes actividades en las comunidades.

3.5.2.1. Método volumétrico

Es empleado en corrientes pequeñas, manantiales, quebradas, siendo este uno de los métodos más exactos, este método consiste en llenar un depósito el cual cuente con un volumen conocido y tomar en tiempo total en que se llene el depósito. (ICC, 2017, p. 3),

Y el caudal se obtiene por con la siguiente fórmula.

$$Q_{so} = \frac{V}{t}$$

(Ecuación 7)

Donde:

Qso = Caudal (m³/s, l/s)

V = Volumen (m³, l/s)

T = tiempo (s)

La medición de los caudales fue realizada a los 5 manantiales existentes que abastecen a la aldea de Las Minas ubicados en la parte alta de la microcuenca San Gabriel, por el método volumétrico, figura 28.

Figura 28. **Medición de caudales del sector 3**



Fuente: [Fotografía de Ing. Nester Ampérez]. (Aldea Las Minas, Baja Verapaz. 2020). Colección particular. Guatemala.

3.5.2.2. Caudal subterráneo de entrada (agua de pozos) (Quo)

En la tabla VII se cuantifican los pozos y manantiales que se ubican en la microcuenca San Gabriel y a los que se pudieron acceder. La mayor concentración de pozos artesanales está en la aldea de San Gabriel Pasuj, figura 29. Los datos de cada pozo, elevación, coordenadas entre otros, se encuentran en tablas en los anexos.

Tabla VII. **Número de pozos y manantiales**

Comunidad	Número de pozos y manantiales
San Gabriel	341 pozos
Las Minas	30 pozos y 5 manantiales
Los Guzmán	4 pozos
Quiaté	1 pozo mecánico
Chilajón	84 pozos
Los Encuentros	16 pozos

Fuente: elaboración propia.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), establece que cada persona requiere de 100 litros de agua por día, para poder cubrir sus necesidades de consumo e higiene. Considerando que cada pozo es unifamiliar, conformada por 5 integrante promedio, se puede establecer la dotación de agua subterránea para su consumo podemos establecer la siguiente fórmula:

$$Q_{uo} = \frac{5N * D * t}{86,400} / 1,000$$

(Ecuación 8)

Donde

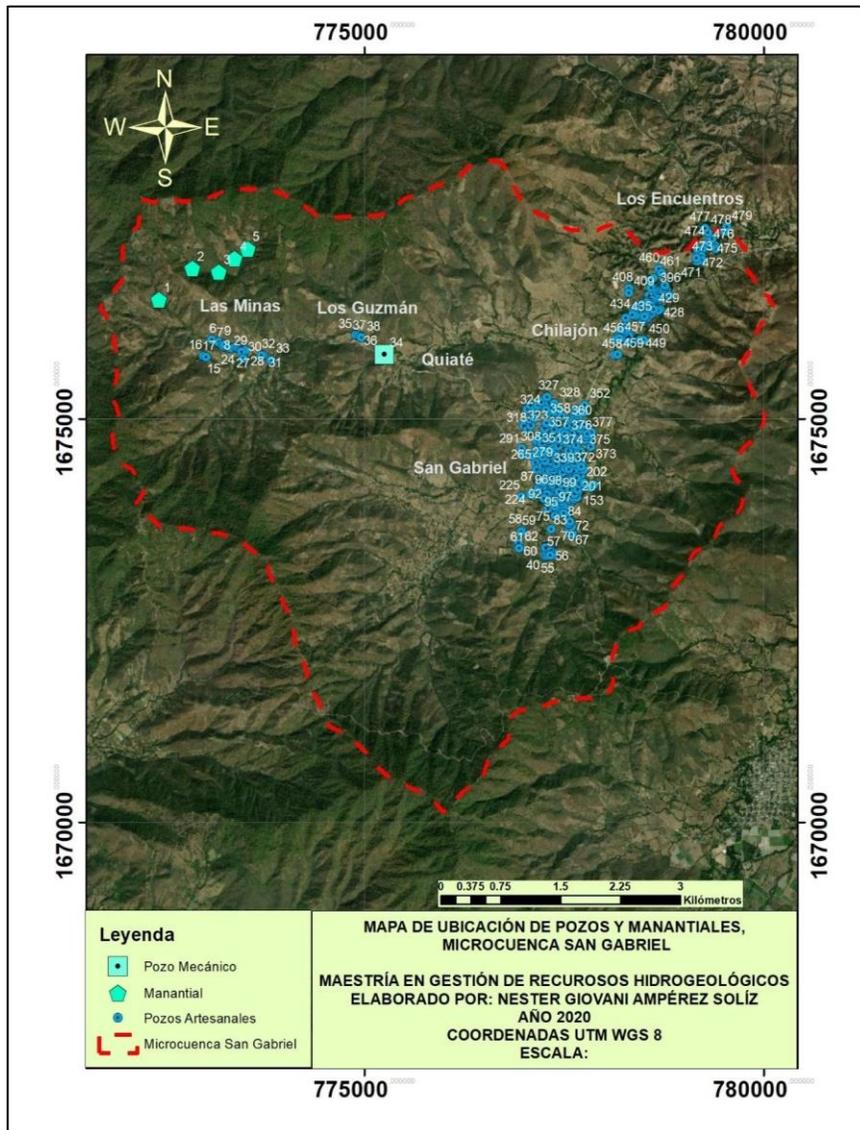
Quo: caudal (m³/s)

5N: número de pozos (5 personas por pozo)

D: dotación por persona (100l/hab/día)

t: tiempo (días)

Figura 29. Mapa de pozos y manantiales



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

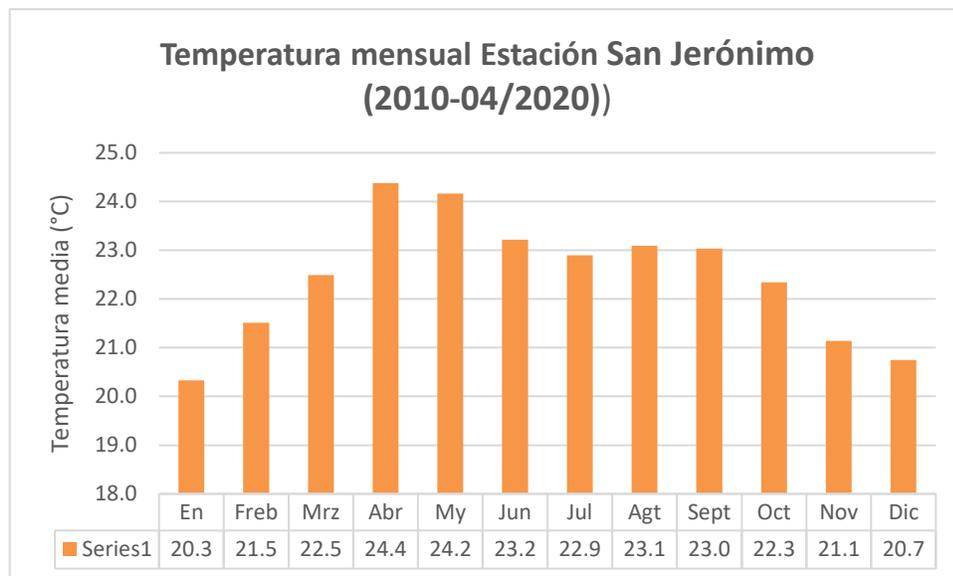
3.5.3. Salidas del Sistema (S)

En las salidas del balance hídrico se consideran; la evapotranspiración, escorrentía e infiltración.

3.5.3.1. Temperatura

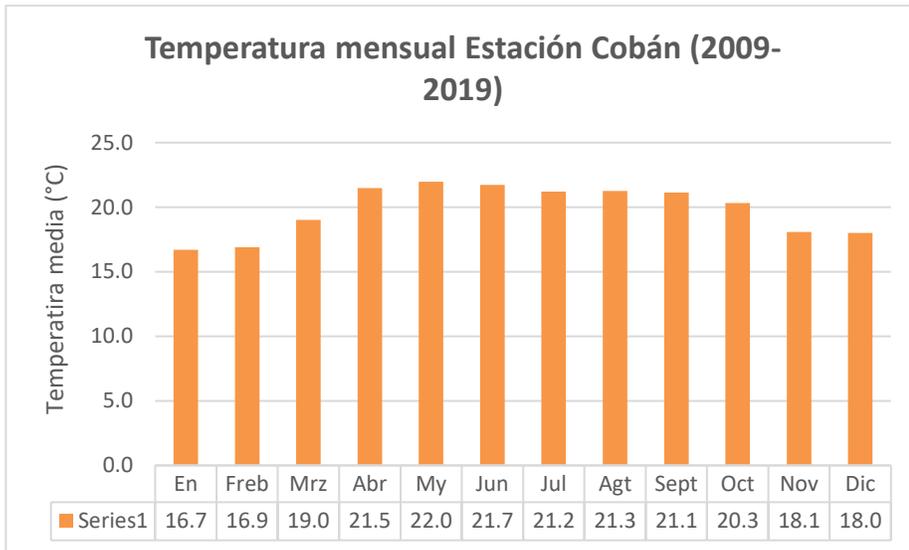
Las temperaturas mensuales durante 10 años de obtuvieron de las estaciones de San Jerónimo, Cubulco, Cobán y Chixoy del INSIVUMEH, figuras 30-33, en la región al igual que en la microcuenca San Gabriel varían generalmente entre 15 °C a 30°C con una temperatura baja promedio de 13 °C y la temperatura alta de 34 °C, teniendo los meses de enero a abril con las temperaturas más altas y los meses de octubre a diciembre las más bajas. Debido a que en la microcuenca no se cuenta con alguna estación meteorológica los datos son aproximados.

Figura 30. **Temperatura mensual estación San Jerónimo**



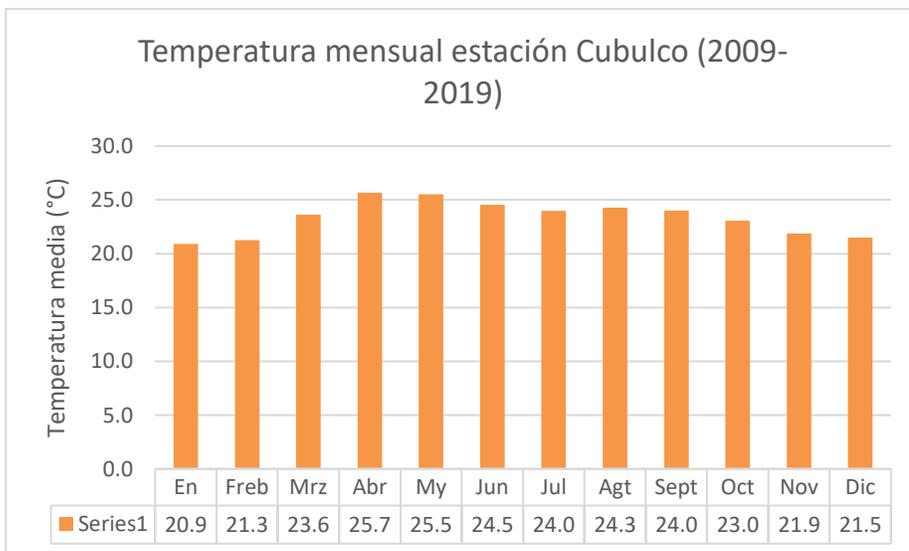
Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Figura 31. **Temperatura mensual estación Cobán**



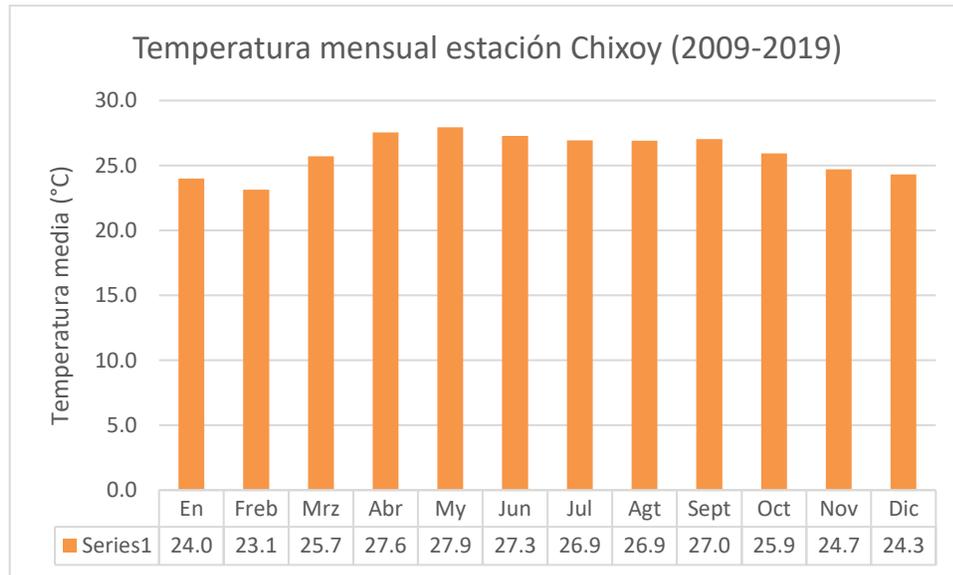
Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Figura 32. **Temperatura mensual estación Cubulco**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Figura 33. **Temperatura mensual estación Chixoy**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Tabla VIII. **Temperatura media anual (2009-2019)**

Estación	Temperatura media anual (mm)
San Jerónimo	22.53
Cubulco	23.34
Cobán	19.81
Chixoy	25.95
Media	22.91

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Temperatura media mensual (2009-2019)**

Mes	temperatura media mensual (°C)
Enero	20.47
Febrero	20.70
Marzo	22.70
Abril	24.76
Mayo	24.89
Junio	24.19
Julio	23.75
Agosto	23.88
Septiembre	23.81
Octubre	22.91
Noviembre	21.45
Diciembre	21.14

Fuente: elaboración propia.

3.5.3.2. Evapotranspiración (ETP)

En hidrología es de suma importancia conocer la cantidad de agua que es perdida por evaporación en depósitos grandes, como lo son presas, lagos, ríos o en sistemas de conducción, también, conocer la cantidad de agua que es necesaria proveer a las regiones para riego, para determinar las fuentes y las dimensiones de los sistemas de abastecimiento a utilizar.

- Evaporación; es el proceso del agua que pasa del estado líquido donde se encuentre almacenada, conducida o en el suelo y en las capas cercanas a su superficie, al estado gaseoso y que es transferida a la atmósfera.
- Transpiración; es el agua que se encuentra en las plantas y estas la despiden en forma de vapor por medio de las hojas. Esta agua es adquirida por las plantas, naturalmente del suelo y la

evapotranspiración es una combinación de evaporación y transpiración. (Aparicio, 1992, p. 47)

Para calcular la ETP se realiza a partir del índice de calor mensual y anual, y la temperatura T.

$$\text{Índice de calor mensual} \quad i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514}$$

$$\text{índice de calor anual} \quad I = \sum_1^{12} i$$

$$\text{ETP en mm/mes} \quad ETP = K * 16 * \left(10 * \frac{T}{I}\right)^a$$

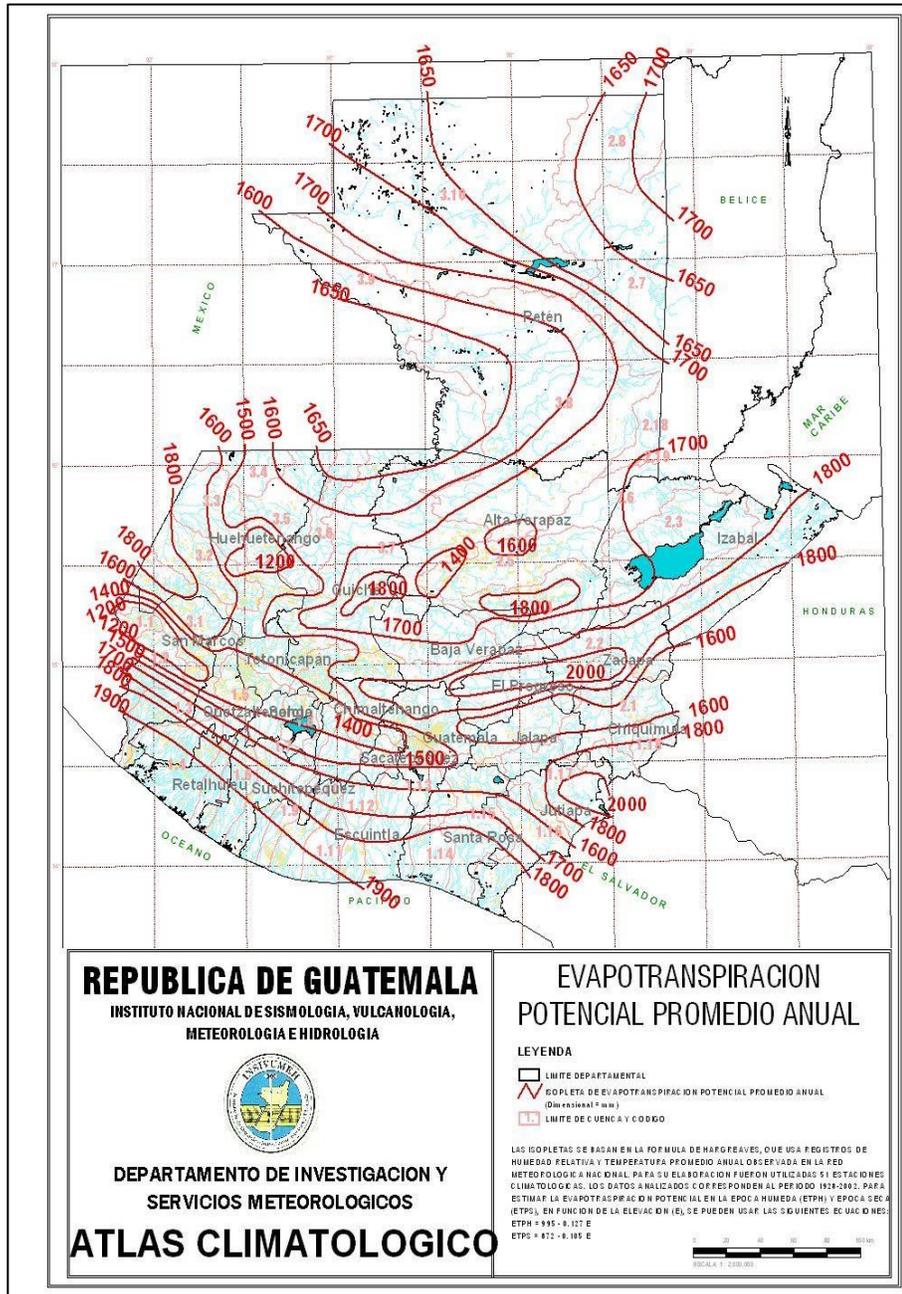
Donde:

$$a = 675 * 10^{-9} I^3 - 771 * 10^{-7} I^2 + 1792 * 10^{-5} I + 0.49239$$

$$K = \frac{N}{12} * \frac{d}{30}$$

(Ecuación 9)

Figura 34. Atlas de Evapotranspiración promedio anual



Fuente: INSIVUMEH (1928-2002). *Atlas climatológico*. Consultado el 10 de junio de 2021.

Recuperado de https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/ATLAS_HIDROMETEOROLOGICO/Atlas_Climatologico/mapa-base.jpg.

3.5.3.3. Escorrentía

La escorrentía describe el flujo del agua y lluvia sobre la tierra, siendo un componente principal del ciclo del agua y del balance hidrogeológico. Para aprovechar el recurso hídrico, se requiere conocer el punto de salida de la cuenca para poder estimar el caudal disponible por precipitaciones. El agua de lluvia que no se evapora ni infiltrada corre superficialmente como escorrentía directa, la cual es la que llega directo a los cauces en un periodo corto y la escorrentía basal que es la que abastece a los cauces en épocas de estiaje. Para calcular la escorrentía anual en mm, en una cuenca total se emplea la siguiente fórmula (GWP, 2011, p. 35).

$$E = \frac{31.536 * Q}{A}$$

(Ecuación 10)

Donde:

E = escorrentía en mm

Q = caudal en m³/s

A = área en Km²

3.5.3.3.1. Método de sección-velocidad

“Este método consiste en determinar secciones transversales del cauce y la velocidad del agua, la sección se obtiene por medio de mediciones directas y la velocidad por los métodos de molinete, flotadores o pendientes hidráulicas” (ICC, 2017, p. 8). Siendo obtenido el caudal por:

$$Q = A \times v$$

(Ecuación 11)

Donde:

Q = caudal (m^3/s)

A = área (m^2)

V = velocidad (m/s)

La medición del caudal del río principal en la desembocadura, ubicada en el caserío Los Encuentros, se emplearon dos métodos, el primero fue el volumétrico, cuando el río contaba con un caudal muy bajo, figura 35 y con el método de sección-velocidad cuando su cauce aumentaba por las lluvias de las épocas, figura 36.

Figura 35. **Medición de caudal del río San Gabriel, volumétrico**



Fuente: [Fotografía de Ing. Nester Ampérez]. (Aldea Los Encuentros, Baja Verapaz. 2020).
Colección particular. Guatemala.

Figura 36. **Medición de caudal del río San Gabriel, sección-velocidad**



Fuente: [Fotografía de Ing. Nester Ampérez]. (Aldea Los Encuentros, Baja Verapaz. 2020).
Colección particular. Guatemala.

3.5.3.4. Infiltración

La recarga se produce por la infiltración de las precipitaciones, dependiendo de las características geológicas y geomorfológicas del terreno se infiltran o escurren. Las descargas se producen en mayor proporción por evaporación desde lagunas, napas someras, salares y evapotranspiración por la vegetación existente. (Cervetto, 2012, p. 156)

Las pruebas de infiltración se realizaron por el método de Porchet, se realizaron 5 pruebas cubriendo los distintos tipos de suelos con que cuenta la microcuenca San Gabriel, figura 38.

3.5.3.4.1. Método de infiltración Porchet

Este método consiste en la excavación de un agujero en el suelo con un diámetro y profundidad a criterio del investigador, se introduce un nylon para luego llenarlo con agua y tomar el nivel de agua estática, al tener la altura del agua se retira el nylon y se empieza a cronometrar a distintos tiempos el nivel de descenso del agua como se aprecia en la figura 37. De los datos en campo se obtiene la infiltración básica, y al final se obtiene un porcentaje de infiltración respecto a la precipitación, aplicando la siguiente fórmula para Centroamérica;

$$\%inf = -2.74 * 10^{-5}(fc) + 0.2284 * \ln \ln (fc) + 0.000159(fc) - 0.586$$

(Ecuación 12)

Donde:

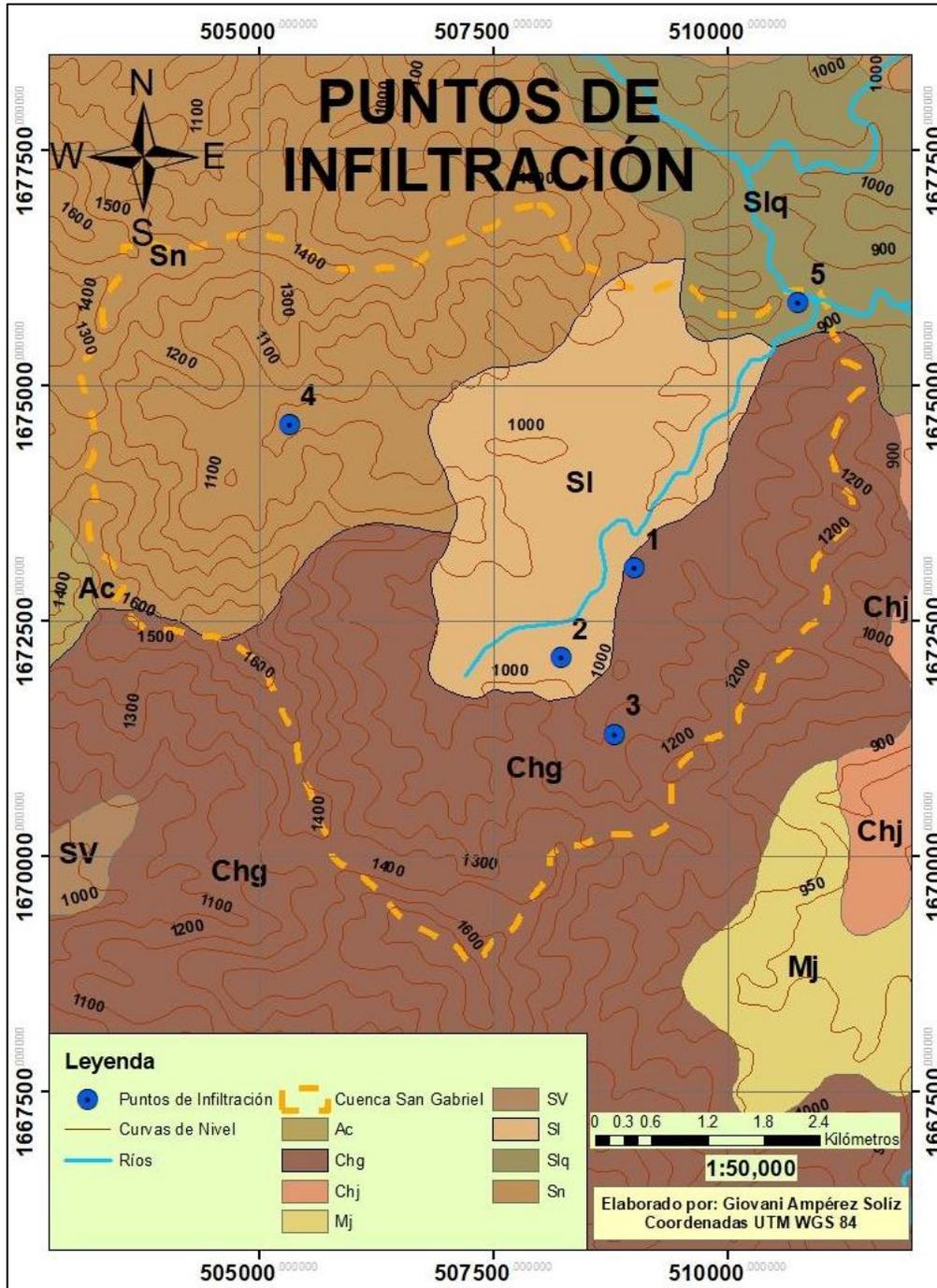
fc = infiltración básica

Figura 37. Punto de infiltración Las Minas



Fuente: [Fotografía de Ing. Nester Ampérez]. (Aldea Las Minas, Baja Verapaz. 2020). Colección particular. Guatemala.

Figura 38. Mapa de puntos de infiltración



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

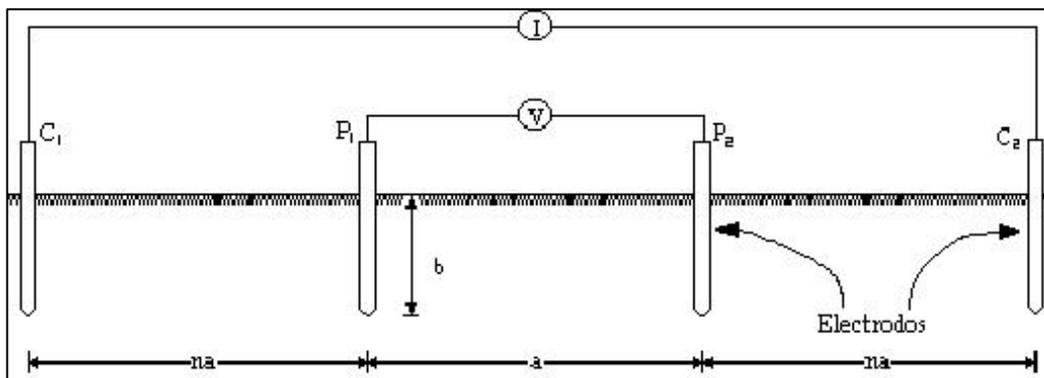
3.6. Sondeo Eléctrico Vertical (SEV)

El sondeo eléctrico vertical es una técnica utilizada en proyectos de hidrogeología para la prospección de estructuras geológicas que puedan funcionar como acuíferos, esta técnica está relacionada con la distribución vertical de la resistividad del terreno. Para esta técnica se hacen mediciones de corriente continua y dichos resultados son comparados con resistividades comunes ya definidas.

3.6.1. Método de Schlumberger

Este método es una modificación de Wenner, debido a que también se utilizan cuatro electrodos, con la diferencia que la separación entre los electrodos centrales se mantiene constantes, y las mediciones se realizan variando la distancia de los electrodos exteriores con referencia de los interiores, con una distancia en múltiplos de la separación base de los electrodos interiores, figura 39.

Figura 39. Método Schlumberger



Fuente: Ruelsa. (s.f.). *Sistema de puesta a tierra*. Consultado el 10 de junio de 2020.

Recuperado de <https://www.ruelsa.com/notas/tierras/pe70.html>.

3.6.2. SEV San Gabriel Baja Verapaz

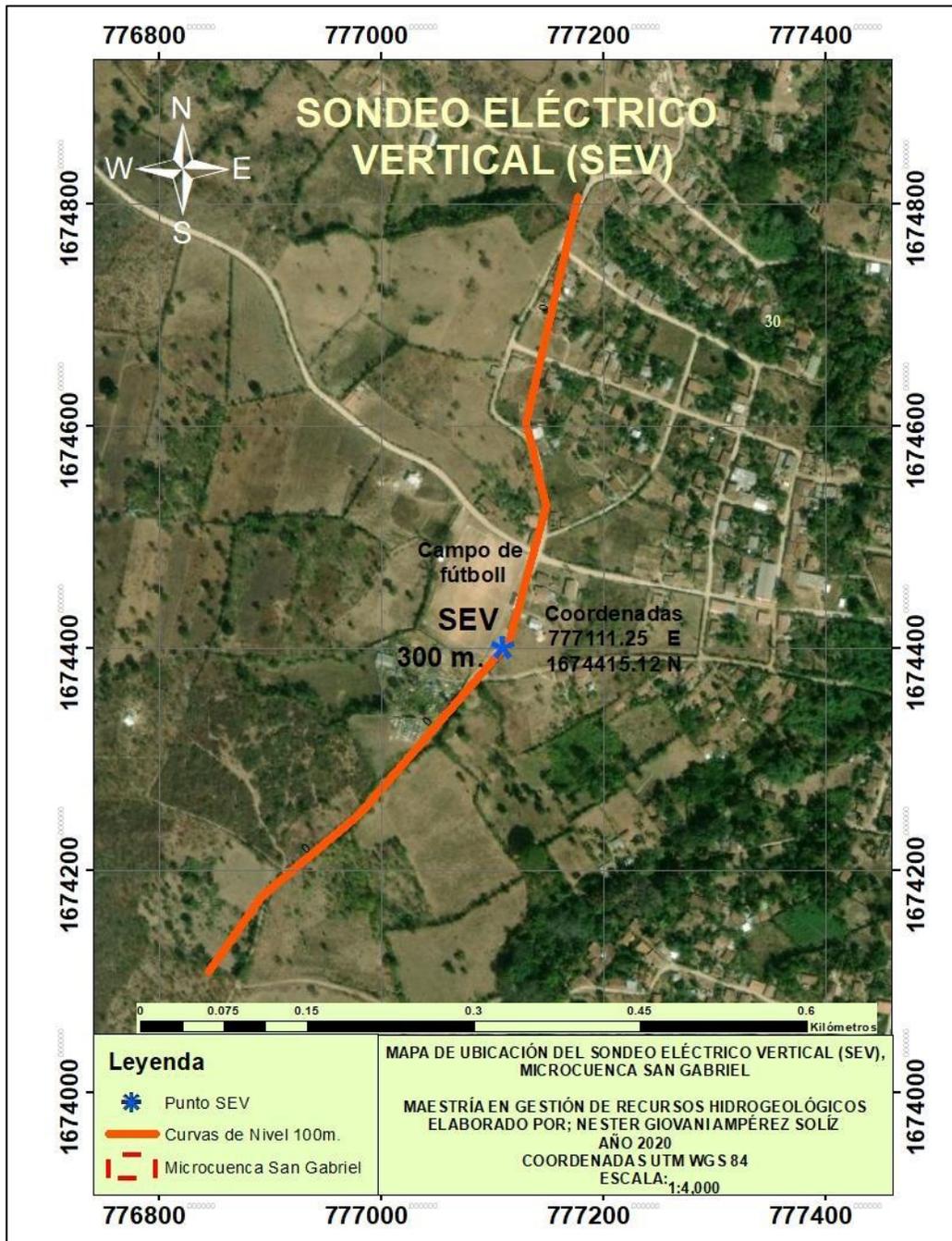
El sondeo se realizó con la contratación de una empresa y con la colaboración de autoridades comunitarias para las mediciones de los puntos de los electrodos exteriores, figura 40. Con los datos de campo, teniendo una medida longitudinal de 300 m y la georreferenciación se realizó el mapa de ubicación del SEV, con la medida longitudinal de 300 m, figura 41. Con los datos de campo se obtuvo la curva de resistividad resultante en color negro y la curva modelo de resistividad resultante en color rojo, figura 42.

Figura 40. **Instalación de equipo para SEV**



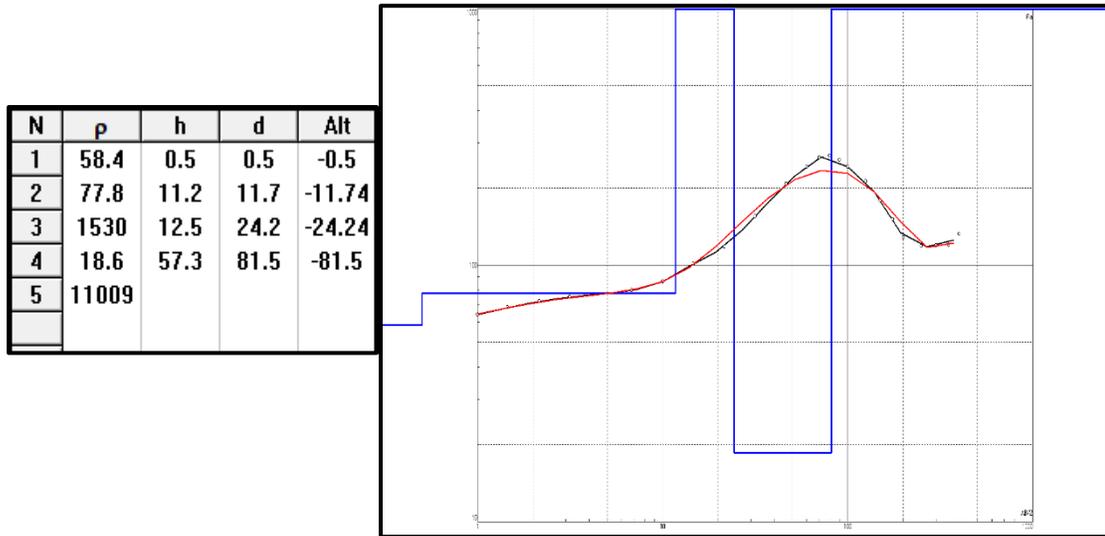
Fuente: [Fotografía de Ing. Nester Ampérez]. (Aldea San Gabriel, Baja Verapaz. 2020).
Colección particular. Guatemala.

Figura 41. Mapa de ubicación del SEV



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

Figura 42. Curva de resistividad resultante de SEV



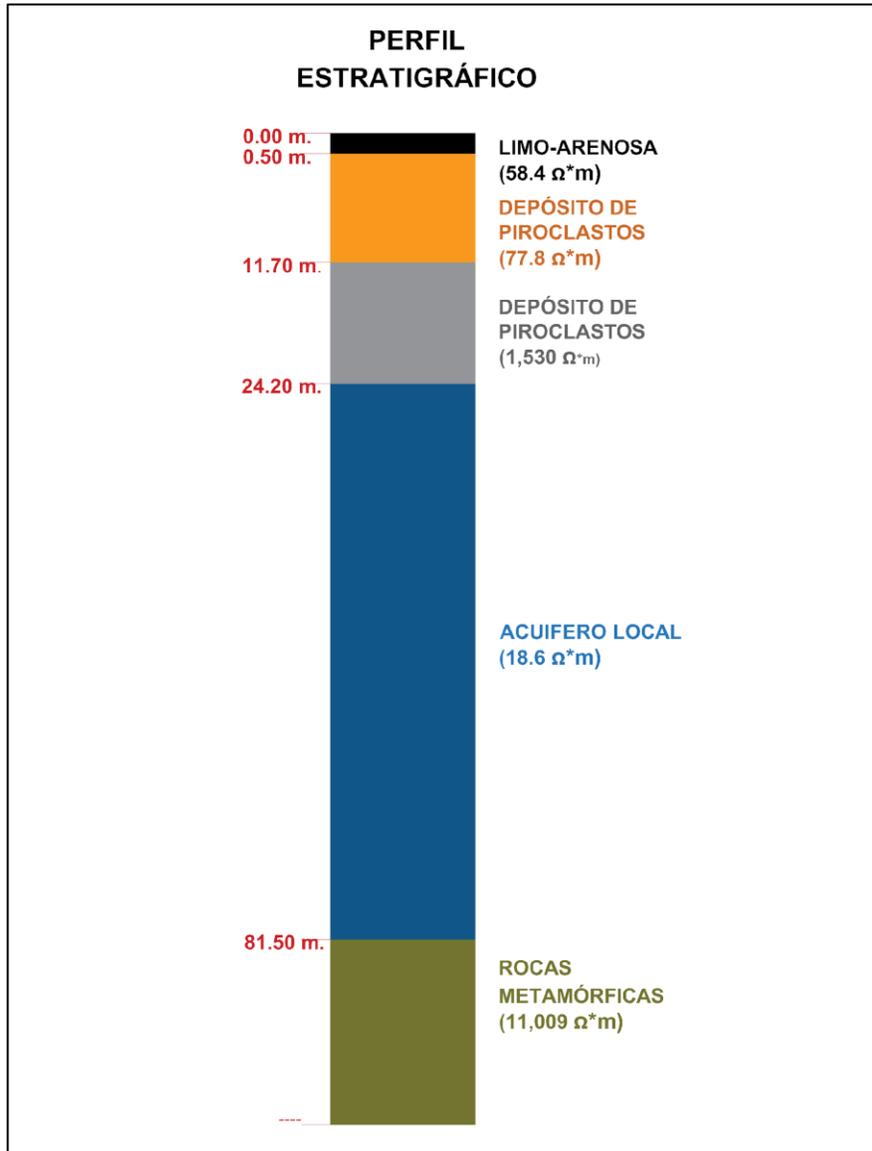
Fuente: elaboración propia, utilizando datos SEV.

Tabla X. Resistividad aparente y espesor de los estratos geoelectricos resultantes del SEV

Capa	Resistividad ($\Omega \cdot m$)	Espesor (m)	Profundidad (m)	Interpretación Geológica
1	58.4	0.5	0-0.5	Suelo de textura limo-arenosa
2	77.8	11.2	0.5-11.7	Depósito de piroclastos, depositación aérea de cenizas y lapilli de origen volcánico
3	1,530	12.5	11.7-24.2	Depósitos de piroclastos
4	18.6	57.3	24.2-81.5	Acuífero local
5	11,009	----	81.5- ----	Rocas metamórficas

Fuente: elaboración propia.

Figura 43. Perfil Estratigráfico



Fuente: elaboración propia, utilizando datos SEV.

4. HIDROGEOQUÍMICA

Hidroggeoquímica como una rama de la Geología encargada de estudiar la química del agua superficial y subterránea, así como las reacciones que suceden en ella para comprender la interacción agua-roca en diferentes condiciones geológicas. Las aguas subterráneas tienden a evolucionar a lo largo del tiempo y el espacio desde aguas bicarbonatadas (por la interacción de la lluvia con dióxido de carbono) hacia aguas cloruradas (por la interacción con rocas del subsuelo). (Árcega, 2010, p.23)

4.1. Obtención de muestras

Para la obtención, recolección, transporte y almacenamiento de las muestras, se implementaron las especificaciones descritas en la norma COGUANOR 29 006. Los puntos de muestreo fueron seleccionados por criterios de uso del agua, cantidad de población que se abastece, seguridad del lugar, colaboración y acceso al lugar. En los 4 puntos principales elegidos, se realizaron pruebas físicas *in situ*, nivel estático del agua y pruebas físicas y químicas en laboratorio, también se realizaron pruebas físicas *in situ* al agua de 30 pozos entre las comunidades participantes.

