

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
UNIDAD DE POSGRADO**

**PROGRAMA DE POSGRADO EN AGRONOMIA TROPICAL
SOSTENIBLE**



**Evaluación de la disponibilidad hídrica de La
subcuenca La Quebradona, cuenca alta del Río Lempa.**

Ing. Agr. Antonio Medina Lima

TESIS

**Presentada como requisito parcial para obtener el Grado de:
Maestro en Ciencias
en Agricultura Sostenible**

San Salvador, El Salvador, Centro América, 2009

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

ING. AGR. M. Sc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SANCHEZ

SECRETARIO GENERAL:

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHAVEZ

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO:

DR. REYNALDO ADALBERTO LOPEZ LANDAVERDE

SECRETARIO:

ING. M. Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO

Esta Tesis fue realizada bajo la dirección del Comité de Tesis indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

Maestro en Ciencias

en Agricultura Sostenible

San Salvador, El Salvador, Centro América, 2009

Comité de Tesis

Ing. M. Sc. Luis Fernando Castaneda Romero
Profesor Consejero

Ing. M. Sc. José Mario Guevara Retana
Miembro del Comité de Tesis

Ing. M. Sc. Mario Antonio Orellana Núñez
Miembro del Comité de Tesis

Ing. M. Sc Efraín Antonio Rodríguez Urrutia
Coordinador de la Unidad de Posgrado

Dedicatoria

Agradezco al Rey de Reyes y Señor de Señores, por ser dichoso de encontrar en Él sus fuerzas, en cuyo corazón están mis caminos y mi confianza.

Gracias por permitir que todas las cosas que han ocurrido sean para bien; siendo el propósito del Padre, Hijo y Espíritu Santo, para mí vida.

A mi esposa, Ana Guadalupe, a mis hijos David Antonio e Iliana Guadalupe que han sido mi razón y apoyo incondicional en todo tiempo.

A mi Papá y Mamá, tía Bertha, Rafael y Socorro, mis hermanos Dora Alicia, Carlos Ignacio, Esther, Carlos Alfredo, Evelyn y Xiomara por sus oraciones.

Agradezco a las comunidades que hicieron posible el acompañamiento y seguimiento de cada una de las actividades en este largo periodo de tiempo.

Agradezco a mis compañeros de maestría y docentes que hicieron posible la continuidad de un saber nuevo.

EBENEZER

Agradecimientos

Deseo declarar mi profundo agradecimiento y favor al Ing. José Mario Guevara Retana por lo que él es y haberme enseñado el camino de la investigación en la ciencia de hidrogeología. Por los consejos, sugerencias que me dio, por sus enseñanzas en momentos determinantes y gestiones interinstitucionales para alcanzar los fines propuestos; pero sobre todo por la confianza que deposito en mi persona para realizar esta investigación. Le doy mis más sinceros agradecimientos. Dios lo Bendiga

Deseo expresar mi gratitud y favor al Ing. Mario Antonio Orellana Núñez por crear un espíritu analítico, emprendedor e intuitivo en este trabajo de investigación y de tener la confianza en mí para alcanzar este trabajo de investigación. Dios lo Bendiga

Deseo expresar mi gratitud y gracias al Ing. Luís Fernando Castaneda Romero por todas las sugerencias que planteó en el trabajo de investigación y de tener el don de tolerancia y seguimiento a los procesos de consulta y de solución a las dificultades encontradas en el proceso de la investigación, compaginación de documento y formación del mismo. Dios lo Bendiga

Mi gratitud a Ing. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia por gestión en la financiación de esta investigación. Dios lo Bendiga

Mis agradecimiento a Ing. Miguel Hernández por instruirme en sistemas de información geográfica. Dios lo Bendiga

Agradecimiento infinito a Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL), Agencia Suiza para El Desarrollo y Cooperación (COSUDE), Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) y Universidad de El Salvador (UES), sin su valiosa cooperación no hubiera sido posible este trabajo de investigación. Dios Los Bendiga.

Indice

	Página
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Resumen	1
Abstract	2
I. Introducción	3
II. Planteamiento del problema	5
III. Objetivos	6
3.1 Objetivo general	6
3.2. Objetivo específicos	6
IV. Hipótesis	6
V. Marco teórico conceptual	7
5.1. Experiencias sobre balance hídrico y recarga hídrica en El Salvador	7
5.2. Componentes del balance hídrico, estudios de caso	8
5.3. Estudios sobre calidad de agua en El salvador	12
5.4. Mapas Hidrogeológicos	13
VI. Metodología	15
6.1. Recopilación de información secundaria	15
6.1.1. Geología	17
6.1.2. Hidrogeología	17
6.1.3. Hidrogeoquímica	17
6.2. Trabajo de campo	18
6.2.1. Medición de nivel freático en los pozos excavados	18
6.2.2. Aforo de fuentes de agua superficial y subterránea.	18
6.2.3. Pruebas de infiltración	19
6.2.4. Medición de capacidad de campo y punto permanente de marchitez	19
6.2.5. Densidad aparente	19
6.2.6. Campaña de muestreo	20
6.2.7. Entrevista a usuario del recurso hídrico	20
	21

