

ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS



DIRECCIÓN TÉCNICA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA Y POZOS

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA EL CANTÓN SAN JOSÉ CAPULÍN, MUNICIPIO DE
SANTA ROSA GUACHIPILÍN, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA

ELABORADO POR:
DUARTE

LIC. ADIEL EDGARDO MOLINA DUARTE

LIC. MARIO NELSON LEMUS

TÉCNICOS PROFESIONALES DE INVESTIGACIÓN E HIDROGEOLOGÍA



EVALUADO POR:

M. Sc. DAGOBERTO ARÉVALO HERRERA

DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA Y POZOS



SAN SALVADOR, ABRIL DE 2019

ÍNDICE

I.	ANTECEDENTES	4
1.1	PROPÓSITO DEL ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO	4
1.2	ACTIVIDADES REALIZADAS	4
1.3	UBICACIÓN Y ACCESO	4
1.4	ABASTECIMIENTO ACTUAL Y DEMANDA DE AGUA POTABLE	5
II.	HIDROLOGÍA	6
2.1	CARACTERÍSTICAS DE LA MICROCUENCA EVALUADA	6
2.2	CONDICIONES METEOROLÓGICAS	7
III.	GEOMORFOLOGÍA Y GEOLOGÍA	8
3.1	GEOMORFOLOGÍA	8
3.2	GEOLOGÍA	8
IV.	HIDROGEOLOGÍA	9
4.1	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	9
V.	APROVECHAMIENTO SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEO	10
5.1	INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA	10
5.2	DIRECCIÓN DEL FLUJO SUBTERRÁNEO	11
5.3	CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA	11
5.4	PELIGROS DE CONTAMINACIÓN	11
VI.	BALANCE HÍDRICO DENTRO DE LA MICROCUENCA EVALUADA	12
6.1	ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN Y CAUDAL DE INFILTRACIÓN	13
6.2	DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO	13
6.3	ÁREA Y RADIO DE CAPTURA	13
VII.	EXPLORACIÓN GEOFÍSICA EN LA ZONA DE ESTUDIO	14
7.1	PROSPECCIÓN GEOFÍSICA	14
7.2	RESULTADOS	15
VIII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	17
8.1	CONCLUSIONES	17
8.2	RECOMENDACIONES	18
IX.	BIBLIOGRAFÍA	19



ÍNDICE DE MAPAS

Mapa No. 1. Ubicación del Cantón San José Capulín, municipio de Santa Rosa Guachipilín, departamento de Santa Ana	23
Mapa No. 2. Geología del Cantón San José Capulín, municipio de Santa Rosa Guachipilín, departamento de Santa Ana	24
Mapa No. 3. Hidrogeología del Cantón San José Capulín, municipio de Santa Rosa Guachipilín, departamento de Santa Ana	25
Mapa No. 4. Recarga Acuífera Subterránea, Cantón San José Capulín, municipio de Santa Rosa Guachipilín, departamento de Santa Ana	26
Mapa No. 5. Ubicación de alternativas para perforación de un pozo Prueba-Producción, Cantón San José Capulín, municipio de Santa Rosa Guachipilín, departamento de Santa Ana	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I-1. Ubicación del área de estudio	5
Figura VI-1. Modelo teórico posible de la superficie freática	11
Figura X-1. Perfil del SEV-1	16
Figura X-2. Perfil del SEV-2	16
Figura X 3. Perfil Geoelectrico entre el SEV-1 y SEV-2	18

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I-1. Actividades de campo realizadas	4
Tabla I-2. Población y Demanda Actual y Futura de Agua Potable	6
Tabla II-1. Características fisiográficas de la microcuenca	6
Tabla II-2. Estaciones Pluviométricas con influencia sobre la microcuenca	7
Tabla II-3. Precipitación media mensual calculada para la microcuenca	7
Tabla II-4. Estaciones Pluviométricas con influencia sobre la microcuenca	7
Tabla II-5. Evapotranspiración media mensual calculada para la microcuenca	8
Tabla V-1. Inventario de Pozos	10
Tabla V-2. Inventario de Manantiales y otras fuentes	11
Tabla V-3. Parámetros fisicoquímicos medidos	12
Tabla VI-1. Balance Hídrico para la microcuenca	13
Tabla VI 2. Valores de Recarga Acuífera obtenidos	14
Tabla X-1. Resultados de los SEV	17



I. ANTECEDENTES

1.1 PROPÓSITO DEL ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

El presente Estudio Hidrogeológico se ha elaborado siguiendo instrucciones de la Presidencia de ANDA, según HCC No. 000113 con fecha 22/01/2019 y Nota con Ref. 20.019.2019 y fecha 23/01/2019. En atención al Oficio recibido en la Presidencia de ANDA, con No. 00007 y fecha 17/01/2019, firmado por el Sr. Hugo Besael Flores Magaña, Alcalde Municipal de Santa Rosa Guachipilín, en el cual se solicita a ANDA la realización de un Estudio Hidrogeológico como apoyo para el proyecto del Mejoramiento Agua Potable en el Cantón San José Capulín, jurisdicción de Santa Rosa Guachipilín, departamento de Santa Ana.

El presente Estudio Hidrogeológico, tiene como objetivo básico evaluar las condiciones hidrogeológicas existentes en el Cantón San José Capulín, para el aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo a través de la perforación de un pozo, que sirva como fuente de abastecimiento de agua potable.

Se presenta a continuación una evaluación técnica, considerando criterios de accesibilidad, geología e hidrogeología. Esta investigación se limita a los aspectos que la disponibilidad de información hidrogeológica ha permitido.

1.2 ACTIVIDADES REALIZADAS

Como parte de la investigación, se realizaron las siguientes jornadas de trabajo de campo (ver Tabla I-1).

Tabla I-1. Actividades de campo realizadas para la elaboración del Estudio Hidrogeológico.

No	Fecha	Actividad	Personal Técnico	Observación
1	05/02/2019	Inspección de campo y reconocimiento hidrogeológico de la zona del Cantón San José Capulín. Inventario de fuentes de agua de la zona de estudio.	Nelson Lemus y Adiel Molina	Se estableció contacto con los directivos de la comunidad (ADESCOSO) y se realizó un recorrido por las zonas de interés del estudio. Se inició con el inventario de fuentes de agua y ubicación de posibles puntos para realización de afloros, se reconocieron los sitios de los que dispone la comunidad para la perforación de un pozo. Trabajo coordinado con miembros de la Directiva de ADESCOSO.
2	13/02/2019	Aforos en Manantiales y finalización del Inventario de fuentes de agua de la zona de estudio.	Nelson Lemus y Adiel Molina	Se finalizó el inventario de fuentes de agua y se realizaron aforos volumétricos en Manantiales dentro de la microcuenca de interés. Trabajo coordinado con miembros de la Directiva de ADESCOSO.
3	28/02/2019	Prospección Geofísica: Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)	Nelson Lemus y Adiel Molina	Se realizó un (1) SEV, dentro de la microcuenca evaluada: SEV-1 con una abertura de AB/2 = 500 m y Coordenadas Lambert N 344079 m y E 458219 m, elevación: 498 msnm;
4	25/03/2019	Prospección Geofísica: Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)	Nelson Lemus y Adiel Molina	Se realizó un (1) SEV, dentro de la microcuenca evaluada: SEV-2 con abertura de AB/2 = 200 m y Coordenadas Lambert N 342909 m y E 458315 m, elevación: 588 msnm.

1.3 UBICACIÓN Y ACCESO

El Cantón San José Capulín, pertenece al municipio de Santa Rosa Guachipilín, departamento de Santa Ana; se encuentra aproximadamente a 6 Km al Noroeste del casco urbano de Santa Rosa Guachipilín y aproximadamente a 94 Km al Noroeste de la ciudad de San Salvador (MAPA 1 del ANEXO).