4.1.1. Ubicación de puntos de muestreo

En la investigación se realizaron muestreos físicos *in situ*, los cuales se encuentran enlistados en la tabla XI, y se observan en la figura 44, y en las figuras 45 y 46 se está realizando la toma de datos del agua de dos pozos, con equipo multiparamétrico, también se realizaron toma de muestras para análisis físicos y

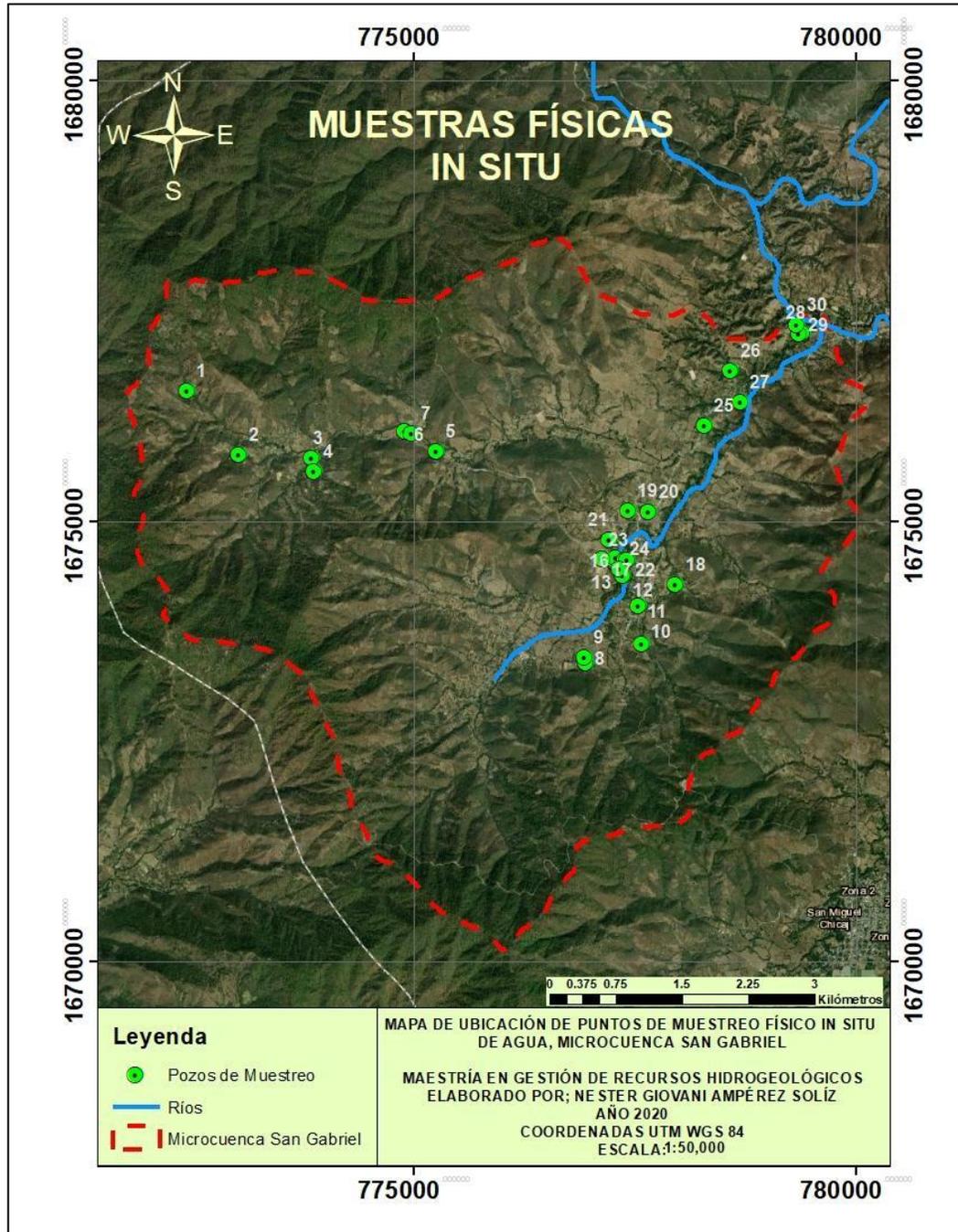
químicos en laboratorio, que se encuentran enlistados en la tabla XII y se observan en la figura 47.

Tabla XI. **Puntos de muestreo físico *IN SITU***

Número	Elevación	X	Y	Ubicación	Lugar
1	1133.66	772435.71	1676476.88	Sector 1	Las Minas
2	1071.66	773024.08	1675760.17	Las Minas	Las Minas
3	1008.79	773839.36	1675722.92	Las Minas	Las Minas
4	1010.88	773867.04	1675571.11	Las Minas	Las Minas
5	972.59	775258.83	1675796.15	Quiate	Quiate
6	970.33	774903.56	1676030.81	Los Guzmán	Los Guzmán
7	967.73	774973.61	1675999.52	Los Guzmán	Los Guzmán
8	944.77	776948.64	1673391.45	Chihuahérez	San Gabriel
9	942.37	776937.79	1673453.98	Chihuahérez	San Gabriel
10	950.38	777578.09	1673607.88	Chihuahérez	San Gabriel
11	941.86	777543.53	1674040.27	El Rosario	San Gabriel
12	928.76	777368.28	1674391.63	San Juan	San Gabriel
13	935.19	777295.23	1674521.52	San Juan	San Gabriel
14	933.43	777278.96	1674542.59	San Juan	San Gabriel
15	933.07	777295.76	1674549.87	San Juan	San Gabriel
16	930.48	777296.38	1674588.63	San Juan	San Gabriel
17	944.51	777133.62	1674573.65	San Juan	San Gabriel
18	929.02	777965.04	1674286.16	El Centro	San Gabriel
19	934.62	777435.07	1675123.04	San Juan	San Gabriel
20	936.65	777660.94	1675111.75	San José	San Gabriel
21	933.92	777219.82	1674787.91	San Juan	San Gabriel
22	929.46	777396.85	1674568.34	San Juan	San Gabriel
23	925.08	777413.72	1674561.34	San Juan	San Gabriel
24	933.62	777329.81	1674462.25	San Juan	San Gabriel
25	927.32	778289.59	1676093.17	Chilajon	Chilajon
26	902.21	778585.81	1676707.29	Chilajon	Chilajon
27	882.08	778696.93	1676360.17	Chilajon	Chilajon
28	878.27	779398.24	1677137.88	Los Encuentros	Los Encuentros
29	883.75	779356.12	1677126.09	Los Encuentros	Los Encuentros
30	882.24	779337.81	1677236.92	Los Encuentros	Los Encuentros

Fuente: elaboración propia.

Figura 44. **Mapa de muestras físicas *in situ***



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

Figura 45. **Pozo Quiaté**



Fuente: [Fotografía de Ing. Nester Ampérez]. (Caserío Quiaté, Baja Verapaz. 2020). Colección particular. Guatemala.

Figura 46. **Pozo Chjuárez**



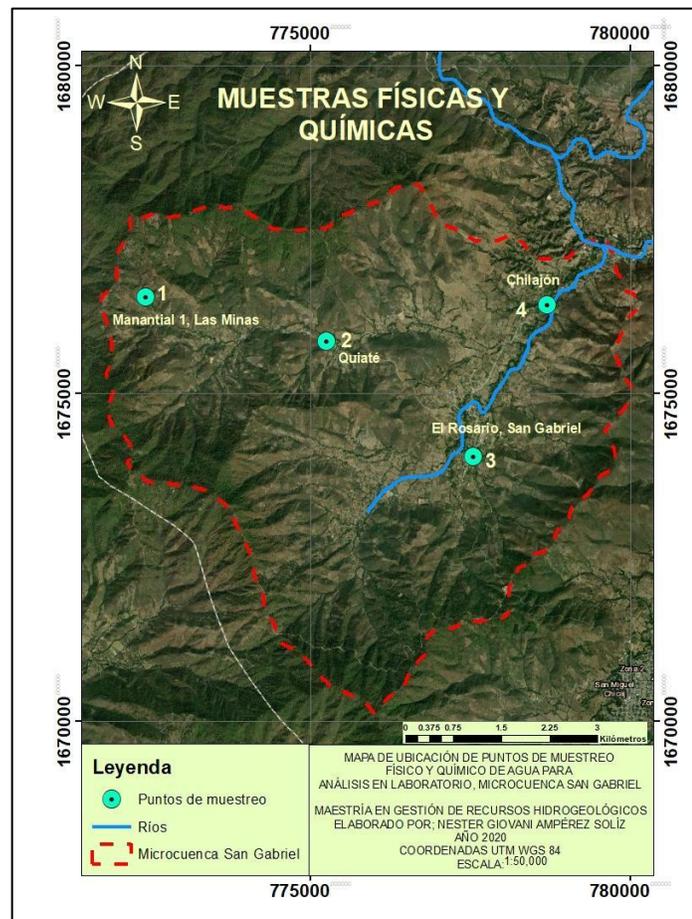
Fuente: [Fotografía de Ing. Nester Ampérez]. (Caserío Quiaté, Baja Verapaz. 2020). Colección particular. Guatemala.

Tabla XII. **Puntos de muestras físicas y químicas para laboratorio**

Número	Ubicación	Lugar	Elevación	X	Y
1	Sector 1	Las Minas, Sector 1	1133.656	772435.708	1676476.882
2	Quiate	Pozo, Quiaté	972.587	775258.828	1675796.147
3	El Rosario	Pozo El Rosario, San Gabriel	941.856	777543.532	1674040.273
4	Chilajon	Pozo, Chilajon	882.081	778696.927	1676360.171

Fuente: elaboración propia.

Figura 47. **Mapa de muestras físicas y químicas**



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

4.2. Características fisicoquímicas del agua

Son características naturales de las aguas, que pueden ser alteradas por contaminaciones antropogénicas.

4.2.1. Potencial de hidrógeno (pH)

Dado que las concentraciones de H^+ en mg/L o moles/L son muy pequeñas para aguas poco ácidas, es más conveniente utilizar la medida de pH. El pH corresponde al logaritmo de la concentración efectiva (actividad) de los iones de hidrógeno (H^+).

4.2.2. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es la capacidad del agua para conducir electricidad. Este es un parámetro importante, debido a que sus valores son directamente proporcionales a la cantidad de sólidos totales disueltos en el agua, y por lo tanto es un indicador directo de la salinidad del agua. (Lorca, 2011, p. 66)

4.2.3. Oxígeno disuelto

El origen del oxígeno disuelto en las aguas se debe a disolución de aire por el agua de lluvia y por las aguas superficiales, disolución de gases del terreno no saturado y procesos de fotosíntesis en el seno de aguas superficiales. El contenido de oxígeno disuelto en las aguas subterráneas profundas es pequeño o nulo (condición anaeróbica) debido a que se consume sin posibilidad de renovación, mientras que cerca del nivel freático se presentan condiciones aeróbicas. (Lorca, 2011, p. 67)

4.2.4. Temperatura

“La temperatura del agua se establece por la absorción de radiación en las capas superiores del líquido, la variación de temperatura afecta a la solubilidad de sales y gases, y en general a las propiedades físicas y microbiológicas” (Uja, 2005, p. 4).

4.2.5. Color

El color del agua se debe principalmente por las distintas sustancias coloreadas existentes en suspensión o disueltas en ella, en las aguas naturales el color proviene de la cantidad de materia orgánica proveniente de la descomposición de la vegetación. En las aguas subterráneas de debe a la presencia de sales solubles de Fe y Mn que produce un cierto color. (Uja, 2005, p. 3)

4.2.6. Cloruro (Cl)

En aguas subterráneas, las concentraciones pueden variar en función de la intrusión salina en acuíferos, en ríos, es típico su incremento a lo largo del recorrido del cauce fluvial desde el manantial hasta su desembocadura. Cloruros, fosfatos y nitritos son indicadores típicos de contaminación residual vertical a un cuerpo hídrico. (Uja, 2005, p. 10)

4.2.7. Sulfatos

“Son sales solubles en aguas, en aguas con importante contenido en sulfatos, insolubilizan los metales pesados y minimiza su toxicidad. La presencia de sulfatos en el agua provoca sabores amargos” (Uja, 2005, p. 11).

4.3. Método hidroquímico para la recarga hídrica

En cuanto a, Rodríguez y Álvarez (2014) describieron que la recarga hídrica de los acuíferos por las aguas de lluvias y por el balance del ion cloruro, es un método de cálculo para estimar la infiltración, debido a que las aguas subterráneas freáticas reciben aportaciones de aguas provenientes de precipitaciones con un flujo másico de Cl⁻, aunque esta metodología no calcula el volumen de almacenamiento, debido a que esto depende del tiempo medio de residencia del agua subterránea. Esta metodología del ion cloruro es factible ya que este es un soluto conservativo y que normalmente no es aportado por el terreno, no interactúa con el medio, la ecuación del balance es la siguiente:

$$inf = \left(1 - \frac{E\%}{P}\right) * \frac{Cp}{Ci}$$

(Ecuación 13)

Donde:

Inf = coeficiente de infiltración

Cp = valor medio de cloruros aportados por la lluvia (ppm)

Ci = valor del contenido de cloruros en el agua subterránea (ppm)

E% = % estimado de escurrimiento a partir de la lluvia (mm)

P = precipitación (mm)

$$E = P (1 - inf) - E\%$$

(Ecuación 14)

Donde:

E = Evapotranspiración (mm)

Inf = coeficiente de infiltración

E% = % estimado de escurrimiento a partir de la lluvia (mm)

P = precipitación (mm)

Por lo tanto:

$$I = P - E - E\%$$

(Ecuación 15)

Donde:

I = valor de infiltración (mm)

E = valor de la evapotranspiración (mm)

E% = % estimado de escurrimiento a partir de la lluvia (mm)

P = precipitación (mm)

4.4. Clasificación de las aguas

En hidrogeología existen distintos diagramas para clasificar las aguas por sus cationes y aniones, los diagramas de *Stiff* y *Piper* son los que se utilizarán para clasificar las aguas de la microcuenca San Gabriel.

4.4.1. Diagrama de *Stiff*

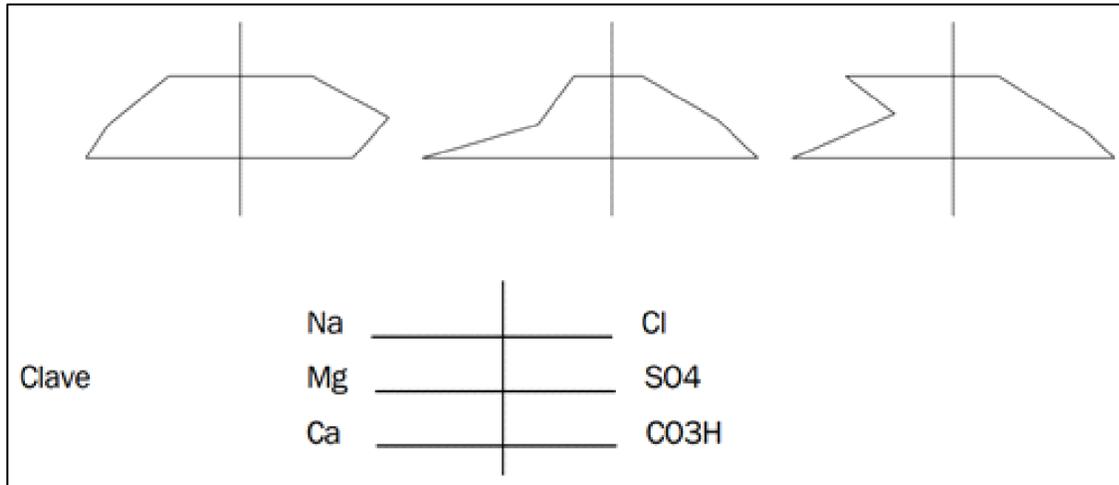
Son diagramas poligonales que representan la concentración de aniones del lado derecho y cationes del lado izquierdo en una escala logarítmica, en semirrectas paralelas, que se unen en los extremos formando un polígono. La forma de los polígonos obtenidos da una idea del tipo de agua que se analizará. Para las aguas subterráneas, se disponen diferentes rectas base, figura 46.

Na + K, Mg, Ca; Cl + NO₃, SO₄, CO₃H + CO₃

También

K, Na, Mg, Ca; NO₃, Cl, SO₄, CO₃H + CO₃

Figura 48. Diagrama de *Stiff*

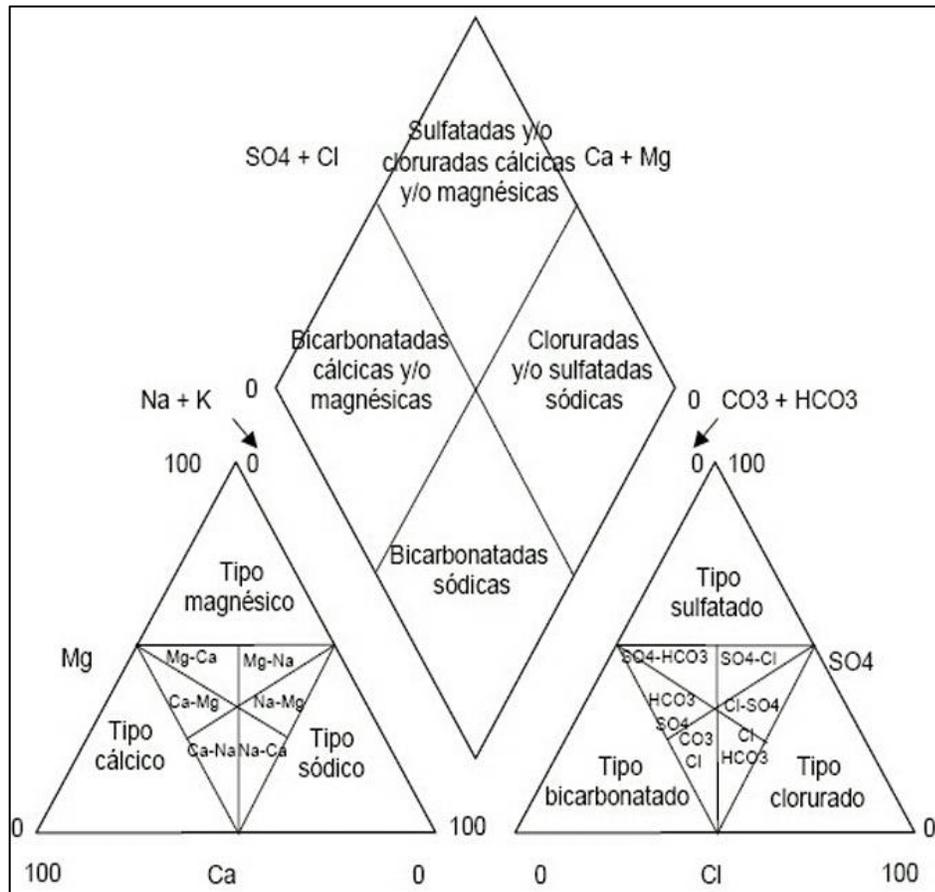


Fuente: Ramírez. (2003). *Estudio sobre la calidad de agua subterránea del área noreste del valle de la ciudad capital de Guatemala del valle de la ciudad capital de Guatemala.*

4.4.2. Diagrama de *Piper*

“Este diagrama es utilizado para la interpretación preliminar de datos hidroquímicos. Los Diagramas de *Piper* o Triangulares son ideales para representar tres componentes (aniones y cationes) en forma simultánea” (Mis, 2017, p. 19). “Las aguas químicamente semejantes se encontrarán agrupadas, y pueden clasificarse por su ubicación en el diagrama” (Mis, 2017, p. 19), figura 49.

Figura 49. Diagrama de Piper



Fuente: Ramírez. (2003). *Estudio sobre la calidad de agua subterránea del área noreste del valle de la ciudad capital de Guatemala del valle de la ciudad capital de Guatemala.*

4.5. Agua para el consumo humano

“Es aquella agua que por sus características organolépticas, físicas, químicas y bacteriológicas, no representan un riesgo para la salud del consumidor” (COGUANOR 29 001, 2013. p. 4).

4.5.1. Principios de Dublín

En la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (CIAMA), realizada en Dublín celebrada en 1992 se establecieron cuatro principios indispensables para el agua y la sostenibilidad de esta.

- “El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, imprescindible para el mantenimiento de la vida, el desarrollo y el ambiente.” (Cap-Net, 2010, p 11).
- “El desarrollo y la ordenación de los recursos hídricos deberán basarse en un criterio participativo al que contribuyen todos los usuarios, planificadores y autoridades responsables” (Cap-Net, 2010, p 11).
- “La mujer desempeña un papel central, en el aprovechamiento, administración y protección del agua” (Cap-Net, 2010, p 11).
- “El agua tiene un valor económico en todos sus usos y debería considerarse como un bien económico” (Cap-Net, 2010, p 11).

4.5.2. Características físicas y organolépticas

Según la Norma COGUANOR 29 001 (2013) “los análisis físicos y organolépticos mínimos para el control de las aguas para consumo son color, conductividad, turbiedad y potencial de hidrógeno (pH)” (p. 5). En la figura 50 se establecen los límites máximos permisibles y límites máximos aceptables para las características organolépticas y físicas del agua.

Figura 50. **Características físicas y organolépticas**

Características	LMA	LMP
Color	5,0 u	35,0 u ^(a)
Olor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5,0 UNT	15,0 UNT ^(b)
Conductividad eléctrica	750 μ S/cm	1500 μ S/cm ^(d)
Potencial de hidrógeno	7,0-7,5	6,5-8,5 ^{(c) (d)}
Sólidos totales disueltos	500,0 mg/L	1000,0 mg/L

(a) Unidades de color en la escala de platino-cobalto
 (b) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).
 (c) En unidades de pH
 (d) Límites establecidos a una temperatura de 25°C.

Fuente: COGUANOR. (2013). *NTG 29 001 Agua para el consumo humano (agua potable). Especificaciones.*

4.5.3. **Características químicas**

Los análisis químicos mínimos para el agua destinada al consumo humano son sulfatos, cloro residual libre, cloruros, calcio, dureza total, nitritos, nitratos, hierro total, magnesio y manganeso total. En la figura 51 se enlistan las características químicas que debe de tener el agua para consumo humano en general.

Figura 51. **Características químicas**

Características	LMA (mg/L)	LMP (mg/L)
Cloro residual libre ^(a)	0,5	1,0
Cloruro (Cl ⁻)	100,0	250,0
Dureza Total (CaCO ₃)	100,0	500,0
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	100,0	250,0
Aluminio (Al)	0,050	0,100
Calcio (Ca)	75,0	150,0
Cinc (Zn)	3,0	70,0
Cobre (Cu)	0,050	1,500
Magnesio (Mg)	50,0	100,0
Manganeso total (Mn)	0,1	0,4
Hierro total (Fe) ^(b)	0,3	----

a) El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social será el ente encargado de indicar los límites mínimos y máximos de cloro residual libre según sea necesario o en caso de emergencia.
b) No se incluye el LMP porque la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor a las concentraciones normales en el agua para consumo humano, sin embargo el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA.

Fuente: COGUANOR. (2013). *NTG 29 001 Agua para el consumo humano (agua potable). Especificaciones.*

4.6. Contaminación

Es la alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua por las acciones de procesos naturales o artificiales que producen resultados no deseados. Las características físicas más comunes del agua son temperatura, pH, olor, turbidez, color y las químicas SDT, tipo y concentración aniónica, tipo y concentración catiónica, entre otros compuestos solubles. Características biológicas modificación de la composición biológica natural, ya sea introduciendo nuevos organismos o eliminando los existentes. (Auge, 2008, p. 5)

5. RESULTADOS

En el siguiente capítulo se desarrollará la interpretación de los datos obtenidos en campo como en laboratorio de los diferentes análisis y ensayos realizados cumpliendo los objetivos de la presente investigación y con las respectivas discusiones.

La gestión de los recursos hidrogeológicos, es un proceso que debe contar con la administración y aplicación del principio de responsabilidad, información, participación, honorabilidad y profesionalismo. En la microcuenca San Gabriel, existe un nivel de gestión a baja escala que lo conforman los comités de aguas, siendo los encargados de cuidar y mantener los cuerpos de aguas y red de distribución en las mejores condiciones, pero fuera de esto no existe un comité de cuenca que sea un ente legal y poder gestionar proyectos de magnitudes apreciables para velar por una gestión integral de las aguas subterráneas en la microcuenca también con una legislación interna que tenga regulaciones para el cuidado, manejo, calidad, cantidad y distribución de las aguas subterráneas como se puede apreciar en otras partes del país.

Para la investigación se realizaron reuniones con COCODES y comités de aguas para poder ingresar a sus comunidades a visitas de campo, monitoreos de caudales y toma de muestras de las aguas para sus análisis tanto físicos como químicos, siendo las comunidades de San Gabriel Pasuj, Las Minas, Los Guzmán, Quiaté, Chilajón y Los Encuentros las participantes en esta investigación, pero no son solo estas las comunidades que conforman la microcuenca San Gabriel.

5.1. Características geomorfológicas, hidrogeológicas e hidrogeoquímicas de la microcuenca San Gabriel

Para la obtención de las características geomorfológicas y morfológicas de la microcuenca San Gabriel, se implementaron herramientas de software GIS, como de ecuaciones para obtener resultados numéricos y de descripción de la microcuenca tabla XIII.

Tabla XIII. Resultados geomorfológicos

Característica	Resultado	Dimensional
Tipo de cuenca	Exorreica	
Área	42.98	km ²
Perímetro	28.441	Km
Longitud de cuenca	8.079	km
Ancho de cuenca	8.029	km
Longitud del cauce principal	6.826	km
Desnivel altitudinal	780	m
Índice de Gravelius	1.215	cuenca redonda a oval redonda
Factor de forma	0.658	cuenca alargada con baja susceptibilidad a las avenidas
Índice de alargamiento	1.006	cuenca achatada, cauce principal corto
Orden de corriente	4	adimensional
Densidad de drenaje	2.539	Km/Km ²

Fuente: elaboración propia.

5.1.1. Características hidrogeológicas

Con los datos obtenidos del sondeo eléctrico vertical, se pudo determinar el perfil estratigráfico, contando con capas de piroclastos y la ubicación del acuífero local a una profundidad de 24 m., con espesor de 57 m., el cual fue realizado en el barrio San Juan, de la aldea San Gabriel, a un costado del campo comunal.

5.1.1.1. Balance hídrico

En el balance hídrico se consideran las entradas y salidas de un sistema, los cuales los conforma la precipitación, evapotranspiración, escorrentía e infiltración determinadas en esta investigación.

- Precipitación (P)

En la tabla XIV y figura 52, se encuentran las precipitaciones medias anuales y la media de las 4 estaciones, obtenidas del INSIVUMEH por medio de media aritmética.

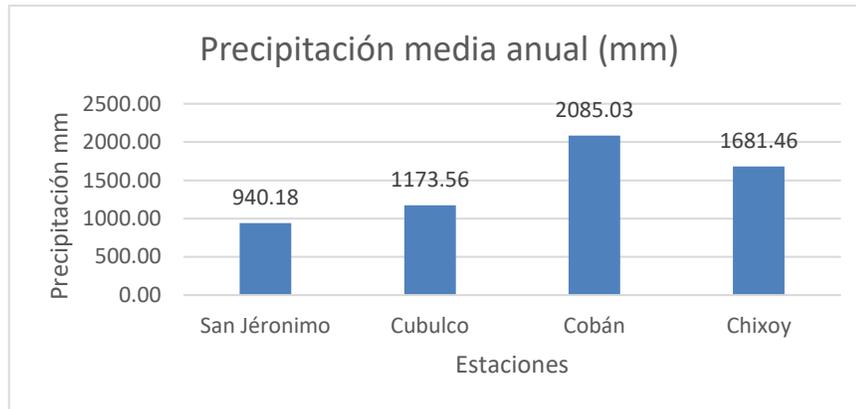
Tabla XIV. **Precipitación anual**

Estación	Precipitación media anual (mm)
San Jerónimo	940.18
Cubulco	1173.56
Cobán	2085.03
Chixoy	1681.46
Media	1470.06

Fuente: INSIVUMEH. (1928-2002). *Atlas climatológico*. Consultado el 10 de junio de 2021.

Recuperado de https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/ATLAS_HIDROMETEOROLOGICO/Atlas_Climatologico/mapa-base.jpg.

Figura 52. Precipitación media anual



Fuente: INSIVUMEH. (1928-2002). *Atlas climatológico*. Consultado el 10 de junio de 2021.
Recuperado de https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/ATLAS_HIDROMETEOROLOGICO/Atlas_Climatologico/mapa-base.jpg.

Para poder emplear la ecuación del balance hídrico, la precipitación se tuvo que determinar en m^3/s , y teniendo en cuenta que para la región se registran 125 días de lluvia al año (INSIVUMEH), y multiplicada por el área de la microcuenca en m^2 , por lo tanto, se realizó la siguiente operación:

$$P = (1470.06 \text{ mm/año} * 1 \text{ año} / 125 \text{ días} * 1 \text{ día} / 86400 \text{ s} * 1 \text{ m} / 1000 \text{ mm}) * 42,980,000 \text{ m}^2$$

Obteniendo como resultado: $5.85 \text{ m}^3/s$

- Evapotranspiración (ETP)

La evapotranspiración potencial promedio de la microcuenca San Gabriel, se obtuvo de los resultados de las temperaturas anuales y mensuales del período de los años de 2009 al 2019, previamente obtenidos de datos las estaciones

utilizadas del INSIVUMEH, por el método de Thornwaite con hojas de cálculos, apreciándose en la tabla XV, con 1137.83 mm/año, al igual que la precipitación se estimó el ETP en m³/s, considerando 12 horas de sol al día (43,200 s), por lo tanto se procedió con el siguiente cálculo;

$$\text{ETP} = (1137.83 \text{ mm/año} * 1 \text{ año} / 365 \text{ días} * 1 \text{ día} / 43,200 \text{ s} * 1 \text{ m} / 1000 \text{ mm}) * 42,980,000 \text{ m}^2$$

Obteniendo como resultado: 3.10 m³/s

Tabla XV. **Evapotranspiración media anual**

MES	T medias (°C)	i (índice de calor mensual)	Índice de calor anual	Número máx. de horas de sol tabla N	a	K	ETP mm/mes
Enero	20.47	8.45	120.26	11.27	2.71	0.97	65.53
Febrero	20.70	8.59	120.26	11.67	2.71	0.97	67.63
Marzo	22.70	9.88	120.26	12.10	2.71	1.04	93.07
Abril	24.76	11.27	120.26	12.37	2.71	1.06	120.36
Mayo	24.89	11.36	120.26	12.73	2.71	0.99	113.50
Junio	24.19	10.88	120.26	12.90	2.71	1.11	117.77
Julio	23.75	10.58	120.26	12.80	2.71	1.07	107.68
Agosto	23.88	10.67	120.26	12.53	2.71	1.08	110.53
Septiembre	23.81	10.62	120.26	12.20	2.71	1.02	103.26
Octubre	22.91	10.02	120.26	11.83	2.71	1.02	93.27
Noviembre	21.45	9.07	120.26	11.50	2.71	0.99	75.83
Diciembre	21.14	8.87	120.26	11.30	2.71	0.94	69.41
	sumatori a = l	120.26					1137.83 mm/año

Fuente: INSIVUMEH. (1928-2002). *Atlas climatológico*. Consultado el 10 de junio de 2021.

Recuperado de https://insivumeh.gob.gt/hidrologia/ATLAS_HIDROMETEOROLOGICO/Atlas_Climatologico/mapa-base.jpg.

- Caudales de entrada

Estos caudales son los que aportan a la microcuenca, y para esta investigación se consideraron los caudales de los manantiales y de los pozos que se encuentran dentro de la microcuenca que abastece a las familias.

- Manantiales (Qso)

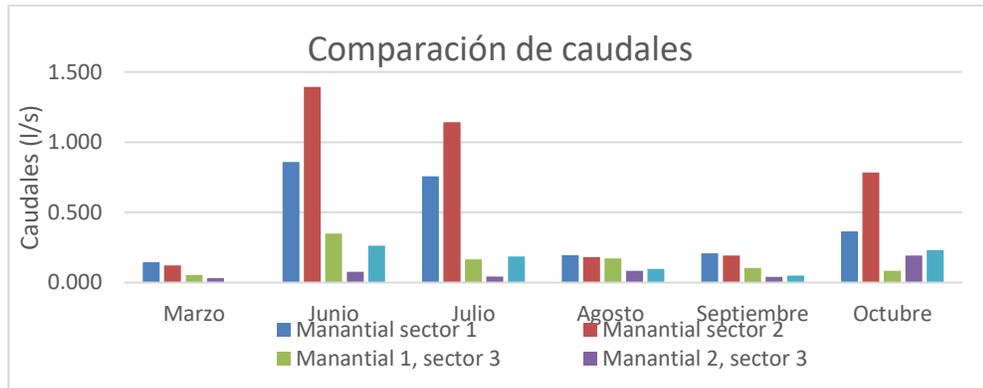
La microcuenca San Gabriel cuenta con varios manantiales los que abastecen a la población de Las Minas y a los que se tuvo acceso fueron 5, los cuales fueron medidos debido a que no se cuentan con resultados históricos tabla XVI y en la figura 53 se tiene una comparación de caudales.

Tabla XVI. **Caudales de manantiales Las Minas**

Nombre	Elevación	Coordenadas		Caudal (l/s)						
		X	Y	Marzo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Suma
Manantial sector 1	1133.656	772435.708	1676476.882	0.144	0.859	0.756	0.196	0.209	0.366	2.530
Manantial sector 2	1170.007	772854.687	1676865.694	0.122	1.393	1.143	0.182	0.193	0.784	3.817
Manantial 1, sector 3	1110.885	773183.598	1676823.230	0.054	0.350	0.165	0.173	0.104	0.083	0.928
Manantial 2, sector 3	1129.910	773385.874	1676989.991	0.032	0.077	0.043	0.083	0.041	0.193	0.469
Manantial 3, sector 3	1139.684	773548.036	1677110.563	0.000	0.263	0.185	0.097	0.049	0.232	0.826
									l/s	8.571
									m ³ /s	0.00857

Fuente: elaboración propia.

Figura 53. **Comparación de caudales de los manantiales**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

○ Pozos (Quo)

Para la obtención de un caudal considerado, dentro de la microcuenca San Gabriel, se empleó la ecuación 8, donde se estableció un promedio de 5 integrantes de cada familia por los 365 días del año de consumo, con una dotación de 100 litro por habitante día, y dividiéndolo todo en 1,000 para obtener un caudal en m³/s.

$$Quo = \frac{5 * 475 * 100 * 365}{86400} / 1000$$

Obteniendo un caudal de: 1.0033 m³/s.

En caso del pozo de Quiaté, al ser un pozo mecánico que abastece a toda la aldea, se calculó el caudal, estableciendo que ese pozo dota del servicio a 125 familias, y promediando a 5 integrantes por familia se obtuvo un caudal de:

$$Quo = \frac{5 * 125 * 100 * 365}{86,400} / 1,000$$

Obteniendo un caudal de: 0.264 m³/s.

- Caudales de salida

Estos caudales son los que no aportan recurso hídrico a la microcuenca, y se pierden por escorrentía superficial y por infiltración en el suelo.

- Escorrentía

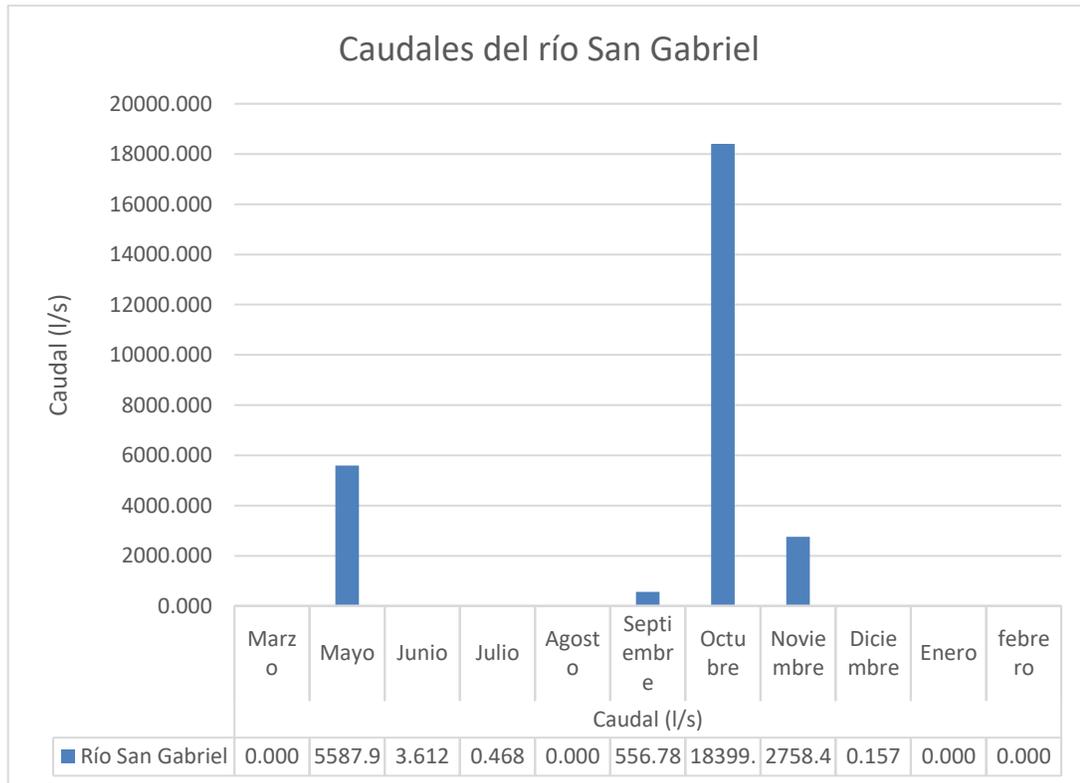
Se midió el caudal del río principal, aunque en los últimos años solamente en época lluviosa cuenta con un caudal representativo tabla XVII. Para la obtención del caudal de la escorrentía, se empleó la educación 10, donde el caudal utilizado es el obtenido de las mediciones en el punto de salida de la microcuenca dividiéndolo por el área de la microcuenca.

Tabla XVII. **Caudal del río San Gabriel**

Nombre	Elevación	Coordenadas		Caudal (l/s)										
		X	Y	Marzo	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	febrero
Río San Gabriel	871.992	779546.342	1677371.82	0	5587.862	3.612	0.468	0	556.786	18399.678	2758.48	0.157	0	0
Total														
	l/s	27307.043												
	m3/s	27.3070434												

Fuente: elaboración propia.

Figura 54. Caudales del río San Gabriel



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Sustituyendo los valores en la ecuación 10;

$$E = \frac{31.536 * 27.30m^3/s}{42.98 km^2}$$

Obteniendo como resultado; 20.03 mm/año

Pasándolo a m³/s y operando;

$$E = (20.03mm/año * 1año / 125días * 1día / 86,400s * 1 m / 1,000 mm) * 42,980,000m^2$$

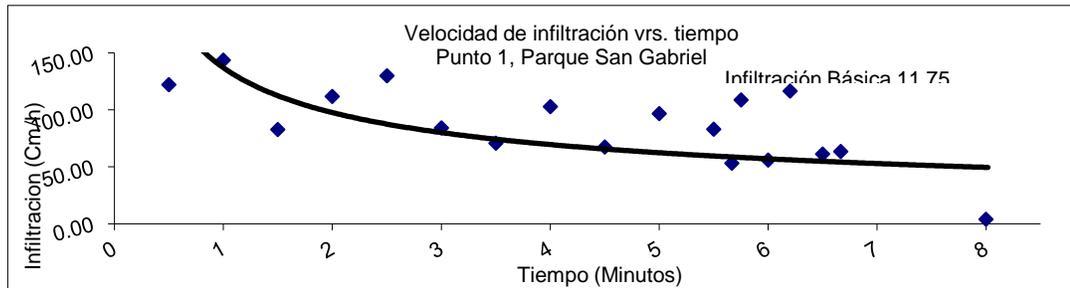
Se obtiene como resultado: 0.080 m³/s

- Infiltración

Para la obtención de la infiltración se considerando los distintos tipos de suelo con que cuenta la microcuenca San Gabriel, por lo tanto, fueron 5 puntos elegidos para realizar las pruebas de infiltración por el método de Porchet, con los datos obtenidos en campo y empleando hojas de cálculo, se realizaron gráficas que ayudaron a la interpretación del comportamiento de la infiltración de cada punto y poder determinar la infiltración básica de cada uno.

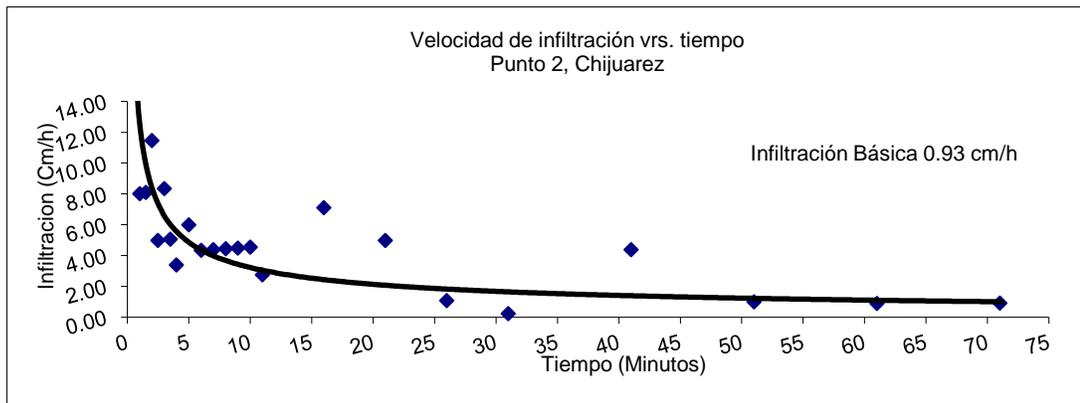
En la figura 55, se aprecia la velocidad alta de infiltración del agua, tomando tan solo 8 minutos, esto se debe a que el suelo en esa zona es de origen volcánico, lo cual hace que tenga una a la permeabilidad alta y por ende una mayor capacidad de infiltrar del agua a los acuíferos somero, este punto está ubicado en el parque central de la aldea de San Gabriel Pasuj. En la figura 56 de Chihuahérez, se aprecia el comportamiento de la infiltración con un tiempo de 72 minutos, con tendencia logarítmicas bien definida y constante durante el ensayo, este punto está ubicado en el caserío Chihuahérez, siendo un suelo de textura arcillosa, la figura 57, vuelta San Gabriel es del ensayo de infiltración en la ruta de la cumbre San Gabriel hacia el centro de la aldea, en el punto denominado la vuelta, debido a la textura franco arcilloso gravosa arcillosa del suelo debido a la presencia de rocas de esquistos y sedimentos rocosos, el comportamiento fue muy complejo con datos fuera de la tendencia de la línea logarítmica. En punto de muestreo 4, figura 58, ubicado en la aldea Las Minas, al igual del caserío Los Encuentros, figura 59 (Los Encuentros) tiene una tendencia muy similar y siendo las dos graficas muy homogéneas, a comparación las tres anteriores, teniendo como infiltración básica más baja la de Los Encuentros de las 5, la textura de estos puntos arcillas plásticas.

Figura 55. **Gráfica de infiltración del parque San Gabriel Pasuj**



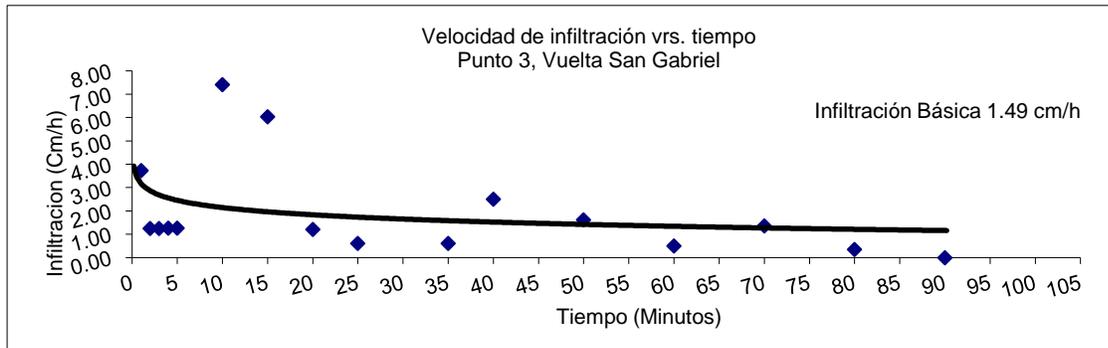
Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Figura 56. **Gráfica de infiltración Chihuahéz**



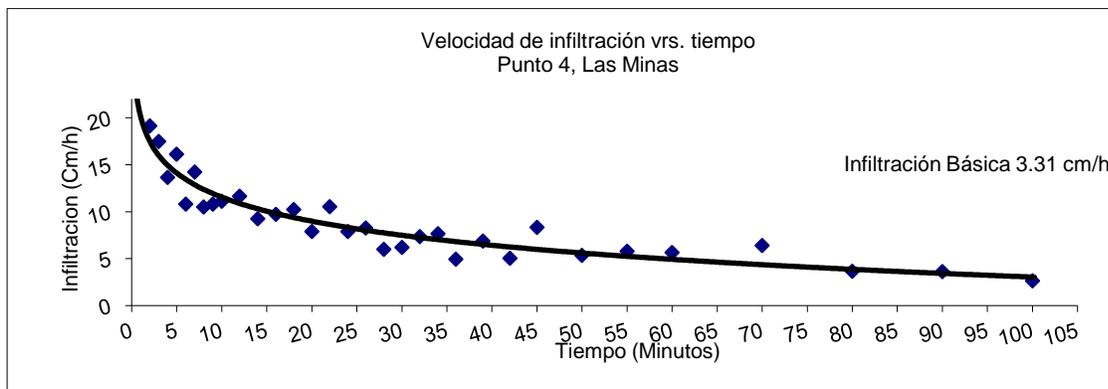
Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Figura 57. **Gráfica de infiltración vuelta San Gabriel**



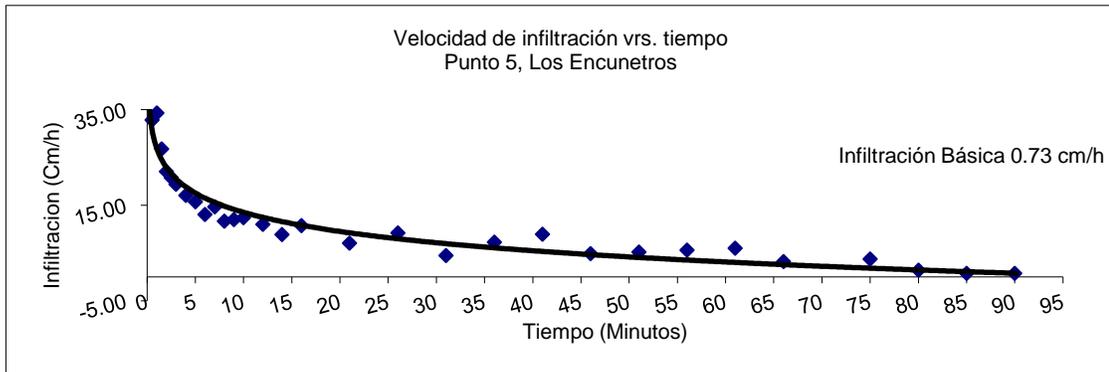
Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Figura 58. **Gráfica de infiltración de Las Minas**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Figura 59. Gráfica de infiltración de Los Encuentros



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Promediando los resultados de la infiltración básica de los puntos elegidos, con la salvedad de no tomarse en cuenta el punto 1, debido a que el comportamiento de la infiltración no estaba bien definido según la gráfica de la figura 54, se obtuvo el valor de $1.62 \text{ cm/h} \cdot 10 \text{ mm/cm} \cdot 24 \text{ h/día} = 388.80 \text{ mm/día}$, y sustituyendo este valor en la ecuación 12, da como resultado el porcentaje de infiltración respecto a la precipitación en la microcuenca.

$$\%inf = -2.74 \cdot 10^{-5}(388.8) + 0.2284 \cdot \ln \ln (388.8) + 0.000159(388.8) - 0.586$$

$$\%inf = 0.82$$

$$inf = 0.82 \cdot 5.85 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$inf = 4.80 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$inf = 1,206.14 \text{ mm/año}$$

- Balance hídrico

Con los datos anteriores obtenidos y sustituyendo en la ecuación 6, se procede a obtener el cambio de almacenamiento (reservorio) de la microcuenca San Gabriel;

$$\Delta A = 5.85 \text{m}^3/\text{s} - 3.10 \text{m}^3/\text{s} + (0.00857 \text{m}^3/\text{s} + 1.0033 \text{m}^3/\text{s} + 0.264 \text{m}^3/\text{s}) - (0.08 \text{m}^3/\text{s} + 4.80 \text{m}^3/\text{s})$$

$$\Delta A = -0.854 \text{m}^3/\text{s}$$

$$\Delta A = -626.61 \text{mm/año}$$

Utilizando los datos de precipitación (600 mm/año) y evapotranspiración (1700 mm/año) según los atlas del INSIVUMEH, se obtuvo el siguiente cambio de almacenamiento:

$$\Delta A = -3.52 \text{m}^3/\text{s}$$

$$\Delta A = -2,582.75 \text{mm/año}$$

En los dos balances hídricos se considera que existe un déficit de recurso hídrico dentro de la microcuenca San Gabriel, y esto se puede atribuir al efecto climático y orografía debido a la ubicación geográfica dentro del corredor seco del país y de Centro América.

- Método hidroquímico para la recarga hídrica

El cloruro es uno de los iones que no forma sales de baja solubilidad, no es oxidable ni es reducible en aguas naturales, no es absorbible, ni pasa a ser parte de procesos bioquímicos lo cual lo hace un trazador ideal. Para determinar

la recarga hídrica por medio de cloruros, se tomó una muestra de agua de lluvia para ser enviada al laboratorio y determinar la cantidad de cloruros presentes en ella, los cloruros utilizados de agua subterránea fueron los obtenidos en los análisis de los pozos estudiados. Las muestras fueron analizadas por el laboratorio.

Tabla XVIII. **Resultados de laboratorio, de cloruros de agua de lluvia**

Análisis	Límite de detección	Dimensionales	Resultado	LMA	LMP	Método de análisis
Cloruros	0.4	mg/L – Cl ⁻	18.3	100	250.0	Spectroquant Merck 14897

Fuente: elaboración propia.

Con el dato del cloruro de agua de lluvia de la tabla XVIII y obteniendo el promedio de los datos de cloruros de las aguas subterráneas (tabla XIX), de 15.75 ppm, y calculando el porcentaje de escorrentía en la microcuenca respecto a la precipitación, utilizando regla de tres, se obtuvo que los 20.03 mm/año, es del 1.36 %, sustituyendo los valores en la ecuación 13, tenemos la siguiente expresión:

$$inf = \left(1 - \frac{1.36 \% * 1470.06mm/año}{1470.06mm/año}\right) * \frac{18.30 ppm}{15.75 ppm}$$

$$inf = 1.15$$

Y sustituyendo los datos en la ecuación 14, para determinar la evapotranspiración tenemos:

$$E = 1,470.06 \frac{mm}{año} * (1 - 1.15) - (1.36 \% * 1470.06mm/año)$$

$$E = -240.50 mm/año$$

Y sustituyendo los datos en la ecuación 15, considerando la escorrentía de 0 debido al dato negativo obtenido, tenemos:

$$I = 1,470.06 \frac{mm}{año} - -240.50 \text{ mm/año} - (1.36 \% * 1,470.06 \text{ mm/año})$$
$$I = 1,690.57 \text{ mm/año}$$

Por lo tanto, al comparar los resultados obtenidos de la infiltración por medio de Porchet ($I = 1,206.14 \text{ mm/año}$) se puede establecer que con la infiltración por el método hidroquímico utilizando los cloruros, no hay un gran margen de diferencia y considerar los datos aceptables.

5.1.2. Características hidrogeoquímicas

Las características hidrogeoquímica de la microcuenca San Gabriel tienen relación con la geología del lugar, en los resultados de los análisis de laboratorio realizado a tres pozos y un manantial dentro de la microcuenca, en dos distintas épocas, dieron que los bicarbonatos (HCO_3^-) del manantial de Las Minas y del pozo de Chilajón son muy similares y los del pozo de Quiaté y El Rosario están similares respectivamente pero al ver los datos del pH, es evidente que a un pH alto existe la presencia carbonatos a diferencia del pH baja, esto para contrarrestar la alcalinidad de las aguas. Los cloruros (Cl^-), se encontraron en los 4 puntos, siendo el del pozo El Rosario, el de mayor concentración, pero no cuenta con una gran diferencia del pozo de Chilajón esto debido a que el pozo de Rosario es superficial y el de Chilajón se encuentra a la orilla del río principal, lo que nos da la idea que estos acuíferos son recargados por agua de lluvia.

El calcio y el magnesio se encuentran presentes en los pozos someros a diferencia del pozo de Quiaté siendo el único profundo, se puede establecer o

considerarse por los análisis obtenidos que se podría contar con dos distintos acuíferos que abastecen a la microcuenca San Gabriel, tabla XIX Y XX.

Con los resultados se estableció que las unidades geológicas dentro de la microcuenca, principalmente sedimentarias, son las que determinaron este tipo de agua, esto nos indica que las unidades geológicas sedimentarias al ser de edades mesozoicas se encuentran a una profundidad media, por tal motivos las aguas subterráneas de los pozos y manantial deben de encontrarse en acuíferos con unidades geológicas similares principalmente calizas, debido a que por su formación están unidades cuentan con aguas alcalinas.

5.2. Calidad del agua, COGUANOR 29 001

Se realizaron muestreos físicos *in situ* a 29 pozos y al manantial del sector 1 de la aldea de Las Minas, entre estos puntos de muestreo se encuentra los 3 pozos y el manantial a los que se les realizo los análisis físicoquímicos en laboratorio, también en las tablas XX Y XXI, se describen los resultados físicos, organolépticos, químicos y sustancias inorgánicas, esto debido a que se consideraron los análisis mínimos que establece la norma COGUANOR 29 001, para un agua apta para consumo humano, por lo tanto, aparecen análisis organolépticos de color y olor, teniendo dos orígenes estas características en las aguas tanto naturales como artificiales, las naturales pueden están constituida por gases, sales y compuestos inorgánicos, donde estos pueden deberse a la falta de oxigenación de las aguas, en las cuatro muestras los resultados para el color están por debajo del límite máximo permisible pero los pozos de El Rosario y Chilajón no cumplen con el olor por lo tanto, son rechazadas, esto se puede considerar debido a que el pozo de Chilajón se ubica a la orilla del rio y las aguas puede ser aportadas del rio hacia el pozo, y en el del Rosario donde se ubica se

encuentras casas alrededor y estas podrían aportar en sus aguas compuestos inorgánicos de actividades domésticas, a las aguas subterráneas someras.

La turbidez del pozo de Chilajón no cumple con el LMP de la norma, esto debido a que se encuentra arriba de las UNT establecidas, por lo tanto, se puede deducir que el agua cuenta con materias dispersas en suspensión, podrían ser arcillas, limos u otros organismos microscópicos que aportan a la turbidez en las aguas, pero en época seca. La presencia de nitritos en el agua es una señal de contaminación residual doméstica en los pozos del Rosario y Chilajón, pero su presencia aún es aceptable debido a que se encuentran debajo del LMP.

El cloro residual no se encuentra como resultado debido a que en su mayoría las distribuciones de agua entubada no contemplan la cloración periódicamente, el color está por debajo del límite máximo permisible siendo el más alto el del pozo de Chilajón

El silicio es uno de los elementos más abundantes en la Tierra, la presencia de sílice puede ser coloidal o disueltas, el pozo del rosario cuenta con un alto contenido de silicio, este análisis se consideró necesario debido a la geología de la microcuenca. A concentraciones mayores de 0.1 mg/L el manganeso ya produce un sabor no deseado en el agua, mancha en la ropa y aparatos sanitarios, el único pozo que no cumple con los límites de la norma es el de Chilajón.

Comparando los dos resultados de las dos épocas, se aprecia que son muy similares, algunos elementos tuvieron un aumento o disminución significativa, como los carbonatos en el manantial de Las Minas, los cloruros en Las Minas y Quiaté, Los sulfatos en las cuatro muestras y el más evidente fue el olor, los cuales en el pozo del Rosario y Chilajón en la época de verano fueron

rechazados, esto podría ser que debido a que estos pozos son someros y podrían infiltrarse materias orgánicas y alterar el olor en sus aguas.

Tabla XIX. **Resultados de laboratorio completo, época seca**

Lugar		Las Minas, Sector 1	Pozo, Quiaté	Pozo El Rosario, San Gabriel	Pozo, Chilajón	
Fecha		5/09/2020	5/09/2020	5/09/2020	5/09/2020	
Coordenadas UTM WGS 84, zona 15 norte	Elevación	1133.656	972.587	941.856	882.081	
	X	772435.708	775258.828	777543.532	778696.927	
	Y	1676476.88	1675796.147	1674040.273	1676360.171	
2						
Análisis	Límite de detección	Dimensionales				
Bicarbonatos	1.0	mg/L - HCO ₃ ⁻	336.3	235.7	241.7	325.8
Carbonatos	1.0	mg/L - CO ₃ ⁻²	12.0	<1.0	<1.0	<1.0
Cloro Residual	0.05	mg/L - Cl ₂	<0.05	<0.05	<.05	<.05
Cloruros	0.4	mg/L - Cl ⁻	3.9	4.1	23.0	20.8
Color	1	u Pt - Co	10	3	2	16
Conductividad	5	μS/cm @ 25°C	686	487	688	696
Nitratos	0.9	mg/L - NO ₃ ⁻	2.7	1.3	35.5	2.8
Nitritos	0.011	mg/L - NO ₂ ⁻	<0.011	<0.011	0.030	0.296
Olor	-	-	No rechazable	No rechazable	Rechazable	Rechazable
pH	0.1	-	8.31	7.81	7.74	7.55
Silicio	0.005	mg/L - Si	46.8	41.2	87.90	54.40
Sulfatos	3	mg/L - SO ₄ ⁻²	40	28	48	33
Turbiedad	0.5	UNT	1.0	6.0	4.0	30.0
Aluminio	0.020	mg/L - Al	<.020	<0.020	<0.020	<0.020
Calcio	0.648	mg/L - Ca	71.56	51.33	76.98	74.79
Cobre	0.028	mg/L - Cu	<0.028	<0.028	<0.028	<0.028
Hierro	0.038	mg/L -Fe	<0.038	0.86	<0.038	3.05
Magnesio	0.048	mg/L - Mg	37.44	9.90	17.19	16.78
Manganeso	0.012	mg/L - Mn	0.014	0.214	<0.012	2.15
Potasio	0.073	mg/L - K	3.66	6.18	43.16	39.41
Sodio	0.050	mg/L - Na	37.18	42.60	47.59	57.71
Zinc	0.096	mg/L - Zn	<0.096	<0.096	<0.096	<0.096
Dureza	1.90	mg/L - CaCO ₃	332.8	168.9	263.0	255.8

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Resultados de análisis fisicoquímicos en laboratorio, época lluviosa**

Lugar		Las Minas, Sector 1	Pozo, Quiate	Pozo El Rosario, San Gabriel	Pozo, Chilajon	
Fecha		15/12/2020	15/12/2020	15/12/2020	15/12/2020	
Coordenadas UTM WGS 84, zona 15 norte	Elevación	1133.656	972.587	941.856	882.081	
	X	772435.708	775258.828	777543.532	778696.927	
	Y	1676476.882	1675796.147	1674040.273	1676360.17	
1						
Análisis	Límite de detección	Dimensionales				
Bicarbonatos	1.0	mg/L - HCO ₃ ⁻	327.0	225.2	240.2	252.2
Carbonatos	1.0	mg/L - CO ₃ ⁻²	30.0	<1.0	<1.0	<1.0
Cloro Residual	0.05	mg/L - Cl ₂	<0.05	<0.05	<.05	<0.05
Cloruros	0.4	mg/L - Cl ⁻	5.4	8.3	24.8	24.5
Color	1	u Pt - Co	7	5	4	14
Conductividad	5	µS/cm @ 25°C	688	481	682	636
Nitratos	0.9	mg/L - NO ₃ ⁻	2.2	<0.05	36.9	1.5
Nitritos	0.011	mg/L - NO ₂ ⁻	<0.010	<0.011	<0.010	0.036
Olor	-	-	No rechazable	No rechazable	No Rechazable	No Rechazable
pH	0.1	-	8.25	7.58	7.38	7.38
Silicio	0.005	mg/L - Si	47.1	43.3	91.20	54.10
Sulfatos	3	mg/L - SO ₄ ⁻²	38	27	45	50
Turbiedad	0.5	UNT	1.0	5.0	1.0	7.0
Aluminio	0.020	mg/L - Al	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020
Calcio	0.648	mg/L - Ca	65.85	44.74	64.80	55.99
Cobre	0.028	mg/L - Cu	<0.029	<0.028	<0.029	<0.029
Hierro	0.038	mg/L -Fe	<0.041	0.762	<0.041	0.768
Magnesio	0.048	mg/L - Mg	34.59	9.29	16.47	14.84
Manganeso	0.012	mg/L - Mn	0.019	0.224	0.012	1.58
Potasio	0.073	mg/L - K	2.68	5.473	10.15	8.39
Sodio	0.050	mg/L - Na	37.84	44.56	49.40	56.27
Zinc	0.096	mg/L - Zn	<0.095	<0.095	<0.095	<0.095
Dureza	1.90	mg/L - CaCO ₃	306.9	150.0	229.6	200.9

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Resultados de análisis *in situ* de los 30 pozos, época seca

No	Elevación	X	Y	Lugar	Fecha	Conductividad Eléctrica (µS/cm)	Temperatura (°C)	pH	Sólidos Totales Disueltos (mg/L)
1	1133.66	772435.71	1676476.88	Las Minas	9/08/2020	750	22.20	8.00	526
2	1071.66	773024.08	1675760.17	Las Minas	10/08/2020	770	23.50	6.70	537
3	1008.79	773839.36	1675722.92	Las Minas	10/08/2020	960	24.60	6.60	693
4	1010.88	773867.04	1675571.11	Las Minas	9/08/2020	720	29.90	5.90	517
5	972.59	775258.83	1675796.15	Quitá	9/08/2020	470	28.40	7.20	340
6	970.33	774903.56	1676030.81	Los Guzmán	9/08/2020	520	27.30	6.80	375
7	967.73	774973.61	1675999.52	Los Guzmán	10/08/2020	570	26.60	7.00	416
8	944.77	776948.64	1673391.45	San Gabriel	10/08/2020	450	27.60	7.10	333
9	942.37	776937.79	1673453.98	San Gabriel	9/08/2020	320	26.90	6.50	236
10	950.38	777578.09	1673607.88	San Gabriel	9/08/2020	410	27.10	6.70	302
11	941.86	777543.53	1674040.27	San Gabriel	9/08/2020	560	27.70	6.70	409
12	928.76	777368.28	1674391.63	San Gabriel	9/08/2020	470	27.50	6.40	341
13	935.19	777295.23	1674521.52	San Gabriel	9/08/2020	380	27.50	6.70	279
14	933.43	777278.96	1674542.59	San Gabriel	9/08/2020	480	27.00	6.60	346
15	933.07	777295.76	1674549.87	San Gabriel	9/08/2020	460	27.30	6.60	335
16	930.48	777296.38	1674588.63	San Gabriel	9/08/2020	470	26.90	6.60	339
17	944.51	777133.62	1674573.65	San Gabriel	9/08/2020	400	28.00	7.10	293
18	929.02	777965.04	1674286.16	San Gabriel	9/08/2020	550	28.40	7.40	400
19	934.62	777435.07	1675123.04	San Gabriel	10/08/2020	690	27.10	7.10	498
20	936.65	777660.94	1675111.75	San Gabriel	10/08/2020	780	26.60	7.10	561
21	933.92	777219.82	1674787.91	San Gabriel	10/08/2020	360	26.30	6.60	263
22	929.46	777396.85	1674568.34	San Gabriel	10/08/2020	910	26.30	6.80	657
23	925.08	777413.72	1674561.34	San Gabriel	10/08/2020	840	25.60	6.70	605
24	933.62	777329.81	1674462.25	San Gabriel	10/08/2020	580	27.20	6.60	417
25	927.32	778289.59	1676093.17	Chilajón	11/08/2020	360	27.20	6.70	258
26	902.21	778585.81	1676707.29	Chilajón	11/08/2020	220	27.10	7.10	165
27	882.08	778696.93	1676360.17	Chilajón	9/08/2020	660	26.80	7.80	480
28	878.27	779398.24	1677137.88	Los Encuentros	11/08/2020	490	27.00	7.10	357
29	883.75	779356.12	1677126.09	Los Encuentros	11/08/2020	630	27.10	7.80	460
30	882.24	779337.81	1677236.92	Los Encuentros	11/08/2020	640	27.30	7.10	462

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. Resultados de análisis *in situ* de los 30 pozos, época lluviosa

Número	Elevación	X	Y	Lugar	Fecha	Conductividad Eléctrica (µS/cm)	Temperatura (°C)	pH	Sólidos Totales Disueltos (mg/L)
1	1133.66	772435.71	1676476.88	Las Minas	7/12/2020	555	20.60	7.80	279
2	1071.66	773024.08	1675760.17	Las Minas	7/12/2020	657	21.80	6.80	330
3	1008.79	773839.36	1675722.92	Las Minas	7/12/2020	842	23.40	6.95	421
4	1010.88	773867.04	1675571.11	Las Minas	7/12/2020	721	18.50	7.14	360
5	972.59	775258.83	1675796.15	Quiate	7/12/2020	402	27.00	7.14	205
6	970.33	774903.56	1676030.81	Los Guzmán	7/12/2020	388	25.00	6.95	178
7	967.73	774973.61	1675999.52	Los Guzmán	7/12/2020	412	25.00	6.78	197
8	944.77	776948.64	1673391.45	San Gabriel	9/12/2020	443	26.00	6.90	217
9	942.37	776937.79	1673453.98	San Gabriel	9/12/2020	248	26.00	6.56	124
10	950.38	777578.09	1673607.88	San Gabriel	9/12/2020	—	—	—	—
11	941.86	777543.53	1674040.27	San Gabriel	9/12/2020	609	27.00	6.82	303
12	928.76	777368.28	1674391.63	San Gabriel	8/12/2020	—	—	—	—
13	935.19	777295.23	1674521.52	San Gabriel	8/12/2020	371	26.00	6.78	143
14	933.43	777278.96	1674542.59	San Gabriel	8/12/2020	457	25.00	6.84	227
15	933.07	777295.76	1674549.87	San Gabriel	8/12/2020	414	25.00	6.70	215
16	930.48	777296.38	1674588.63	San Gabriel	8/12/2020	500	25.00	6.75	252
17	944.51	777133.62	1674573.65	San Gabriel	8/12/2020	372	27.00	7.24	186
18	929.02	777965.04	1674286.16	San Gabriel	8/12/2020	539	23.00	7.08	266
19	934.62	777435.07	1675123.04	San Gabriel	8/12/2020	687	26.00	7.22	350
20	936.65	777660.94	1675111.75	San Gabriel	8/12/2020	709	26.00	6.93	353
21	933.92	777219.82	1674787.91	San Gabriel	8/12/2020	354	26.00	6.57	177
22	929.46	777396.85	1674568.34	San Gabriel	8/12/2020	772	24.20	6.77	380
23	925.08	777413.72	1674561.34	San Gabriel	8/12/2020	802	25.00	6.62	401
24	933.62	777329.81	1674462.25	San Gabriel	8/12/2020	539	27.00	6.58	275
25	927.32	778289.59	1676093.17	Chilajon	8/12/2020	365	26.00	6.75	182
26	902.21	778585.81	1676707.29	Chilajon	8/12/2020	185	24.70	6.80	93
27	882.08	778696.93	1676360.17	Chilajon	8/12/2020	507	23.60	6.73	248
28	878.27	779398.24	1677137.88	Los Encuentros	9/12/2020	694	27.00	6.98	343
29	883.75	779356.12	1677126.09	Los Encuentros	9/12/2020	656	27.00	7.05	334
30	882.24	779337.81	1677236.92	Los Encuentros	9/12/2020	632	26.00	7.10	314

Fuente: elaboración propia.

En la investigación se eligieron 4 puntos de muestreos a los que se realizó análisis físicos *in situ*, tabla XXIII y en laboratorio, tabla XXIV, la conductividad eléctrica en cuanto a los resultado del laboratorio como *si situ* no cuentan con un gran margen de diferencia, y estos no superan el límite máximo permisible como lo indica la norma, al ser compradas con los STD, se cumple la definición que a mayor concentración de STD mayor será la conductividad eléctrica debido a su capacidad de estos para transmitir corriente, la temperatura es variable pero aceptable, el pH *in situ* nos indica que las aguas están dentro de los límites máximos permisibles, en los del laboratorio se mantienen similares entre ellos dando como resultado aguas neutras y solo la de Las Minas alcalina, pero tanto

los resultados *in situ* y de laboratorio se encuentran muy similares, por lo tanto los resultados de los análisis pueden considerarse confiables.

Tabla XXIII. **Resultados de análisis físicos *in situ*, época seca**

Lugar	Las Minas	Quiate	San Gabriel	Chilajon
Fecha	9/08/2020	9/08/2020	9/08/2020	9/08/2020
UTM WGS 84 zona 15 norte	Elevación	1133.656	972.587	882.081
	X	772435.708	775258.828	777543.532
	Y	1676476.882	1675796.147	1674040.273
Nombre	Las Minas, Sector 1	Pozo, Quiaté	Pozo El Rosario, San Gabriel	Pozo, Chilajon
Nivel Estático (m)	0.00	SD	24.20	SD
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	750	470	560	660
Temperatura (°C)	22.2	28.4	27.7	26.8
pH	8.0	7.2	6.7	7.8
Sólidos Totales Disueltos (ppm)	526	340	409	480

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Resultados de análisis físicos *in situ*, época lluviosa**

Lugar	Las Minas	Quiate	San Gabriel	Chilajon
Fecha	7/12/2020	7/12/2020	9/12/2020	8/12/2020
UTM WGS 84 zona 15 norte	Elevación	1133.656	972.587	882.081
	X	772435.708	775258.828	777543.532
	Y	1676476.882	1675796.147	1674040.273
Nombre	Las Minas, Sector 1	Pozo, Quiaté	Pozo El Rosario, San Gabriel	Pozo, Chilajon
Nivel Estático (m)	0.00	SD	25.76	SD
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	555	402	609	507
Temperatura (°C)	20.60	27.00	27.00	23.60
pH	7.80	7.14	6.82	6.73
Sólidos Totales Disueltos (ppm)	279	205	303	248

Fuente: elaboración propia.

5.3. Inventario de pozos y manantiales

Entre las seis comunidades que participaron en la investigación se georreferenciaron 470 pozos artesanales familiares, 5 pozos artesanales comunitarios, 5 manantiales y 1 pozo mecánico, tabla XXV. Los datos de cada

pozo, elevación, coordenadas e identificación se encuentran en tablas en los anexos.

Tabla XXV. **Inventario de pozos y manantiales**

Comunidad	Número de pozos y manantiales
San Gabriel	338 pozos familiares y 3 comunitario
Las Minas	30 pozos y 5 manantiales
Los Guzmán	4 pozos familiares
Quiaté	1 pozo mecánico
Chilajón	82 pozos familiares y 2 comunitarios
Los Encuentros	16 pozos familiares

Fuente: elaboración propia.

5.4. Clasificación de las aguas subterráneas

Para la clasificación de las aguas de la microcuenca se aplicó la metodología de *Piper y Stiff*, utilizando la página *on line* de *gidahatari*, con los resultados obtenidos de aniones y cationes de laboratorio tabla XXVI. El calcio fue uno de los elementos más abundantes de las aguas según los resultados de laboratorio, y al ser soluble con muchos aniones, bicarbonato, sulfato, cloruro entre otros, lo hace un catión mayoritario, el calcio está relacionado a la presencia de roca caliza en la parte alta de la microcuenca y por tal motivo en las aguas subterráneas está presente que en la superficiales. En muchas aguas el catión de sodio es más frecuente después del Ca y en las aguas de la microcuenca no fue la excepción, debido a que se cumple lo definido, el Na se encuentran en las costas por la intrusión marina mayormente, pero en el interior es frecuente en las aguas subterráneas debido a presencia de rocas ígneas ácidas, y siendo uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre estará presente en las aguas, el potasio en aguas subterráneas tendrá menor presencia que el Na, debido a su capacidad de intercambio iónico, y evidentemente el contenido de

potasio en los pozos es bajo a comparación del Na, La cantidad de cloruros se debe a la recarga del agua de lluvia a los acuíferos en este caso someros en la aldea de San Gabriel Pasuj y en Chilajón.

La disolución de caliza es una de las principales fuentes de bicarbonatos y carbonatos, en aguas subterráneas al tener pH menor a 8.3 el ion dominante es el bicarbonato. La presencia de potasio mayor a 10 mg/L en aguas subterráneas puede ser indicio de contaminación por aguas residuales, esto se aprecia en los pozos del Rosario y de Chilajón en la época seca, las aguas se concentran debido a la falta de corriente subterránea y acumulación de aguas residuales en los alrededores de dichos pozos lo que hace un que obtenga una alta concentración de potasio a diferencia en la época lluviosa.

Tabla XXVI. **Resultados hidrogeoquímicos, época seca**

Lugar			Las Minas, Sector 1	Pozo, Quiaté	Pozo El Rosario, San Gabriel	Pozo, Chilajón
Fecha			5/09/2020	5/09/2020	5/09/2020	5/09/2020
Coordenadas UTM WGS 84, zona 15 norte		Elevación	1133.656	972.587	941.856	882.081
		X	772435.708	775258.828	777543.532	778696.927
		Y	1676476.882	1675796.147	1674040.273	1676360.171
Análisis	Límite de detección	Dimensionales				
Bicarbonatos	1	mg/L - HCO ₃ ⁻	336.3	235.7	241.7	325.8
Carbonatos	1	mg/L - CO ₃ ⁻²	12	<1.0	<1.0	<1.0
Cloruros	0.4	mg/L - Cl ⁻	3.9	4.1	23	20.8
Sulfatos	3	mg/L - SO ₄ ⁻²	40	28	48	33
Potasio	0.073	mg/L - K	3.66	6.18	43.16	39.41
Sodio	0.05	mg/L - Na	37.18	42.6	47.59	57.71
Calcio	0.648	mg/L - Ca	71.56	51.33	76.98	74.79
Magnesio	0.048	mg/L - Mg	37.44	9.9	17.19	16.78

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Resultados hidrogeoquímicos época lluviosa**

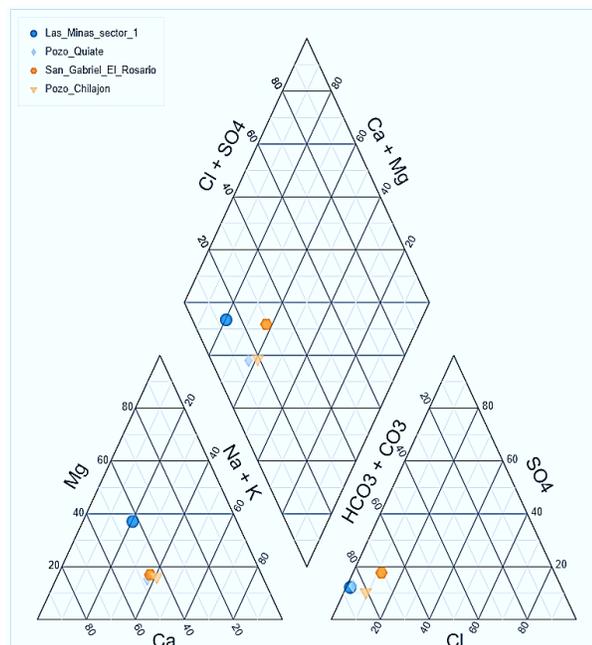
Lugar			Las Minas, Sector 1	Pozo, Quiaté	Pozo El Rosario, San Gabriel	Pozo, Chilajón
Fecha			15/12/2020	15/12/2020	15/12/2020	15/12/2020
Coordenadas UTM WGS 84, zona 15 norte	Elevación		1133.656	972.587	941.856	882.081
	X		772435.708	775258.828	777543.532	778696.927
	Y		1676476.882	1675796.147	1674040.273	1676360.171
Análisis	Límite de detección	Dimensionales				
Bicarbonatos	1	mg/L - HCO ₃ ⁻	327.0	225.2	240.2	252.2
Carbonatos	1	mg/L - CO ₃ ⁻²	30.0	<1.0	<1.0	<1.0
Cloruros	0.4	mg/L - Cl ⁻	5.4	8.3	24.8	24.5
Sulfatos	3	mg/L - SO ₄ ⁻²	38	27	45	50
Potasio	0.073	mg/L - K	2.68	5.473	10.15	8.39
Sodio	0.05	mg/L - Na	37.84	44.56	49.40	56.27
Calcio	0.648	mg/L - Ca	65.85	44.74	64.80	55.99
Magnesio	0.048	mg/L - Mg	34.59	9.29	16.47	14.84

Fuente: elaboración propia.

En la figura 60 y 61, se puede apreciar con más claridad el tipo de agua en la microcuenca con la ayuda del diagrama de Piper, las aguas de los 4 pozos son del tipo bicarbonatado siendo las de Las Minas y Quiaté similares por no decir que son del mismo tipo, a diferencia de las de Chilajón y El Rosario. Las aguas de los pozos, San Gabriel (El Rosario) y Quiaté se encuentran entre aguas bicarbonatadas cálcicas o magnésicas y bicarbonatadas sódicas, dejando evidente que las aguas de Las Minas son bicarbonatadas cálcicas y magnésicas, esto se podría deber a la presencia de minas de rocas caliza en esa región y en la última clasificación se da que son aguas magnésicas, cálcicas y sódicas, confirmando el tipo de agua subterráneas con que cuenta la microcuenca San Gabriel. Al comparar las gráficas de las figuras 60 y 61, el comportamiento de las dos muestras de agua se aprecia que son similares, y que no han sido alteradas drásticamente por el tiempo entre la toma de las muestras en este diagrama se puede definir que las aguas de las muestras de Las Minas y Chilajón, se consideran similares a iguales.

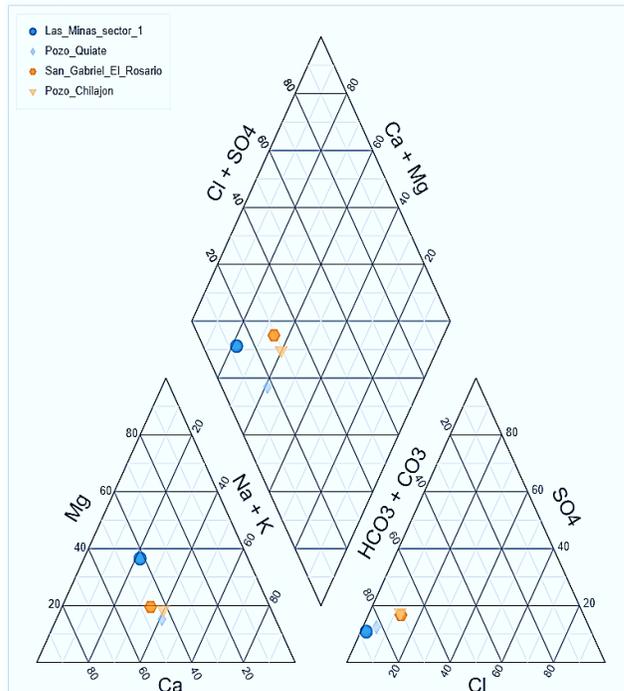
La segunda metodología para la clasificación de las aguas subterráneas son los diagramas de *Stiff*, siendo uno por cada muestra a analizar y en las dos épocas. En las gráficas de *Stiff* de los 4 puntos de muestreo, figuras 62-69, según los patrones es estos, se puede observar que son predominantes por los aniones de bicarbonatos y carbonatos, así como los cationes de calcio, magnesio y en poca concentración el sodio y potasio. Por lo que indica la presencia de distintos tipos de agua en la microcuenca San Gabriel dando como reafirmando los datos obtenidos en los diagramas de Piper, por las características geológicas de la microcuenca formando aguas bicarbonatadas cálcicas, magnésicas y sódica. En la figura 70 se pueden observar los gráficos correspondientes en sus respectivos puntos de muestreos en la microcuenca San Gabriel.

Figura 60. Diagrama de *Piper*, época seca



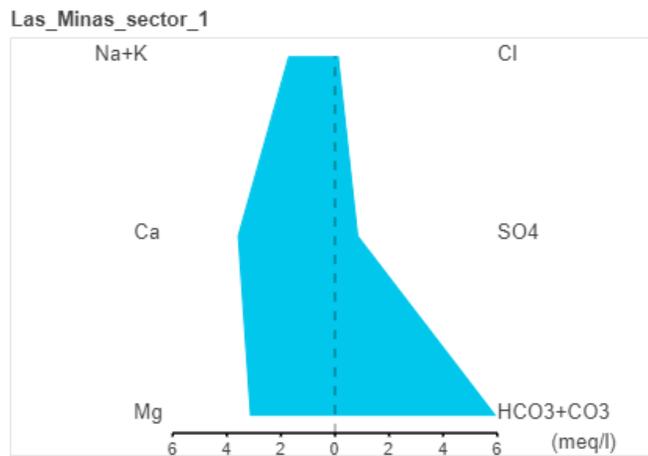
Fuente: elaboración propia, utilizando Software HarariChem *on line*.

Figura 61. Diagrama de Piper, época lluviosa



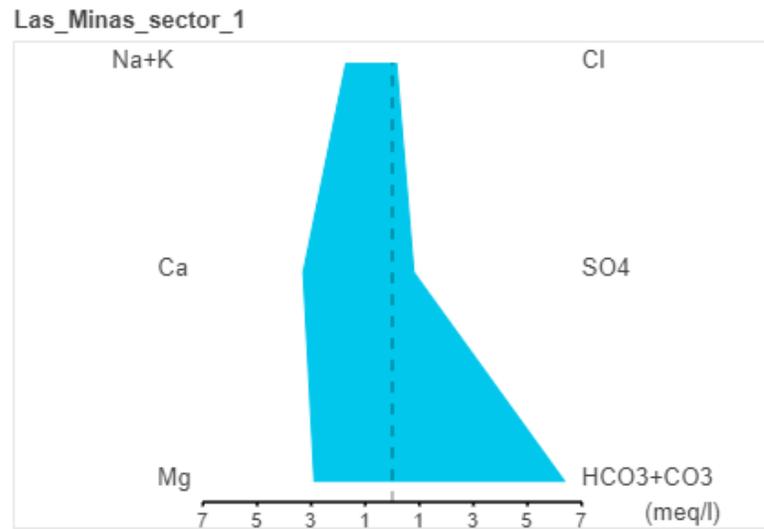
Fuente: elaboración propia, utilizando Software HarariChem *on line*.