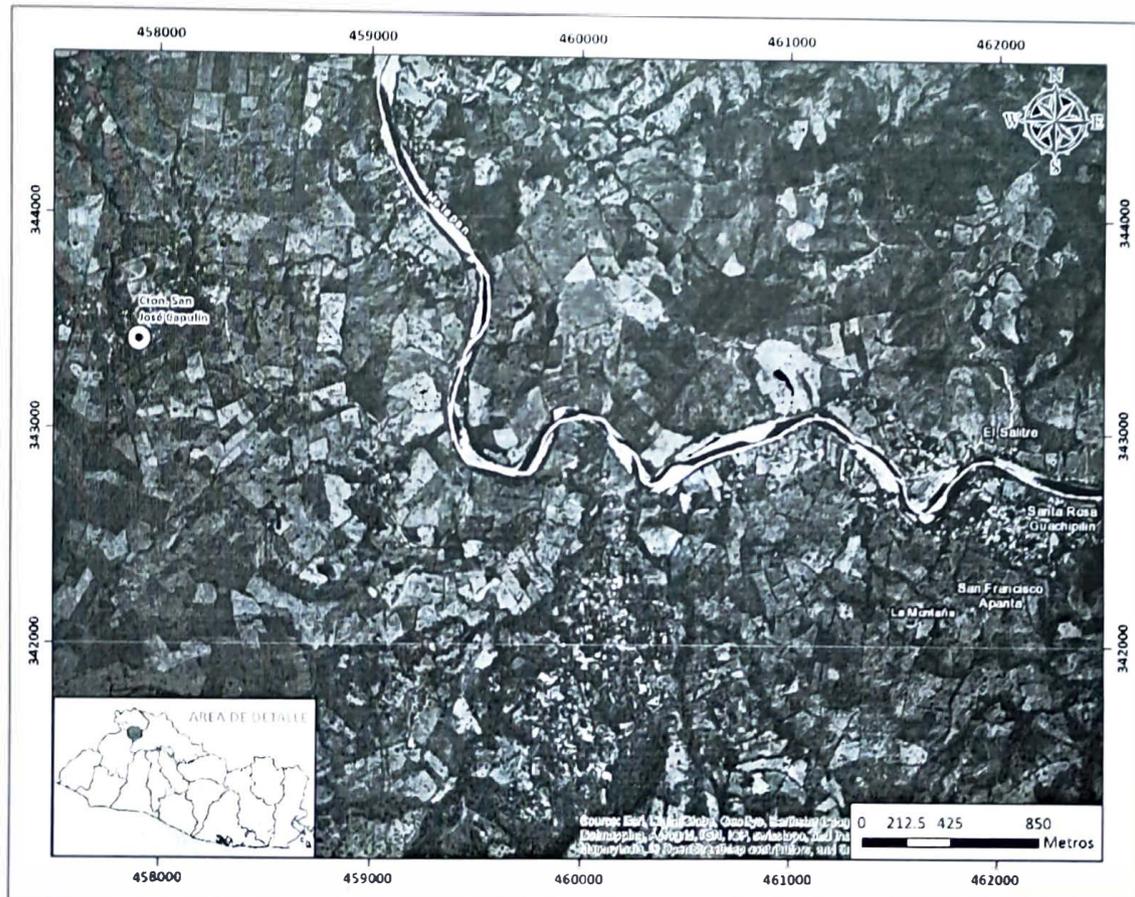
El acceso se realiza por la Carretera Longitudinal del Norte (CA-03W), sobre el carril que de Nueva Concepción conduce a Metapán, en el Km 86 se encuentra el desvío hacia Santa Rosa Guachipilín (SAN27E). En el casco



urbano de Santa Rosa Guachipilín se sigue hacia el Oeste, sobre la ruta Santa Rosa Guachipilín-Masahuat (SAN19W) hasta llegar al acceso principal al Cantón San José Capulín, en regulares condiciones de transitar (ver Figura I-1).

El Cantón San José Capulín, consiste en una comunidad rural, conformada por aproximadamente 360 familias, la mayoría dedicada a labores agrícolas.

Figura I-1. Ubicación del área de estudio, modificado de Open Street Maps en ArcGIS 10.5.



1.4 ABASTECIMIENTO ACTUAL Y DEMANDA DE AGUA POTABLE

El sistema de distribución de agua potable que posee el Cantón San José Capulín, es administrado por la Asociación de Desarrollo Comunal San José Obrero (ADESCOSO), y tiene como fuentes de alimentación de agua potable un manantial conocido como “El Coco” y un Pozo Excavado (sin nombre), ambos ubicados en terrenos propiedad de la comunidad. El agua del manantial es captada y enviado hasta una cisterna, desde donde se distribuye por gravedad a una parte de los habitantes del cantón; al mismo tiempo, el agua del pozo excavado es extraída por medio de una bomba con capacidad de 0.5 HP, hasta otra cisterna contigua a la del manantial y se distribuye igualmente mediante gravedad.

De acuerdo con los directivos de ADESCOSO, este sistema no es capaz de cubrir la demanda actual que requiere la población del Cantón San José Capulín, ya que actualmente sólo se puede abastecer a un aproximado de 100 familias, de un total estimado de 360 familias. A esto se le debe añadir que, de acuerdo con los mismos directivos de la ADESCOSO, ambas fuentes de agua (pozo excavado y manantial) han experimentado una

2.2 CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Para desarrollar el cálculo del Balance Hidrológico en la microcuenca diseñada para la zona de estudio, se necesitan series de datos de parámetros meteorológicos tales como: precipitación y evapotranspiración potencial. Estos datos se obtienen a partir de los registros de estaciones meteorológicas cercanas al sitio o zona de interés, que en este caso es la microcuenca Cantón San José Capulín.

Precipitación.

Se han considerado los datos de precipitación de las Estaciones Pluviométricas ubicadas como representativas de la zona de estudio (microcuenca), las cuales se muestran en la Tabla II-2 (MAPA No. 5, Anexos).

Tabla II-2. Estaciones Pluviométricas con influencia sobre la microcuenca Cantón San José Capulín.

No	Nombre	Código	Coordenadas		Elevación (msnm)	Precip. prom. (mm/año)	Años de registro
			Norte (m)	Oeste (m)			
E-1	San Cristóbal	A-11	340530	427856	655	1353	10
E-2	Guarnecía	A-14	330515	453565	310	1691	21
E-3	Guija	A-15	345091	448375	485	1331	21
E-4	Texis Junctión.	N.D	331267	445828	400	1741	31
E-5	Santa Ana, CLESA	A-9	319480	439681	645	1764	25
E-6	Nueva Concepción	G-3	333626	468687	320	1618	23
E-7	Santa Rosa Guachipilín	N.D	342671	461862	425	1433	9

A partir de la información de precipitación promedio obtenida de ellas y de otras, se elaboró un mapa de Isoyetas (MAPA No. 5, Anexos), a partir del cual se calculó un valor promedio de Precipitación media anual dentro de la microcuenca evaluada, obteniendo un valor de 1420 mm/año; sin embargo, para fines de estudio se tomaron los valores registrados por la estación Santa Rosa Guachipilín y se prorrateó con la precipitación promedio de la subcuenca obteniéndose los siguientes valores, la distribución mensual de los milímetros de lluvia sobre la microcuenca se detallan en la Tabla II-3.

Tabla II-3 Precipitación media mensual (mm) calculada para la microcuenca Cantón San José Capulín.

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Est. Sta. Rosa Guachipilín	0	-	9	73	126	341	223	227	280	133	21	-	1433
% Est. Sta. Rosa Guachipilín	0	-	0.63	5.09	8.79	23.80	15.56	15.84	19.54	9.28	1.46	-	100 %
P. Promedio Microcuenca	0	-	9	72	125	338	221	225	277	132	21	-	1420

Fuente: *Almanaque Salvadoreño 1992*

Evapotranspiración Potencial.