Figura 62. Stiff del manantial Las Minas, época seca



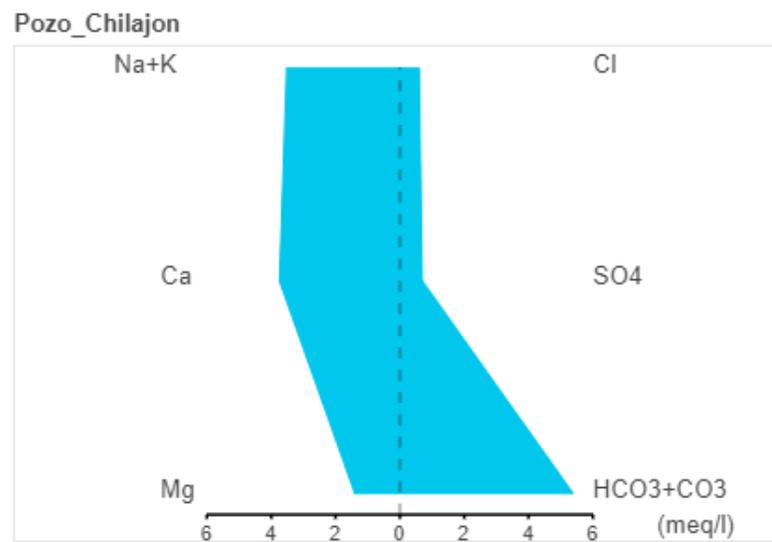
Fuente: elaboración propia, utilizando Software HarariChem *on line*.

Figura 63. **Stiff del manantial Las Minas, época lluviosa**



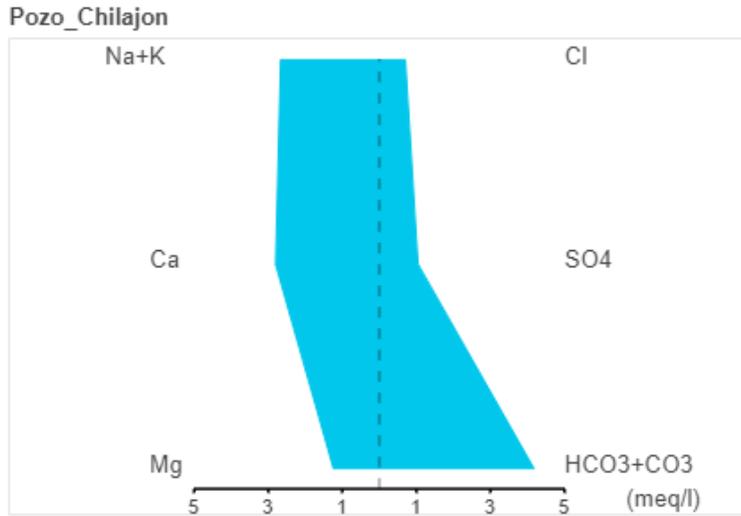
Fuente: elaboración propia, utilizando Software HarariChem *on line*.

Figura 64. **Stiff del Pozo Chilajón, época seca**



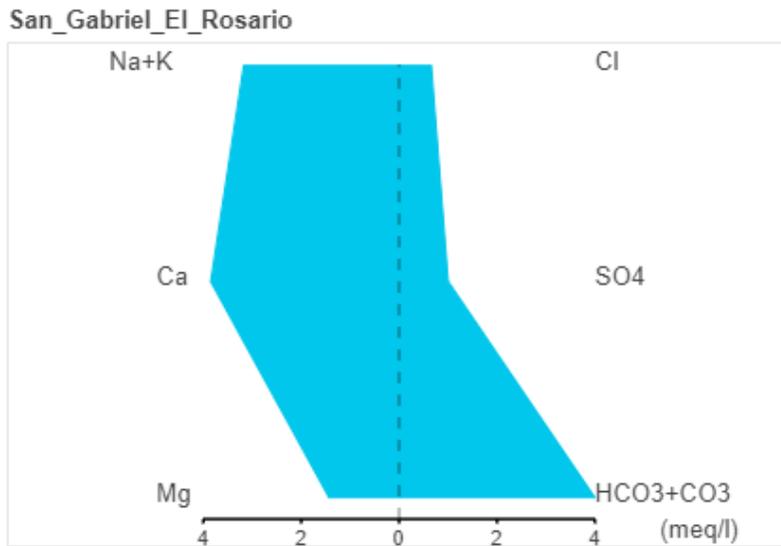
Fuente: elaboración propia, utilizando Software HarariChem *on line*.

Figura 65. **Stiff del Pozo Chilajón, época lluviosa**



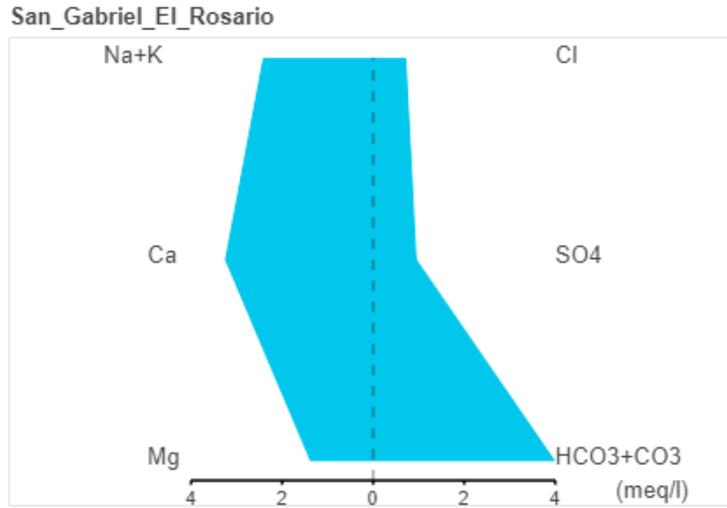
Fuente: elaboración propia, utilizando Software HarariChem *on line*.

Figura 66. **Stiff de San Gabriel (El Rosario), época seca**



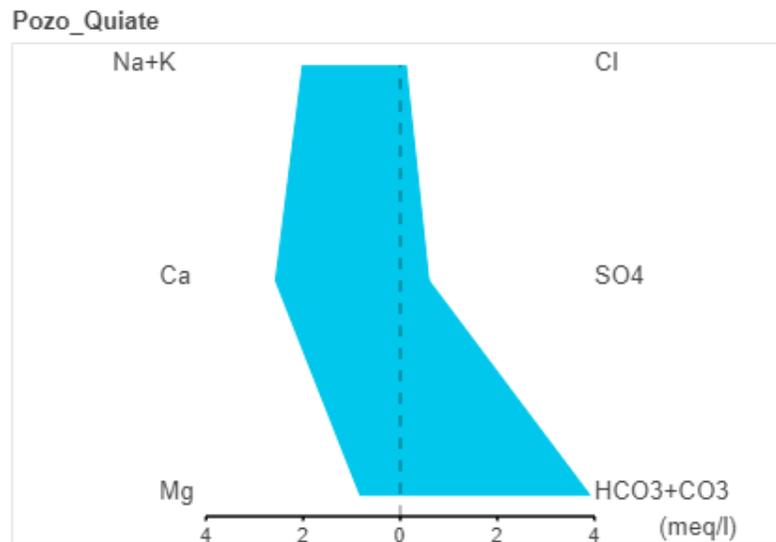
Fuente: elaboración propia, utilizando Software HarariChem *on line*.

Figura 67. **Stiff de San Gabriel (El Rosario), época lluviosa**



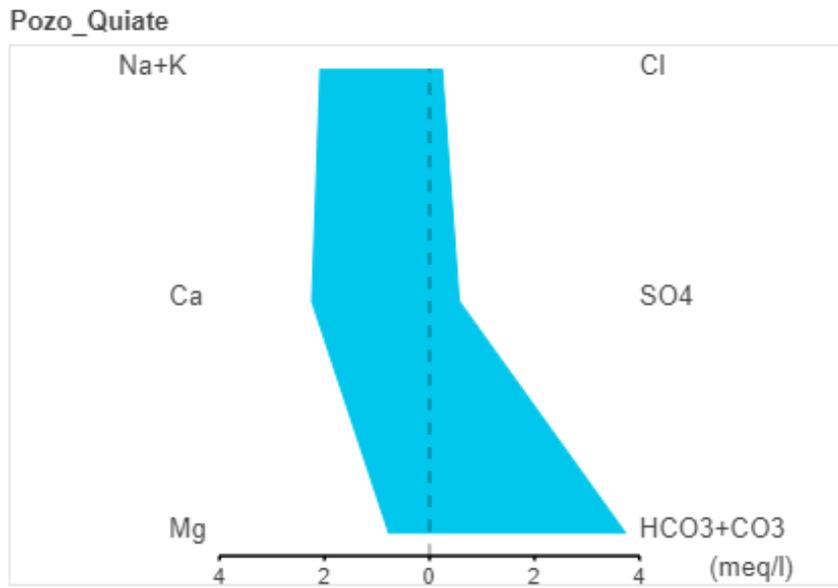
Fuente: elaboración propia, utilizando Software HarariChem *on line*.

Figura 68. **Stiff del pozo de Quiaté, época seca**



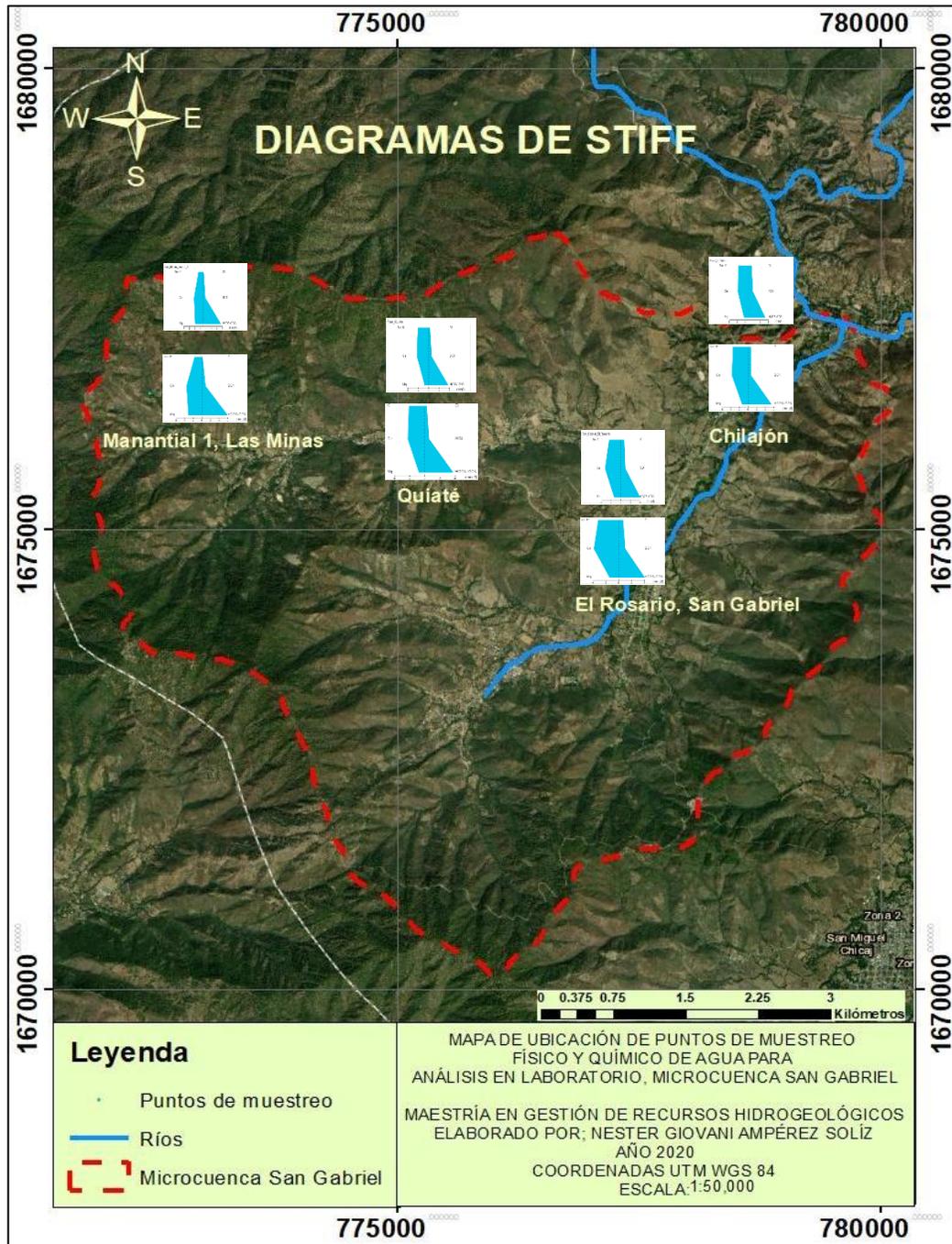
Fuente: elaboración propia, utilizando Software HarariChem *on line*.

Figura 69. **Stiff** del pozo de Quiaté, época lluviosa



Fuente: elaboración propia, utilizando Software HarariChem *on line*.

Figura 70. Mapa con diagramas de *Stiff*

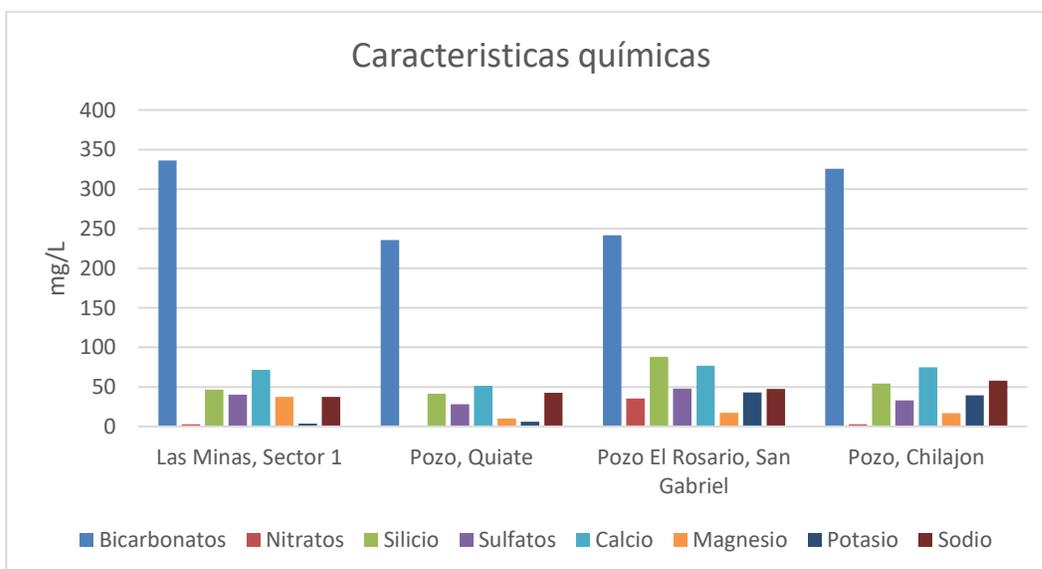


Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

5.5. Características químicas de las aguas subterráneas más importantes

Las características químicas más importantes de las aguas subterráneas de la microcuenca San Gabriel, según los análisis de laboratorio realizados se obtuvo que las aguas están compuestas mayormente con altos contenidos de bicarbonatos y calcio a comparación de los otros elementos químicos, esto se debe a que en la parte de la aldea Las Minas, existen vetas de rocas calizas y existió explotación de roca caliza, también se cuenta con presencia de magnesio, sodio, potasio sulfatos que son representativos, y con estos elementos se refleja una dureza elevada en el agua. El silicio al ser un elemento químico presente naturalmente en una gran variedad de rocas y en esta zona de orígenes metamórficos con gran presencia de granitos y cuarzo, se decidió incluirlo en los análisis de laboratorio, figura 71.

Figura 71. Comparación química del agua subterránea



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

CONCLUSIONES

1. La hidrogeología e hidrogeoquímica de la microcuenca San Gabriel están relacionadas con las unidades geológicas de la zona, determinando que la microcuenca se encuentra en una zona de rocas metamórficas principalmente, ígneas en su mayoría piroclastos y partes sedimentarias del tipo caliza y debido a estas se establecieron las características de las aguas subterráneas.
2. Con los cálculos e información obtenida se estableció que la microcuenca San Gabriel es del tipo exorreica, redonda ovalada con una baja susceptibilidad a crecidas, con un área de 42.98 km², de orden de corriente 4 y con una densidad de drenaje de 2.539 Km/Km². Con los ensayos de infiltración, muestreo geológico y sondeo vertical se determinaron las características estratigráficas del acuífero local y con las muestras de agua subterránea la interacción de esta con los medios geológicos.
3. Con el balance hídrico se determinó que en la microcuenca se cuenta con un déficit de agua, por lo que el agua subterránea está siendo extraída en caudales mayores a los que son recargados. Al comparar los resultados de la infiltración del método de Porche con la recarga hidroquímica estos tienden a estar cercanos uno respecto al otro, por lo tanto, los dos métodos son aceptables.
4. La microcuenca tiene una gran perforación de pozos artesanales, georreferenciando 476, siendo la aldea de San Gabriel Pasuj, la que cuenta con la mayoría, teniendo 341, representando el 72 % del total de

pozos dentro de la microcuenca. Con el SEV realizado en la aldea San Gabriel a un costado del Campo de fútbol comunitario, se obtuvo que el acuífero local se encuentra a una profundidad 24 m. y con un espesor de 57 m.

5. En la mayoría de los resultados tanto *in situ* como de laboratorio las aguas subterráneas cumplieron con los parámetros que establece la norma Coguanor 29 001, de los 4 puntos de muestreo, los pozos de Chilajón y El Rosario tuvieron los parámetros físicos de olor y turbidez los cuales no cumplieron en épocas seca a diferencia de la época lluviosa y las agua del manantial de Las Minas del sector 1 y del pozo de Quiaté, son las aguas que sí cumplieron con los parámetros tanto en época seca como lluviosa consideradas aguas aptas para el consumo humano.
6. De los datos obtenidos del laboratorio de los iones del calcio, sodio, magnesio, potasio, bicarbonatos, carbonatos, cloruros y sulfatos, y utilizando los diagramas de *Piper* y *Stiff*, se determinó que las aguas subterráneas de la microcuenca, son aguas bicarbonatadas cálcicas, magnésicas y sódicas.
7. De los resultados obtenidos en el laboratorio de las muestras de agua de época seca y lluviosa, se obtuvo que los elementos químicos más importantes de las aguas subterráneas son los bicarbonatos, con 336.3 mg/L, calcio con 76 mg/L y en cantidades menores respectivamente; sílice, sodio, sulfatos, magnesio, potasio y nitratos, los cuales le dan una dureza elevada al agua.

RECOMENDACIONES

1. Crear un comité de cuenca, que se encargue de monitorear la calidad del agua de los pozos y manantiales mensualmente, teniendo como referencia los parámetros que establece la norma COGUANOR 29 001 y los resultados obtenidos en esta investigación como línea base.
2. Evitar el aumento de perforaciones de pozos artesanales y someros, es necesario plantear y planificar con las autoridades correspondientes otros métodos de obtención de agua.
3. Evitar la contaminación de las aguas en los pozos someros, es aconsejable realizar zanjas de infiltración para las aguas residuales, y que estas se encuentren retiradas de los pozos, también evitar que estas aguas sean desfogadas en el río o quebradas sin previo tratamiento, para no contaminar a los pozos que se encuentren a las orillas de sus cauces.
4. Continuar con investigaciones relacionadas con la hidrogeología e hidrogeoquímica en la microcuenca San Gabriel, considerando esta investigación como línea base. Seguir identificando pozos de parte de las autoridades locales para una mejor cuantificación y control de estos en las siguientes investigaciones.
5. Informar a que la microcuenca se encuentra en el corredor seco del país y centroamericano se deben de gestionar proyectos de protección y reforestación en las zonas de recarga y considerar el cambio de uso del suelo en favor a un mejor control del agua subterránea utilizada.

REFERENCIAS

1. Aparicio, F. (1992). *Fundamentos de hidrología de superficie*. México: Editorial Limusa, S.A. de C.V.
2. Árcega I. (2010) *Caracterización Hidrogeoquímica del Acuífero del Valle de Villa Hidalgo, San Luis Potosí, México*. (Tesis de maestría). México: Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica.
3. Auge, M. (2008). *Hidrogeología Ambiental*. Argentina: Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires.
4. Bonilla, A. (2014) *Patrones de sequía en Centroamérica. Su impacto en la producción de maíz y frijol y uso del índice normalizado de precipitación para los sistemas de alerta temprana*. Tegucigalpa, Honduras: M.D.C.
5. Cap-Net (2010). *Gestión de aguas subterráneas en la GIRH*. Recuperado de <http://www.argcapnet.org.ar/uploads/institucional/materiales/5a30385449880.pdf>.
6. Cervetto, M. (2012). *Caracterización hidrogeológica e hidrogeoquímica de las cuencas: salar de aguas calientes 2, puntas negras, laguna Tuyajto, Pampa Colorada, pampa las Tecas y salar el Laco, ii región de Chile*. (Tesis de maestría). Santiago Chile: Universidad de Chile.

7. COGUANOR NTG 29 001. (2013). *Agua para el consumo humano (agua potable). Especificaciones*. Guatemala: Comisión Guatemalteca de Normas.
8. COGUANOR NTG 29 006 (2011). *Agua para el consumo humano (agua potable). Recolección, preservación, transporte y almacenamiento de muestras. Generalidades*. Guatemala: Comisión Guatemalteca de Normas.
9. FAO, (2012). *Estudio de caracterización del corredor seco centroamericano. Países CA-4. Tomo1. Acción contra el Hambre, Unión Europea, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)*. Roma, Italia: Viale delle Terme di Caracalla, 00100.
10. GWP, Global Water Partnership (2011). *Balance Hídrico Superficial, Cartilla Técnica. Foro peruano para el agua*. Lima, Perú: Sociedad Geográfica de Lima. Recuperado de https://www.gwp.org/global_assets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/balance_hidrico.pdf.
11. Hudak, F. (2004). *Principles of hydrogeology*. United States of America: CRC Press.
12. International Atomic Energy Agency (2013) *isotope methods for dating old groundwater*. Vienna, Australia: IAEA. Recuperado de https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1587_web.pdf.

13. ICC, (2017). *Manual de medición de caudales*: Guatemala: Instituto Privado de Investigación sobre el Cambio Climático. Recuperado de <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-medici%C3%B3n-de-caudales-ICC.pdf>.
14. Lorca, M. (2011) *hidrogeología e hidrogeoquímica de la cuenca de la quebrada Paipote, región de Atacama*. (Tesis de maestría). Santiago Chile: Universidad de Chile.
15. MARN y jiCA. (2016-2019). *Manual de educación ambiental, sobre el recurso hídrico en Guatemala*. Guatemala: Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación.
16. Meza, C. y Martínez, L. (2010). *Análisis morfométrico de las cuencas de la red Mexlter: estudio de diez cuencas a nivel nacional en México*. (Tesis de maestría). Universidad de Guadalajara La Red Mexicana de Investigación Ecológica a Largo Plazo, México. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/320334086_ANALISIS_MORFOMETRICO_DE_LAS_CUENCAS_DE_LA_RED_MEX-LTE_R_ESTUDIO_DE_DIEZ_CUENCAS_A_NIVEL_NACIONAL_EN_MEXICO.
17. Mis, K. (2017). *Aplicación del balance iónico y construcción del diagrama de piper para la evaluación del potencial industrial de las aguas subterráneas de la ciudad de Guatemala*. (Tesis de licenciatura). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
18. Miranda, A. (2012). *Evaluación de la calidad físico-química del recurso hídrico en la microcuenca San Gabriel y servicios realizados en la*

Microcuenca San Miguel, Municipio de San Miguel Chicaj, Departamento de Salamá, Baja Verapaz, Guatemala, CA. (Tesis de licenciatura). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

19. Moreno, F. y Esquivel, J. (2015). *Estudio Formométrico de la cuenca del río Azul, afluente del río calima, departamento del Valle del Cauca.* (Tesis de maestría). Universidad distrital Francisco José de Caldas, Colombia. Recuperado de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/2126/1/MorenoGrandeFredyAlberto2015.pdf>.
20. Ochoa, J. (2017) *Estudio hidrogeológico e Hidrogeoquímico de la microcuenca del río Ixtacapa, cuenca alta del río Nahualate, Sololá.* (Tesis de maestría). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
21. Ramírez, L. (2003). *Estudio sobre la calidad de agua subterránea del área noreste del valle de la ciudad capital de Guatemala del valle de la ciudad capital de Guatemala.* (Tesis de licenciatura). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
22. RedULA, Web del profesor. (4 de diciembre, 2019). Capítulo 4, Geomorfología de Cuencas. [Mensaje de un blog]. Recuperado de http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/oguerre/4_Geomorfologia.pdf.
23. Rodríguez, D. y Álvarez, P. (Marzo de 2014). Determinación de la recarga hídrica potencial en la cuenca hidrográfica guara, de Cuba. *Aqua LAC*, 6(2), 58-70. Recuperado de

<http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/06-RodriguezLugo.pdf>.

24. Uja. (10 de junio, 2005). *Análisis de aguas*. [Mensaje de un blog]. Recuperado de http://www4.ujaen.es/~mjayora/docencia_archivos/Quimica%20analitica%20ambiental/tema%2010.pdf.
25. Vegas, F. y Álvarez, C. (2011). *Estimación de las propiedades hidráulicas del acuífero superficial en cuencas húmedas de montaña mediante el análisis de caudales de recesión*. España: Departamento Ciencia y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente.
26. Varela, R. (2014). *Manual de geología*. San Miguel de Tucumán, Argentina: Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO).

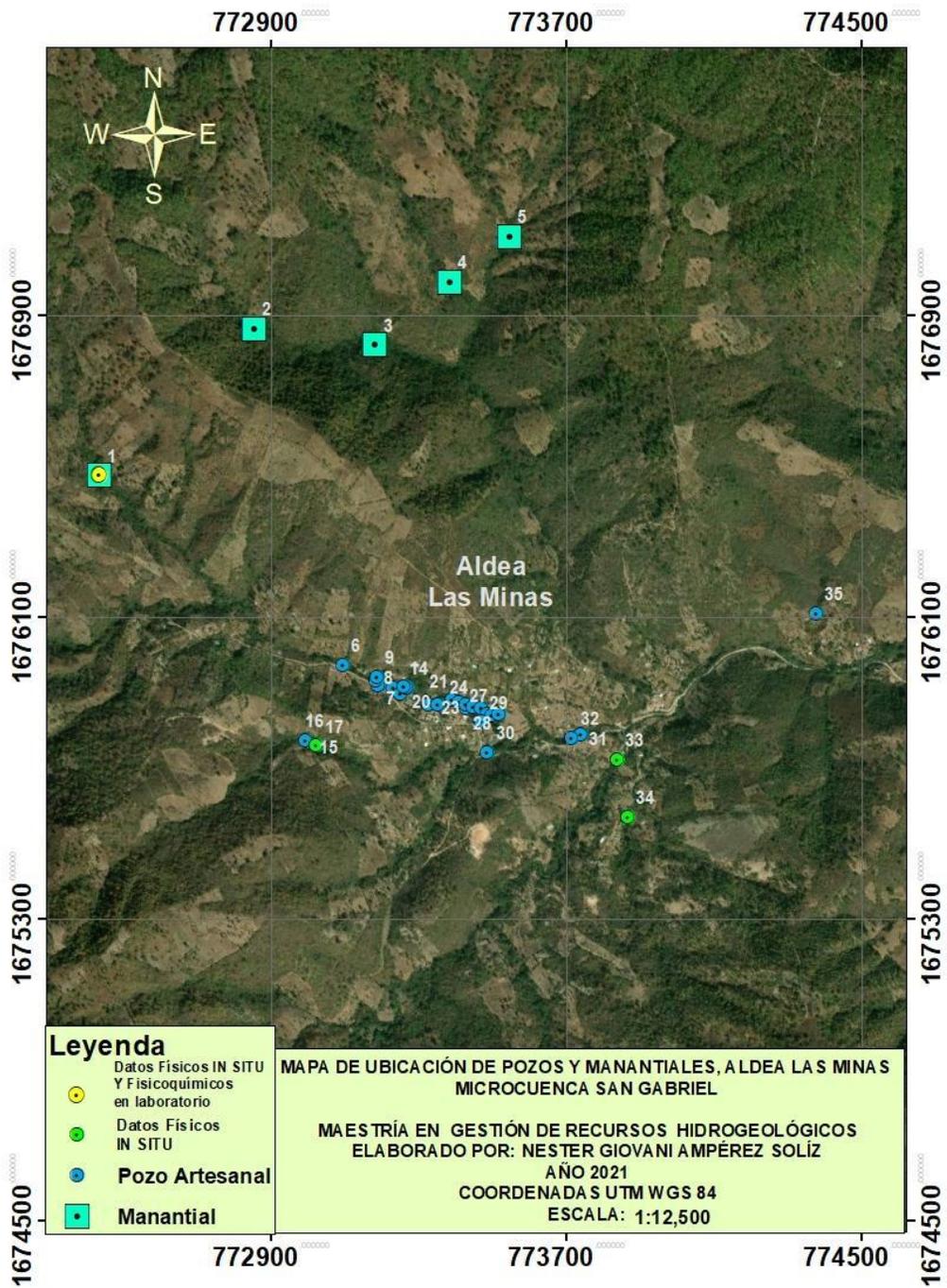
APÉNDICES

Apéndice 1. Inventario de pozos y manantiales, aldea Las Minas

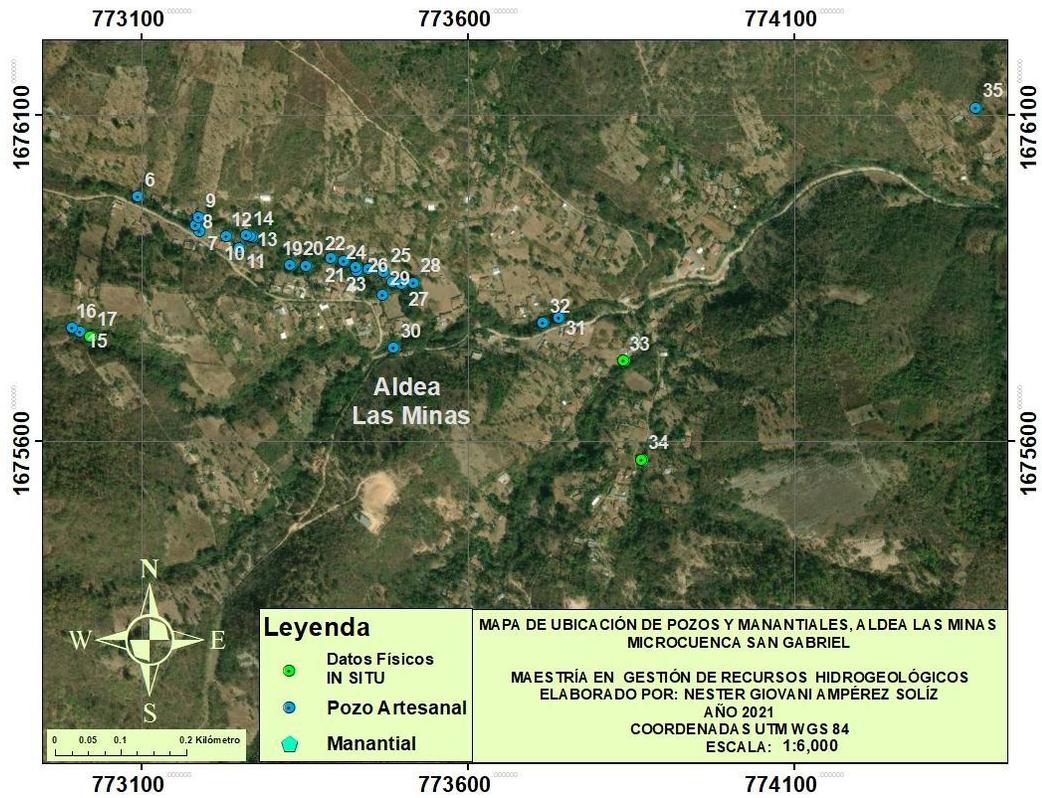
NUM. GEN.	Núm.	Categoría	Clasificación	Abreviatura	Referencia	Nombre	ELEV	X	Y	NOMBRE GPS
1	1	Manantial	Manantial 1	M. 1	L_MS_M_S1	Las Minas Manantial Sector 1	1133.656	772435.708	1676476.882	MINAS1
2	2	Manantial	Manantial 2	M. 2	L_MS_M_S2	Las Minas Manantial Sector 2	1170.007	772854.687	1676865.694	MINAS2
3	3	Manantial	Manantial 3	M. 3	L_MS_M_S3_1	Las Minas Manantial Sector 3-1	1110.885	773183.598	1676823.230	MINAS3-1
4	4	Manantial	Manantial 4	M. 4	L_MS_M_S3_2	Las Minas Manantial Sector 3-2	1129.910	773385.874	1676989.991	MINAS3-2
5	5	Manantial	Manantial 5	M. 5	L_MS_M_S3_3	Las Minas Manantial Sector 3-3	1139.684	773548.036	1677110.563	MINAS3-3
6	6	Pozo	Pozo arte. 1	P. A. 1	L_MS_PA1	Las Minas Artesanal 1	Pozo 1042.052	773096.668	1675973.699	55
7	7	Pozo	Pozo arte. 2	P. A. 2	L_MS_PA2	Las Minas Artesanal 2	Pozo 1043.596	773191.276	1675920.435	56
8	8	Pozo	Pozo arte. 3	P. A. 3	L_MS_PA3	Las Minas Artesanal 3	Pozo 1039.885	773184.494	1675930.320	57
9	9	Pozo	Pozo arte. 4	P. A. 4	L_MS_PA4	Las Minas Artesanal 4	Pozo 1041.349	773188.877	1675941.885	58
10	10	Pozo	Pozo arte. 5	P. A. 5	L_MS_PA5	Las Minas Artesanal 5	Pozo 1038.840	773231.687	1675913.264	59
11	11	Pozo	Pozo arte. 6	P. A. 6	L_MS_PA6	Las Minas Artesanal 6	Pozo 1038.075	773251.678	1675895.781	60
12	12	Pozo	Pozo arte. 7	P. A. 7	L_MS_PA7	Las Minas Artesanal 7	Pozo 1034.800	773271.058	1675912.392	61
13	13	Pozo	Pozo arte. 8	P. A. 8	L_MS_PA8	Las Minas Artesanal 8	Pozo 1035.380	773268.897	1675913.253	62
14	14	Pozo	Pozo arte. 9	P. A. 9	L_MS_PA9	Las Minas Artesanal 9	Pozo 1035.370	773262.430	1675914.506	63
15	15	Pozo	Pozo arte. 10	P. A. 10	L_MS_PA10	Las Minas Artesanal 10	Pozo 1076.440	773008.404	1675767.188	64
16	16	Pozo	Pozo arte. 11	P. A. 11	L_MS_PA11	Las Minas Artesanal 11	Pozo 1078.261	772995.754	1675773.020	65
17	17	Pozo	Pozo arte. 12	P. A. 12	L_MS_PA12	Las Minas Artesanal 12	Pozo 1071.663	773024.079	1675760.173	66
18	18	Pozo	Pozo arte. 13	P. A. 13	L_MS_PA13	Las Minas Artesanal 13	Pozo 1025.202	773431.151	1675859.889	67
19	19	Pozo	Pozo arte. 14	P. A. 14	L_MS_PA14	Las Minas Artesanal 14	Pozo 1027.690	773330.062	1675869.123	68
20	20	Pozo	Pozo arte. 15	P. A. 15	L_MS_PA15	Las Minas Artesanal 15	Pozo 1028.275	773353.522	1675867.734	69
21	21	Pozo	Pozo arte. 16	P. A. 16	L_MS_PA16	Las Minas Artesanal 16	Pozo 1024.744	773391.558	1675879.912	70
22	22	Pozo	Pozo arte. 17	P. A. 17	L_MS_PA17	Las Minas Artesanal 17	Pozo 1024.682	773412.260	1675875.280	71
23	23	Pozo	Pozo arte. 18	P. A. 18	L_MS_PA18	Las Minas Artesanal 18	Pozo 1023.658	773430.640	1675866.858	72
24	24	Pozo	Pozo arte. 19	P. A. 19	L_MS_PA19	Las Minas Artesanal 19	Pozo 1026.652	773450.580	1675862.993	73
25	25	Pozo	Pozo arte. 20	P. A. 20	L_MS_PA20	Las Minas Artesanal 20	Pozo 1023.900	773472.787	1675858.379	74
26	26	Pozo	Pozo arte. 21	P. A. 21	L_MS_PA21	Las Minas Artesanal 21	Pozo 1022.377	773486.836	1675843.264	75
27	27	Pozo	Pozo arte. 22	P. A. 22	L_MS_PA22	Las Minas Artesanal 22	Pozo 1022.154	773499.987	1675840.538	76
28	28	Pozo	Pozo arte. 23	P. A. 23	L_MS_PA23	Las Minas Artesanal 23	Pozo 1021.526	773518.360	1675841.969	77
29	29	Pozo	Pozo arte. 24	P. A. 24	L_MS_PA24	Las Minas Artesanal 24	Pozo 1023.766	773471.045	1675823.152	78
30	30	Pozo	Pozo arte. 25	P. A. 25	L_MS_PA25	Las Minas Artesanal 25	Pozo 1019.189	773487.792	1675742.413	79
31	31	Pozo	Pozo arte. 26	P. A. 26	L_MS_PA26	Las Minas Artesanal 26	Pozo 1005.554	773740.850	1675787.757	80
32	32	Pozo	Pozo arte. 27	P. A. 27	L_MS_PA27	Las Minas Artesanal 27	Pozo 1004.902	773717.061	1675780.394	81
33	33	Pozo	Pozo arte. 28	P. A. 28	L_MS_PA28	Las Minas Artesanal 28	Pozo 1008.790	773839.359	1675722.915	82
34	34	Pozo	Pozo arte. 29	P. A. 29	L_MS_PA29	Las Minas Artesanal 29	Pozo 1010.877	773867.042	1675571.113	543
35	35	Pozo	Pozo arte. 30	P. A. 30	L_MS_PA30	Las Minas Artesanal 30	Pozo 1001.184	774378.694	1676110.055	550

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Mapa de pozos y manantiales, aldea Las Minas**



Continuación apéndice 2.