Así mismo, se ha obtenido el promedio mensual de la evapotranspiración potencial, a partir de las series de datos de las estaciones meteorológicas con información disponible, las cuales se describen en la Tabla II-4:

Tabla II-4. Estaciones meteorológicas con influencia sobre la microcuenca Cantón San José Capulín.

No	Nombre	Código	Coordenadas		Elevación (msnm)	ETP prom. (mm/año)	Años de registro
			Norte (m)	Oeste (m)			
E-1	Santa Ana, El Palmar	A-12	317270	438415	726	1778	23
E-2	Nueva Concepción	G-3	333626	468687	320	1901	23



Considerando la información existente de los valores mensuales de Evapotranspiración Potencial de la estación Nueva Concepción (N C), publicados en el Almanaque Salvadoreño de 1983 los cuales están basados en el método de Hargreaves, se obtiene para el área en estudio los siguientes valores: las distribuciones mensuales de los milímetros de evapotranspiración sobre la microcuenca se detallan en la Tabla II-5.

Tabla II-5. Evapotranspiración media mensual (mm) calculada para la microcuenca Cantón San José Capulín.

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Nva. Concepción	152	153	186	190	182	157	160	159	144	143	136	139	1901

De los datos antes indicados de la estación hidrometría más completa, para nuestro caso la estación de Nueva Concepción, se determina que la Evapotranspiración Potencial anual del área alcanza valores de 1901 mm/año de acuerdo con el Almanaque Salvadoreño publicado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, valor bastante aceptable para el área analizada, por lo que será tomado de base para los cálculos del balance hídrico.

El área superficial de la microcuenca Cantón San José Capulín presenta en la zona de estudio, cultivos anuales de granos básicos (maíz y frijoles), concentrados en la parte baja de la misma; además existe un buen porcentaje del área que también es utilizado principalmente por pastos, para alimentos de ganado, etc.

III. GEOMORFOLOGÍA Y GEOLOGÍA DE LA MICROCUENCA CANTÓN SAN JOSÉ CAPULÍN

3.1 GEOMORFOLOGÍA.

La Unidad Geomorfológica en la que se encuentra la microcuenca Cantón San José Capulín, se denomina "Gran Depresión Central", la cual se extiende a lo largo del país con dirección WNW, su ancho varía entre los 10 y 30 kilómetros. Los lados de este graben central los constituyen la Montaña Fronteriza y la Cadena Volcánica Joven.

Durante los recorridos realizados en las visitas de campo, se constató que el área de estudio presenta una topografía con pendientes que van de moderadas a fuertes, con muy pocas zonas llanas, ubicadas principalmente cerca de la calle de acceso al Cantón y en el terreno en el que se ubica la cancha de fútbol del cantón. Como elevaciones en el relieve de la microcuenca Cantón San José Capulín, destaca el cerro Masahuat (1005 msnm) y sus estribaciones (Loma del Chorro y Loma San José).

De acuerdo con la información contenida en el Mapa Geológico de El Salvador, dentro de la microcuenca Cantón San José Capulín, no se observan fallas geológicas visibles o supuestas (MAPA No. 2, Anexos). No obstante, durante los recorridos de campo realizados, se pudo observar fracturamiento local en algunas de las unidades geológicas que afloran dentro de la microcuenca evaluada.

3.2 GEOLOGÍA.

De acuerdo con el Mapa Geológico de El Salvador, Escala 1: 100,000 (H S Weber y G Wiesemann, 1978), en la microcuenca Quebrada San José Capulín se encuentran distribuidas las siguientes unidades geológicas:

El 3% está cubierto por depósitos volcánicos de edad Mioceno, en forma de Epiclastitas volcánicas y piroclastitas; localmente efusivas básicas-intermedias intercaladas, correspondientes al miembro **b1** de la **Formación Bálsamo**, concentrado en el sector noreste de la microcuenca. El 64% está cubierto por rocas volcánicas de edad Plioceno, en forma de Efusivas básicas-intermedias, correspondientes al miembro **b3** de la **Formación Bálsamo**, concentrado desde el centro hacia el norte de la microcuenca, en la parte media-baja del Cerro Masahuat. El 24% está cubierto por rocas volcánicas de edad Pleistoceno, en forma de Efusivas básicas-



intermedias, correspondientes al miembro c3 de la Formación Cuscatlán, concentrado en la parte más alta del Cerro Masahuat, al suroeste de la microcuenca. El 4% está cubierto por depósitos volcánicos de edad Holoceno, en forma de Piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas ("tobas color café") de tipo Epiclastitas volcánicas (fluviales), correspondientes al miembro s3a de la Formación San Salvador, concentrado en pequeños sectores al norte de la microcuenca, en la parte más baja sobre las riberas del Río Lempa. El 3% está cubierto por depósitos volcánicos de edad Holoceno, en forma de Tierra blanca: piroclastitas ácidas y epiclastitas volcánicas subordinadas; localmente efusivas ácidas (s3'b), correspondientes al miembro s4 de la Formación San Salvador, concentrado al norte de la microcuenca, en la parte más baja a lo largo de las riberas del Río Lempa. Finalmente, el 2% está cubierto por depósitos sedimentarios de edad Holoceno, en forma de Depósitos sedimentarios del Cuaternario, de tipo Depósitos acuáticos con intercalaciones de piroclastitas, correspondientes al miembro Qf de la Formación San Salvador, concentrado al norte de la microcuenca, en la parte más baja a lo largo de las riberas del Río Lempa (MAPA No. 2, Anexos).

Como se mencionó en el capítulo anterior, se observa fracturamiento local dentro de la microcuenca, el cual es muy probable que influya en el comportamiento hidráulico del acuífero bajo el área de estudio.

IV. HIDROGEOLOGÍA

En esta sección se describe el comportamiento del agua subterránea, por medio de la delimitación de la microcuenca que es objeto de este estudio, a partir de la descripción del Mapa Hidrogeológico elaborado a escala 1:100,000 dentro del proyecto ANDA-FIAS-COSUDE en el año 2008, y se muestran las unidades hidrogeológicas, fallas geológicas, dirección del flujo subterráneo, nivel piezométrico, entre otros parámetros que facilitan la descripción y estado de la hidrogeología y de los acuíferos presentes en cada sitio de interés (MAPA No. 3, Anexos).

4.1 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.

En el área de estudio definida por la microcuenca, solamente se ha identificado 3 unidades hidrogeológicas, la clasificación de estas unidades se basa en sus características hidrogeológicas principales como son su tipo de Porosidad y Transmisividad. Cada formación geológica presenta diferentes características hidráulicas que definen la facilidad o dificultad con la que el agua subterránea las atraviesa. Las unidades identificadas se describen a continuación.

- a) **Unidad Acuífero Volcánico Fisurado de Gran Extensión y Posiblemente Alta Producción:** Esta unidad comprende el 23% del área de la microcuenca y está constituida por rocas volcánicas de carácter andesítico y basáltico, con intercalaciones de materiales piroclásticos; es por tanto que el sistema de flujo del agua subterránea está condicionado por un mecanismo de fracturación por procesos tectónicos, coincidente además con un sistema de fallas geológicas. Dicho fracturamiento a través de la porosidad secundaria adquirida por los materiales, establece un factor importante para la recarga del acuífero.
- b) **Unidad de Rocas No Acuíferas:** Esta unidad comprende el 77% del área de la microcuenca evaluada y está compuesta por flujos macizos de lavas, intercalados con tobas aglomeradas y brechosas, además de lahares cementados, presentando conductividades hidráulicas muy bajas o casi nulas, debido a su baja porosidad o a su alto grado de compactación y cementación.

V. APROVECHAMIENTO SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEO

Como se mencionó en el numeral II, dentro de la microcuenca definida para el Cantón San José Capulín, se distinguen al menos 5 Quebradas de invierno, las cuales, de acuerdo con los pobladores de la comunidad no representa una fuente de abastecimiento de agua para sus distintos usos.

Como parte de las fuentes de agua que los pobladores del Cantón San José Capulín utilizan, existe un pozo excavado ubicado en terrenos comunales, construido manualmente. Este pozo no posee un nombre particular de identificación, por lo que, para los fines de esta investigación, se conocerá como "Pozo Excavado El Capulín". El pozo en cuestión está equipado con una bomba de 0.5 HP, la cual extrae el agua que es enviada hacia una cisterna, donde se combina con el agua de los manantiales captados por la comunidad.

Dentro de la microcuenca evaluada, se encuentran además algunos manantiales de reducido caudal (menor de 1 L/s), de acuerdo con los pobladores del lugar, dichos manantiales presentan un caudal variable, en función de las épocas seca y lluviosa; siendo en la primera cuando los caudales se reducen al punto de no tener la capacidad de abastecer a todos los pobladores del cantón. En alguno de estos manantiales se puede observar que el flujo de agua aflora a través de fracturas en los bloques rocosos que constituyen las laderas del Cerro Masahuat. El agua de estos manantiales es enviada hacia una cisterna, donde se combina con el agua del pozo excavado propiedad de la comunidad.

5.1 INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA.

De acuerdo con la información disponible en esta Dirección, el recurso hídrico subterráneo dentro y en los alrededores fuera de los límites de la microcuenca Cantón San José Capulín, está siendo explotado por unos pozos excavados. Se describen en la Tabla V-1, algunas características del pozo que se tiene información (MAPAS No. 1, 2, 3 y 6, Anexos)

Tabla V-1. Inventario de Pozos dentro de la zona de estudio.

No.	Nombre	Coordenadas Lambert		Elevación (msnm)	Prof. (m)	NE (m)	Q (L/s)
		Norte (m)	Oeste (m)				
1	Pozo Excavado El Capulín (PE-1)	343059	457915	570	14.5	8.83	N.D

En lo referente a Manantiales y fuentes superficiales, dentro de la microcuenca evaluada se observan los siguientes (Ver Tabla V-2).

Tabla V-2. Inventario de Manantiales dentro de la zona de estudio.

No.	Nombre	Coordenadas Lambert		Elevación (msnm)	Q (L/s)	Fecha de aforo
		Norte (m)	Oeste (m)			
1	Los Umaña	343269	457839	541	0.42	13/02/2019
2	El Coco	343093	457746	561	0.41	13/02/2019
3	La Ceiba	343253	456921	579	0.045	08/03/2017

Los valores de caudal presentados en la Tabla V-2, corresponden a los aforos volumétricos realizados por personal Técnico y Auxiliar de la Dirección de Investigación Hidrogeológica y Pozos.

5.2 DIRECCIÓN DEL FLUJO SUBTERRÁNEO.

A partir de los datos de Niveles freáticos medidos en los pozos excavados inventariados, así como del análisis de los mapas topográficos y modelos de elevación, se ha estimado que existen dos aportes de flujo subterráneo al acuífero más superficial; uno de los flujos se dirige de Suroeste a Noreste, guardando relación con la topografía (MAPA No. 1, Anexos), el otro flujo se dirige de Noroeste a Sureste, guardando también relación con la topografía local. Se debe mencionar que los terrenos propuestos como alternativas para la posible perforación de un pozo profundo, se encuentran en la parte alta y en la parte baja de la microcuenca hidrográfica (ver MAPA No. 6, Anexos).

5.3 CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA.

Las aguas subterráneas básicamente adquieren en cierta medida en su composición química la influencia de la composición de las rocas en contacto y otras formaciones del subsuelo, la descomposición vegetal y orgánica que se produce en las capas superficiales del suelo, aporta Bióxido de Carbono (CO₂) y carbonatos al agua subterránea en su paso de infiltración al acuífero. Este gas también podría llegar a las capas freáticas procedente de la atmósfera, por lo que no es remoto que en la microcuenca en estudio las aguas subterráneas presenten altos contenidos de Hierro, Calcio y Manganeso.

Las características físico - químicas del acuífero superficial no son iguales a las del acuífero profundo, debido principalmente a que el agua subterránea profunda ha pasado por procesos geoquímicos diferentes, también el acuífero superficial puede ser afectado directamente por la acción del hombre.

Al no existir información de calidad del agua subterránea de la zona, es de esperar que algunos parámetros físicos químicos del agua se encuentren fuera de Norma, lo cual quedará evidenciado cuando se tome una muestra de agua durante el proceso de perforación del pozo y se mande a un laboratorio para un análisis completo.

5.4 PELIGROS DE CONTAMINACIÓN

De acuerdo con lo observado durante las inspecciones y recorridos de campo realizados en la microcuenca de interés, no se identifican actividades industriales que generen desechos sólidos o líquidos que representen una fuente de contaminación para las aguas subterráneas. No obstante, se considera que, debido a la ausencia de servicios básicos de drenaje y tratamiento de aguas servidas y negras, así como de desechos sólidos para los pobladores de la zona, existe riesgo de contaminación del acuífero de tipo bacteriológica.

Otro riesgo de contaminación que podría darse en el área de estudio es por medio de la filtración de Nitratos y otros agroquímicos muy solubles, usados en la agricultura. Los nitratos son los que generan mayor preocupación, ya que se originan en diferentes fuentes como: la aplicación de fertilizantes, pesticidas, herbicidas, estos llegan por medio de la filtración al subsuelo o a los acuíferos subsuperficiales, continúan su movimiento descendente hacia los acuíferos sin ninguna transformación química o biológica, deteriorando gravemente el nivel de calidad de las aguas subterráneas.

En este punto, es importante señalar que las actividades pecuarias representan otro factor de contaminación a los acuíferos subsuperficiales, de modo que la acumulación de orines y estiércol del ganado, sin condiciones de impermeabilización, puede dar lugar a la infiltración de éstos en el terreno y provocar la contaminación de las aguas subterráneas extraídas aguas abajo de las zonas de acumulación de estos residuos.

VI. BALANCE HÍDRICO DENTRO DE LA MICROCUENCA EVALUADA

Con el objetivo de estimar la disponibilidad de agua en la microcuenca que delimitan el área de estudio y en especial la recarga hídrica, se realiza el balance hídrico, que establece la igualdad entre entradas y salidas de agua sobre un área delimitada (cuenca, subcuenca o microcuenca), ya que se fundamenta en la conservación de masas.

Las entradas de agua pueden darse por medio de la precipitación pluvial o aporte lateral de otras cuencas. Las salidas de agua o descarga suceden por el escurrimiento superficial, la evapotranspiración, el flujo hacia ríos conocido como "flujo base", afloramiento hacia manantiales, pozos excavados o perforados en explotación.

Bajo la limitante en la disponibilidad de la información en la zona, el método a utilizar es el de G.W. Thornthwaite, del cual las principales fases que se consideran son: Precipitación (P), Evapotranspiración potencial y real (ETP y ETR) y Escurrimiento (escurrimiento superficial y subsuperficial); El método de Thornthwaite, fue diseñado originalmente para determinar las demandas de riego para cultivos, se utilizó un valor promedio de saturación del terreno correspondiente a los tipos de suelo dentro de los límites de la subcuenca evaluada, el método considera que hasta que el suelo alcanza este nivel de saturación comienza la infiltración real.