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

Apéndice 3. Inventario de pozos del caserío Quiaté

Num. Gen.	Numero	Categoría	Clasificación	Abreviatura	Referencia	Nombre	Elev	X	Y	Nombre gps
36	1	POZO	POZO MEC. 1	P. M. 1	Q_PM_1	Quiate Pozo Mecánico 1	972.587	775258.828	1675796.147	Quiate Poz

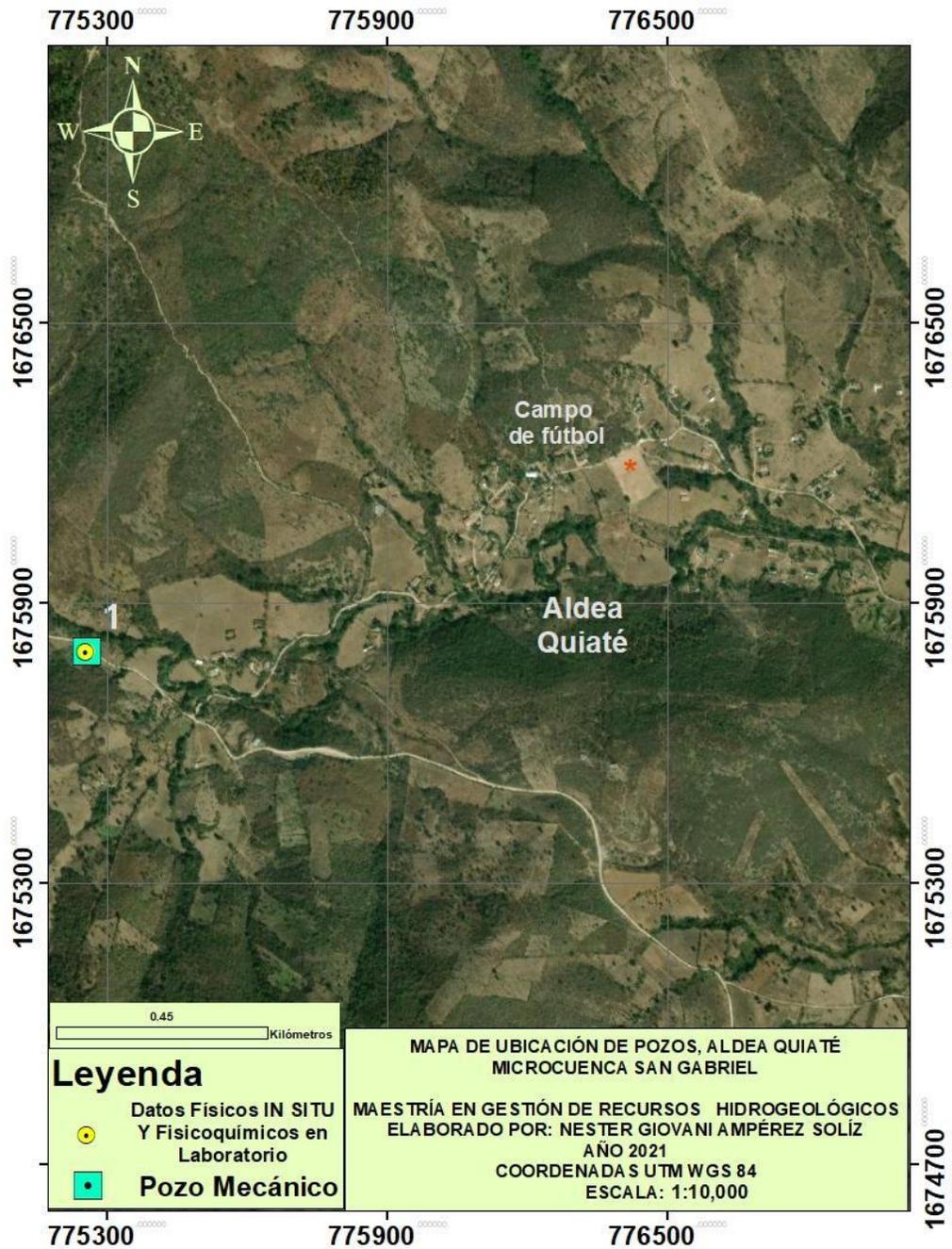
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Inventario de pozos del caserío Los Guzmán

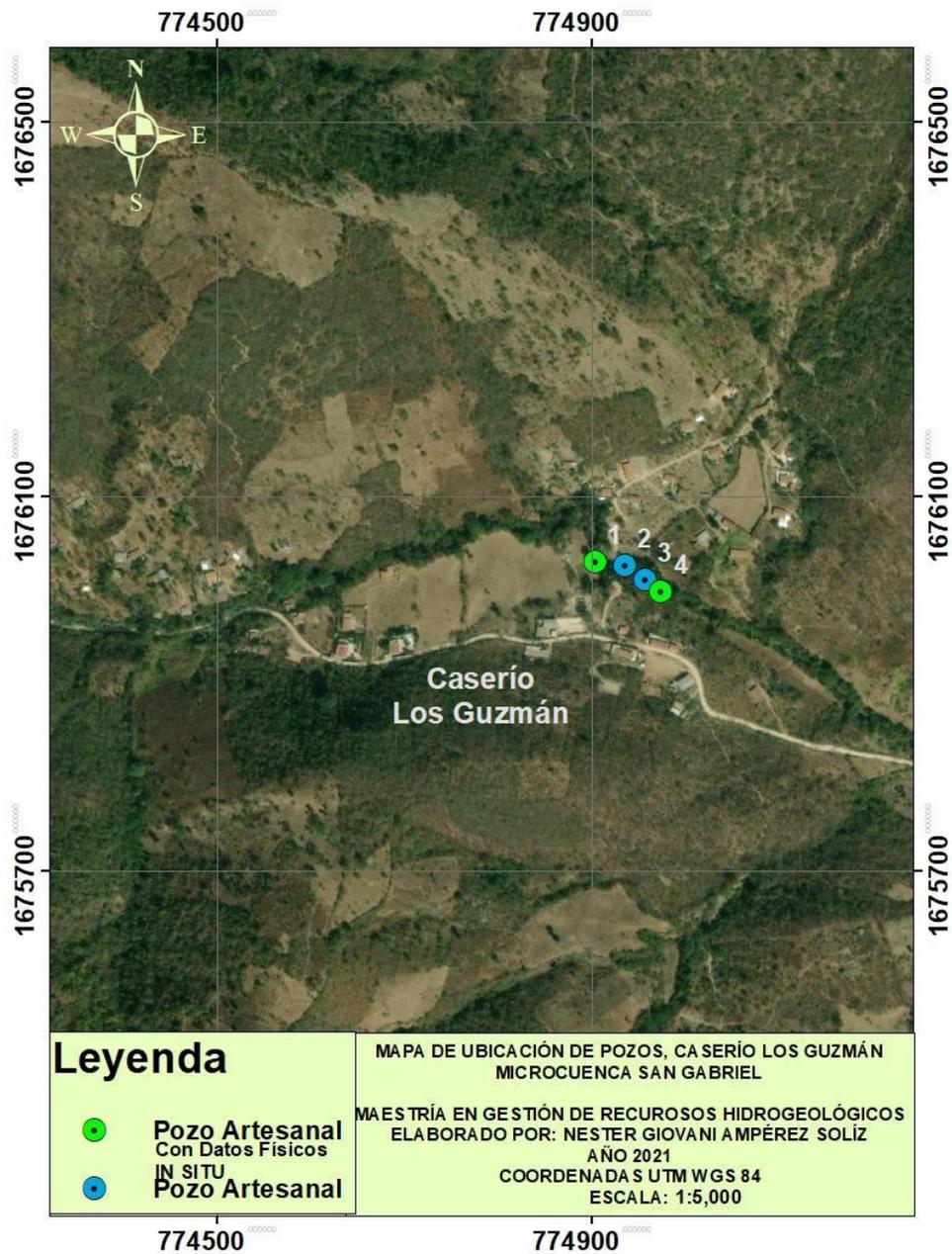
Num. Gen.	Núm.	Categoría	Clasificación	Abreviatura	Referencia	Nombre	Elev	X	Y	Nombre GPS
37	1	Pozo	Pozo Arte. 31	P. A. 31	L_GUZ_PA1	Los Guzmán Pozo Artesanal 1	970.329	774903.562	1676030.814	83
38	2	Pozo	Pozo Arte. 32	P. A. 32	L_GUZ_PA2	Los Guzmán Pozo Artesanal 2	969.148	774935.212	1676027.973	84
39	3	Pozo	Pozo arte. 33	P. A. 33	L_GUZ_PA3	Los Guzmán Pozo Artesanal 3	967.743	774956.583	1676012.168	85
40	4	Pozo	Pozo Arte. 34	P. A. 34	L_GUZ_PA4	Los Guzmán Pozo Artesanal 4	967.729	774973.614	1675999.524	86

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Mapa de pozos, Quiaté y Los Guzmán**



Continuación apéndice 5.



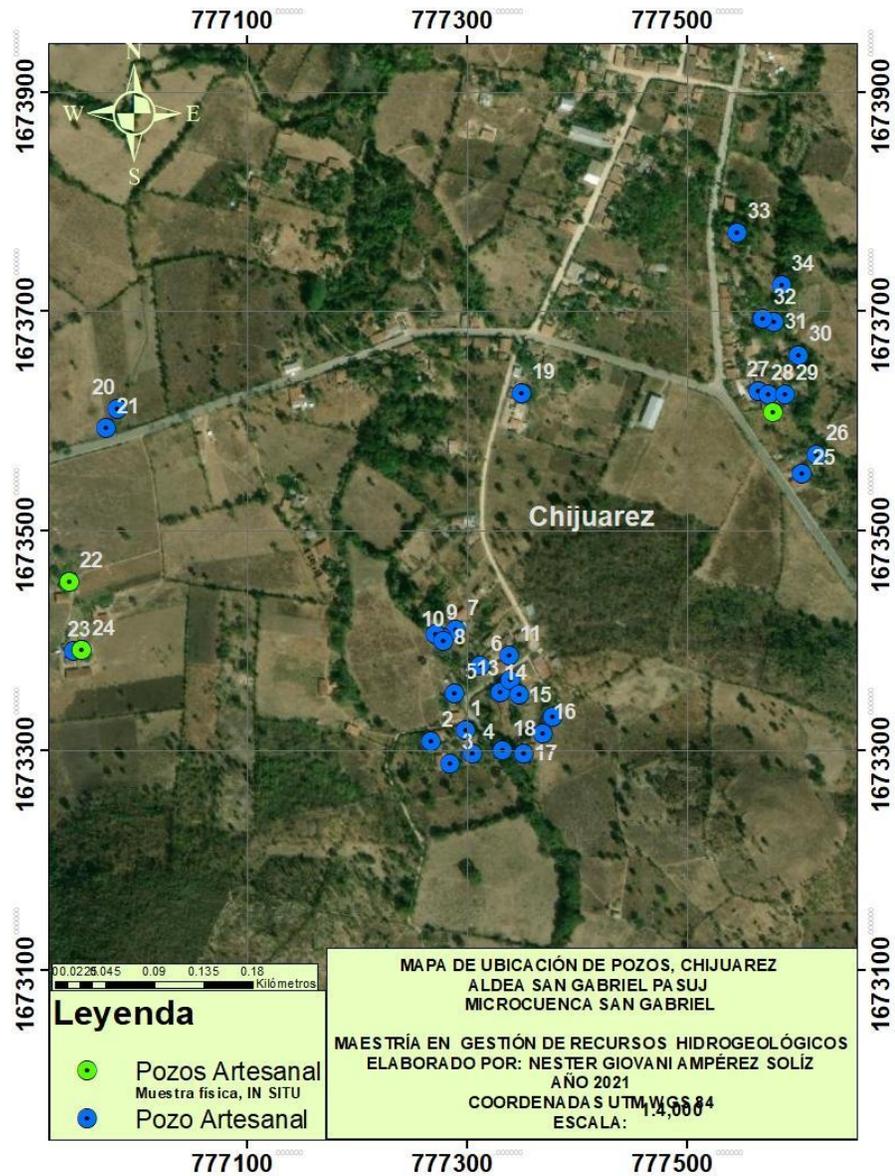
Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

Apéndice 6. Inventario de pozos, aldea San Gabriel (Chihuahua)

Num. Gen.	Núm.	Categoría	Clasificación	Abreviatura	Referencia	Nombre	Elev	X	Y	Nombre gps
41	1	Pozo	Pozo arte. 35	P. A. 35	SG_CHJ_PA_1	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 1	951.392	777298.406	1673318.604	87
42	2	Pozo	Pozo arte. 36	P. A. 36	SG_CHJ_PA_2	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 2	951.019	777266.901	1673308.712	88
43	3	Pozo	Pozo arte. 37	P. A. 37	SG_CHJ_PA_3	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 3	952.724	777284.457	1673288.325	89
44	4	Pozo	Pozo arte. 38	P. A. 38	SG_CHJ_PA_4	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 4	951.156	777304.032	1673297.523	90
45	5	Pozo	Pozo arte. 39	P. A. 39	SG_CHJ_PA_5	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 5	949.517	777287.902	1673352.139	91
46	6	Pozo	Pozo arte. 40	P. A. 40	SG_CHJ_PA_6	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 6	948.880	777311.592	1673377.219	92
47	7	Pozo	Pozo arte. 41	P. A. 41	SG_CHJ_PA_7	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 7	948.517	777289.696	1673409.955	93
48	8	Pozo	Pozo arte. 42	P. A. 42	SG_CHJ_PA_8	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 8	947.719	777277.521	1673402.615	94
49	9	Pozo	Pozo arte. 43	P. A. 43	SG_CHJ_PA_9	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 9	947.515	777270.813	1673405.969	95
50	10	Pozo	Pozo arte. 44	P. A. 44	SG_CHJ_PA_10	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 10	947.428	777278.525	1673399.527	96
51	11	Pozo	Pozo arte. 45	P. A. 45	SG_CHJ_PA_11	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 11	951.278	777338.266	1673386.390	97
52	12	Pozo	Pozo arte. 46	P. A. 46	SG_CHJ_PA_12	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 12	950.726	777330.378	1673352.860	98
53	13	Pozo	Pozo arte. 47	P. A. 47	SG_CHJ_PA_13	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 13	949.879	777339.170	1673364.367	99
54	14	Pozo	Pozo arte. 48	P. A. 48	SG_CHJ_PA_14	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 14	950.582	777347.609	1673350.959	100
55	15	Pozo	Pozo arte. 49	P. A. 49	SG_CHJ_PA_15	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 15	951.548	777377.962	1673330.833	101
56	16	Pozo	Pozo arte. 50	P. A. 50	SG_CHJ_PA_16	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 16	951.767	777368.359	1673315.108	102
57	17	Pozo	Pozo arte. 51	P. A. 51	SG_CHJ_PA_17	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 17	951.170	777351.574	1673297.307	103
58	18	Pozo	Pozo arte. 52	P. A. 52	SG_CHJ_PA_18	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 18	948.589	777331.969	1673299.844	104
59	19	Pozo	Pozo arte. 53	P. A. 53	SG_CHJ_PA_19	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 19	946.445	777349.434	1673625.673	105
60	20	Pozo	Pozo arte. 54	P. A. 54	SG_CHJ_PA_20	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 20	938.273	776981.554	1673610.942	106
61	21	Pozo	Pozo arte. 55	P. A. 55	SG_CHJ_PA_21	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 21	938.790	776971.219	1673593.438	107
62	22	Pozo	Pozo arte. 56	P. A. 56	SG_CHJ_PA_22	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 22	942.372	776937.794	1673453.984	108
63	23	Pozo	Pozo arte. 57	P. A. 57	SG_CHJ_PA_23	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 23	945.438	776941.552	1673390.365	109
64	24	Pozo	Pozo arte. 58	P. A. 58	SG_CHJ_PA_24	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 24	944.765	776948.638	1673391.445	110
65	25	Pozo	Pozo arte. 59	P. A. 59	SG_CHJ_PA_25	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 25	949.594	777604.127	1673552.384	158
66	26	Pozo	Pozo arte. 60	P. A. 60	SG_CHJ_PA_26	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 26	944.269	777617.051	1673569.255	159
67	27	Pozo	Pozo arte. 61	P. A. 61	SG_CHJ_PA_27	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 27	944.551	777564.309	1673627.426	160
68	28	Pozo	Pozo arte. 62	P. A. 62	SG_CHJ_PA_28	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 28	944.910	777574.138	1673623.888	161
69	29	Pozo	Pozo arte. 63	P. A. 63	SG_CHJ_PA_29	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 29	942.391	777588.756	1673624.724	162
70	30	Pozo	Pozo arte. 64	P. A. 64	SG_CHJ_PA_30	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 30	943.594	777601.362	1673659.417	163
71	31	Pozo	Pozo arte. 65	P. A. 65	SG_CHJ_PA_31	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 31	943.612	777579.058	1673690.266	164
72	32	Pozo	Pozo arte. 66	P. A. 66	SG_CHJ_PA_32	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 32	945.509	777568.485	1673693.020	165
73	33	Pozo	Pozo arte. 67	P. A. 67	SG_CHJ_PA_33	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 33	942.519	777545.616	1673771.804	166
74	34	Pozo	Pozo arte. 68	P. A. 68	SG_CHJ_PA_34	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 34	942.406	777585.443	1673723.446	167
75	35	Pozo	Pozo arte. 69	P. A. 69	SG_CHJ_PA_35	San Gabriel, Chihuahua Pozo Artesanal 35	950.376	777578.091	1673607.88	544

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. Mapa de pozos, Chihuahuez



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

Apéndice 8. Inventario de pozos, aldea San Gabriel (Barrio El Rosario)

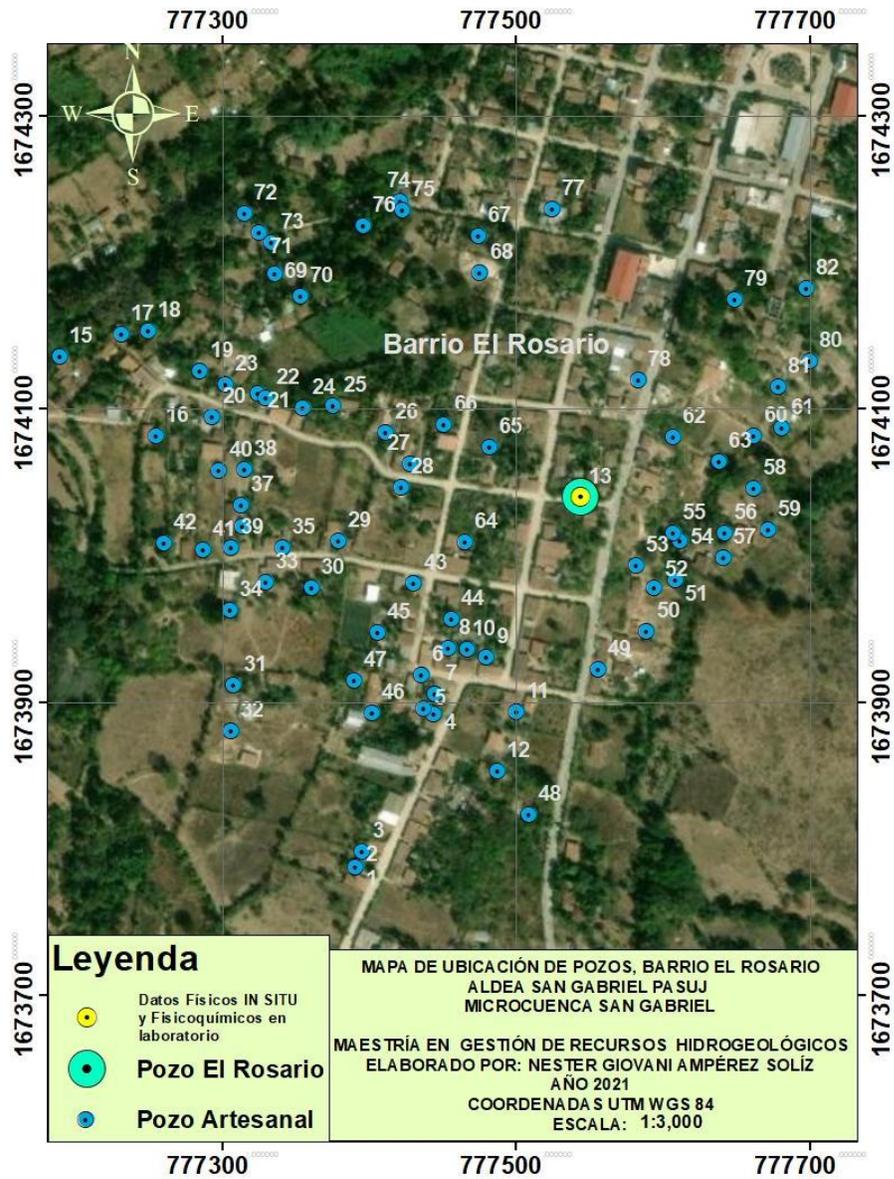
Núm. Gen.	Núm.	Categoría	Clasificación	Abreviatura	Referencia	Nombre	Elev	X	Y	Nombre GPS
76	1	Pozo	Pozo Arte. 70	P. A. 70	SG_ELRO_PA_1	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 1	942.860	777391.726	1673788.373	111
77	2	Pozo	Pozo Arte. 71	P. A. 71	SG_ELRO_PA_2	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 2	942.773	777391.622	1673788.040	112
78	3	Pozo	Pozo Arte. 72	P. A. 72	SG_ELRO_PA_3	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 3	943.074	777395.584	1673798.715	113
79	4	Pozo	Pozo Arte. 73	P. A. 73	SG_ELRO_PA_4	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 4	941.991	777444.824	1673891.855	114
80	5	Pozo	Pozo Arte. 74	P. A. 74	SG_ELRO_PA_5	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 5	942.229	777437.570	1673895.867	115
81	6	Pozo	Pozo Arte. 75	P. A. 75	SG_ELRO_PA_6	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 6	942.174	777436.552	1673918.441	116
82	7	Pozo	Pozo Arte. 76	P. A. 76	SG_ELRO_PA_7	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 7	942.261	777445.092	1673905.588	117
83	8	Pozo	Pozo Arte. 77	P. A. 77	SG_ELRO_PA_8	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 8	941.550	777454.402	1673937.031	118
84	9	Pozo	Pozo Arte. 78	P. A. 78	SG_ELRO_PA_9	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 9	941.355	777480.822	1673931.141	119
85	10	Pozo	Pozo Arte. 79	P. A. 79	SG_ELRO_PA_10	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 10	942.849	777467.208	1673936.406	120
86	11	Pozo	Pozo Arte. 80	P. A. 80	SG_ELRO_PA_11	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 11	941.938	777501.161	1673893.625	121
87	12	Pozo	Pozo Arte. 81	P. A. 81	SG_ELRO_PA_12	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 12	941.707	777487.765	1673852.945	122
88	13	Pozo	Pozo Arte. DIS. 1	P. A. D. 1	SG_ELRO_PA_DI S_1	San Gabriel, El Rosario Pozo art. de Distribución 1	941.856	777543.532	1674040.273	POZSG
89	14	Pozo	Pozo Arte. 82	P. A. 82	SG_ELRO_PA_13	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 13	944.673	777151.316	1674074.300	124
90	15	Pozo	Pozo Arte. 83	P. A. 83	SG_ELRO_PA_14	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 14	945.919	777190.171	1674135.874	125
91	16	Pozo	Pozo Arte. 84	P. A. 84	SG_ELRO_PA_15	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 15	949.348	777255.553	1674081.837	126
92	17	Pozo	Pozo Arte. 85	P. A. 85	SG_ELRO_PA_16	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 16	943.946	777231.723	1674151.088	127
93	18	Pozo	Pozo Arte. 86	P. A. 86	SG_ELRO_PA_17	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 17	944.123	777250.086	1674153.518	128
94	19	Pozo	Pozo Arte. 87	P. A. 87	SG_ELRO_PA_18	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 18	944.522	777285.685	1674126.146	129
95	20	Pozo	Pozo Arte. 88	P. A. 88	SG_ELRO_PA_19	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 19	945.001	777294.116	1674095.134	130
96	21	Pozo	Pozo Arte. 89	P. A. 89	SG_ELRO_PA_20	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 20	945.572	777325.016	1674110.665	131
97	22	Pozo	Pozo Arte. 90	P. A. 90	SG_ELRO_PA_21	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 21	945.602	777330.533	1674107.962	132
98	23	Pozo	Pozo Arte. 91	P. A. 91	SG_ELRO_PA_22	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 22	942.876	777302.897	1674116.716	133
99	24	Pozo	Pozo Arte. 92	P. A. 92	SG_ELRO_PA_23	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 23	945.931	777355.461	1674100.948	134
100	25	Pozo	Pozo Arte. 93	P. A. 93	SG_ELRO_PA_24	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 24	947.227	777376.204	1674102.189	135
101	26	Pozo	Pozo Arte. 94	P. A. 94	SG_ELRO_PA_25	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 25	950.257	777411.692	1674084.227	136
102	27	Pozo	Pozo Arte. 95	P. A. 95	SG_ELRO_PA_26	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 26	950.206	777428.834	1674062.506	137
103	28	Pozo	Pozo Arte. 96	P. A. 96	SG_ELRO_PA_27	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 27	951.013	777422.455	1674047.041	138
104	29	Pozo	Pozo Arte. 97	P. A. 97	SG_ELRO_PA_28	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 28	945.012	777379.755	1674010.555	139
105	30	Pozo	Pozo arte. 98	P. A. 98	SG_ELRO_PA_29	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 29	944.601	777361.210	1673977.897	140
106	31	Pozo	Pozo Arte. 99	P. A. 99	SG_ELRO_PA_30	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 30	943.190	777308.531	1673911.953	141
107	32	Pozo	Pozo Arte. 100	P. A. 100	SG_ELRO_PA_31	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 31	943.379	777306.640	1673880.708	142
108	33	Pozo	Pozo Arte. 101	P. A. 101	SG_ELRO_PA_32	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 32	941.257	777330.402	1673981.963	143
109	34	Pozo	Pozo Arte. 102	P. A. 102	SG_ELRO_PA_33	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 33	940.862	777305.997	1673962.854	144
110	35	Pozo	Pozo arte. 103	P. A. 103	SG_ELRO_PA_34	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 34	941.391	777341.521	1674005.898	145
111	36	Pozo	Pozo Arte. 104	P. A. 104	SG_ELRO_PA_35	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 35	939.995	777314.142	1674020.191	146
112	37	Pozo	Pozo Arte. 105	P. A. 105	SG_ELRO_PA_36	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 36	940.244	777313.646	1674034.911	147
113	38	Pozo	Pozo Arte. 106	P. A. 106	SG_ELRO_PA_37	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 37	939.369	777315.621	1674059.071	148
114	39	Pozo	Pozo Arte. 107	P. A. 107	SG_ELRO_PA_38	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 38	939.607	777306.458	1674005.929	149
115	40	Pozo	Pozo Arte. 108	P. A. 108	SG_ELRO_PA_39	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 39	938.603	777298.641	1674057.875	150
116	41	Pozo	Pozo Arte. 109	P. A. 109	SG_ELRO_PA_40	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 40	937.348	777287.446	1674003.823	151

Continuación apéndice 8.

117	42	Pozo	Pozo arte. 110	P. A. 110	SG_ELRO_PA_41	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 41	936.555	777260.934	1674008.383	152
118	43	Pozo	Pozo arte. 111	P. A. 111	SG_ELRO_PA_42	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 42	946.945	777431.082	1673981.154	153
119	44	Pozo	Pozo arte. 112	P. A. 112	SG_ELRO_PA_43	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 43	947.464	777456.640	1673957.097	154
120	45	Pozo	Pozo arte. 113	P. A. 113	SG_ELRO_PA_44	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 44	946.050	777406.201	1673947.646	155
121	46	Pozo	Pozo arte. 114	P. A. 114	SG_ELRO_PA_45	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 45	947.229	777402.758	1673892.911	156
122	47	Pozo	Pozo arte. 115	P. A. 115	SG_ELRO_PA_46	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 46	946.587	777390.348	1673914.687	157
123	48	Pozo	Pozo arte. 116	P. A. 116	SG_ELRO_PA_47	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 47	948.220	777509.304	1673823.193	168
124	49	Pozo	Pozo arte. 117	P. A. 117	SG_ELRO_PA_48	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 48	944.514	777556.747	1673922.734	169
125	50	Pozo	Pozo arte. 118	P. A. 118	SG_ELRO_PA_49	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 49	940.076	777589.781	1673948.810	170
126	51	Pozo	Pozo arte. 119	P. A. 119	SG_ELRO_PA_50	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 50	935.592	777609.166	1673983.250	171
127	52	Pozo	Pozo arte. 120	P. A. 120	SG_ELRO_PA_51	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 51	936.998	777594.917	1673978.543	172
128	53	Pozo	Pozo arte. 121	P. A. 121	SG_ELRO_PA_52	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 52	938.523	777582.375	1673993.232	173
129	54	Pozo	Pozo arte. 122	P. A. 122	SG_ELRO_PA_53	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 53	934.496	777612.612	1674010.306	174
130	55	Pozo	Pozo arte. 123	P. A. 123	SG_ELRO_PA_54	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 54	934.702	777607.709	1674015.674	175
131	56	Pozo	Pozo arte. 124	P. A. 124	SG_ELRO_PA_55	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 55	935.116	777642.668	1674015.310	176
132	57	Pozo	Pozo arte. 125	P. A. 125	SG_ELRO_PA_56	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 56	935.929	777642.111	1673998.696	177
133	58	Pozo	Pozo arte. 126	P. A. 126	SG_ELRO_PA_57	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 57	934.647	777662.634	1674045.993	178
134	59	Pozo	Pozo arte. 127	P. A. 127	SG_ELRO_PA_58	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 58	935.201	777672.539	1674017.766	179
135	60	Pozo	Pozo arte. 128	P. A. 128	SG_ELRO_PA_59	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 59	936.834	777662.750	1674081.867	180
136	61	Pozo	Pozo arte. 129	P. A. 129	SG_ELRO_PA_60	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 60	937.055	777681.619	1674086.961	181
137	62	Pozo	Pozo arte. 130	P. A. 130	SG_ELRO_PA_61	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 61	946.335	777607.692	1674080.998	182
138	63	Pozo	Pozo arte. 131	P. A. 131	SG_ELRO_PA_62	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 62	934.578	777638.649	1674064.311	183
139	64	Pozo	Pozo arte. 132	P. A. 132	SG_ELRO_PA_63	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 63	948.996	777465.815	1674009.132	184
140	65	Pozo	Pozo arte. 133	P. A. 133	SG_ELRO_PA_64	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 64	949.072	777482.369	1674073.876	185
141	66	Pozo	Pozo arte. 134	P. A. 134	SG_ELRO_PA_65	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 65	948.326	777451.857	1674089.350	186
142	67	Pozo	Pozo arte. 135	P. A. 135	SG_ELRO_PA_66	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 66	935.360	777475.080	1674218.056	187
143	68	Pozo	Pozo arte. 136	P. A. 136	SG_ELRO_PA_67	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 67	936.452	777476.237	1674192.826	188
144	69	Pozo	Pozo arte. 137	P. A. 137	SG_ELRO_PA_68	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 68	930.151	777336.529	1674192.622	190
145	70	Pozo	Pozo arte. 138	P. A. 138	SG_ELRO_PA_69	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 69	931.991	777353.593	1674177.433	191
146	71	Pozo	Pozo arte. 139	P. A. 139	SG_ELRO_PA_70	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 70	929.191	777325.979	1674220.842	192
147	72	Pozo	Pozo arte. 140	P. A. 140	SG_ELRO_PA_71	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 71	929.173	777315.506	1674233.451	193
148	73	Pozo	Pozo arte. 141	P. A. 141	SG_ELRO_PA_72	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 72	930.004	777334.027	1674213.297	194
149	74	Pozo	Pozo arte. 142	P. A. 142	SG_ELRO_PA_73	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 73	932.484	777421.664	1674242.229	195
150	75	Pozo	Pozo arte. 143	P. A. 143	SG_ELRO_PA_74	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 74	930.669	777423.028	1674236.045	196
151	76	Pozo	Pozo arte. 144	P. A. 144	SG_ELRO_PA_75	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 75	929.079	777396.592	1674224.994	197
152	77	Pozo	Pozo arte. 145	P. A. 145	SG_ELRO_PA_76	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 76	941.050	777525.194	1674236.804	198
153	78	Pozo	Pozo arte. 146	P. A. 146	SG_ELRO_PA_77	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 77	947.837	777583.899	1674119.580	199
154	79	Pozo	Pozo arte. 147	P. A. 147	SG_ELRO_PA_78	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 78	949.154	777649.286	1674174.823	200
155	80	Pozo	Pozo arte. 148	P. A. 148	SG_ELRO_PA_79	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 79	942.320	777700.649	1674133.244	201
156	81	Pozo	Pozo arte. 149	P. A. 149	SG_ELRO_PA_80	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 80	941.074	777679.131	1674115.608	202
157	82	Pozo	Pozo arte. 150	P. A. 150	SG_ELRO_PA_81	San Gabriel, El Rosario Pozo Artesanal 81	944.973	777698.137	1674182.152	203

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 9. Mapa de pozos, Barrio el Rosario



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

Apéndice 10. Inventario de pozos, aldea San Gabriel (Barrio El Centro)

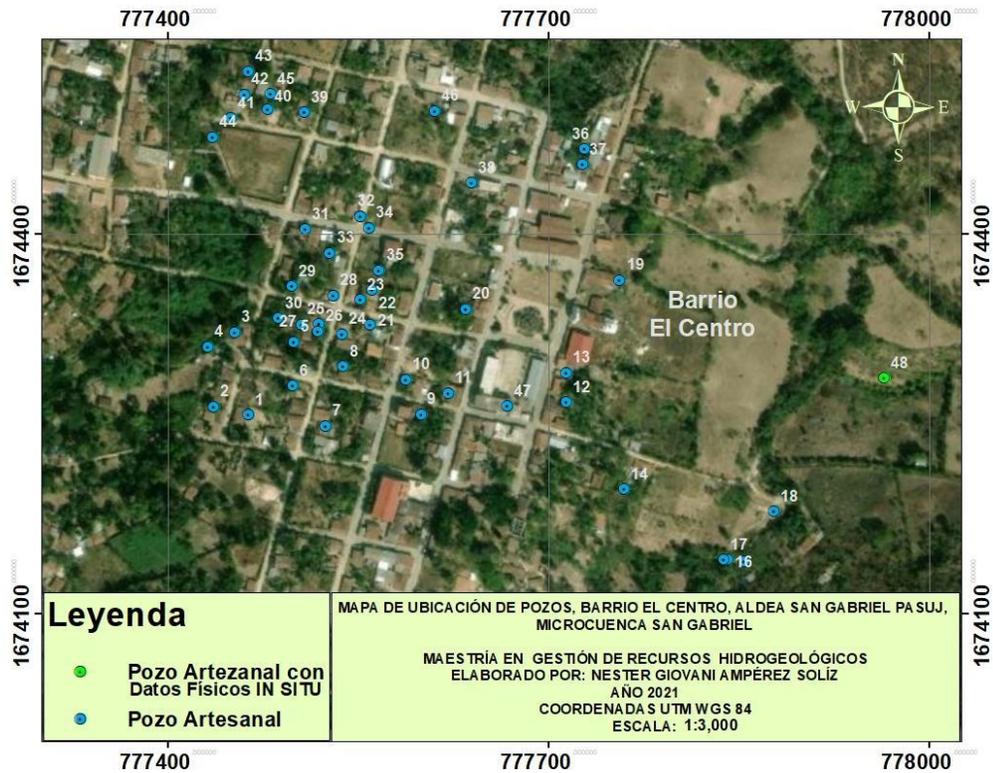
Núm. Gen.	Núm.	Categoría	Clasificación	Abreviatura	Referencia	Nombre	Elev	X	Y	Nombre GPS	
158	1	Pozo	Pozo 151	Arte.	P. A. 151	SG_EL_CENT_PA_1	San Gabriel, El Centro	934.904	777463.968	1674257.452	189
159	2	Pozo	Pozo 152	Arte.	P. A. 152	SG_EL_CENT_PA_2	Pozo Artesanal 1	935.392	777436.574	1674263.884	204
160	3	Pozo	Pozo 153	Arte.	P. A. 153	SG_EL_CENT_PA_3	San Gabriel, El Centro	931.479	777453.418	1674322.320	205
161	4	Pozo	Pozo 154	Arte.	P. A. 154	SG_EL_CENT_PA_4	Pozo Artesanal 2	929.966	777432.148	1674310.998	206
162	5	Pozo	Pozo 155	Arte.	P. A. 155	SG_EL_CENT_PA_5	San Gabriel, El Centro	938.225	777499.970	1674314.675	207
163	6	Pozo	Pozo 156	Arte.	P. A. 156	SG_EL_CENT_PA_6	Pozo Artesanal 3	940.652	777498.873	1674280.007	208
164	7	Pozo	Pozo 157	Arte.	P. A. 157	SG_EL_CENT_PA_7	San Gabriel, El Centro	942.024	777524.842	1674248.426	209
165	8	Pozo	Pozo 158	Arte.	P. A. 158	SG_EL_CENT_PA_8	Pozo Artesanal 4	939.811	777538.699	1674295.533	210
166	9	Pozo	Pozo 159	Arte.	P. A. 159	SG_EL_CENT_PA_9	San Gabriel, El Centro	945.617	777600.128	1674257.616	211
167	10	Pozo	Pozo 160	Arte.	P. A. 160	SG_EL_CENT_PA_10	Pozo Artesanal 5	943.862	777587.868	1674284.930	212
168	11	Pozo	Pozo 161	Arte.	P. A. 161	SG_EL_CENT_PA_11	San Gabriel, El Centro	947.350	777621.976	1674274.592	213
169	12	Pozo	Pozo 162	Arte.	P. A. 162	SG_EL_CENT_PA_12	Pozo Artesanal 6	951.971	777714.453	1674267.045	214
170	13	Pozo	Pozo 163	Arte.	P. A. 163	SG_EL_CENT_PA_13	San Gabriel, El Centro	952.826	777714.606	1674290.519	215
171	14	Pozo	Pozo 164	Arte.	P. A. 164	SG_EL_CENT_PA_14	Pozo Artesanal 7	944.219	777760.216	1674198.606	216
172	15	Pozo	Pozo 165	Arte.	P. A. 165	SG_EL_CENT_PA_15	San Gabriel, El Centro	931.229	777854.673	1674141.702	217
173	16	Pozo	Pozo 166	Arte.	P. A. 166	SG_EL_CENT_PA_16	Pozo Artesanal 8	930.633	777842.181	1674142.994	218
174	17	Pozo	Pozo 167	Arte.	P. A. 167	SG_EL_CENT_PA_17	San Gabriel, El Centro	930.419	777838.525	1674142.951	219
175	18	Pozo	Pozo 168	arte.	P. A. 168	SG_EL_CENT_PA_18	Pozo Artesanal 9	931.588	777878.191	1674181.284	220
176	19	Pozo	Pozo 169	arte.	P. A. 169	SG_EL_CENT_PA_19	San Gabriel, El Centro	948.743	777756.766	1674363.647	221
177	20	Pozo	Pozo 170	Arte.	P. A. 170	SG_EL_CENT_PA_20	Pozo Artesanal 10	945.549	777635.500	1674340.850	222
178	21	Pozo	Pozo 171	Arte.	P. A. 171	SG_EL_CENT_PA_21	San Gabriel, El Centro	936.492	777560.147	1674328.227	223
179	22	Pozo	Pozo 172	Arte.	P. A. 172	SG_EL_CENT_PA_22	Pozo Artesanal 11	936.136	777561.440	1674355.479	224
180	23	Pozo	Pozo 173	Arte.	P. A. 173	SG_EL_CENT_PA_23	San Gabriel, El Centro	934.291	777552.280	1674347.842	225
181	24	Pozo	Pozo 174	Arte.	P. A. 174	SG_EL_CENT_PA_24	Pozo Artesanal 12	935.091	777537.542	1674320.764	226
182	25	Pozo	Pozo 175	Arte.	P. A. 175	SG_EL_CENT_PA_25	San Gabriel, El Centro	933.367	777519.807	1674328.970	227
183	26	Pozo	Pozo 176	Arte.	P. A. 176	SG_EL_CENT_PA_26	Pozo Artesanal 13	934.166	777519.120	1674323.315	228
184	27	Pozo	Pozo 177	Arte.	P. A. 177	SG_EL_CENT_PA_27	San Gabriel, El Centro	933.920	777506.051	1674328.033	229
185	28	Pozo	Pozo 178	Arte.	P. A. 178	SG_EL_CENT_PA_28	Pozo Artesanal 14	932.012	777531.049	1674351.578	230
186	29	Pozo	Pozo 179	Arte.	P. A. 179	SG_EL_CENT_PA_29	San Gabriel, El Centro	930.940	777498.052	1674358.829	231
187	30	Pozo	Pozo 180	Arte.	P. A. 180	SG_EL_CENT_PA_30	Pozo Artesanal 15	930.934	777487.274	1674333.348	232
188	31	Pozo	Pozo 181	Arte.	P. A. 181	SG_EL_CENT_PA_31	San Gabriel, El Centro	929.737	777508.497	1674403.461	233
189	32	Pozo	Pozo 182	Arte.	P. A. 182	SG_EL_CENT_PA_32	Pozo Artesanal 16	931.901	777552.254	1674414.051	234
190	33	Pozo	Pozo 183	Arte.	P. A. 183	SG_EL_CENT_PA_33	San Gabriel, El Centro	930.860	777528.292	1674384.761	235
191	34	Pozo	Pozo 184	Arte.	P. A. 184	SG_EL_CENT_PA_34	Pozo Artesanal 17	932.797	777558.926	1674404.608	236
192	35	Pozo	Pozo 185	Arte.	P. A. 185	SG_EL_CENT_PA_35	San Gabriel, El Centro	935.447	777567.060	1674371.378	237
193	36	Pozo	Pozo 186	Arte.	P. A. 186	SG_EL_CENT_PA_36	Pozo Artesanal 18	946.022	777729.092	1674466.843	238
194	37	Pozo	Pozo 187	Arte.	P. A. 187	SG_EL_CENT_PA_37	San Gabriel, El Centro	946.845	777727.515	1674454.646	239
195	38	Pozo	Pozo 188	Arte.	P. A. 188	SG_EL_CENT_PA_38	Pozo Artesanal 19	941.402	777640.029	1674440.329	240
196	39	Pozo	Pozo 189	Arte.	P. A. 189	SG_EL_CENT_PA_39	San Gabriel, El Centro	930.482	777508.269	1674495.908	241
197	40	Pozo	Pozo 190	Arte.	P. A. 190	SG_EL_CENT_PA_40	Pozo Artesanal 20	927.754	777479.307	1674498.557	242
198	41	Pozo	Pozo 191	Arte.	P. A. 191	SG_EL_CENT_PA_41	San Gabriel, El Centro	924.191	777449.923	1674491.346	243
199	42	Pozo	Pozo 192	Arte.	P. A. 192	SG_EL_CENT_PA_42	Pozo Artesanal 21	925.868	777460.998	1674509.856	244
200	43	Pozo	Pozo 193	Arte.	P. A. 193	SG_EL_CENT_PA_43	San Gabriel, El Centro	924.408	777463.576	1674528.376	245
201	44	Pozo	Pozo comu. 1	Arte.	P. CO. 1	SG_EL_CENT_PAC_1	San Gabriel, El Centro	922.267	777435.689	1674476.232	246
202	45	Pozo	Pozo 194	Arte.	P. A. 194	SG_EL_CENT_PA_44	Pozo Artesanal 22	927.243	777481.213	1674510.205	247

Continuación apéndice 10.