Correlacionando el mapa pedológico escala 1:100,000, en el que se identifican los tipos de suelo presentes en la subcuenca evaluada, con el balance hídrico Integrado y dinámico (SNET /MARN/2005) donde se encuentran las capacidades de retención según el tipo de suelo; se tiene lo siguiente:

Latosoles arcillo rojizos, los cuales cubren el 100 % del área de la subcuenca evaluada. Suelos arcillosos bien desarrollados con estructura en forma de bloques. La textura superficial es franco arcilloso y el subsuelo arcilloso. La profundidad promedio es de un metro, aunque en algunos sitios se observa afloración de roca debido a los procesos de erosión. No se presenta capacidad de retención en el balance hídrico integrado y dinámico del MARN, pero se le asocia un valor de retención de 100 mm, típica de suelo franco arcilloso.

Considerando el área cubierta, en una extensión total de 7.3 km², se tendría en promedio una capacidad de retención de 100 mm. los resultados se presentan en la Tabla VI-1.

Tabla VI-1. Balance Hídrico para la microcuenca del Ctón. Sn. José Capulín – Método G.W. Thornthwaite

Elemento	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Precipitación (mm)	0	-	9	72	125	338	221	225	277	132	21	-	1420
Evapotranspiración Potencial (ETP) (mm)	152	153	186	190	182	157	160	159	144	143	136	139	1901
Evapotranspiración. Real (ETR)	0	-	9	72	125	157	160	159	144	143	21	-	990
Reserva agua útil de saturación (100 mm)	0	-	0	0	0	100	100	100	100	0	0	-	400
Déficit agrícola (D) (ETP - ETR)	152	-	179	118	57	0	0	0	0	0	115	-	621
Excedente según Thornthwaite	0	-	0	0	0	81	61	66	133	89	0	-	430
Escurrimiento Total(Q)	11	6	3	2	1	41	51	58	96	92	46	23	430

De la Tabla VI-1, se evalúan los resultados para la microcuenca del Cantón San José Capulín, así: la precipitación promedio anual sobre la microcuenca es de 1420 mm, de los cuales se evaporan a través del suelo, la vegetación, cuerpos de agua y zonas urbanas 990 mm (69.72 %), quedando disponibles 430 mm (30.28 %), ver Tabla VI-2, que forman la escorrentía superficial, la subterránea y caudal base de los ríos.

6.1 ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN Y CAUDAL DE INFILTRACIÓN

Se determinó la recarga hídrica potencial por infiltración utilizando el Mapa de Recarga Acuifera elaborado por FORGAES 2005, para la microcuenca delimitada del Cantón San José Capulín, con base a ello se estimó el volumen de infiltración y caudal de escurrimiento subterráneo, también se estimó el porcentaje de la infiltración capaz de producir recarga en los acuíferos de la zona a través de la precipitación. Igualmente se ha estimado el volumen, caudal de escurrimiento superficial y el porcentaje de escurrimiento dentro de la microcuenca del Cantón San José Capulín, los resultados están descritos en la Tabla VI-2 (MAPA No. 4, Anexos):

Tabla VI-2. Valores de Recarga Acuifera obtenidos del análisis para la microcuenca.

Análisis Recarga Hídrica o Infiltración Subterránea (FORGAES 2005)				Análisis Escurrimiento Superficial (G.W. Thornthwaite)			
Recarga Hídrica (FORGAES 2005) (mm/año)	Vol. Infiltración (Mm ³ /año)	Q (L/s)	% Infiltración subterránea	Escurrimiento superficial (mm/año)	Vol. Escurrimiento (Mm ³ /año)	Q (L/s)	% Escurrimiento Superficial
170	1 24	39.4	12.0	260	3.14	99.7	18.3

El porcentaje de infiltración o recarga acuifera dentro de la microcuenca del Cantón San José Capulín está condicionado en función de la geología y el grado de fracturamiento que presenten los materiales depositados en ella; debido a que en los casos donde están depositados los materiales de mayor antigüedad y con menor presencia de fallas o fracturas en la microcuenca se ha observado menor porcentaje de infiltración de las aguas lluvias, principalmente por las características de los materiales donde se presenten bajas permeabilidades y mayores pendientes.

6.2 DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO

Dentro de la microcuenca evaluada para el presente estudio se tiene registro de al menos 1 pozo excavado (ver Inventario de pozos, sección 8.1), 2 Manantiales captados y ningún pozo perforado profundo.

Se ha estimado que dentro de la microcuenca se realiza una extracción total a través de pozos excavados de 3 L/s (47.55 GPM), un aprovechamiento mediante manantiales captados de 0.83 L/s (13.2 GPM) y asumiendo además una extracción a través de fuentes desconocidas de 2.17 L/s (15.85 GPM), se tendría una extracción total de 6.0 L/s (95.1 GPM).

Considerando que la Recarga Potencial al acuífero es de 39.4 L/s (624 GPM), entonces teóricamente habría una disponibilidad de aguas subterráneas dentro de la microcuenca del Cantón San José Capulín de 33.4 L/s (529.39 GPM). Con este valor de disponibilidad se considera que es factible la extracción de un caudal de 4.55 L/s (72.1 GPM) a través de un pozo profundo a perforar (MAPA No. 4, Anexos).

6.3 ÁREA Y RADIO DE CAPTURA

Para satisfacer la demanda de agua potable del Cantón San José Capulín, se necesita un caudal total de bombeo de 4.55 L/s (72.1 GPM) durante 20 horas al día.

Para conocer el área de captura que se necesita proteger y así garantizar que el pozo rinda el caudal requerido se utiliza la siguiente ecuación (Método ZOP, Método para zonificaciones de fuentes de agua):

$$A_c = \frac{Q}{K}$$

Dónde:



A_c : Área de captura

Q : Caudal requerido = 4.55 L/s (72.1 GPM)

K : Rendimiento de la cuenca

Para conocer el radio de captura se hace uso de la siguiente ecuación:

$$R = \sqrt{\frac{A_c}{\pi}}$$

Dónde:

A_c : Área de captura calculada previamente

R : Radio de captura

Ambas ecuaciones se resolvieron utilizando los datos generados para la microcuenca definida en la presente investigación. Los resultados se muestran a continuación

$$A_c = \frac{Q}{K}$$
$$A_c = \frac{4.55 \text{ L/s}}{5.38 \text{ L/s/Km}^2}$$
$$A_c = 0.85 \text{ Km}^2$$

El Radio de Captura para este valor de Área de captura, viene dado por:

$$R = \sqrt{\frac{A_c}{\pi}}$$
$$R = \sqrt{\frac{0.85 \text{ Km}^2}{\pi}}$$
$$R = 519 \text{ m}$$

Este análisis se basa en la información teórica generada a partir de esta investigación y en los registros de esta DIRECCIÓN, los resultados definitivos se determinarán cuando se efectúe la perforación del pozo.

VII. EXPLORACIÓN GEOFÍSICA EN LA ZONA DE ESTUDIO

7.1 PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

Como un complemento a la presente Investigación, se realizó una campaña de prospección geoelectrica, utilizando el método de Sondeo Eléctrico Vertical (SEV).

El objetivo principal de esta campaña, fue obtener una descripción gráfica de la posible conformación estructural del subsuelo e identificar los posibles materiales acuíferos y su profundidad. La prospección geoelectrica, como se mencionó anteriormente, se llevó a cabo mediante el método de Sondeo Eléctrico Vertical (SEV).

Los trabajos efectuados consistieron en la ejecución de dos (2) SEV, utilizando un arreglo lineal Schlumberger, con una separación máxima de electrodos de corriente de $AB/2 = 500 \text{ m}$ y variando la separación de los electrodos de potencial MN desde 0.2 m hasta 40 m para todos los SEV. La ubicación de los sondeos se escogió de tal manera que se pudiera prospectar a la mayor profundidad que teóricamente este tipo de arreglo



electrónico permite (MAPAS No. 2 y No. 3, Anexos). La interpretación de los sondeos se llevó a cabo mediante el modelo de capas paralelas.