203	46	Pozo	Pozo 195	Arte.	P. A. 195	SG_EL_CENT_PA_45	San Gabriel, El Centro Pozo Artesanal 45	944.133	777611.076	1674497.008	248
204	47	Pozo	Pozo 196	Arte.	P. A. 196	SG_EL_CENT_PA_46	San Gabriel, El Centro Pozo Artesanal 46	949.112	777667.916	1674264.171	425
205	48	Pozo	Pozo 197	Arte.	P. A. 197	SG_EL_CENT_PA_47	San Gabriel, El Centro Pozo Artesanal 47	929.024	777965.040	1674286.163	542

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 11. Mapa de pozos, Barrio el Centro



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

Apéndice 12. Inventario de pozos, aldea San Gabriel (Barrio San Juan)

Num. Gen.	Num.	Categoría	Clasificación	Abreviatura	Referencia	Nombre	Elev	X	Y	Nombre GPS
206	1	Pozo	Pozo arte. 198	P. A. 198	SG_SN_JUAN_PA_1	San Gabriel, San Juan Pozo Artesanal 1	946.941	77724.518	1674398.697	270
207	2	Pozo	Pozo arte. 199	P. A. 199	SG_SN_JUAN_PA_2	San Gabriel, San Juan Pozo Artesanal 2	944.087	777152.268	1674450.754	271
208	3	Pozo	Pozo arte. 200	P. A. 200	SG_SN_JUAN_PA_3	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 3	937.626	777163.719	1674364.086	272
209	4	Pozo	Pozo arte. 201	P. A. 201	SG_SN_JUAN_PA_4	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 4	932.129	777238.775	1674356.221	273
210	5	Pozo	Pozo arte. 202	P. A. 202	SG_SN_JUAN_PA_5	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 5	935.799	777267.970	1674425.321	274
211	6	Pozo	Pozo arte. 203	P. A. 203	SG_SN_JUAN_PA_6	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 6	935.856	777237.526	1674407.580	275
212	7	Pozo	Pozo arte. 204	P. A. 204	SG_SN_JUAN_PA_7	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 7	934.554	777306.863	1674419.578	276
213	8	Pozo	Pozo arte. 205	P. A. 205	SG_SN_JUAN_PA_8	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 8	933.314	777281.239	1674367.018	277
214	9	Pozo	Pozo arte. 206	P. A. 206	SG_SN_JUAN_PA_9	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 9	932.291	777281.219	1674350.410	278
215	10	Pozo	Pozo arte. 207	P. A. 207	SG_SN_JUAN_PA_10	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 10	929.874	777293.501	1674302.945	279
216	11	Pozo	Pozo arte. 208	P. A. 208	SG_SN_JUAN_PA_11	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 11	930.422	777323.529	1674337.732	280
217	12	Pozo	Pozo arte. 209	P. A. 209	SG_SN_JUAN_PA_12	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 12	932.593	777314.508	1674382.245	281
218	13	Pozo	Pozo arte. 210	P. A. 210	SG_SN_JUAN_PA_13	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 13	931.695	777327.329	1674371.214	282
219	14	Pozo	Pozo arte. 211	P. A. 211	SG_SN_JUAN_PA_14	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 14	931.786	777326.636	1674366.112	283
220	15	Pozo	Pozo arte. 212	P. A. 212	SG_SN_JUAN_PA_15	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 15	929.917	777340.668	1674352.770	284
221	16	Pozo	Pozo arte. 213	P. A. 213	SG_SN_JUAN_PA_16	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 16	928.509	777378.297	1674363.066	285
222	17	Pozo	Pozo arte. 214	P. A. 214	SG_SN_JUAN_PA_17	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 17	928.759	777368.281	1674391.625	286
223	18	Pozo	Pozo arte. 215	P. A. 215	SG_SN_JUAN_PA_18	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 18	925.788	777373.487	1674433.648	287
224	19	Pozo	Pozo arte. 216	P. A. 216	SG_SN_JUAN_PA_19	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 19	924.918	777393.152	1674435.098	288
225	20	Pozo	Pozo arte. 217	P. A. 217	SG_SN_JUAN_PA_20	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 20	923.814	777402.388	1674408.855	289
226	21	Pozo	Pozo arte. 218	P. A. 218	SG_SN_JUAN_PA_21	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 21	923.647	777409.740	1674432.968	290
227	22	Pozo	Pozo arte. 219	P. A. 219	SG_SN_JUAN_PA_22	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 22	932.770	777118.784	1674042.031	291
228	23	Pozo	Pozo arte. 220	P. A. 220	SG_SN_JUAN_PA_23	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 23	938.505	777090.832	1674059.307	292
229	24	Pozo	Pozo arte. 221	P. A. 221	SG_SN_JUAN_PA_24	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 24	940.894	776973.186	1674030.356	293
230	25	Pozo	Pozo arte. 222	P. A. 222	SG_SN_JUAN_PA_25	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 25	932.479	777230.274	1674228.574	294
231	26	Pozo	Pozo arte. 223	P. A. 223	SG_SN_JUAN_PA_26	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 26	929.692	777251.703	1674226.390	295
232	27	Pozo	Pozo arte. 224	P. A. 224	SG_SN_JUAN_PA_27	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 27	928.688	777229.825	1674202.771	296
233	28	Pozo	Pozo arte. 225	P. A. 225	SG_SN_JUAN_PA_28	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 28	933.270	777201.687	1674217.609	297
234	29	Pozo	Pozo arte. 226	P. A. 226	SG_SN_JUAN_PA_29	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 29	933.617	777329.808	1674462.253	298
235	30	Pozo	Pozo arte. 227	P. A. 227	SG_SN_JUAN_PA_30	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 30	932.534	777349.826	1674506.776	299

Continuación apéndice 12.

236	31	Pozo	Pozo arte. 228	P. A. 228	SG_SN_JUAN_PA_31	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 31	933.645	777312.666	1674511.432	300
237	32	Pozo	Pozo arte. 229	P. A. 229	SG_SN_JUAN_PA_32	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 32	930.378	777380.343	1674509.128	301
238	33	Pozo	Pozo arte. 230	P. A. 230	SG_SN_JUAN_PA_33	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 33	925.665	777413.452	1674537.973	302
239	34	Pozo	Pozo arte. 231	P. A. 231	SG_SN_JUAN_PA_34	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 34	925.085	777413.715	1674561.337	303
240	35	Pozo	Pozo arte. 232	P. A. 232	SG_SN_JUAN_PA_35	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 35	929.464	777396.854	1674568.336	304
241	36	Pozo	Pozo arte. 233	P. A. 233	SG_SN_JUAN_PA_36	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 36	928.981	777394.277	1674540.626	305
242	37	Pozo	Pozo arte. 234	P. A. 234	SG_SN_JUAN_PA_37	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 37	931.987	777353.234	1674537.043	306
243	38	Pozo	Pozo arte. 235	P. A. 235	SG_SN_JUAN_PA_38	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 38	935.185	777295.232	1674521.524	307
244	39	Pozo	Pozo arte. 236	P. A. 236	SG_SN_JUAN_PA_39	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 39	933.435	777278.959	1674542.591	308
245	40	Pozo	Pozo arte. 237	P. A. 237	SG_SN_JUAN_PA_40	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 40	933.075	777295.759	1674549.874	309
246	41	Pozo	Pozo arte. 238	P. A. 238	SG_SN_JUAN_PA_41	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 41	938.646	777280.334	1674489.683	310
247	42	Pozo	Pozo arte. 239	P. A. 239	SG_SN_JUAN_PA_42	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 42	931.691	777328.708	1674573.956	311
248	43	Pozo	Pozo arte. 240	P. A. 240	SG_SN_JUAN_PA_43	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 43	932.247	777340.770	1674581.737	312
249	44	Pozo	Pozo arte. 241	P. A. 241	SG_SN_JUAN_PA_44	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 44	931.655	777358.340	1674605.859	313
250	45	Pozo	Pozo arte. 242	P. A. 242	SG_SN_JUAN_PA_45	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 45	930.296	777342.529	1674615.084	314
251	46	Pozo	Pozo arte. 243	P. A. 243	SG_SN_JUAN_PA_46	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 46	930.482	777296.378	1674588.633	315
252	47	Pozo	Pozo arte. 244	P. A. 244	SG_SN_JUAN_PA_47	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 47	928.609	777291.013	1674615.032	316
253	48	Pozo	Pozo arte. 245	P. A. 245	SG_SN_JUAN_PA_48	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 48	930.102	777252.887	1674637.834	317
254	49	Pozo	Pozo arte. 246	P. A. 246	SG_SN_JUAN_PA_49	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 49	930.266	777243.488	1674641.377	318
255	50	Pozo	Pozo arte. 247	P. A. 247	SG_SN_JUAN_PA_50	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 50	933.651	777220.058	1674594.268	319
256	51	Pozo	Pozo arte. 248	P. A. 248	SG_SN_JUAN_PA_51	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 51	931.430	777220.770	1674652.625	320
257	52	Pozo	Pozo arte. 249	P. A. 249	SG_SN_JUAN_PA_52	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 52	933.108	777216.116	1674664.306	321
258	53	Pozo	Pozo arte. 250	P. A. 250	SG_SN_JUAN_PA_53	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 53	933.938	777183.072	1674620.737	322
259	54	Pozo	Pozo arte. 251	P. A. 251	SG_SN_JUAN_PA_54	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 54	932.068	777209.078	1674613.404	323
260	55	Pozo	Pozo arte. 252	P. A. 252	SG_SN_JUAN_PA_55	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 55	936.010	777172.232	1674682.834	324
261	56	Pozo	Pozo arte. Comu. 2	P. CO. 2	SG_SN_JUAN_PAC_2	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL COMUNITARIO 2	944.505	777133.615	1674573.654	325
262	57	Pozo	Pozo arte. 253	P. A. 253	SG_SN_JUAN_PA_56	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 56	940.873	777273.255	1674469.781	326
263	58	Pozo	Pozo arte. 254	P. A. 254	SG_SN_JUAN_PA_57	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 57	936.504	777211.199	1674533.711	327
264	59	Pozo	Pozo arte. 255	P. A. 255	SG_SN_JUAN_PA_58	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 58	935.512	777236.323	1674519.060	328
265	60	Pozo	Pozo arte. 256	P. A. 256	SG_SN_JUAN_PA_59	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 59	932.547	777246.272	1674578.411	329
266	61	Pozo	Pozo arte. 257	P. A. 257	SG_SN_JUAN_PA_60	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 60	947.632	777005.153	1674550.111	330

Continuación apéndice 12.

267	62	Pozo	Pozo arte. 258	P. A. 258	SG_SN_JUAN_PA_61	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 61	946.929	776979.682	1674630.968	331
268	63	Pozo	Pozo arte. 259	P. A. 259	SG_SN_JUAN_PA_62	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 62	948.401	777107.534	1674532.492	332
269	64	Pozo	Pozo arte. 260	P. A. 260	SG_SN_JUAN_PA_63	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 63	938.453	777153.734	1674710.296	333
270	65	Pozo	Pozo arte. 261	P. A. 261	SG_SN_JUAN_PA_64	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 64	937.477	777161.989	1674730.765	334
271	66	Pozo	Pozo arte. 262	P. A. 262	SG_SN_JUAN_PA_65	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 65	929.861	777235.646	1674722.885	335
272	67	Pozo	Pozo arte. 263	P. A. 263	SG_SN_JUAN_PA_66	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 66	929.914	777251.966	1674743.559	336
273	68	Pozo	Pozo arte. 264	P. A. 264	SG_SN_JUAN_PA_67	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 67	932.335	777224.018	1674687.429	337
274	69	Pozo	Pozo arte. 265	P. A. 265	SG_SN_JUAN_PA_68	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 68	929.477	777242.543	1674721.748	338
275	70	Pozo	Pozo arte. 266	P. A. 266	SG_SN_JUAN_PA_69	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 69	929.414	777251.868	1674715.325	339
276	71	Pozo	Pozo arte. 267	P. A. 267	SG_SN_JUAN_PA_70	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 70	929.466	777273.487	1674715.136	340
277	72	Pozo	Pozo arte. 268	P. A. 268	SG_SN_JUAN_PA_71	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 71	929.183	777289.293	1674715.544	341
278	73	Pozo	Pozo arte. 269	P. A. 269	SG_SN_JUAN_PA_72	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 72	929.741	777281.718	1674701.172	342
279	74	Pozo	Pozo arte. 270	P. A. 270	SG_SN_JUAN_PA_73	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 73	931.221	777231.773	1674686.413	343
280	75	Pozo	Pozo arte. 271	P. A. 271	SG_SN_JUAN_PA_74	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 74	929.001	777304.645	1674699.560	344
281	76	Pozo	Pozo arte. 272	P. A. 272	SG_SN_JUAN_PA_75	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 75	928.264	777341.637	1674690.916	345
282	77	Pozo	Pozo arte. 273	P. A. 273	SG_SN_JUAN_PA_76	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 76	930.868	777321.739	1674727.551	346
283	78	Pozo	Pozo arte. 274	P. A. 274	SG_SN_JUAN_PA_77	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 77	931.425	777307.062	1674731.807	347
284	79	Pozo	Pozo arte. 275	P. A. 275	SG_SN_JUAN_PA_78	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 78	931.502	777307.417	1674756.502	348
285	80	Pozo	Pozo arte. 276	P. A. 276	SG_SN_JUAN_PA_79	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 79	932.875	777292.242	1674748.241	349
286	81	Pozo	Pozo arte. 277	P. A. 277	SG_SN_JUAN_PA_80	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 80	932.272	777316.089	1674787.273	350
287	82	Pozo	Pozo arte. 278	P. A. 278	SG_SN_JUAN_PA_81	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 81	934.542	777300.141	1674817.311	351
288	83	Pozo	Pozo arte. 279	P. A. 279	SG_SN_JUAN_PA_82	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 82	936.039	777287.268	1674814.503	352
289	84	Pozo	Pozo arte. 280	P. A. 280	SG_SN_JUAN_PA_83	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 83	938.612	777255.152	1674801.835	353
290	85	Pozo	Pozo arte. 281	P. A. 281	SG_SN_JUAN_PA_84	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 84	935.481	777229.884	1674801.316	354
291	86	Pozo	Pozo arte. 282	P. A. 282	SG_SN_JUAN_PA_85	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 85	941.504	777244.146	1674841.453	355
292	87	Pozo	Pozo arte. 283	P. A. 283	SG_SN_JUAN_PA_86	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 86	933.922	777219.824	1674787.912	356
293	88	Pozo	Pozo arte. 284	P. A. 284	SG_SN_JUAN_PA_87	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 87	942.795	777034.136	1674893.457	357
294	89	Pozo	Pozo arte. 285	P. A. 285	SG_SN_JUAN_PA_88	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 88	949.684	777001.957	1674931.941	358
295	90	Pozo	Pozo arte. 286	P. A. 286	SG_SN_JUAN_PA_89	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 89	949.090	777004.075	1674907.276	359
296	91	Pozo	Pozo arte. 287	P. A. 287	SG_SN_JUAN_PA_90	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 90	938.030	777057.694	1674865.612	360
297	92	Pozo	Pozo arte. 288	P. A. 288	SG_SN_JUAN_PA_91	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 91	938.464	777056.497	1674857.626	361

Continuación apéndice 12.

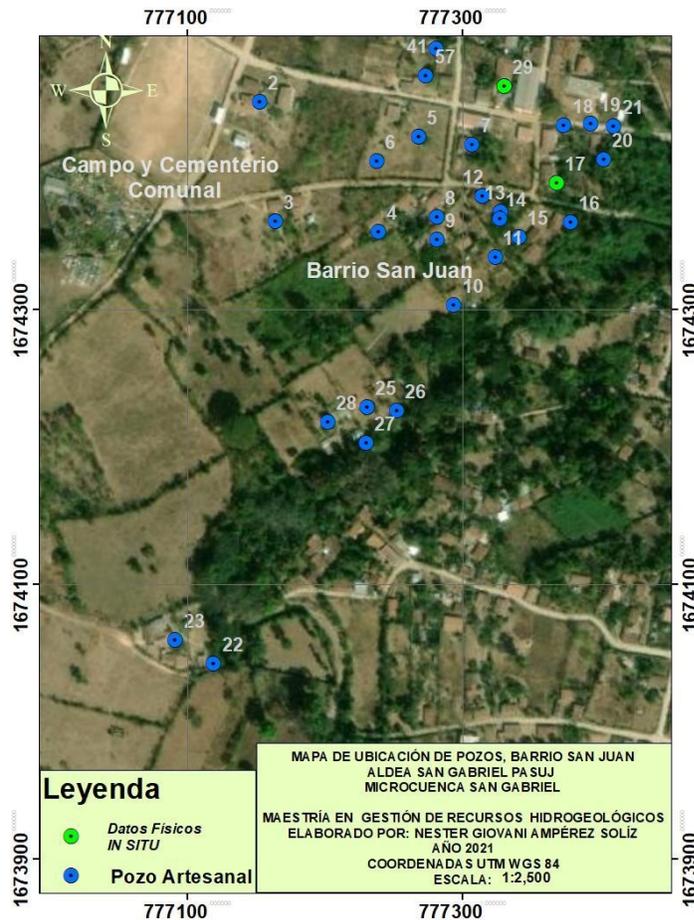
298	93	Pozo	Pozo arte. 289	P. A. 289	SG_SN_JUAN_PA_92	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 92	948.572	777091.842	1674906.647	362
299	94	Pozo	Pozo arte. 290	P. A. 290	SG_SN_JUAN_PA_93	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 93	936.453	777298.907	1674858.152	363
300	95	Pozo	Pozo arte. 291	P. A. 291	SG_SN_JUAN_PA_94	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 94	936.015	777298.173	1674874.862	364
301	96	Pozo	Pozo arte. 292	P. A. 292	SG_SN_JUAN_PA_95	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 95	933.631	777327.566	1674863.029	365
302	97	Pozo	Pozo arte. 293	P. A. 293	SG_SN_JUAN_PA_96	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 96	933.522	777330.492	1674879.449	366
303	98	Pozo	Pozo arte. 294	P. A. 294	SG_SN_JUAN_PA_97	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 97	929.239	777364.197	1674875.860	367
304	99	Pozo	Pozo arte. 295	P. A. 295	SG_SN_JUAN_PA_98	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 98	926.012	777386.725	1674871.586	368
305	100	Pozo	Pozo arte. 296	P. A. 296	SG_SN_JUAN_PA_99	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 99	926.638	777384.311	1674857.385	369
306	101	Pozo	Pozo arte. 297	P. A. 297	SG_SN_JUAN_PA_100	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 100	929.781	777375.761	1674925.930	370
307	102	Pozo	Pozo arte. 298	P. A. 298	SG_SN_JUAN_PA_101	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 101	933.479	777328.399	1674938.438	371
308	103	Pozo	Pozo arte. 299	P. A. 299	SG_SN_JUAN_PA_102	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 102	935.085	777317.190	1674913.062	372
309	104	Pozo	Pozo arte. 300	P. A. 300	SG_SN_JUAN_PA_103	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 103	934.946	777321.411	1674901.708	373
310	105	Pozo	Pozo arte. 301	P. A. 301	SG_SN_JUAN_PA_104	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 104	936.400	777292.531	1674906.461	374
311	106	Pozo	Pozo arte. 302	P. A. 302	SG_SN_JUAN_PA_105	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 105	942.894	777263.931	1674869.255	375
312	107	Pozo	Pozo arte. 303	P. A. 303	SG_SN_JUAN_PA_106	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 106	937.982	777279.528	1674932.991	376
313	108	Pozo	Pozo arte. 304	P. A. 304	SG_SN_JUAN_PA_107	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 107	936.947	777290.429	1674938.877	377
314	109	Pozo	Pozo arte. 305	P. A. 305	SG_SN_JUAN_PA_108	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 108	923.478	777401.770	1675018.797	378
315	110	Pozo	Pozo arte. 306	P. A. 306	SG_SN_JUAN_PA_109	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 109	932.482	777308.900	1675069.189	379
316	111	Pozo	Pozo arte. 307	P. A. 307	SG_SN_JUAN_PA_110	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 110	932.226	777335.344	1675097.733	380
317	112	Pozo	Pozo arte. 308	P. A. 308	SG_SN_JUAN_PA_111	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 111	931.197	777349.129	1675096.124	381
318	113	Pozo	Pozo arte. 309	P. A. 309	SG_SN_JUAN_PA_112	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 112	945.574	777075.415	1674986.614	382
319	114	Pozo	Pozo arte. 310	P. A. 310	SG_SN_JUAN_PA_113	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 113	946.202	777131.124	1675014.174	383
320	115	Pozo	Pozo arte. 311	P. A. 311	SG_SN_JUAN_PA_114	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 114	946.699	777145.728	1675006.927	384
321	116	Pozo	Pozo arte. 312	P. A. 312	SG_SN_JUAN_PA_115	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 115	944.465	777046.648	1675109.948	385
322	117	Pozo	Pozo arte. 313	P. A. 313	SG_SN_JUAN_PA_116	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 116	942.181	777083.772	1675163.087	386
323	118	Pozo	Pozo arte. 314	P. A. 314	SG_SN_JUAN_PA_117	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 117	938.544	777148.639	1675125.209	387
324	119	Pozo	Pozo arte. 315	P. A. 315	SG_SN_JUAN_PA_118	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 118	944.797	777183.980	1675165.373	388
325	120	Pozo	Pozo arte. 316	P. A. 316	SG_SN_JUAN_PA_119	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 119	945.767	777227.558	1675218.477	389
326	121	Pozo	Pozo arte. 317	P. A. 317	SG_SN_JUAN_PA_120	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 120	945.053	777228.736	1675200.554	390
327	122	Pozo	Pozo arte. 318	P. A. 318	SG_SN_JUAN_PA_121	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 121	941.308	777323.077	1675189.596	391
328	123	Pozo	Pozo arte. 319	P. A. 319	SG_SN_JUAN_PA_122	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 122	941.728	777280.922	1675107.057	392

Continuación apéndice 12.

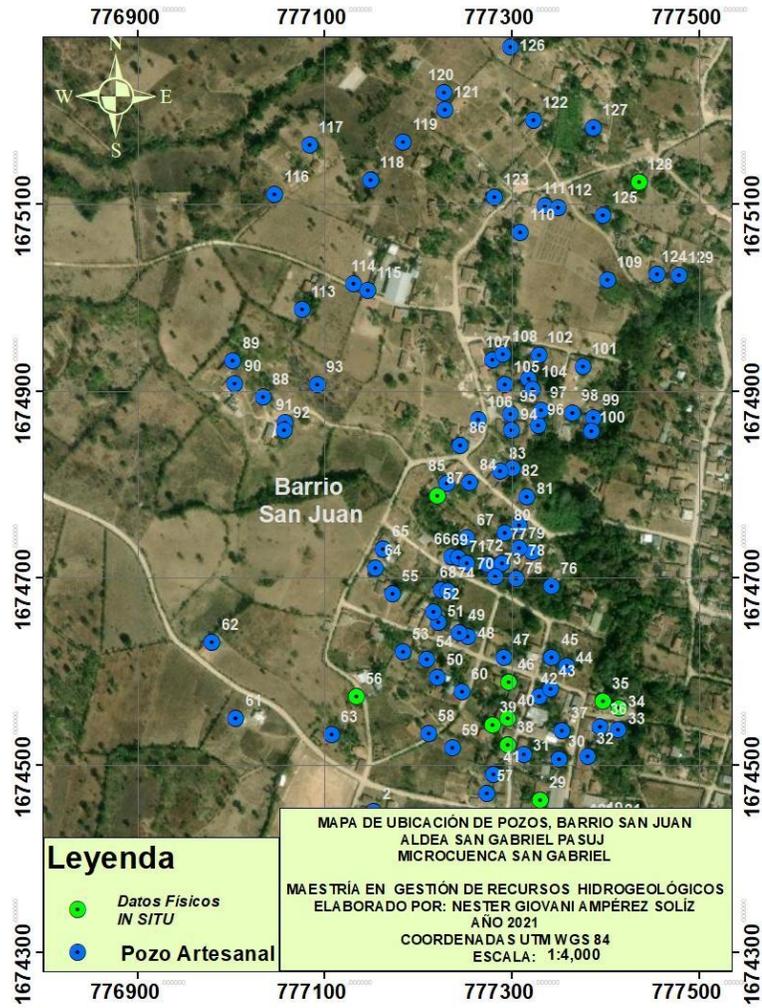
329	124	Pozo	Pozo arte. 320	P. A. 320	SG_SN_JUAN_PA_12 3	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 123	927.423	777455.150	1675024.851	393
330	125	Pozo	Pozo arte. 321	P. A. 321	SG_SN_JUAN_PA_12 4	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 124	929.221	777397.409	1675087.724	394
331	126	Pozo	Pozo arte. 322	P. A. 322	SG_SN_JUAN_PA_12 5	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 125	947.159	777298.612	1675267.143	395
332	127	Pozo	Pozo arte. 323	P. A. 323	SG_SN_JUAN_PA_12 6	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 126	936.930	777386.844	1675181.268	396
333	128	Pozo	Pozo arte. 324	P. A. 324	SG_SN_JUAN_PA_12 7	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 127	934.615	777435.066	1675123.044	397
334	129	Pozo	Pozo arte. 325	P. A. 325	SG_SN_JUAN_PA_12 8	SAN GABRIEL, SAN JUAN POZO ARTESANAL 128	928.210	777478.071	1675023.792	398

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 13. Mapa de pozos, Barrio San Juan



Continuación apéndice 13.



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

Apéndice 14. Inventario de pozos, aldea San Gabriel (Barrio San José)

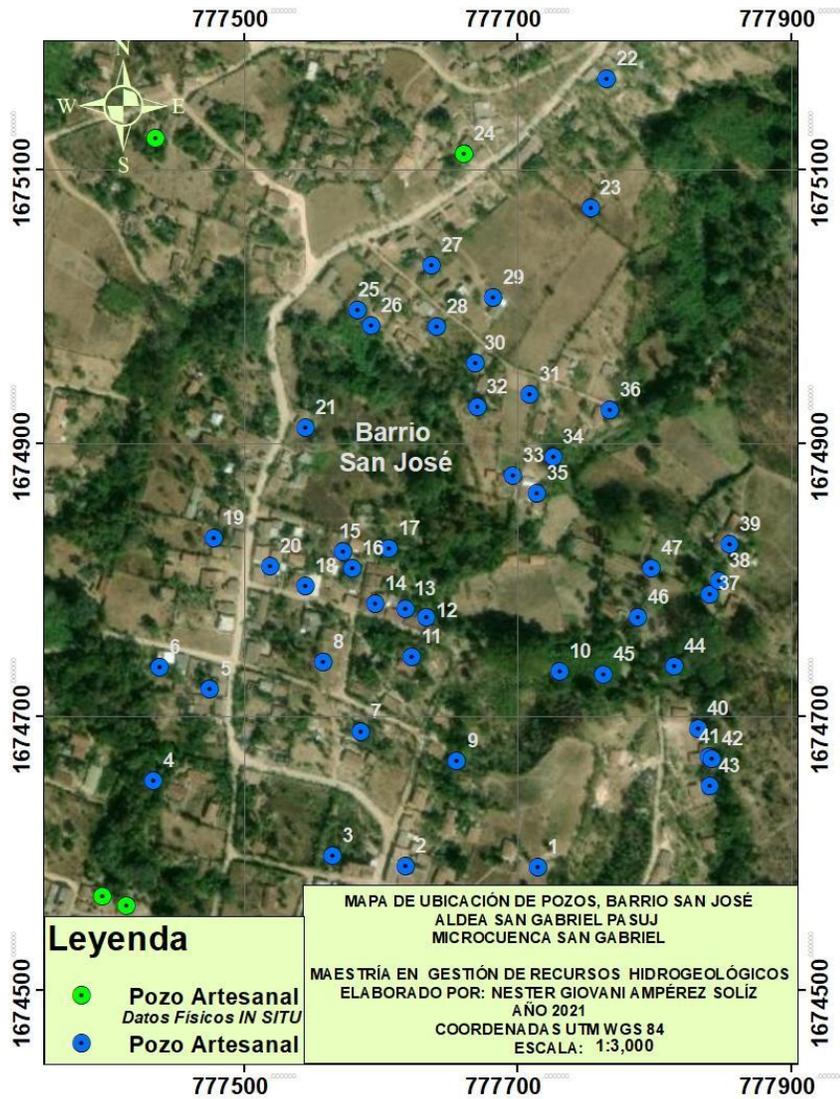
Num. Gen.	Num.	Categoría	Clasificación	Abreviatura	Referencia	Nombre	Elev	X	Y	Nombre GPS
335	1	Pozo	Pozo arte. 326	P. A. 326	SG_SN_JOSÉ_PA_1	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 1	944.532	777715.058	1674590.019	249
336	2	Pozo	Pozo arte. 327	P. A. 327	SG_SN_JOSÉ_PA_2	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 2	943.434	777618.258	1674590.318	250
337	3	Pozo	Pozo arte. 328	P. A. 328	SG_SN_JOSÉ_PA_3	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 3	936.362	777564.609	1674597.879	251
338	4	Pozo	Pozo arte. 329	P. A. 329	SG_SN_JOSÉ_PA_4	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 4	924.135	777433.502	1674652.913	252
339	5	Pozo	Pozo arte. 330	P. A. 330	SG_SN_JOSÉ_PA_5	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 5	933.326	777475.297	1674720.390	253
340	6	Pozo	Pozo arte. 331	P. A. 331	SG_SN_JOSÉ_PA_6	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 6	927.621	777438.224	1674736.008	254
341	7	Pozo	Pozo arte. 332	P. A. 332	SG_SN_JOSÉ_PA_7	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 7	936.592	777585.367	1674689.135	255
342	8	Pozo	Pozo arte. 333	P. A. 333	SG_SN_JOSÉ_PA_8	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 8	932.784	777557.987	1674740.075	256
343	9	Pozo	Pozo arte. 334	P. A. 334	SG_SN_JOSÉ_PA_9	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 9	932.033	777655.854	1674667.378	257
344	10	Pozo	Pozo arte. 335	P. A. 335	SG_SN_JOSÉ_PA_10	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 10	914.822	777730.903	1674733.033	258
345	11	Pozo	Pozo arte. 336	P. A. 336	SG_SN_JOSÉ_PA_11	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 11	925.162	777622.693	1674743.384	259
346	12	Pozo	Pozo arte. 337	P. A. 337	SG_SN_JOSÉ_PA_12	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 12	921.539	777633.320	1674772.517	260
347	13	Pozo	Pozo arte. 338	P. A. 338	SG_SN_JOSÉ_PA_13	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 13	922.233	777617.971	1674779.090	261
348	14	Pozo	Pozo arte. 339	P. A. 339	SG_SN_JOSÉ_PA_14	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 14	923.759	777595.988	1674782.707	262
349	15	Pozo	Pozo arte. 340	P. A. 340	SG_SN_JOSÉ_PA_15	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 15	925.018	777572.629	1674820.962	263
350	16	Pozo	Pozo arte. 341	P. A. 341	SG_SN_JOSÉ_PA_16	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 16	923.967	777579.124	1674808.305	264
351	17	Pozo	Pozo arte. 342	P. A. 342	SG_SN_JOSÉ_PA_17	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 17	919.616	777606.057	1674822.684	265
352	18	Pozo	Pozo arte. 343	P. A. 343	SG_SN_JOSÉ_PA_18	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 18	927.631	777544.962	1674795.835	266
353	19	Pozo	Pozo arte. 344	P. A. 344	SG_SN_JOSÉ_PA_19	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 19	927.964	777477.659	1674830.362	267
354	20	Pozo	Pozo arte. 345	P. A. 345	SG_SN_JOSÉ_PA_20	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 20	927.655	777519.416	1674809.817	268
355	21	Pozo	Pozo arte. 346	P. A. 346	SG_SN_JOSÉ_PA_21	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 21	924.445	777545.112	1674910.984	269
356	22	Pozo	Pozo arte. 347	P. A. 347	SG_SN_JOSÉ_PA_22	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 22	935.081	777765.480	1675166.573	399
357	23	Pozo	Pozo arte. 348	P. A. 348	SG_SN_JOSÉ_PA_23	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 23	928.651	777753.584	1675071.768	400
358	24	Pozo	Pozo arte. 349	P. A. 349	SG_SN_JOSÉ_PA_24	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 24	936.650	777660.943	1675111.753	401
359	25	Pozo	Pozo arte. 350	P. A. 350	SG_SN_JOSÉ_PA_25	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 25	921.953	777583.135	1674997.350	402
360	26	Pozo	Pozo arte. 351	P. A. 351	SG_SN_JOSÉ_PA_26	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 26	922.636	777593.164	1674985.953	403
361	27	Pozo	Pozo arte. 352	P. A. 352	SG_SN_JOSÉ_PA_27	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 27	930.253	777637.172	1675029.873	404
362	28	Pozo	Pozo arte. 353	P. A. 353	SG_SN_JOSÉ_PA_28	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 28	924.489	777641.353	1674985.303	405
363	29	Pozo	Pozo arte. 354	P. A. 354	SG_SN_JOSÉ_PA_29	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 29	928.695	777682.293	1675006.711	406
364	30	Pozo	Pozo arte. 355	P. A. 355	SG_SN_JOSÉ_PA_30	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 30	927.343	777668.985	1674958.613	407
365	31	Pozo	Pozo arte. 356	P. A. 356	SG_SN_JOSÉ_PA_31	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 31	928.425	777709.160	1674935.393	408
366	32	Pozo	Pozo arte. 357	P. A. 357	SG_SN_JOSÉ_PA_32	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 32	929.161	777670.544	1674926.744	409
367	33	Pozo	Pozo arte. 358	P. A. 358	SG_SN_JOSÉ_PA_33	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 33	926.663	777696.954	1674876.014	410
368	34	Pozo	Pozo arte. 359	P. A. 359	SG_SN_JOSÉ_PA_34	SAN GABRIEL SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 34	922.759	777726.154	1674889.644	411

Continuación apéndice 14.

369	35	Pozo	Pozo arte. 360	P. A. 360	SG_SN_JOSÉ_PA_35	SAN GABRIEL, SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 35	922.786	777714.099	1674863.041	412
370	36	Pozo	Pozo arte. 361	P. A. 361	SG_SN_JOSÉ_PA_36	SAN GABRIEL, SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 36	918.777	777767.474	1674924.344	413
371	37	Pozo	Pozo arte. 362	P. A. 362	SG_SN_JOSÉ_PA_37	SAN GABRIEL, SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 37	915.916	777840.373	1674789.240	414
372	38	Pozo	Pozo arte. 363	P. A. 363	SG_SN_JOSÉ_PA_38	SAN GABRIEL, SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 38	916.431	777847.351	1674799.398	415
373	39	Pozo	Pozo arte. 364	P. A. 364	SG_SN_JOSÉ_PA_39	SAN GABRIEL, SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 39	921.852	777855.431	1674825.623	416
374	40	Pozo	Pozo arte. 365	P. A. 365	SG_SN_JOSÉ_PA_40	SAN GABRIEL, SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 40	917.176	777831.958	1674691.044	417
375	41	Pozo	Pozo arte. 366	P. A. 366	SG_SN_JOSÉ_PA_41	SAN GABRIEL, SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 41	917.242	777840.158	1674670.547	418
376	42	Pozo	Pozo arte. 367	P. A. 367	SG_SN_JOSÉ_PA_42	SAN GABRIEL, SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 42	917.446	777842.436	1674668.913	419
377	43	Pozo	Pozo arte. 368	P. A. 368	SG_SN_JOSÉ_PA_43	SAN GABRIEL, SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 43	918.446	777840.409	1674649.291	420
378	44	Pozo	Pozo arte. 369	P. A. 369	SG_SN_JOSÉ_PA_44	SAN GABRIEL, SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 44	914.843	777814.856	1674736.790	421
379	45	Pozo	Pozo arte. 370	P. A. 370	SG_SN_JOSÉ_PA_45	SAN GABRIEL, SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 45	917.031	777762.976	1674731.086	422
380	46	Pozo	Pozo arte. 371	P. A. 371	SG_SN_JOSÉ_PA_46	SAN GABRIEL, SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 46	917.020	777788.402	1674773.016	423
381	47	Pozo	Pozo arte. 372	P. A. 372	SG_SN_JOSÉ_PA_47	SAN GABRIEL, SAN JOSÉ POZO ARTESANAL 47	915.865	777798.205	1674808.119	424

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 15. **Mapa de pozos, Barrio San José**