El equipo de prospección empleado durante el trabajo de campo fue un SYSCAL JUNIOR R1/PLUS de fabricación francesa, bobinas de cable eléctrico, electrodos de corriente y electrodos de potencial.

7.2 RESULTADOS

El cálculo y determinación de profundidades y resistividades se efectuó a partir de la interpretación cuantitativa de los datos de campo, para lo cual se utilizó el programa de computadora IPI2Win diseñado por la Universidad Estatal de Moscú, Rusia. Este programa es de uso gratuito o libre.

A continuación, se muestran los modelos de interpretación de los SEV realizados (Figuras X-1 y X-2).

Figura X-1. Perfil del SEV-1, Cantón San José Capulín, M./ de Santa Rosa Guachipilín, Depto. de Santa Ana.

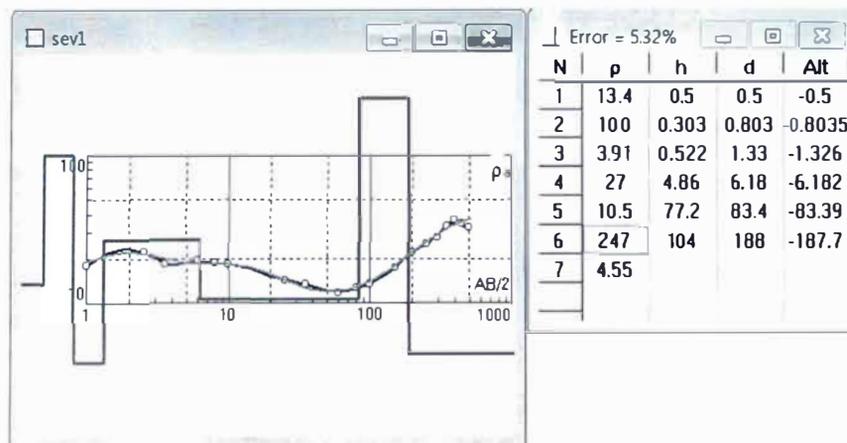
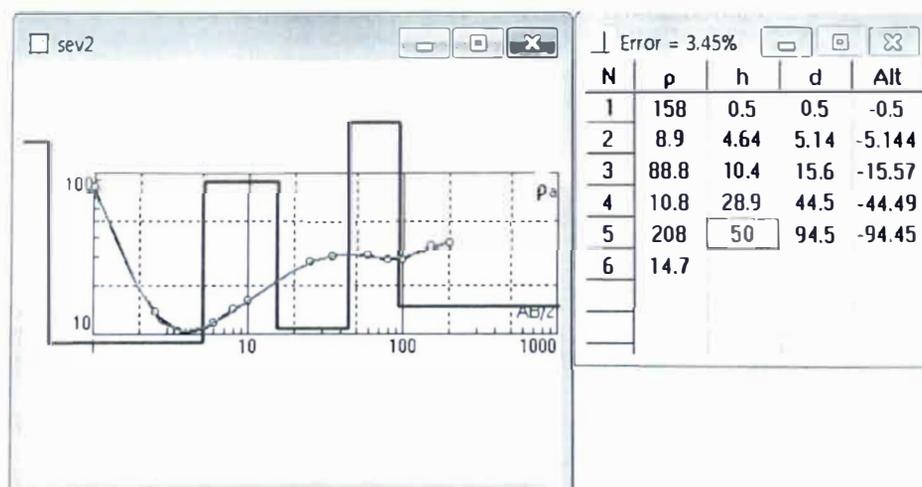


Figura X-2. Perfil del SEV-2, Cantón San José Capulín, M./ de Santa Rosa Guachipilín, Depto. de Santa Ana



En la Tabla X-1 se muestran los resultados de la interpretación de las curvas de campo obtenidas a partir de los 2 SEV realizados.



Tabla X-1. Resultados de los SEV

Sondeo No.	Ubicación		Elevación (msnm)	Resistividades y Espesores de Capas	
	Norte (m)	Este (m)			
1	343,442	459,149	498	$\rho_1 = 13.4 \Omega\text{-m}$	$h_1 = 0.5 \text{ m}$
				$\rho_2 = 100 \Omega\text{-m}$	$h_2 = 0.30 \text{ m}$
				$\rho_3 = 3.91 \Omega\text{-m}$	$h_3 = 0.52 \text{ m}$
				$\rho_4 = 27.0 \Omega\text{-m}$	$h_4 = 4.86 \text{ m}$
				$\rho_5 = 10.5 \Omega\text{-m}$	$h_5 = 74.1 \text{ m}$
				$\rho_6 = 247 \Omega\text{-m}$	$h_6 = 104 \text{ m}$
				$\rho_7 = 4.55 \Omega\text{-m}$	(Espesor indeterminado)
2	342,909	458,315	588	$\rho_1 = 158 \Omega\text{-m}$	$h_1 = 0.50 \text{ m}$
				$\rho_2 = 8.90 \Omega\text{-m}$	$h_2 = 4.64 \text{ m}$
				$\rho_3 = 88.8 \Omega\text{-m}$	$h_3 = 10.4 \text{ m}$
				$\rho_4 = 10.8 \Omega\text{-m}$	$h_4 = 28.9 \text{ m}$
				$\rho_5 = 208 \Omega\text{-m}$	$h_5 = 50.0 \text{ m}$
				$\rho_6 = 14.7 \Omega\text{-m}$	(Espesor indeterminado)

Los resultados de los modelos unidimensionales que se muestran en la Tabla X-1, sirvieron para elaborar el siguiente perfil geoelectrico (Figura X-3).

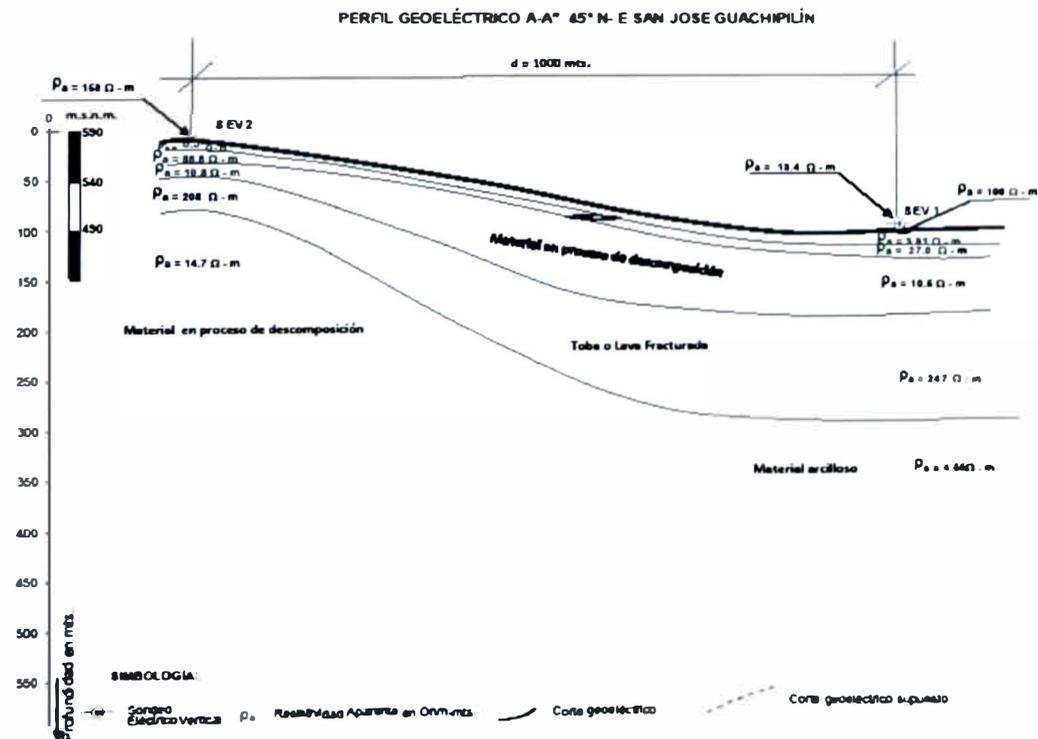


Figura X-3. Perfil Geoelectrico entre los SEV-1 y SEV-2

El perfil geoelectrico que se muestra líneas arriba está conformado por los SEV -1 y SEV-2, está orientado 45° N-E, la distancia entre el SEV 1 y SEV 2 es de aproximadamente 1.0 Km.

En el perfil geoelectrico se diferenciaron al menos seis estratos bien definidos, El primer horizonte, con un espesor del orden de los 0.5 m y valores de resistividad aparente que oscilan entre 100-158 Ohm-m, puede ser asociado con la capa superficial de vegetación y suelo natural formado a partir de los detritos procedentes de las zonas más elevadas. El segundo estrato, con un espesor promedio de 0.5 m y valores de resistividad aparente que oscilan entre los 4 y los 9 Ohm-m, se puede asociar con depósitos arcillosos generados a partir de la meteorización de tobas de cenizas alteradas de la Formación San Salvador. La tercera capa, con un espesor promedio de 0.7 m y que presenta una discontinuidad o variación lateral, con valores de resistividad aparente de 27.0 y 88.8 Ohm-m, se puede asociar con: los valores altos de resistividad con tobas consolidadas y los valores bajos con material en proceso de descomposición. La cuarta capa con un espesor promedio de 50 metros y valores de resistividad aparente del orden de los 10 Ohm-m, se puede asociar con depósitos arcillosos. La quinta capa, de espesor promedio de 75 metros y con valores de resistividad aparente que oscilan entre los 208 y 247 Ohm-m, puede ser asociada un bloque de lavas fracturadas de la formación Bálsamo y la última capa de espesor indeterminado y valores de resistividad aparente que oscilan entre los 4 y los 15 Ohm-m. se puede asociar con depósitos arcillosos. Dicha capa también forma parte del basamento local. arcillosos

Los resultados obtenidos en la presente investigación son resultados preliminares basados en la interpretación cualitativa de la respuesta de los materiales geológicos a las técnicas de prospección eléctrica, los resultados definitivos se obtendrán cuando se realice la investigación directa.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES.

- a) El caudal necesario para cubrir la demanda requerida por los habitantes del Cantón San José Capulín, considerando la demanda requerida por los habitantes de la zona, en la actualidad es de 3.25 L/s (51.5 GPM) y para dentro de 20 años deberá ser de 4.55 L/s (72.1 GPM), considerando una dotación de 100 L/p/d, para un periodo de bombeo de 20 horas diarias.
- b) El área de estudio se encuentra ubicada sobre la Unidad Geomorfológica conocida como Gran Depresión Central. En términos geológicos, en la microcuenca Cantón San José Capulín y sus alrededores predominan en superficie los miembros b3 de la Formación Bálsamo, de edad Plioceno y c3 de la Formación Cuscatlán, de edad Pleistoceno.
- c) La mayor parte de la microcuenca evaluada, que corresponde con las cotas medias-bajas de la misma, se encuentra sobre la unidad hidrogeológica Rocas No Acuíferas; mientras que una menor parte de la microcuenca, que corresponde con las cotas medias-altas de la misma, se encuentra sobre la unidad Acuífero Volcánico Fisurado de Gran Extensión y Posiblemente Alta Producción. Las características litológicas y la existencia de pozos excavados y manantiales en de la parte media de la microcuenca evaluada, permiten considerar la existencia de un acuífero local, compuestos por rocas volcánicas que presentan porosidad secundaria, debido al fracturamiento y meteorización del material rocoso que forma el basamento del Cerro Masahuat.
- d) El análisis de los rasgos topográficos de la zona de estudio, junto con la información geológica e hidrogeológica disponible, permite estimar que la principal recarga del acuífero de la zona es recibida de la parte alta de los cerros que circundan la microcuenca Cantón San José Capulín, especialmente el Cerro Masahuat, la cual es producida por la infiltración de la precipitación pluvial y por medio de las fallas o



fracturas locales que presentan los materiales geológicos, circulando por direcciones preferenciales de flujo hasta llegar a recargar el acuífero local en la parte baja de la zona de estudio.

- e) Se ha estimado el valor promedio de la capacidad de la recarga de los materiales geológicos dentro de la zona de estudio por medio del Mapa de Recarga FORGAES 2005, obteniendo un valor de Recarga acuífera promedio de 170 mm/año, que se traduce en un volumen de infiltración de 1.24 Millones de m³/año, equivalente a un valor de caudal de escurrimiento subterráneo de 39.4 L/s (624 GPM). Considerando una extracción aproximada a través de las diferentes fuentes inventariadas dentro de la microcuenca evaluada (pozos excavados, perforados y manantiales) y asumiendo un valor equivalente para otras extracciones desconocidas, tenemos un valor de caudal de explotación aproximado de 6.0 L/s (95.10 GPM), por lo tanto, queda disponible dentro de la microcuenca evaluada un excedente de caudal de 33.4 L/s (529.39 GPM).
- f) Los resultados obtenidos en la prospección geofísica sirvieron para determinar la litología de la zona, la cual está conformada por arcillas, piroclásticos y lavas, como también para definir las características físicas del pozo recomendado.

8.2 RECOMENDACIONES

Como resultado de las investigaciones y el desarrollo del presente Estudio Hidrogeológico, para poder abastecer de agua potable al Cantón San José Capulín, se recomienda:

• Alternativa No. 1.

Realizar las gestiones necesarias con la Municipalidad de Santa Rosa Guachipilín, para obtener un terreno que este ubicado en la parte baja de la microcuenca analizada, para la perforación de un pozo exploratorio-producción, ubicado en el área delimitada aproximadamente entre las coordenadas Lambert siguientes:

Norte: 343,000 m; 344,000 m.

Oeste: 459,000 m; 459,500 m (MAPA No. 6, Anexos).

Cota máxima de elevación del sitio de perforación identificado: 498 msnm

Profundidad total mínima propuesta: 250 m (820 pies)

Diámetro de perforación propuesto: 14^{3/4} pulgadas

Diámetro de revestimiento propuesto: 10 pulgadas

Se recomienda además que, posterior a la perforación del pozo de exploración, se deberá realizar una prueba de capacidad de producción del pozo y de alcanzar un caudal que satisfaga la demanda de agua, entonces se podrá decidir si se mantiene o amplía el diámetro de la perforación, para posteriormente realizar el revestimiento de la misma con tuberías lisas y rejillas de Acero al carbón de 10 pulgadas, según la producción.

Se debe tomar en consideración que los resultados obtenidos en la presente investigación, son resultados preliminares, los resultados definitivos en cuanto a la cantidad y calidad de agua, se obtendrán cuando se realice la perforación del pozo. Además, al momento de extraer el agua del acuífero, es de suma importancia que ésta sea analizada para determinar el tipo de tratamiento que necesitará para ser potabilizada y que cumpla con los parámetros de calidad que exige la Norma Técnica de Calidad del Agua de ANDA.



- **Alternativa No. 2.**

Perforación de un pozo exploratorio-producción, ubicado a un costado de la cancha de fútbol, ubicado en las coordenadas Lambert siguientes:

Latitud Norte: 342,909 m; Longitud Oeste: 458,315 m; m (MAPA No. 6, Anexos).