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

Apéndice 16. Inventario de pozos del caserío Chilajón

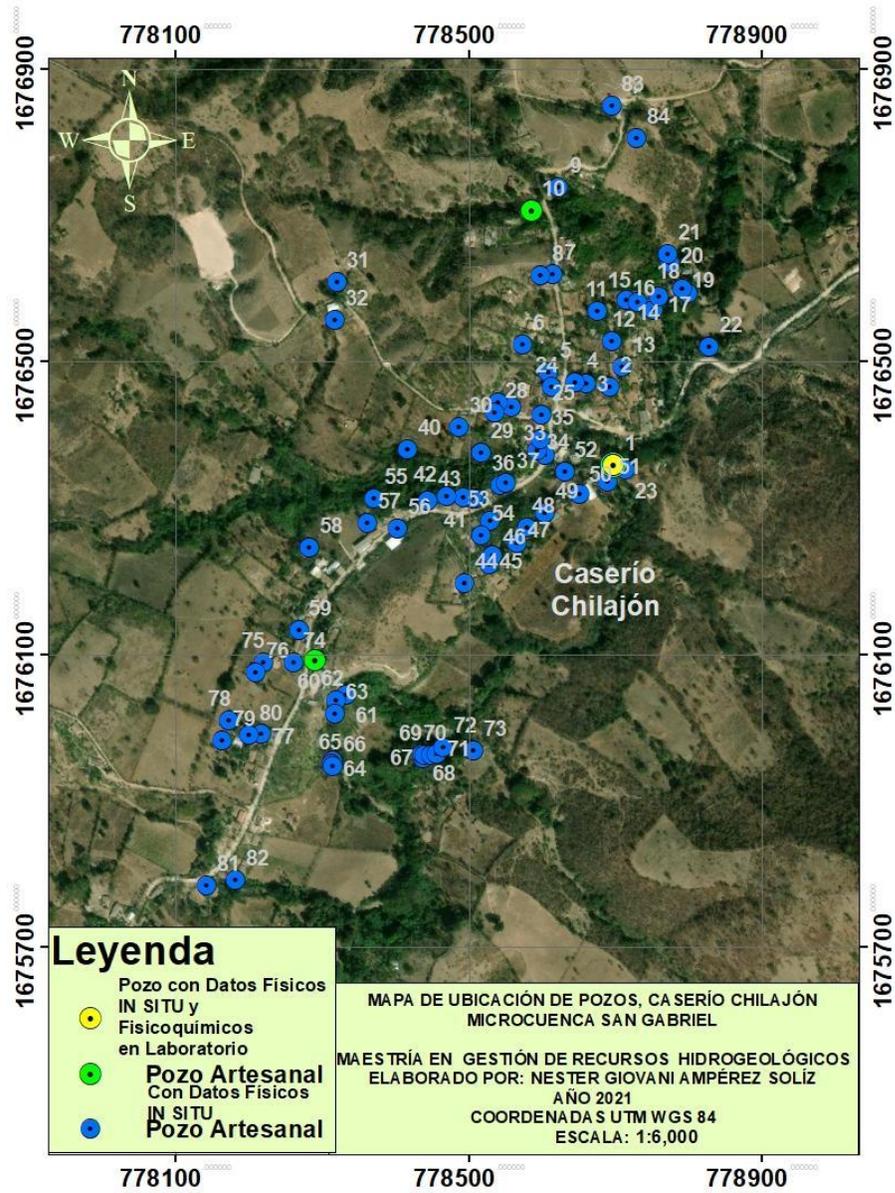
Num. Gen.	Num.	Categoría	Clasificación	Abreviatura	Referencia	Nombre	Elev	X	Y	Nombre GPS
382	1	Pozo	Pozo arte. Comu. 3	P. CO. 3	CHLJ_PAC_3	CHILAJON POZO ARTESANAL COMUNITARIO 3	882.081	778696.927	1676360.171	123
383	2	Pozo	Pozo arte. 373	P. A. 373	CHLJ_PA_1	CHILAJON POZO ARTESANAL 1	908.543	778691.689	1676466.511	432
384	3	Pozo	Pozo arte. 374	P. A. 374	CHLJ_PA_2	CHILAJON POZO ARTESANAL 2	909.567	778659.807	1676470.673	433
385	4	Pozo	Pozo arte. 375	P. A. 375	CHLJ_PA_3	CHILAJON POZO ARTESANAL 3	910.294	778645.587	1676472.719	434
386	5	Pozo	Pozo arte. 376	P. A. 376	CHLJ_PA_4	CHILAJON POZO ARTESANAL 4	912.301	778608.860	1676486.456	435
387	6	Pozo	Pozo arte. 377	P. A. 377	CHLJ_PA_5	CHILAJON POZO ARTESANAL 5	918.782	778572.929	1676523.787	436
388	7	Pozo	Pozo arte. 378	P. A. 378	CHLJ_PA_6	CHILAJON POZO ARTESANAL 6	918.527	778615.021	1676620.168	437
389	8	Pozo	Pozo arte. 379	P. A. 379	CHLJ_PA_7	CHILAJON POZO ARTESANAL 7	922.178	778598.041	1676619.192	438
390	9	Pozo	Pozo arte. 380	P. A. 380	CHLJ_PA_8	CHILAJON POZO ARTESANAL 8	897.862	778622.651	1676738.729	439
391	10	Pozo	Pozo arte. 381	P. A. 381	CHLJ_PA_9	CHILAJON POZO ARTESANAL 9	902.206	778585.814	1676707.291	440
392	11	Pozo	Pozo arte. 382	P. A. 382	CHLJ_PA_10	CHILAJON POZO ARTESANAL 10	904.806	778675.196	1676569.728	441
393	12	Pozo	Pozo arte. 383	P. A. 383	CHLJ_PA_11	CHILAJON POZO ARTESANAL 11	902.475	778694.503	1676528.658	442
394	13	Pozo	Pozo arte. 384	P. A. 384	CHLJ_PA_12	CHILAJON POZO ARTESANAL 12	900.412	778709.215	1676494.066	443
395	14	Pozo	Pozo arte. 385	P. A. 385	CHLJ_PA_13	CHILAJON POZO ARTESANAL 13	898.588	778714.801	1676585.476	444
396	15	Pozo	Pozo arte. 386	P. A. 386	CHLJ_PA_14	CHILAJON POZO ARTESANAL 14	897.120	778730.867	1676581.902	445
397	16	Pozo	Pozo arte. 387	P. A. 387	CHLJ_PA_15	CHILAJON POZO ARTESANAL 15	891.889	778751.212	1676571.181	446
398	17	Pozo	Pozo arte. 388	P. A. 388	CHLJ_PA_16	CHILAJON POZO ARTESANAL 16	892.711	778758.637	1676588.984	447
399	18	Pozo	Pozo arte. 389	P. A. 389	CHLJ_PA_17	CHILAJON POZO ARTESANAL 17	888.758	778798.899	1676594.554	448
400	19	Pozo	Pozo arte. 390	P. A. 390	CHLJ_PA_18	CHILAJON POZO ARTESANAL 18	889.615	778790.448	1676599.879	449
401	20	Pozo	Pozo arte. 391	P. A. 391	CHLJ_PA_19	CHILAJON POZO ARTESANAL 19	887.034	778775.074	1676635.792	450
402	21	Pozo	Pozo arte. 392	P. A. 392	CHLJ_PA_20	CHILAJON POZO ARTESANAL 20	886.225	778771.057	1676648.145	451
403	22	Pozo	Pozo arte. 393	P. A. 393	CHLJ_PA_21	CHILAJON POZO ARTESANAL 21	885.585	778828.489	1676520.611	452
404	23	Pozo	Pozo arte. 394	P. A. 394	CHLJ_PA_22	CHILAJON POZO ARTESANAL 22	885.615	778712.916	1676354.049	453
405	24	Pozo	Pozo arte. 395	P. A. 395	CHLJ_PA_23	CHILAJON POZO ARTESANAL 23	901.800	778612.652	1676465.907	454
406	25	Pozo	Pozo arte. 396	P. A. 396	CHLJ_PA_24	CHILAJON POZO ARTESANAL 24	895.848	778599.339	1676427.662	455
407	26	Pozo	Pozo arte. 397	P. A. 397	CHLJ_PA_25	CHILAJON POZO ARTESANAL 25	903.283	778557.702	1676438.241	456
408	27	Pozo	Pozo arte. 398	P. A. 398	CHLJ_PA_26	CHILAJON POZO ARTESANAL 26	905.036	778539.880	1676444.785	457
409	28	Pozo	Pozo arte. 399	P. A. 399	CHLJ_PA_27	CHILAJON POZO ARTESANAL 27	905.738	778535.840	1676431.783	458
410	29	Pozo	Pozo arte. 400	P. A. 400	CHLJ_PA_28	CHILAJON POZO ARTESANAL 28	895.691	778516.280	1676376.081	459
411	30	Pozo	Pozo arte. 401	P. A. 401	CHLJ_PA_29	CHILAJON POZO ARTESANAL 29	907.368	778486.496	1676412.044	460
412	31	Pozo	Pozo arte. 402	P. A. 402	CHLJ_PA_30	CHILAJON POZO ARTESANAL 30	924.240	778319.620	1676609.477	461
413	32	Pozo	Pozo arte. 403	P. A. 403	CHLJ_PA_31	CHILAJON POZO ARTESANAL 31	919.796	778317.326	1676557.965	462
414	33	Pozo	Pozo arte. 404	P. A. 404	CHLJ_PA_32	CHILAJON POZO ARTESANAL 32	891.698	778603.216	1676372.680	463
415	34	Pozo	Pozo arte. 405	P. A. 405	CHLJ_PA_33	CHILAJON POZO ARTESANAL 33	892.559	778592.387	1676378.974	464
416	35	Pozo	Pozo arte. 406	P. A. 406	CHLJ_PA_34	CHILAJON POZO ARTESANAL 34	894.456	778598.012	1676394.430	465
417	36	Pozo	Pozo arte. 407	P. A. 407	CHLJ_PA_35	CHILAJON POZO ARTESANAL 35	896.704	778542.615	1676331.772	466
418	37	Pozo	Pozo arte. 408	P. A. 408	CHLJ_PA_36	CHILAJON POZO ARTESANAL 36	895.528	778550.109	1676334.629	467
419	38	Pozo	Pozo arte. 409	P. A. 409	CHLJ_PA_37	CHILAJON POZO ARTESANAL 37	902.057	778508.520	1676313.875	468
420	39	Pozo	Pozo arte. 410	P. A. 410	CHLJ_PA_38	CHILAJON POZO ARTESANAL 38	901.959	778504.868	1676313.500	469
421	40	Pozo	Pozo arte. 411	P. A. 411	CHLJ_PA_39	CHILAJON POZO ARTESANAL 39	899.855	778416.751	1676380.439	470
422	41	Pozo	Pozo arte. 412	P. A. 412	CHLJ_PA_40	CHILAJON POZO ARTESANAL 40	899.224	778492.268	1676315.011	471
423	42	Pozo	Pozo arte. 413	P. A. 413	CHLJ_PA_41	CHILAJON POZO ARTESANAL 41	903.083	778469.238	1676316.289	472
424	43	Pozo	Pozo arte. 414	P. A. 414	CHLJ_PA_42	CHILAJON POZO ARTESANAL 42	906.096	778443.701	1676311.337	473
425	44	Pozo	Pozo arte. 415	P. A. 415	CHLJ_PA_43	CHILAJON POZO ARTESANAL 43	919.026	778494.408	1676197.674	474
426	45	Pozo	Pozo arte. 416	P. A. 416	CHLJ_PA_44	CHILAJON POZO ARTESANAL 44	910.635	778528.198	1676223.207	475

Continuación apéndice 16.

427	46	Pozo	Pozo arte. 417	P. A. 417	CHLJ_PA_4 5	CHILAJON POZO ARTESANAL 45	906.700	778532.128	1676236.429	476
428	47	Pozo	Pozo arte. 418	P. A. 418	CHLJ_PA_46	CHILAJON POZO ARTESANAL 46	902.927	778565.487	1676252.878	477
429	48	Pozo	Pozo arte. 419	P. A. 419	CHLJ_PA_47	CHILAJON POZO ARTESANAL 47	900.468	778579.225	1676273.413	478
430	49	Pozo	Pozo arte. 420	P. A. 420	CHLJ_PA_48	CHILAJON POZO ARTESANAL 48	899.448	778604.357	1676294.415	479
431	50	Pozo	Pozo arte. 421	P. A. 421	CHLJ_PA_49	CHILAJON POZO ARTESANAL 49	898.687	778650.308	1676319.206	480
432	51	Pozo	Pozo arte. 422	P. A. 422	CHLJ_PA_50	CHILAJON POZO ARTESANAL 50	886.909	778689.353	1676336.830	481
433	52	Pozo	Pozo arte. 423	P. A. 423	CHLJ_PA_51	CHILAJON POZO ARTESANAL 51	890.014	778630.584	1676350.085	482
434	53	Pozo	Pozo arte. 424	P. A. 424	CHLJ_PA_52	CHILAJON POZO ARTESANAL 52	904.317	778528.672	1676283.112	483
435	54	Pozo	Pozo arte. 425	P. A. 425	CHLJ_PA_53	CHILAJON POZO ARTESANAL 53	906.696	778516.959	1676264.151	484
436	55	Pozo	Pozo arte. 426	P. A. 426	CHLJ_PA_54	CHILAJON POZO ARTESANAL 54	898.472	778370.217	1676314.011	485
437	56	Pozo	Pozo arte. 427	P. A. 427	CHLJ_PA_55	CHILAJON POZO ARTESANAL 55	913.003	778403.285	1676273.214	486
438	57	Pozo	Pozo arte. 428	P. A. 428	CHLJ_PA_56	CHILAJON POZO ARTESANAL 56	909.200	778361.790	1676280.917	487
439	58	Pozo	Pozo arte. 429	P. A. 429	CHLJ_PA_57	CHILAJON POZO ARTESANAL 57	907.066	778282.617	1676246.212	488
440	59	Pozo	Pozo arte. 430	P. A. 430	CHLJ_PA_58	CHILAJON POZO ARTESANAL 58	921.172	778267.804	1676134.653	489
441	60	Pozo	Pozo arte. 431	P. A. 431	CHLJ_PA_59	CHILAJON POZO ARTESANAL 59	927.319	778289.588	1676093.169	490
442	61	Pozo	Pozo arte. 432	P. A. 432	CHLJ_PA_60	CHILAJON POZO ARTESANAL 60	904.146	778331.774	1676045.283	491
443	62	Pozo	Pozo arte. 433	P. A. 433	CHLJ_PA_61	CHILAJON POZO ARTESANAL 61	904.589	778318.962	1676037.381	492
444	63	Pozo	Pozo arte. 434	P. A. 434	CHLJ_PA_62	CHILAJON POZO ARTESANAL 62	904.585	778317.444	1676020.202	493
445	64	Pozo	Pozo arte. 435	P. A. 435	CHLJ_PA_63	CHILAJON POZO ARTESANAL 63	905.855	778314.880	1675955.068	494
446	65	Pozo	Pozo arte. 436	P. A. 436	CHLJ_PA_64	CHILAJON POZO ARTESANAL 64	905.790	778313.103	1675950.729	495
447	66	Pozo	Pozo arte. 437	P. A. 437	CHLJ_PA_65	CHILAJON POZO ARTESANAL 65	906.284	778314.219	1675947.310	496
448	67	Pozo	Pozo arte. 438	P. A. 438	CHLJ_PA_66	CHILAJON POZO ARTESANAL 66	905.158	778438.301	1675958.520	497
449	68	Pozo	Pozo arte. 439	P. A. 439	CHLJ_PA_67	CHILAJON POZO ARTESANAL 67	904.445	778436.825	1675965.146	498
450	69	Pozo	Pozo arte. 440	P. A. 440	CHLJ_PA_68	CHILAJON POZO ARTESANAL 68	904.975	778439.103	1675963.512	499
451	70	Pozo	Pozo arte. 441	P. A. 441	CHLJ_PA_69	CHILAJON POZO ARTESANAL 69	904.054	778448.464	1675963.069	500
452	71	Pozo	Pozo arte. 442	P. A. 442	CHLJ_PA_70	CHILAJON POZO ARTESANAL 70	904.313	778456.622	1675964.383	501
453	72	Pozo	Pozo arte. 443	P. A. 443	CHLJ_PA_71	CHILAJON POZO ARTESANAL 71	904.351	778464.891	1675974.557	502
454	73	Pozo	Pozo arte. 444	P. A. 444	CHLJ_PA_72	CHILAJON POZO ARTESANAL 72	906.428	778506.142	1675969.398	503
455	74	Pozo	Pozo arte. 445	P. A. 445	CHLJ_PA_73	CHILAJON POZO ARTESANAL 73	927.116	778260.264	1676090.165	504
456	75	Pozo	Pozo arte. 446	P. A. 446	CHLJ_PA_74	CHILAJON POZO ARTESANAL 74	922.341	778219.509	1676089.794	505
457	76	Pozo	Pozo arte. 447	P. A. 447	CHLJ_PA_75	CHILAJON POZO ARTESANAL 75	922.779	778209.124	1676076.717	506
458	77	Pozo	Pozo arte. 448	P. A. 448	CHLJ_PA_76	CHILAJON POZO ARTESANAL 76	925.144	778216.904	1675991.666	507
459	78	Pozo	Pozo arte. 449	P. A. 449	CHLJ_PA_77	CHILAJON POZO ARTESANAL 77	923.784	778172.581	1676011.072	508
460	79	Pozo	Pozo arte. 450	P. A. 450	CHLJ_PA_78	CHILAJON POZO ARTESANAL 78	922.864	778163.449	1675982.952	509
461	80	Pozo	Pozo arte. 451	P. A. 451	CHLJ_PA_79	CHILAJON POZO ARTESANAL 79	923.421	778199.917	1675991.244	510
462	81	Pozo	Pozo arte. Comu. 4	P. CO. 4	CHLJ_PAC_4	CHILAJON POZO ARTESANAL COMUNITARIO 4	907.833	778142.239	1675784.625	511
463	82	Pozo	Pozo arte. 452	P. A. 452	CHLJ_PA_80	CHILAJON POZO ARTESANAL 80	908.758	778182.051	1675792.070	512
464	83	Pozo	Pozo arte. 453	P. A. 453	CHLJ_PA_81	CHILAJON POZO ARTESANAL 81	912.906	778694.667	1676850.855	531
465	84	Pozo	Pozo arte. 454	P. A. 454	CHLJ_PA_82	CHILAJON POZO ARTESANAL 82	916.683	778729.402	1676805.539	532

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 17. Mapa de pozos, aldea Chilajón



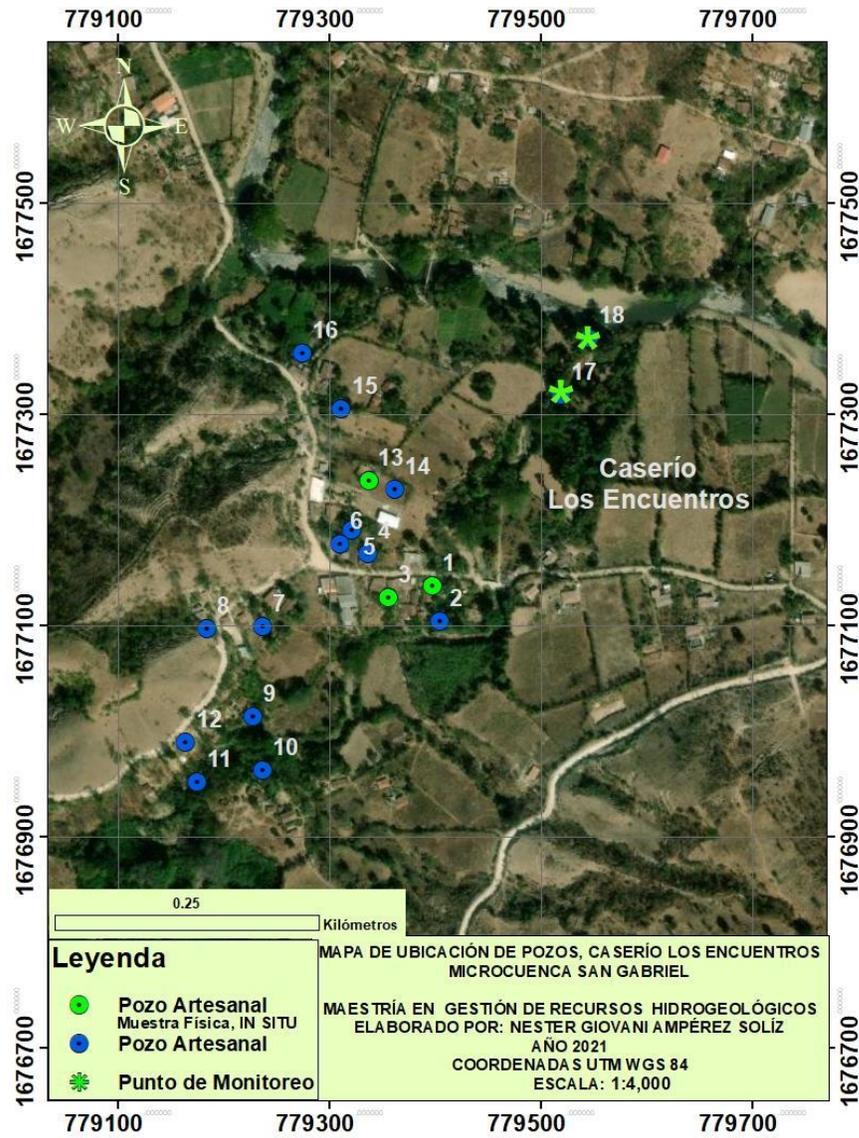
Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

Apéndice 18. Inventario de pozos del caserío Los Encuentros

Num. Gen.	Num.	Categoría	Clasificación	Abreviatura	Referencia	Nombre	Elev	X	Y	Nombre GPS
466	1	Pozo	POZO ARTE. 455	P. A. 455	LS_ENC_PA 1	LOS ENCIENTROS POZO ARTESANAL 1	878.265	779398.241	1677137.879	513
467	2	Pozo	POZO ARTE. 456	P. A. 456	LS_ENC_PA 2	LOS ENCIENTROS POZO ARTESANAL 2	876.473	779404.992	1677103.636	514
468	3	Pozo	POZO ARTE. 457	P. A. 457	LS_ENC_PA 3	LOS ENCIENTROS POZO ARTESANAL 3	883.753	779356.117	1677126.086	515
469	4	Pozo	POZO ARTE. 458	P. A. 458	LS_ENC_PA 4	LOS ENCIENTROS POZO ARTESANAL 4	884.275	779337.124	1677167.934	516
470	5	Pozo	POZO ARTE. 459	P. A. 459	LS_ENC_PA 5	LOS ENCIENTROS POZO ARTESANAL 5	885.150	779322.122	1677190.564	517
471	6	Pozo	POZO ARTE. 460	P. A. 460	LS_ENC_PA 6	LOS ENCIENTROS POZO ARTESANAL 6	885.470	779310.123	1677177.689	518
472	7	Pozo	POZO ARTE. 461	P. A. 461	LS_ENC_PA 7	LOS ENCIENTROS POZO ARTESANAL 7	890.226	779237.712	1677099.104	519
473	8	Pozo	POZO ARTE. 462	P. A. 462	LS_ENC_PA 8	LOS ENCIENTROS POZO ARTESANAL 8	899.966	779184.180	1677097.140	520
474	9	Pozo	POZO ARTE. 463	P. A. 463	LS_ENC_PA 9	LOS ENCIENTROS POZO ARTESANAL 9	882.457	779227.870	1677013.179	521
475	10	Pozo	POZO ARTE. 464	P. A. 464	LS_ENC_PA 10	LOS ENCIENTROS POZO ARTESANAL 10	879.579	779236.961	1676963.020	522
476	11	Pozo	POZO ARTE. 465	P. A. 465	LS_ENC_PA 11	LOS ENCIENTROS POZO ARTESANAL 11	875.327	779175.579	1676951.884	523
477	12	Pozo	POZO ARTE. 466	P. A. 466	LS_ENC_PA 12	LOS ENCIENTROS POZO ARTESANAL 12	890.779	779164.496	1676988.733	524
478	13	Pozo	POZO ARTE. 467	P. A. 467	LS_ENC_PA 13	LOS ENCIENTROS POZO ARTESANAL 13	882.239	779337.810	1677236.921	525
479	14	Pozo	POZO ARTE. 468	P. A. 468	LS_ENC_PA 14	LOS ENCIENTROS POZO ARTESANAL 14	881.952	779362.106	1677228.573	526
480	15	Pozo	POZO ARTE. 469	P. A. 469	LS_ENC_PA 15	LOS ENCIENTROS POZO ARTESANAL 15	882.203	779312.046	1677305.594	527
481	16	Pozo	POZO ARTE. 470	P. A. 470	LS_ENC_PA 16	LOS ENCIENTROS POZO ARTESANAL 16	876.562	779274.542	1677357.630	528
482	17	Punto de aforo rio	PUNTO AFO. RIO 1	P.AF.R.1	LS_ENC_PA FR1	LOS ENCIENTROS PUNTO DE AFORO RIO 1	872.000	779519.550	1677318.687	529
483	18	Punto de descarga	PUNTO DESC.1	P.DESC.1	LS_ENC_PD ESC1	LOS ENCIENTROS PUNTO DE DESCARGA 1	871.992	779546.342	1677371.819	530

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 19. **Mapa de pozos, Caserío Los Encuentros**



Fuente: elaboración propia, utilizando Software GIS.

Apéndice 20. Datos de infiltración punto Parque San Gabriel

Radio =	13.5	cm.	Punto GPS	545	Parque San Gabriel	Vel de infil.				
Tiempo	Descens o	Profundida d	Altura	R ln (h1 + r/2)	R ln (h2 + r/2)	2 (t2 - t1)				
Min.	Cms.	Total (Cms).	Cm.				Cm/mi n	Cm/h.	mm/día	m/día
0.0	0.00	29.00	29.00	0	0	0	0	0	0	0
0.5	5.00	29.00	24.00	48.28	46.25	1	2.034	122.03	29288.36	29.29
1.0	10.00	29.00	19.00	46.25	43.85	1	2.396	143.74	34497.32	34.50
1.5	12.50	29.00	16.50	43.85	42.48	1	1.379	82.72	19853.97	19.85
2.0	15.50	29.00	13.50	42.48	40.61	1	1.865	111.90	26856.43	26.86
2.5	18.50	29.00	10.50	40.61	38.45	1	2.165	129.88	31170.61	31.17
3.0	20.20	29.00	8.80	38.45	37.04	1	1.401	84.04	20169.29	20.17
3.5	21.50	29.00	7.50	37.04	35.87	1	1.179	70.72	16971.85	16.97
4.0	23.20	29.00	5.80	35.87	34.15	1	1.715	102.90	24695.85	24.70
4.5	24.20	29.00	4.80	34.15	33.03	1	1.121	67.26	16142.05	16.14
5.0	25.50	29.00	3.50	33.03	31.42	1	1.612	96.72	23212.86	23.21
5.5	26.50	29.00	2.50	31.42	30.03	1	1.386	83.15	19955.97	19.96
5.7	26.70	29.00	2.30	30.03	29.74	0.3	0.885	53.12	12748.05	12.75
5.8	26.90	29.00	2.10	29.74	29.44	0.166666667	1.810	108.6	26065.89	26.07
6.0	27.20	29.00	1.80	29.44	28.97	0.5	0.931	55.9	13408.2	13.41
6.2	27.60	29.00	1.40	28.97	28.32	0.333333333	1.940	116.43	27943.07	27.94
6.5	28.00	29.00	1.00	28.32	27.64	0.666666667	1.019	61.14	14674.79	14.67
6.7	28.20	29.00	0.80	27.64	27.29	0.333333333	1.059	63.53	15247.93	15.25
8	28.30	29.00	0.70	27.29	27.11	2.666666667	0.068	4.05	972.01	0.97

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 21. Datos de infiltración punto Vuelta, San Gabriel

Radio =	13.5	cm.	punto GPS	547	San Gabriel, La Vuelta	VELOCIDAD DE INFILTRACION				
Tiempo	Descens o	Profundida d	Altura	r ln (h1 + r/2)	r ln (h2 + r/2)	2 (t2 - t1)				
Min.	Cms.	Total (Cms).	Cm.				Cm/min	Cm/h	mm/día	m/día.
0	0.00	26	26.00	-	-	-	0	0	0	0
1	0.30	26	25.70	47.10	46.98	2.00	0.062	3.727	894.485	0.894
2	0.40	26	25.60	46.98	46.93	2.00	0.021	1.250	300.000	0.300
3	0.50	26	25.50	46.93	46.89	2.00	0.021	1.254	300.929	0.301
4	0.60	26	25.40	46.89	46.85	2.00	0.021	1.258	301.864	0.302
5	0.70	26	25.30	46.85	46.81	2.00	0.021	1.262	302.804	0.303
10	3.50	26	22.50	46.81	45.57	10.00	0.123	7.405	1777.158	1.777
15	5.60	26	20.40	45.57	44.57	10.00	0.101	6.035	1448.329	1.448
20	6.00	26	20.00	44.57	44.37	10.00	0.020	1.202	288.540	0.289
25	6.20	26	19.80	44.37	44.27	10.00	0.010	0.608	145.892	0.146
30	6.20	26	19.80	44.27	44.27	10.00	0.000	0.000	0.000	0.000
35	6.40	26	19.60	44.27	44.16	10.00	0.010	0.612	146.995	0.147
40	7.20	26	18.80	44.16	43.75	10.00	0.042	2.497	599.354	0.599
50	8.20	26	17.80	43.75	43.21	20.00	0.027	1.617	388.075	0.388
60	8.50	26	17.50	43.21	43.04	20.00	0.008	0.498	119.510	0.120
70	9.30	26	16.70	43.04	42.59	20.00	0.023	1.359	326.068	0.326
80	9.50	26	16.50	42.59	42.48	20.00	0.006	0.347	83.255	0.083
90	9.50	26	16.50	42.48	42.48	20.00	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 22. Datos de infiltración punto Chihuahre

Radio =	13	cm.	punto GPS	546	Chihuahre		VELOCIDAD DE INFILTRACION			
Tiempo	Descenso	Profundidad	Altura	r ln (h1 + r/2)	r ln (h2 + r/2)	2 (t2 - t1)	Cm/min	Cm/h.	mm/día	m/día.
Min.	Cms.	Total (Cms).	Cm.							
0	0.00	44	44.00	-	-	-	0	0	0	0
0.5	1.50	44	42.50	50.99	50.59	1.00	0.392	23.519	5644.649	5.645
1	2.00	44	42.00	50.59	50.46	1.00	0.133	8.000	1920.017	1.920
1.5	2.50	44	41.50	50.46	50.33	1.00	0.135	8.083	1939.914	1.940
2	3.20	44	40.80	50.33	50.13	1.00	0.191	11.459	2750.102	2.750
2.5	3.50	44	40.50	50.13	50.05	1.00	0.083	4.963	1191.096	1.191
3	4.00	44	40.00	50.05	49.91	1.00	0.139	8.342	2002.158	2.002
3.5	4.30	44	39.70	49.91	49.83	1.00	0.084	5.049	1211.655	1.212
4	4.50	44	39.50	49.83	49.77	1.00	0.056	3.384	812.149	0.812
5	5.20	44	38.80	49.77	49.57	2.00	0.100	5.980	1435.296	1.435
6	5.70	44	38.30	49.57	49.43	2.00	0.072	4.329	1038.856	1.039
7	6.20	44	37.80	49.43	49.28	2.00	0.073	4.377	1050.516	1.051
8	6.70	44	37.30	49.28	49.14	2.00	0.074	4.427	1062.440	1.062
9	7.20	44	36.80	49.14	48.99	2.00	0.075	4.478	1074.639	1.075
10	7.70	44	36.30	48.99	48.83	2.00	0.075	4.530	1087.120	1.087
11	8.00	44	36.00	48.83	48.74	2.00	0.046	2.743	658.385	0.658
16	11.70	44	32.30	48.74	47.56	10.00	0.118	7.105	1705.089	1.705
21	14.10	44	29.90	47.56	46.73	10.00	0.083	4.980	1195.300	1.195
26	14.60	44	29.40	46.73	46.55	10.00	0.018	1.079	258.925	0.259
31	14.70	44	29.30	46.55	46.51	10.00	0.004	0.218	52.218	0.052
41	18.50	44	25.50	46.51	45.05	20.00	0.073	4.376	1050.304	1.050
51	19.30	44	24.70	45.05	44.73	20.00	0.016	0.987	236.975	0.237
61	20.00	44	24.00	44.73	44.43	20.00	0.015	0.885	212.392	0.212
71	20.7	44	23.3	44.43	44.13	20.00	0.015	0.906	217.323	0.217

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 23. Datos de infiltración punto Las Minas

Radio =	12.5	cm.	punto GPS	548	Las Minas		VELOCIDAD DE INFILTRACION			
Tiempo	Descenso	Profundidad	Altura	r ln (h1 + r/2)	r ln (h2 + r/2)	2 (t2 - t1)	Cm/min	Cm/h.	mm/día	m/día.
Min.	Cms.	Total (Cms).	Cm.							
0	0.00	45	45.00	-	-	-	0	0	0	0
1	5.00	45	40.00	49.21	47.93	2.00	0.642	38.495	9238.874	9.239
2	7.30	45	37.70	47.93	47.29	2.00	0.319	19.128	4590.796	4.591
3	9.30	45	35.70	47.29	46.71	2.00	0.291	17.465	4191.677	4.192
4	10.80	45	34.20	46.71	46.25	2.00	0.228	13.654	3277.061	3.277
5	12.50	45	32.50	46.25	45.71	2.00	0.268	16.101	3864.230	3.864
6	13.80	45	31.40	45.71	45.35	2.00	0.180	10.799	2591.802	2.592
7	15.00	45	30.00	45.35	44.88	2.00	0.237	14.210	3410.422	3.410
8	16.00	45	29.00	44.88	44.53	2.00	0.175	10.490	2517.647	2.518
9	17.00	45	28.00	44.53	44.17	2.00	0.180	10.792	2590.107	2.590
10	18.00	45	27.00	44.17	43.80	2.00	0.185	11.112	2666.862	2.667
12	20.00	45	25.00	43.80	43.03	4.00	0.194	11.632	2791.593	2.792
14	21.50	45	23.50	43.03	42.41	4.00	0.154	9.223	2213.561	2.214
16	23.00	45	22.00	42.41	41.76	4.00	0.162	9.700	2328.105	2.328
18	24.50	45	20.50	41.76	41.08	4.00	0.170	10.230	2455.154	2.455
20	25.60	45	19.40	41.08	40.56	4.00	0.131	7.873	1889.591	1.890
22	27.00	45	18.00	40.56	39.86	4.00	0.175	10.524	2525.713	2.526
24	28.00	45	17.00	39.86	39.33	4.00	0.132	7.896	1895.017	1.895
26	29.00	45	16.00	39.33	38.78	4.00	0.137	8.243	1978.341	1.978
28	29.70	45	15.30	38.78	38.38	4.00	0.100	5.994	1438.479	1.438
30	30.40	45	14.60	38.38	37.97	4.00	0.103	6.192	1485.984	1.486
32	31.20	45	13.80	37.97	37.48	4.00	0.122	7.336	1760.616	1.761
34	32.00	45	13.00	37.48	36.97	4.00	0.127	7.635	1832.314	1.832
36	32.5	45	12.5	36.97	36.64	4.00	0.082	4.934	1184.279	1.184
39	33.5	45	11.5	36.64	35.95	6.00	0.114	6.851	1644.247	1.644
42	34.2	45	10.8	35.95	35.45	6.00	0.084	5.029	1207.059	1.207
45	35.3	45	9.7	35.45	34.62	6.00	0.139	8.336	2000.741	2.001
50	36.4	45	8.6	34.62	33.72	10.00	0.089	5.359	1286.261	1.286
55	37.5	45	7.5	33.72	32.76	10.00	0.096	5.772	1385.299	1.385
60	38.5	45	6.5	32.76	31.82	10.00	0.094	5.663	1359.136	1.359
70	40.5	45	4.5	31.82	29.69	20.00	0.107	6.398	1535.630	1.536
80	41.5	45	3.5	29.69	28.47	20.00	0.061	3.661	878.746	0.879
90	42.4	45	2.6	28.47	27.26	20.00	0.061	3.632	871.648	0.872
100	43	45	2	27.26	26.38	20.00	0.044	2.633	631.838	0.632

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 24. Datos de infiltración punto Los Encuentros

Radio =	13	cm.	punto GPS	549	Los Encuentros		VELOCIDAD DE INFILTRACION			
Tiempo	Descenso	Profundidad	Altura	r ln (h1 + r/2)	r ln (h2 + r/2)	2 (t2 - t1)	Cm/min	Cm/h.	mm/día	m/día.
Min.	Cms.	Total (Cms).	Cm.							
0	0.00	42	42.00	-	-	-	0	0	0	0
0.5	2.00	42	40.00	50.46	49.91	1.00	0.547	32.847	7883.270	7.883
1	4.00	42	38.00	49.91	49.34	1.00	0.572	34.291	8229.897	8.230
1.5	5.50	42	36.50	49.34	48.90	1.00	0.446	26.745	6418.915	6.419
2	6.70	42	35.30	48.90	48.53	1.00	0.368	22.077	5298.467	5.298
2.5	7.80	42	34.20	48.53	48.18	1.00	0.347	20.801	4992.296	4.992
3	8.80	42	33.20	48.18	47.86	1.00	0.323	19.404	4656.957	4.657
4	10.50	42	31.50	47.86	47.29	2.00	0.284	17.068	4096.407	4.096
5	12.00	42	30.00	47.29	46.77	2.00	0.262	15.707	3769.637	3.770
6	13.20	42	28.80	46.77	46.33	2.00	0.217	13.037	3128.982	3.129
7	14.50	42	27.50	46.33	45.84	2.00	0.244	14.634	3512.100	3.512
8	15.50	42	26.50	45.84	45.45	2.00	0.194	11.643	2794.237	2.794
9	16.50	42	25.50	45.45	45.05	2.00	0.200	12.001	2880.227	2.880
10	17.50	42	24.50	45.05	44.64	2.00	0.206	12.382	2971.678	2.972
12	19.20	42	22.80	44.64	43.91	4.00	0.183	10.998	2639.505	2.640
14	20.50	42	21.50	43.91	43.32	4.00	0.147	8.850	2123.925	2.124
16	22.00	42	20.00	43.32	42.60	4.00	0.179	10.737	2576.798	2.577
21	24.30	42	17.70	42.60	41.42	10.00	0.118	7.082	1699.628	1.700
26	27.00	42	15.00	41.42	39.88	10.00	0.154	9.227	2214.570	2.215
31	28.20	42	13.80	39.88	39.14	10.00	0.075	4.480	1075.128	1.075
36	30.00	42	12.00	39.14	37.93	10.00	0.121	7.242	1738.155	1.738
41	32.00	42	10.00	37.93	36.44	10.00	0.149	8.924	2141.762	2.142
46	33.00	42	9.00	36.44	35.63	10.00	0.081	4.877	1170.381	1.170
51	34.00	42	8.00	35.63	34.76	10.00	0.087	5.202	1248.463	1.248
56	35.00	42	7.00	34.76	33.83	10.00	0.093	5.574	1337.712	1.338
61	36.00	42	6.00	33.83	32.83	10.00	0.100	6.003	1440.711	1.441
66	36.50	42	5.50	32.83	32.30	10.00	0.053	3.184	764.188	0.764
75	37.50	42	4.50	32.30	31.17	18.00	0.063	3.770	904.918	0.905
80	37.70	42	4.30	31.17	30.93	10.00	0.024	1.431	343.496	0.343
85	37.80	42	4.20	30.93	30.81	10.00	0.012	0.726	174.141	0.174
90	37.90	42	4.10	30.81	30.69	10.00	0.012	0.732	175.776	0.176

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Resultados de análisis fisicoquímico del manantial Las Minas, Sector 1, época seca



ECOQUIMSA
LABORATORIO ECOLÓGICO Y QUÍMICO

9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt
Página Web: ecoquimsa.com
PEX: (502) 2322 3600

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente
 Cliente: Sr. Nester Giovanni Ampérez
 Dirección: Aldea San Gabriel, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz

Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Aldea San Gabriel	Muestra simple o compuesta: Simple
Referencia cliente: Manantial Las Minas, sector 1	Responsable del muestreo: CLIENTE
Fecha de monitoreo: 19 de agosto de 2020	Temperatura de almacenaje: 5 °C
Hora de monitoreo: 17:30	Recipiente utilizado: Plástico
Tipo de muestra: Agua para consumo humano	Método de preservación: INS04-MUE
Código de muestra: 20-2790-1	
Lote: 20-2790	

Datos de Laboratorio
 Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 20 de agosto de 2020
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 12:30
 Fecha de informe: 05 de septiembre de 2020

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽³⁾	Método de análisis ⁽⁴⁾
Bicarbonatos	mg/L - HCO ₃ ⁻	1.0	336.3	---	---	STM 2320 B
Carbonatos	mg/L - CO ₃ ²⁻	1.0	12.0	---	---	STM 2320 B
Cloro Residual	mg/L - Cl ₂	0.05	< 0.05	0.5	1	Spectroquant® Merck 14826
Cloruro ⁽⁵⁾	mg/L - Cl ⁻	0.4	3.9	100	250	Spectroquant® Merck 14887
Color ⁽⁶⁾	u Pt-Co	1	10	5	35	STM 2120 C
Conductividad	µS/cm @ 25°C	5	686	750	1,500	STM 2510 B
Nitrato	mg/L - NO ₃ ⁻	0.9	2.7	---	50	Spectroquant® Merck 14773
Nitrito ⁽⁷⁾	mg/L - NO ₂ ⁻	0.011	< 0.011	---	3	Spectroquant® Merck 14776
Olor	---	---	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Organoléptico
pH	---	0.01	6.31	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H B
Silicio	mg/L - Si	0.005	46.80	---	---	Spectroquant® Merck 14794
Sulfato	mg/L - SO ₄ ²⁻	3	40	100	250	Spectroquant® Merck 02637
Turbiedad	UNT	0.5	1.0	5.0	15	STM 2120 B

(1) mg/L = ppm; u Pt-Co = unidades Platino Cobalto; µS/cm = micro siemens por centímetro; LM = unidades de turbiedad.
 (2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (Coganor NTG 29 001).
 (3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.
 (4) Análisis acreditado COQUANOR NTG08/09/EC-17029-2008 según DGA LE-051-03.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada. El agua es apta para consumo humano si los resultados son menores que el LMP de la norma Coganor. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA. Este informe sustituye al emitido en fecha 01 de septiembre de 2020, por cambios en datos del cliente, a solicitud del cliente.



Laboratorio ECOQUIMSA
Lic. Edgar del Pozo
Químico
Colegiado No. 4743

1/8

Fuente: Ecoquimsa (2020). Análisis de agua para el consumo humano.

Anexo 2. **Resultados de análisis químico del manantial Las Minas, Sector 1, época seca**



ECOQUIMSA
LABORATORIO ECOLÓGICO Y QUÍMICO

9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt
Página Web: ecoquimsa.com
PBX: (502) 2322 3600

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente
 Cliente: Sr. Nester Giovanni Ampérez
 Dirección: Aldea San Gabriel, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz

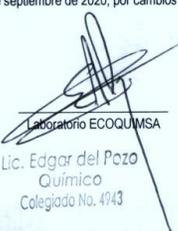
Datos de la muestra
 Lugar de muestreo: Aldea San Gabriel Muestra simple o compuesta: Simple
 Referencia cliente: Manantial Las Minas, sector 1 Responsable del muestreo: CLIENTE
 Fecha de monitoreo: 19 de agosto de 2020 Temperatura de almacenaje: 5 °C
 Hora de monitoreo: 17:30 Recipiente utilizado: Plástico
 Tipo de muestra: Agua para consumo humano Método de preservación: INS04-MUE
 Código de muestra: 20-2790-1
 Lote: 20-2790

Datos de Laboratorio
 Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 20 de agosto de 2020
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 12:30
 Fecha de informe: 05 de septiembre de 2020

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Aluminio ⁽⁴⁾	mg/L - Al	0.020	< 0.020	0.05	0.1	Spectroquant® Merck 14825
Calcio	mg/L - Ca	0.648	71.56	75	150	STM 3111 B
Cobre	mg/L - Cu	0.028	< 0.028	0.05	1.5	STM 3111 B
Hierro	mg/L - Fe	0.038	< 0.038	0.3	---	STM 3111 B
Magnesio	mg/L - Mg	0.048	37.44	50	100	STM 3111 B
Manganeso	mg/L - Mn	0.012	0.014	0.1	0.4	STM 3111 B
Potasio	mg/L - K	0.073	3.66	--	--	STM 3111 B
Sodio	mg/L - Na	0.050	37.18	--	--	STM 3111 B
Zinc	mg/L - Zn	0.096	< 0.096	3	70	STM 3111 B
Dureza	mg/L - CaCO ₃	1.90	332.8	100	500	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm.
 (2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (Coguano NTG 20 001).
 (3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.
 (4) Análisis no acreditado.

Los análisis de este informe son acreditados COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13
 Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.
 El agua es apta para consumo humano si los resultados son menores que el LMP de la norma Coguano.
 Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.
 Este informe sustituye al emitido en fecha 01 de septiembre de 2020, por cambios en datos del cliente, a solicitud del cliente.



Laboratorio ECOQUIMSA
 Lic. Edgar del Pozo
 Químico
 Colegiado No. 4943

2/8

Fuente: Ecoquimsa (2020). *Análisis de agua para el consumo humano.*

Anexo 3. Resultados de análisis fisicoquímico del pozo de Quiaté, época seca



ECOQUIMSA
LABORATORIO ECOLÓGICO Y QUÍMICO

9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt
Página Web: ecoquimsa.com
PBX: (502) 2322 3600

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente
 Cliente: Sr. Nester Giovanni Ampérez
 Dirección: Aldea San Gabriel, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz

Datos de la muestra

Lugar de muestreo:	Aldea San Gabriel	Muestra simple o compuesta:	Simple
Referencia cliente:	Pozo Quiaté	Responsable del muestreo:	CLIENTE
Fecha de monitoreo:	19 de agosto de 2020	Temperatura de almacenaje:	5 °C
Hora de monitoreo:	18:35	Recipiente utilizado:	Plástico
Tipo de muestra:	Agua para consumo humano	Método de preservación:	INS04-MUE
Código de muestra:	20-2790-2		
Lote:	20-2790		

Datos de Laboratorio
 Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 20 de agosto de 2020
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 12:30
 Fecha de informe: 05 de septiembre de 2020

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Bicarbonatos	mg/L - HCO ₃ ⁻	1.0	235.7	---	---	STM 2320 B
Carbonatos	mg/L - CO ₃ ²⁻	1.0	< 1.0	---	---	STM 2320 B
Cloro Residual	mg/L - Cl ₂	0.05	< 0.05	0.5	1	Spectroquant® Merck 14826
Cloruros ⁽⁴⁾	mg/L - Cl ⁻	0.4	4.1	100	250	Spectroquant® Merck 14897
Color ⁽⁴⁾	u Pt-Co	1	3	5	35	STM 2120 C
Conductividad	µS/cm @ 25°C	5	487	750	1,500	STM 2510 B
Nitrosos	mg/L - NO ₂ ⁻	0.9	1.3	---	50	Spectroquant® Merck 14773
Nitritos ⁽⁴⁾	mg/L - NO ₂ ⁻	0.011	< 0.011	---	3	Spectroquant® Merck 14776
Olor	---	---	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Organoléptico
pH	---	0.01	7.81	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H ⁺ B
Silicio	mg/L - Si	0.005	41.20	---	---	Spectroquant® Merck 14794
Sulfatos	mg/L - SO ₄ ²⁻	3	28	100	250	Spectroquant® Merck 02537
Turbiedad	UNT	0.5	6.0	5.0	15	STM 2130 B

(1) mg/L = ppm, u Pt-Co = unidades Platino Cobalto; µS/cm = micro siemens por centímetro; UNT = unidades de turbiedad.
 (2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permissible (Coganor NTG 29 001).
 (3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.
 (4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada. El agua es apta para consumo humano si los resultados son menores que el LMP de la norma Coganor. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA. Este informe sustituye al emitido en fecha 01 de septiembre de 2020, por cambios en datos del cliente, a solicitud del cliente.



Laboratorio ECOQUIMSA
 Ing. Edgar del Pozo
 Químico
 Colegiado No. 4743

3/8

Fuente: Ecoquimsa (2020). Análisis de agua para el consumo humano.

Anexo 4. **Resultados de análisis químico del pozo de Quiaté, época seca**



ECOQUIMSA
LABORATORIO ECOLÓGICO Y QUÍMICO

9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt
Página Web: ecoquimsa.com
PBX: (502) 2322 3600

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente
 Cliente: Sr. Nester Giovani Ampérez
 Dirección: Aldea San Gabriel, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz

Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Aldea San Gabriel	Muestra simple o compuesta: Simple	Responsable del muestreo: CLIENTE
Referencia cliente: Pozo Quiaté	Temperatura de almacenaje: 5 °C	Recipiente utilizado: Plástico
Fecha de monitoreo: 19 de agosto de 2020	Método de preservación: INS04-MUE	
Hora de monitoreo: 18:35		
Tipo de muestra: Agua para consumo humano		
Código de muestra: 20-2790-2		
Lote: 20-2790		

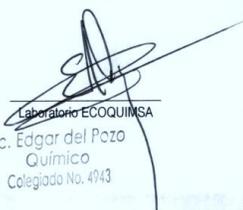
Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio:	20 de agosto de 2020
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio:	12:30
Fecha de informe:	05 de septiembre de 2020

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Aluminio ⁽⁴⁾	mg/L - Al	0.020	< 0.020	0.05	0.1	Spectroquant® Merck 14825
Calcio	mg/L - Ca	0.648	51.33	75	150	STM 3111 B
Cobre	mg/L - Cu	0.028	< 0.028	0.05	1.5	STM 3111 B
Hierro	mg/L - Fe	0.038	0.860	0.3	---	STM 3111 B
Magnesio	mg/L - Mg	0.048	9.90	50	100	STM 3111 B
Manganeso	mg/L - Mn	0.012	0.214	0.1	0.4	STM 3111 B
Potasio	mg/L - K	0.073	6.18	---	---	STM 3111 B
Sodio	mg/L - Na	0.050	42.60	---	---	STM 3111 B
Zinc	mg/L - Zn	0.096	< 0.096	3	70	STM 3111 B
Dureza	mg/L - CaCO ₃	1.90	168.9	100	500	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm.
 (2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (Coganor NTG 29 001).
 (3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.
 (4) Análisis no acreditado.

Los análisis de este informe son acreditados COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13
 Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.
 El agua es apta para consumo humano si los resultados son menores que el LMP de la norma Coganor.
 Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.
 Este informe sustituye al emitido en fecha 01 de septiembre de 2020, por cambios en datos del cliente, a solicitud del cliente.



Laboratorio ECOQUIMSA
 Lic. Edgar del Pozo
 Químico
 Colegiado No. 4743

4/8

Fuente: Ecoquimsa (2020). *Análisis de agua para el consumo humano.*

Anexo 5. **Resultados de análisis fisicoquímico del pozo El Rosario, época seca**



ECOQUIMSA
LABORATORIO ECOLÓGICO Y QUÍMICO

9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt
Página Web: ecoquimsa.com
PBX: [502] 2322 3600

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente
 Cliente: Sr. Nester Giovani Ampérez
 Dirección: Aldea San Gabriel, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

Datos de la muestra
 Lugar de muestreo: Aldea San Gabriel Muestra simple o compuesta: Simple
 Referencia cliente: Pozo El Rosario Responsable del muestreo: CLIENTE
 Fecha de monitoreo: 19 de agosto de 2020 Temperatura de almacenaje: 5 °C
 Hora de monitoreo: 19:10 Recipiente utilizado: Plástico
 Tipo de muestra: Agua para consumo humano Método de preservación: INS04-MUE
 Código de muestra: 20-2790-3
 Lote: 20-2790

Datos de Laboratorio
 Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 20 de agosto de 2020
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 12:30
 Fecha de informe: 05 de septiembre de 2020

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Bicarbonatos	mg/L HCO ₃ ⁻	1.0	241.7	---	---	STM 2320 B
Carbonatos	mg/L - CO ₃ ²⁻	1.0	< 1.0	---	---	STM 2320 B
Cloro Residual	mg/L - Cl ₂	0.05	< 0.05	0.5	1	Spectroquant® Merck 14826
Cloruros ⁽⁴⁾	mg/L - Cl ⁻	0.4	23.0	100	250	Spectroquant® Merck 14897
Color ⁽⁴⁾	u Pt-Co	1	2	5	35	STM 2120 C
Conductividad	µS/cm @ 25°C	5	688	750	1,500	STM 2510 B
Nitratos	mg/L - NO ₃ ⁻	0.9	35.5	---	50	Spectroquant® Merck 14773
Nitritos ⁽⁴⁾	mg/L - NO ₂ ⁻	0.011	0.030	---	3	Spectroquant® Merck 14776
Olor	---	---	Rechazable	No rechazable	No rechazable	Organoléptico
pH	---	0.01	7.74	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H ⁺ B
Silicio	mg/L - Si	0.005	87.90	---	---	Spectroquant® Merck 14794
Sulfatos	mg/L - SO ₄ ²⁻	3	48	100	250	Spectroquant® Merck 02537
Turbiedad	UNT	0.5	4.0	5.0	15	STM 2130 B

(1) mg/L = ppm; u Pt-Co = unidades Platino Cobalto; µS/cm = micro siemens por centímetro; UNT = unidades de turbiedad.
 (2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (Coganor NTG 20 001).
 (3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.
 (4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada. El agua es apta para consumo humano si los resultados son menores que el LMP de la norma Coganor. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA. Este informe sustituye al emitido en fecha 01 de septiembre de 2020, por cambios en datos del cliente, a solicitud del cliente.



Laboratorio ECOQUIMSA
 Lic. Edgar del Pozo
 Químico
 Colegiado No. 4943

5/8

Fuente: Ecoquimsa (2020). *Análisis de agua para el consumo humano.*

Anexo 6. **Resultados de análisis químico del pozo El Rosario, época seca**



ECOQUIMSA
LABORATORIO ECOLÓGICO Y QUÍMICO

9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt
Página Web: ecoquimsa.com
PBX: [502] 2322 3600

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente
 Cliente: Sr. Nester Giovanni Ampérez
 Dirección: Aldea San Gabriel, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz

Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Aldea San Gabriel	Muestra simple o compuesta: Simple	Responsable del muestreo: CLIENTE
Referencia cliente: Pozo El Rosario	Temperatura de almacenaje: 5 °C	Recipiente utilizado: Plástico
Fecha de monitoreo: 19 de agosto de 2020	Método de preservación: INS04-MUE	
Hora de monitoreo: 19:10		
Tipo de muestra: Agua para consumo humano		
Código de muestra: 20-2790-3		
Lote: 20-2790		

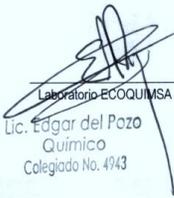
Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 20 de agosto de 2020
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 12:30
Fecha de informe: 05 de septiembre de 2020

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Aluminio ⁽⁴⁾	mg/L - Al	0.020	< 0.020	0.05	0.1	Spectroquant® Merck 14825
Calcio	mg/L - Ca	0.648	76.98	75	150	STM.3111 B
Cobre	mg/L - Cu	0.028	< 0.028	0.05	1.5	STM.3111 B
Hierro	mg/L - Fe	0.038	< 0.038	0.3	---	STM.3111 B
Magnesio	mg/L - Mg	0.048	17.19	50	100	STM.3111 B
Manganeso	mg/L - Mn	0.012	< 0.012	0.1	0.4	STM.3111 B
Potasio	mg/L - K	0.073	43.16	--	--	STM.3111 B
Sodio	mg/L - Na	0.050	47.59	--	--	STM.3111 B
Zinc	mg/L - Zn	0.096	< 0.096	3	70	STM.3111 B
Dureza	mg/L - CaCO ₃	1.90	263.0	100	500	STM.2340 B

(1) mg/L = ppm.
 (2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (Coganor NTG 29 001)
 (3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.
 (4) Análisis no acreditado.

Los análisis de este informe son acreditados COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13
 Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.
 El agua es apta para consumo humano si los resultados son menores que el LMP de la norma Coganor.
 Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.
 Este informe sustituye al emitido en fecha 01 de septiembre de 2020, por cambios en datos del cliente, a solicitud del cliente.



Laboratorio ECOQUIMSA
 Lic. Edgar del Pozo
 Químico
 Colegiado No. 4943

6/8

Fuente: Ecoquimsa (2020). *Análisis de agua para el consumo humano.*

Anexo 7. **Resultados de análisis fisicoquímico del pozo Chilajón, época seca**



ECOQUIMSA
LABORATORIO ECOLÓGICO Y QUÍMICO

9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt
Página Web: ecoquimsa.com
PBX: (502) 2322 3600

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente
 Cliente: Sr. Nester Giovanni Ampérez
 Dirección: Aldea San Gabriel, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz

Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Aldea San Gabriel	Muestra simple o compuesta: Simple
Referencia cliente: Pozo Chilajón	Responsable del muestreo: CLIENTE
Fecha de monitoreo: 19 de agosto de 2020	Temperatura de almacenaje: 5 °C
Hora de monitoreo: 19:43	Recipiente utilizado: Plástico
Tipo de muestra: Agua para consumo humano	Método de preservación: INS04-MUE
Código de muestra: 20-2790-4	
Lote: 20-2790	

Datos de Laboratorio
 Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 20 de agosto de 2020
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 12:30
 Fecha de informe: 05 de septiembre de 2020

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Bicarbonatos	mg/L HCO ₃ ⁻	1.0	325.8	---	---	STM 2320 B
Carbonatos	mg/L - CO ₃ ²⁻	1.0	< 1.0	---	---	STM 2320 B
Cloro Residual	mg/L - Cl ₂	0.05	< 0.05	0.5	1	Spectroquant® Merck 14826
Cloruros ⁽⁴⁾	mg/L - Cl ⁻	0.4	20.8	100	250	Spectroquant® Merck 14897
Color ⁽⁴⁾	u Pt-Co	1	16	5	35	STM 2120 C
Conductividad	µS/cm @ 25°C	5	896	750	1,500	STM 2510 B
Nitratos	mg/L - NO ₃ ⁻	0.9	2.8	---	50	Spectroquant® Merck 14773
Nitritos ⁽⁴⁾	mg/L - NO ₂ ⁻	0.011	0.296	---	3	Spectroquant® Merck 14776
Clor	---	---	Rechazable	No rechazable	No rechazable	Organoleptico
pH	---	0.01	7.55	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H ⁺ B
Silicio	mg/L - Si	0.005	54.40	---	---	Spectroquant® Merck 14794
Sulfatos	mg/L - SO ₄ ²⁻	3	33	100	250	Spectroquant® Merck 02537
Turbiedad	UNT	0.5	30.0	5.0	15	STM 2130 B

(1) mg/L = ppm; u Pt-Co = unidades Platino Cobalto; µS/cm = micro siemens por centímetro; UNT = unidades de turbiedad.
 (2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (Coganor NTG 29 001).
 (3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.
 (4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada. El agua es apta para consumo humano si los resultados son menores que el LMP de la norma Coganor. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA. Este informe sustituye al emitido en fecha 01 de septiembre de 2020, por cambios en datos del cliente, a solicitud del cliente.



Laboratorio ECOQUIMSA
 Lic. Edgar del Pozo
 Químico
 Colegiado No. 4943

7/8

Fuente: Ecoquimsa (2020). *Análisis de agua para el consumo humano.*

Anexo 8. Resultados de análisis químico del pozo Chilajón, época seca



ECOQUIMSA
LABORATORIO ECOLÓGICO Y QUÍMICO

9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt
Página Web: ecoquimsa.com
PBX: [502] 2322 3600

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente
 Cliente: Sr. Nester Giovanni Ampérez
 Dirección: Aldea San Gabriel, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz

Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Aldea San Gabriel	Muestra simple o compuesta: Simple	Responsable del muestreo: CLIENTE
Referencia cliente: Pozo Chilajón	Temperatura de almacenaje: 5 °C	Recipiente utilizado: Plástico
Fecha de monitoreo: 19 de agosto de 2020	Método de preservación: INS04-MUE	
Hora de monitoreo: 19:43		
Tipo de muestra: Agua para consumo humano		
Código de muestra: 20-2790-4		
Lote: 20-2790		

Datos de Laboratorio
 Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 20 de agosto de 2020
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 12:30
 Fecha de informe: 05 de septiembre de 2020

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Aluminio ⁽⁴⁾	mg/L - Al	0.020	< 0.020	0.05	0.1	Spectroquant® Merck 14825
Calcio	mg/L - Ca	0.648	74.79	75	150	STM 3111 B
Cobre	mg/L - Cu	0.028	< 0.028	0.05	1.5	STM 3111 B
Hierro	mg/L - Fe	0.038	3.05	0.3	---	STM 3111 B
Magnesio	mg/L - Mg	0.048	16.78	50	100	STM 3111 B
Manganeso	mg/L - Mn	0.012	2.15	0.1	0.4	STM 3111 B
Potasio	mg/L - K	0.073	39.41	--	--	STM 3111 B
Sodio	mg/L - Na	0.050	57.71	--	--	STM 3111 B
Zinc	mg/L - Zn	0.096	< 0.096	3	70	STM 3111 B
Dureza	mg/L - CaCO ₃	1.90	255.8	100	500	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm.
 (2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (Coguanor NTG 29 001).
 (3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.
 (4) Análisis no acreditado.

Los análisis de este informe son acreditados COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13
 Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.
 El agua es apta para consumo humano si los resultados son menores que el LMP de la norma Coguanor.
 Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.
 Este informe sustituye al emitido en fecha 01 de septiembre de 2020, por cambios en datos del cliente, a solicitud del cliente.



Laboratorio ECOQUIMSA
 Lic. Edgar del Pozo
 Químico
 Colegiado No. 4943

8/8

Fuente: Ecoquimsa (2020). Análisis de agua para el consumo humano.

Anexo 9. Resultados de análisis fisicoquímico del manantial Las Minas, Sector 1, época lluviosa



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt
Página Web: ecoquimsa.com
PBX: (502) 2322 3600

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Sr. Nester Giovani Ampérez
Dirección: Aldea San Gabriel, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz

Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Aldea San Gabriel Muestra simple o compuesta: Simple
Referencia cliente: Manantial Las Minas, sector 1 Responsable del muestreo: CLIENTE
Fecha de monitoreo: 15 de diciembre de 2020 Temperatura de almacenamiento: 5 °C
Hora de monitoreo: 16:29 Recipiente utilizado: Plástico
Tipo de muestra: Agua para consumo humano Método de preservación: INS04-MUE
Código de muestra: 20-4358-4
Lote: 20-4358

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 16 de diciembre de 2020
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 08:51
Fecha de informe: 29 de diciembre de 2020

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Bicarbonatos	mg/L HCO ₃ ⁻	1.0	327.0	---	---	STM 2320 B
Carbonatos	mg/L - CO ₃ ²⁻	1.0	30.0	---	---	STM 2320 B
Cloro Residual	mg/L - Cl ₂	0.05	< 0.05	0.5	1	Spectroquant® Merck 14826
Cloruros ⁽⁴⁾	mg/L - Cl ⁻	0.4	5.4	100	250	Spectroquant® Merck 14897
Color ⁽⁴⁾	u Pt-Co	1	7	5	35	STM 2120 C
Conductividad	µS/cm @ 25°C	6	688	750	1,500	STM 2510 B
Nitratos	mg/L - NO ₃ ⁻	0.05	2.2	---	50	Spectroquant® Merck 14773
Nitritos ⁽⁴⁾	mg/L - NO ₂ ⁻	0.010	< 0.010	---	3	Spectroquant® Merck 14776
Olor	---	---	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Organoléptico
pH	---	0.02	8.25	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H ⁺ B
Silicio	mg/L - Si	0.005	47.10	---	---	Spectroquant® Merck 14794
Sulfatos	mg/L - SO ₄ ²⁻	3	38	100	250	Spectroquant® Merck 02537
Turbiedad	UNT	0.5	1.0	5.0	15	STM 2130 B

(1) mg/L = ppm; u Pt-Co = unidades Platino Cobalto; µS/cm = micro siemens por centímetro; Unt = unidades de turbiedad.

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable, LMP: Límite Máximo Permisible (COGUANOR NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTGISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.
El agua es apta para consumo humano si los resultados son menores que el LMP de la norma COGUANOR.
Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.

Laboratorio ECOQUIMSA
Lic. Edgar del Pozo
Químico
Colegiado No. 4947

Resultados de análisis químico del manantial Las Minas, Sector 1, época lluviosa



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt
Página Web: ecoquimsa.com
PBX: (502) 2322 3600

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Sr. Nester Giovaní Ampérez
Dirección: Aldea San Gabriel, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz

Datos de la muestra

Lugar de muestreo:	Aldea San Gabriel	Muestra simple o compuesta:	Simple
Referencia cliente:	Manantial Las Minas, sector 1	Responsable del muestreo:	CLIENTE
Fecha de monitoreo:	15 de diciembre de 2020	Temperatura de almacenaje:	5 °C
Hora de monitoreo:	16:29	Recipiente utilizado:	Plástico
Tipo de muestra:	Agua para consumo humano	Método de preservación:	INS04-MUE
Código de muestra:	20-4358-4		
Lote:	20-4358		

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 16 de diciembre de 2020
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 08:51
Fecha de informe: 29 de diciembre de 2020

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Aluminio ⁽⁴⁾	mg/L - Al	0.020	< 0.020	0.05	0.1	Spectroquant® Merck 14625
Calcio	mg/L - Ca	0.744	65.85	75	150	STM 3111 B
Cobre	mg/L - Cu	0.029	< 0.029	0.05	1.5	STM 3111 B
Hierro	mg/L - Fe	0.041	< 0.041	0.3	---	STM 3111 B
Magnesio	mg/L - Mg	0.048	34.59	50	100	STM 3111 B
Manganeso	mg/L - Mn	0.011	0.019	0.1	0.4	STM 3111 B
Potasio	mg/L - K	0.073	2.58	--	--	STM 3111 B
Sodio	mg/L - Na	0.049	37.84	--	--	STM 3111 B
Zinc	mg/L - Zn	0.095	< 0.095	3	70	STM 3111 B
Dureza	mg/L - CaCO ₃	2.05	306.9	100	500	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm.

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permissible (COGUANOR NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis no acreditado.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.
El agua es apta para consumo humano si los resultados son menores que el LMP de la norma COGUANOR.
Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.

Laboratorio ECOQUIMSA

Dc. Edgar del Pozo
Químico
Colegiado No. 4217

Anexo 11. Resultados de análisis fisicoquímico del pozo de Quiaté, época lluviosa



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt
Página Web: ecoquimsa.com
PBX: [502] 2322 3600

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Sr. Nester Giovani Ampérez
Dirección: Aldea San Gabriel, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz

Datos de la muestra

Lugar de muestreo:	Aldea San Gabriel	Muestra simple o compuesta:	Simple
Referencia cliente:	Pozo Quiaté	Responsable del muestreo:	CLIENTE
Fecha de monitoreo:	15 de diciembre de 2020	Temperatura de almacenaje:	5 °C
Hora de monitoreo:	17:22	Recipiente utilizado:	Plástico
Tipo de muestra:	Agua para consumo humano	Método de preservación:	INS04-MUE
Código de muestra:	20-4358-2		
Lote:	20-4358		

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 16 de diciembre de 2020
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 08:51
Fecha de informe: 29 de diciembre de 2020

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Bicarbonatos	mg/L - HCO ₃ ⁻	1.0	225.2	---	---	STM 2320 B
Carbonatos	mg/L - CO ₃ ⁻²	1.0	< 1.0	---	---	STM 2320 B
Cloro Residual	mg/L - Cl ₂	0.05	< 0.05	0.5	1	Spectroquant® Merck 14626
Cloruros ⁽⁴⁾	mg/L - Cl ⁻	0.4	8.3	100	250	Spectroquant® Merck 14897
Color ⁽⁴⁾	u Pt-Co	1	5	5	35	STM 2120 C
Conductividad	µS/cm @ 25°C	6	481	750	1,500	STM 2510 B
Nitratos	mg/L - NO ₃ ⁻	0.05	< 0.05	---	50	Spectroquant® Merck 14773
Nitritos ⁽⁴⁾	mg/L - NO ₂ ⁻	0.010	< 0.011	---	3	Spectroquant® Merck 14776
Olor	---	---	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Organoléptico
pH	---	0.02	7.58	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H ⁺ B
Silicio	mg/L - Si	0.005	43.30	---	---	Spectroquant® Merck 14794
Sulfatos	mg/L - SO ₄ ⁻²	3	27	100	250	Spectroquant® Merck 02537
Turbiedad	UNT	0.5	5.0	5.0	15	STM 2130 B

(1) mg/L = ppm; u Pt-Co = unidades Platino Cobalto; µS/cm = micro siemens por centímetro; UNT = unidades de turbiedad.

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (COGUANOR NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/SOIEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.
El agua es apta para consumo humano si los resultados son menores que el LMP de la norma COGUANOR.
Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.


Laboratorio ECOQUIMSA
Lic. Edgar del Pozo
Químico
Colegiado No. 4947

Resultados de análisis químico del pozo de Quiaté, época lluviosa



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt
Página Web: ecoquimsa.com
PBX: (502) 2322 3600

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Sr. Nester Giovani Ampérez
Dirección: Aldea San Gabriel, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz

Datos de la muestra

Lugar de muestreo:	Aldea San Gabriel	Muestra simple o compuesta:	Simple
Referencia cliente:	Pozo Quiate	Responsable del muestreo:	CLIENTE
Fecha de monitoreo:	15 de diciembre de 2020	Temperatura de almacenaje:	5 °C
Hora de monitoreo:	17:22	Recipiente utilizado:	Plástico
Tipo de muestra:	Agua para consumo humano	Método de preservación:	INS04-MUE
Código de muestra:	20-4358-2		
Lote:	20-4358		

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 16 de diciembre de 2020
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 08:51
Fecha de informe: 29 de diciembre de 2020

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Aluminio ⁽⁴⁾	mg/L - Al	0.020	< 0.020	0.05	0.1	Spectroquant® Merck 14825
Calcio	mg/L - Ca	0.744	44.74	75	150	STM 3111 B
Cobre	mg/L - Cu	0.029	< 0.028	0.05	1.5	STM 3111 B
Hierro	mg/L - Fe	0.041	0.762	0.3	---	STM 3111 B
Magnesio	mg/L - Mg	0.048	9.29	50	100	STM 3111 B
Manganeso	mg/L - Mn	0.011	0.224	0.1	0.4	STM 3111 B
Potasio	mg/L - K	0.073	5.473	---	---	STM 3111 B
Sodio	mg/L - Na	0.049	44.56	---	---	STM 3111 B
Zinc	mg/L - Zn	0.095	< 0.095	3	70	STM 3111 B
Dureza	mg/L - CaCO ₃	2.05	150.0	100	500	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm.
(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permissible (COGUANOR NTG 29 001).
(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.
(4) Análisis no acreditado.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.
El agua es apta para consumo humano si los resultados son menores que el LMP de la norma COGUANOR.
Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.


 Laboratorio ECOQUIMSA
 Lic. Edgar del Pozo
 Químico
 Colegiado No. 494

Resultados de análisis fisicoquímico del pozo El Rosario, época lluviosa



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt
Página Web: ecoquimsa.com
PBX: (502) 2322 3600

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Sr. Nester Giovanni Ampérez
Dirección: Aldea San Gabriel, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz

Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Aldea San Gabriel Muestra simple o compuesta: Simple
Referencia cliente: Pozo El Rosario Responsable del muestreo: CLIENTE
Fecha de monitoreo: 15 de diciembre de 2020 Temperatura de almacenaje: 5 °C
Hora de monitoreo: 18:11 Recipiente utilizado: Plástico
Tipo de muestra: Agua para consumo humano Método de preservación: INS04-MUE
Código de muestra: 20-4358-5
Lote: 20-4358

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 16 de diciembre de 2020
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 08:51
Fecha de informe: 29 de diciembre de 2020

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Bicarbonatos	mg/L HCO ₃ ⁻	1.0	240.2	---	---	STM 2320 B
Carbonatos	mg/L - CO ₃ ⁻²	1.0	< 1.0	---	---	STM 2320 B
Cloro Residual	mg/L - Cl ₂	0.05	< 0.05	0.5	1	Spectroquant® Merck 14828
Cloruros ⁽⁴⁾	mg/L - Cl ⁻	0.4	24.8	100	250	Spectroquant® Merck 14897
Color ⁽⁴⁾	u Pt-Co	1	4	5	35	STM 2120 C
Conductividad	µS/cm @ 25°C	6	682	750	1,500	STM 2610 B
Nitratos	mg/L - NO ₃ ⁻	0.05	36.9	---	50	Spectroquant® Merck 14773
Nitritos ⁽⁴⁾	mg/L - NO ₂ ⁻	0.010	< 0.010	---	3	Spectroquant® Merck 14776
Olor	---	---	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Organoléptico
pH	---	0.02	7.38	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H ⁺ B
Silicio	mg/L - Si	0.005	91.20	---	---	Spectroquant® Merck 14794
Sulfatos	mg/L - SO ₄ ⁻²	3	45	100	250	Spectroquant® Merck 02537
Turbiedad	UNT	0.5	1.0	5.0	15	STM 2130 B

(1) mg/L = ppm; u Pt-Co = unidades Platino Cobalto; µS/cm = micro siemens por centímetro; UNT = unidades de turbiedad.

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permissible (COGUANOR NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTGIS/RIEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.
El agua es apta para consumo humano si los resultados son menores que el LMP de la norma COGUANOR.
Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.


Laboratorio ECOQUIMSA
Lic. Edgar del Pozo
Químico
Colegiado No. 4941

Resultados de análisis químico del pozo El Rosario, época lluviosa



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt
Página Web: ecoquimsa.com
PBX: (502) 2322 3600

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Sr. Nester Giovani Ampérez
Dirección: Aldea San Gabriel, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz

Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Aldea San Gabriel Muestra simple o compuesta: Simple
Referencia cliente: Pozo El Rosario Responsable del muestreo: CLIENTE
Fecha de monitoreo: 15 de diciembre de 2020 Temperatura de almacenaje: 5 °C
Hora de monitoreo: 18:11 Recipiente utilizado: Plástico
Tipo de muestra: Agua para consumo humano Método de preservación: INS04-MUE
Código de muestra: 20-4358-5
Lote: 20-4358

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 16 de diciembre de 2020
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 08:51
Fecha de informe: 29 de diciembre de 2020

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Aluminio ⁽⁴⁾	mg/L - Al	0.020	< 0.020	0.05	0.1	Spectroquant® Merck 14825
Calcio	mg/L - Ca	0.744	64.80	75	150	STM 3111 B
Cobre	mg/L - Cu	0.029	< 0.029	0.05	1.5	STM 3111 B
Hierro	mg/L - Fe	0.041	< 0.041	0.3	---	STM 3111 B
Magnesio	mg/L - Mg	0.048	16.47	50	100	STM 3111 B
Manganeso	mg/L - Mn	0.011	0.012	0.1	0.4	STM 3111 B
Potasio	mg/L - K	0.073	10.15	---	---	STM 3111 B
Sodio	mg/L - Na	0.049	49.40	---	---	STM 3111 B
Zinc	mg/L - Zn	0.095	< 0.095	3	70	STM 3111 B
Dureza	mg/L - CaCO ₃	2.05	229.6	100	500	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm.

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permissible (COGUANOR NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis no acreditado.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.
El agua es apta para consumo humano si los resultados son menores que el LMP de la norma COGUANOR.
Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.

Laboratorio ECOQUIMSA

Lic. Edgar del
Químico
Colegiado No. 4947

Resultados de análisis fisicoquímico del pozo Chilajón, época lluviosa



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt
Página Web: ecoquimsa.com
PBX: (502) 2322 3600

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Sr. Nester Giovani Ampérez
Dirección: Aldea San Gabriel, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz

Datos de la muestra

Lugar de muestreo:	Aldea San Gabriel	Muestra simple o compuesta:	Simple
Referencia cliente:	Pozo Chilajón	Responsable del muestreo:	CLIENTE
Fecha de monitoreo:	15 de diciembre de 2020	Temperatura de almacenaje:	5 °C
Hora de monitoreo:	17:50	Recipiente utilizado:	Plástico
Tipo de muestra:	Agua para consumo humano	Método de preservación:	INS04-MUE
Código de muestra:	20-4358-1		
Lote:	20-4358		

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 16 de diciembre de 2020
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 08:51
Fecha de informe: 29 de diciembre de 2020

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Bicarbonatos	mg/L HCO ₃ ⁻	1.0	252.2	---	---	STM 2320 B
Carbonatos	mg/L - CO ₃ ⁻²	1.0	< 1.0	---	---	STM 2320 B
Cloro Residual	mg/L - Cl ₂	0.05	< 0.05	0.5	1	Spectroquant® Merck 14826
Cloruros ⁽⁴⁾	mg/L - Cl ⁻	0.4	24.5	100	250	Spectroquant® Merck 14897
Color ⁽⁴⁾	u Pt-Co	1	14	5	35	STM 2120 C
Conductividad	µS/cm @ 25°C	6	636	750	1,500	STM 2510 B
Nitratos	mg/L - NO ₃ ⁻	0.05	1.5	---	50	Spectroquant® Merck 14773
Nitritos ⁽⁴⁾	mg/L - NO ₂ ⁻	0.010	0.036	---	3	Spectroquant® Merck 14776
Olor	---	---	No rechazable	No rechazable	No rechazable	Organoléptico
pH	---	0.02	7.38	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H ⁺ B
Silicio	mg/L - Si	0.005	54.10	---	---	Spectroquant® Merck 14794
Sulfatos	mg/L - SO ₄ ⁻²	3	50	100	250	Spectroquant® Merck 02537
Turbiedad	UNT	0.5	7.0	5.0	15	STM 2130 B

(1) mg/L = ppm; u Pt-Co = unidades Platino Cobalto; µS/cm = micro siemens por centímetro; UNT = unidades de turbiedad.

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permissible (COGUANOR NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.
El agua es apta para consumo humano si los resultados son menores que el LMP de la norma COGUANOR.
Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.

Laboratorio ECOQUIMSA
 Lic. Edgar del Pozo
 Químico
 Colegiado No. 4543

Resultados de análisis químico del pozo Chilajón, época lluviosa



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt
Página Web: ecoquimsa.com
PBX: (502) 2322 3600

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Sr. Nester Giovani Ampérez
Dirección: Aldea San Gabriel, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz

Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Aldea San Gabriel Muestra simple o compuesta: Simple
Referencia cliente: Pozo Chilajón Responsable del muestreo: CLIENTE
Fecha de monitoreo: 15 de diciembre de 2020 Temperatura de almacenaje: 5 °C
Hora de monitoreo: 17:50 Recipiente utilizado: Plástico
Tipo de muestra: Agua para consumo humano Método de preservación: INS04-MUE
Código de muestra: 20-4358-1
Lote: 20-4358

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 16 de diciembre de 2020
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 08:51
Fecha de informe: 29 de diciembre de 2020

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Aluminio ⁽⁴⁾	mg/L - Al	0.020	< 0.020	0.05	0.1	Spectroquant® Merck 14825
Calcio	mg/L - Ca	0.744	55.99	75	150	STM 3111 B
Cobre	mg/L - Cu	0.029	< 0.029	0.05	1.5	STM 3111 B
Hierro	mg/L - Fe	0.041	0.768	0.3	---	STM 3111 B
Magnesio	mg/L - Mg	0.048	14.84	50	100	STM 3111 B
Manganeso	mg/L - Mn	0.011	1.58	0.1	0.4	STM 3111 B
Potasio	mg/L - K	0.073	8.39	---	---	STM 3111 B
Sodio	mg/L - Na	0.049	56.27	---	---	STM 3111 B
Zinc	mg/L - Zn	0.095	< 0.095	3	70	STM 3111 B
Dureza	mg/L - CaCO ₃	2.05	200.9	100	500	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm.

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (COGUANOR NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis no acreditado.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada. El agua es apta para consumo humano si los resultados son menores que el LMP de la norma COGUANOR. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.


Laboratorio ECOQUIMSA
Lic. Edgar del Pozo
Químico
Colegiada No. 4943



9ª. Avenida 3-08 zona 2 Colonia Alvarado, Mixco, Guatemala
 E-mail: informacion@ecoquimsa.com.gt
 Página Web: ecoquimsa.com
 PBX: (502) 2322 3600

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Datos del Cliente

Cliente: Sr. Nester Giovani Ampérez
 Dirección: Aldea San Gabriel, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz

Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Aldea San Gabriel Muestra simple o compuesta: Simple
 Referencia cliente: Agua de Lluvia Responsable del muestreo: CLIENTE
 Fecha de monitoreo: 13 de diciembre de 2020 Temperatura de almacenaje: 5 °C
 Hora de monitoreo: 14:00 Recipiente utilizado: Plástico
 Tipo de muestra: Agua para consumo humano Método de preservación: INS04-MUE
 Código de muestra: 20-4358-3
 Lote: 20-4358

Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 16 de diciembre de 2020
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 08:51
 Fecha de informe: 29 de diciembre de 2020

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Cloruros ⁽⁴⁾	mg/L - Cl ⁻	0.4	18.3	100	250	Spectroquant® Merck 14897

(1) mg/L = ppm.

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (COGUANOR NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.
 El agua es apta para consumo humano si los resultados son menores que el LMP de la norma COGUANOR.
 Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de ECOQUIMSA.


 Laboratorio ECOQUIMSA
 Lic. Edgar del Pezo
 Químico
 Colegiado No. 4947



Instituto Nacional de Bosques
Más bosques, Más vida

Oficio No. UIP-0207-2020/ANMF
Guatemala, 23 de Septiembre de 2020

Ingeniero
Marbin Anibal Caballeros Herrera
Director Subregión II-2 Rabinal
Instituto Nacional de Bosques -INAB-
Presente.

Estimado Ingeniero Caballeros:

Deseándole bienestar, atenta me dirijo a usted con el objeto de solicitar su apoyo para dar respuesta a la solicitud planteada por **el Señor Nester Giovani Ampérez Solíz**, solicitud que, dentro del contexto de la Ley de Acceso a la Información Pública, se le proporcione información relacionada con la Subregión a su cargo.

Por lo cual solicito a usted, gire las instrucciones a donde corresponda, para que se sirva proporcionar a esta Unidad la información que se copia textualmente de su original:

"El motivo del presente correo es para solicitarles un shape de los puntos de los proyectos que cuentan en el municipio de San Miguel Chicaj, departamento de Baja Verapaz. Debido a que estoy realizando mi tesis de Maestría en Gestión de Recursos Hidrogeológicos de la universidad de San Carlos de Guatemala, en la microcuenca de San Gabriel Pasuj y me gustaría poder colocar un mapa de los puntos de reforestación y protección con que cuenta esa microcuenca. En el boletín estadístico del año 2017, se aprecia un mapa de los puntos de los proyectos del PINPEP de todo el país. Pero solo necesitaría el shape de los puntos de dicho municipio."

Para el efecto, adjunto la solicitud inicial, la información debe enviarla en el menor tiempo posible, de conformidad con los artículos 43 y 61 del Decreto 57-2008 Ley de Acceso a la Información Pública.

Agradeciendo sus buenos oficios, me suscribo.

Atentamente,

Lcda. America Nikté Monterroso Figueroa
Encargada de Información Pública y Administrativa



cc. Archivo



Instituto Nacional de Bosques
Más bosques. Más vida

**UNIDAD DE INFORMACIÓN PÚBLICA DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES;
 RESOLUCIÓN NÚMERO 168.UIP.2020
 Guatemala, 05 de octubre de 2020**

Se tiene a la vista la solicitud de información presentada por el **Señor Nester Giovanni Ampérez Solíz**, con fecha de recibido en el INAB el 22 de septiembre de 2020, de conformidad con la Ley de Acceso a la Información Pública; y:

CONSIDERANDO:

Que la Ley de Acceso a la Información Pública tiene por objeto, entre otros, garantizar a toda persona interesada, sin discriminación alguna, el derecho a solicitar y a tener acceso a la información pública en posesión de las autoridades y sujetos obligados por dicha ley.

CONSIDERANDO:

Que presentada y admitida la solicitud, la Unidad de Información donde se presentó debe emitir resolución dentro de los diez días siguientes entregando la información solicitada.

CONSIDERANDO:

Que el **Señor Nester Giovanni Ampérez Solíz**, solicitó a esta Unidad información que se copia textualmente de la solicitud inicial, en su parte conducente indica:

"El motivo del presente correo es para solicitarles un shape de los puntos de los proyectos que cuentan en el municipio de San Miguel Chicaj, departamento de Baja Verapaz. Debido a que estoy realizando mi tesis de Maestría en Gestión de Recursos Hidrogeológicos de la universidad de San Carlos de Guatemala, en la microcuenca de San Gabriel Pasuj y me gustaría poder colocar un mapa de los puntos de reforestación y protección con que cuenta esa microcuenca. En el boletín estadístico del año 2017, se aprecia un mapa de los puntos de los proyectos del PINPEP de todo el país. Pero solo necesitaría el shape de los puntos de dicho municipio."

CONSIDERANDO:

Que la información solicitada ya se encuentra recopilada, es procedente entregarla al **Señor Nester Giovanni Ampérez Solíz**, de conformidad con la Ley de Acceso a la Información pública el solicitante de la información tiene la responsabilidad penal y civil por el uso, manejo o difusión de la información pública a la que tenga acceso de conformidad con la Ley de Acceso a la Información Pública y demás leyes aplicables. Además el solicitante debe de considerar que la información se proporcionará en el estado en que se encuentre en posesión de los sujetos obligados. La obligación no comprenderá el procesamiento de la misma, ni presentarla conforme al interés del solicitante.

POR TANTO:

Con fundamento en lo anteriormente considerado y en lo que para el efecto establecen los artículos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 16, 18, 19, 20, 38, 42, 43 del Decreto número 57-2009 del Congreso de la República, Ley de Acceso a la Información Pública.

RESUELVE:

- I. Ordenar la entrega de la información otorgada vía correo electrónico por la **Dirección Sub Región II-2, INAB Rabinal**, de fecha 05 de octubre de 2020; al **Señor Nester Giovanni Ampérez Solíz**.
- II. Notifíquese.


 Lcda. America Nikté Monterroso Figueroa
 Encargada de Información Pública y Administrativa



cc. archivo