Cota máxima de elevación del sitio de perforación identificado: 588 msnm

Profundidad total mínima propuesta: 250 m (820 pies)

Diámetro de perforación propuesto: 14^{3/4} pulgadas

Diámetro de revestimiento propuesto: 10pulgadas

Se recomienda además que, posterior a la perforación del pozo de exploración, se deberá realizar una prueba de capacidad de producción del pozo y de alcanzar un caudal que satisfaga la demanda de agua, entonces se podrá decidir si se mantiene o amplía el diámetro de la perforación, para posteriormente realizar el revestimiento de la misma con tuberías lisas y rejillas de Acero al carbón de 10 pulgadas, según la producción.

- **Alternativa No. 3.**

Como tercera alternativa, captar las aguas superficiales del Río Lempa por el sector conocido Las Valentinas (ver mapa de Alternativas N°5) esta alternativa implica aforar el Río Lempa en época seca y en época de invierno, como también, se le deberá dar tratamiento al agua para potabilizarla.

Ubicación: N: 343,500 m, O: 459,500 m

Se debe tomar en consideración que los resultados obtenidos en la presente investigación, son resultados preliminares, los resultados definitivos en cuanto a la cantidad y calidad de agua, se obtendrán cuando se realice la perforación del pozo. Además, al momento de extraer el agua del acuífero, es de suma importancia que ésta sea analizada para determinar el tipo de tratamiento que necesitará para ser potabilizada y que cumpla con los parámetros de calidad que exige la Norma Técnica de Calidad del Agua de ANDA.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- MARN-MOP-IBERINSA-EPYPSA, 2002. *Mapa geológico de El Salvador*.
- ANDA, 1998. *Normas Técnicas de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Negras*, 1998. El Salvador.
- ANDA-COSUDE, 2007. *Mapa Hidrogeológico de El Salvador*.
- Baxter, S., 1984. *Léxico Estratigráfico de El Salvador*. Superintendencia de Energía, Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa, San Salvador.
- Hiscock, K.M. y Bense, V.F., 2014. *Hydrogeology: Principles and Practice*. 2nd Ed. Wiley-Blackwell. West Sussex, UK.

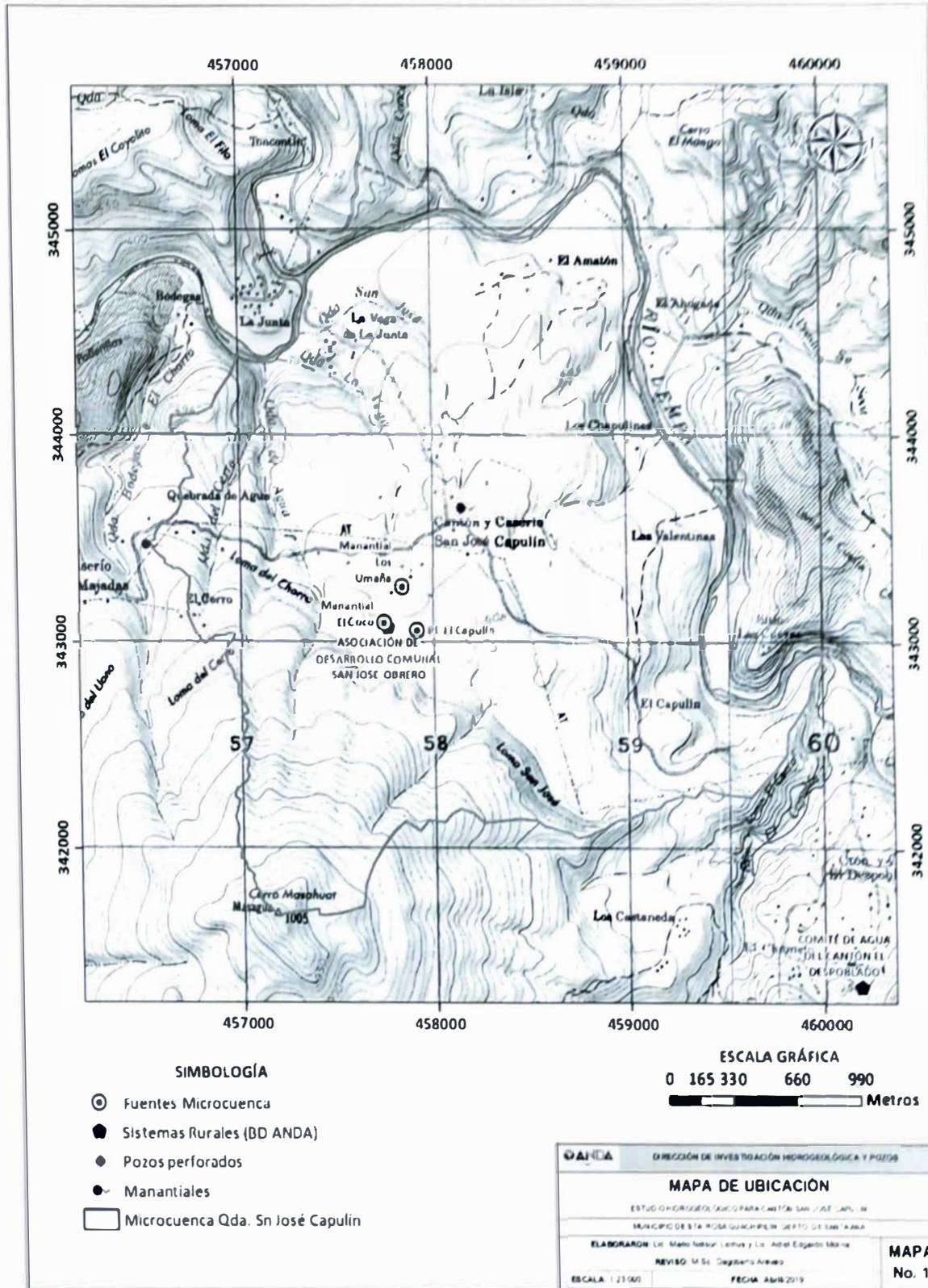
ANEXOS



CÁLCULOS DE RECARGA ACUÍFERA SUBTERRÁNEA

Microcuenca Cantón San José Capulín		
RECARGA (mm/año)	Área	Volumen
0	276349.131	0
175	384.940	67.3644536
165	46065.600	7600.824029
175	17066.288	2986.600346
180	1379328.539	248279.1371
165	1929180.573	318314.7946
180	26588.565	4785.94176
190	2089757.771	397053.9765
167	1309704.429	218720.6396
205	26138.562	5358.405297
165	55923.152	9227.320012
175	117297.511	20527.06444
220	38084.812	8378.658601
Total	7311869.873	1241300.727
Volumen	1.24	Millones m ³ /año
Recarga promedio	170	mm/año
Caudal de recarga	39.36	L/s
Rendimiento de la Cuenca	5.39	L/s*Km ²
Área de captura	0.85	Km ²
Radio de captura	519	m





SIMBOLOGÍA

- ⊙ Fuentes Microcuenca
- Sistemas Rurales (BD ANDA)
- ◆ Pozos perforados
- Manantiales
- Microcuenca Qda. Sn José Capulín

ESCALA GRÁFICA
0 165 330 660 990
Metros

ANDA		DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA Y POZOS	
MAPA DE UBICACIÓN			
ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA EL CANTÓN SAN JOSÉ CAPULÍN MUNICIPIO DE SANTA ROSA GUACAMAYÁN, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA			
ELABORARON: Lic. Mario Nelson Lizaro y Lic. Adán Ezequiel Méndez		MAPA No. 1	
REVISÓ: M. Sc. Dagoberto Anzures			
ESCALA: 1:25,000	FECHA: Abril 2019		