VII. Análisis de resultados	
7.1. Geología	21
7.1.1. Generalidades	21
7.1.2. Unidades hidrogeológicas	21
7.1.3. Geología local	22
7.1.4. Estratigrafía	23
7.1.4.1. Formación San Salvador	23
7.1.4.2. Formación Bálsamo	24
7.1.4.3. Formación Cuscatlán	25
7.1.4.4. Formación Chalatenango	26
7.1.5.5. Formación Morazán	27
7.2. Hidrogeología	29
7.2.1. Generalidades	29
7.2.2. Unidades hidrogeológicas	29
7.2.3. Rocas no acuíferas	30
7.2.4. Acuíferos volcánicos fisurados de gran extensión	30
7.2.5. Acuíferos porosos locales de extensión limitada	31
7.2.6. Inventario y caracterización de puntos de agua	33
7.2.6.1. Caracterización de pozos excavados	33
7.2.6.2. Aforo de pozos excavados	33
7.2.6.3. Curvas isofreáticas	34
7.2.6.4. Caracterización de manantiales	35
7.3 Balance Hídrico	45
7.3.1. Precipitación efectiva	47
7.3.2. Infiltración	47
7.3.3. Contenido de humedad del suelo	50
7.3.4. Calculo de la recarga	52
7.4. Hidrogeoquímica	58
7.4.1. Calidad de los recursos hídricos subterráneos	58
7.4.2. Interpretación de los resultados	63
7.5. Resultado de entrevista	67

VII. Conclusiones	70
IX. Recomendaciones	73
X. Bibliografía	75

Índice de Cuadros

Página

Cuadro 1	Características hidrogeológicas de pozos excavados	34
Cuadro 2	Inventario de pozos excavados, subcuenca La Quebradona	38
Cuadro 3	Inventario de manantiales de la subcuenca La Quebradona	40
Cuadro 4	Infiltración básica de suelos subcuenca La Quebradona	48
Cuadro 5	Coefficientes por pendiente (K_p) en textura de suelos subcuenca La Quebradona	49
Cuadro 6	Coefficientes de infiltración de cobertura vegetal (K_v) en textura de suelos subcuenca La Quebradona.	49
Cuadro 7	Coefficientes de infiltración (K_{fc}) por textura de suelo en textura de suelos subcuenca La Quebradona	49
Cuadro 8	Valores de coeficientes de escorrentía por textura de suelo I (0.01% subcuenca La Quebradona	50
Cuadro 9	Contenido de humedad del suelo subcuenca La Quebradona	51
Cuadro 10	Balance hídrico de suelo, textura Franco Arcilloso	55
Cuadro 11	Balance hídrico de suelo, textura Franco Arcilloso Gravilloso	56
Cuadro 12	Balance hídrico de suelo textura Franco Arcilloso Arenoso	57
Cuadro 13	Fuentes de monitoreo de agua subterránea subcuenca Quebradona	59
Cuadro 14	Resultados físico-químico de calidad de agua época seca, subcuenca La Quebradona	61
Cuadro 15	Resultados físico-químico de calidad de agua época húmeda, subcuenca La Quebradona.	62
Cuadro 16	Error analítico admisible en función de la conductividad eléctrica.	63

Indice de Figuras

	Página
Figura 1 Mapa de ubicación geográfica, subcuenca La Quebradona	16
Figura 2 Mapa geológico, subcuenca La Quebradona	28
Figura 3 Mapa Hidrogeológico de la Subcuenca La Quebradona	32
Figura 4 Mapa de inventario hídrico de la subcuenca La Quebradona	37
Figura 5 Mapa de suelos de la subcuenca La Quebradona	46
Figura 6 Mapa de recarga potencial hídrica, subcuenca la Quebradona	54
Figura 7 Mapa de monitoreo de fuentes de la subcuenca La Quebradona	60
Figura 8 Mapa de monitoreo y diagramas de STIFF, subcuenca La Quebradona	66

Índice de Anexos

	Página
Anexo 1 Hoja para toma de datos en muestreo de pozos	79
Anexo 2 Hoja para toma de datos para fuentes	80
Anexo 3 Entrevista para usuario del recurso hídrico subterráneo	81
Anexo 4 Entrevista para usuarios del recurso hídrico superficial	86
Anexo 5 Datos de prueba de bombeo pozo Tahuilapa	91
Anexo 6 Datos de pozo de bombeo pozo San José Capulín	92
Anexo 7 Estaciones climáticas de registro de evaporación potencial (Etp)	93
Anexo 8 Balance hídrico en suelo Franco Arcilloso	94
Anexo 9 Balance hídrico en suelo Franco Arcilloso Gravilloso	95
Anexo 10 Balance hídrico en suelo Franco Arcilloso Arenoso	96
Anexo 11 Relación de contenido de iones y conductividad eléctrica, época seca	97
Anexo 12 Relación de contenido de iones y conductividad eléctrica, época Húmeda	98
Anexo 13 Diagrama de Piper época seca	99
Anexo 14 Diagrama de Piper época húmeda	100
Anexo 15 Calculo de balances iónicos de las fuentes de agua superficial y subterránea de la Subcuenca La Quebradona	101
Anexo 16 Diagrama de Stiff de las fuentes de agua superficial y subterránea de la Subcuenca La Quebradona.	118
Anexo 17 Resultados de la entrevista en la subcuenca La Quebradona	122
Anexo 18 Lista de Abreviaturas	125

Resumen

Medina, A. 2009. Evaluación de la Disponibilidad Hídrica de la subcuenca La Quebradona, Cuenca alta del Rio Lempa. Tesis M.Sc. Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, 126 p. El presente trabajo de investigación se encuentra comprendido en la cuenca hidrográfica de la parte alta del río Lempa, principalmente la subcuenca La Quebradona, abarcando los municipios de La Palma y Nueva Concepción; limitada por los cerros el Chuntrun, las Minas y Capullo, La Joya, respectivamente, en la subcuenca Cuyuiscat del municipio de Metapán y la subcuenca El Despoblado en Santa Rosa Guachipilín y Masahuat; en conjunto las subcuencas son denominada La Quebradona con una área de 217 Km² y una longitud de recorrido del río lempa de 48Km.

Se realizó un inventario y caracterización de las fuentes de agua superficial y subterránea, haciendo énfasis donde existe población usuaria del recurso hídrico, encontrándose sesenta y nueve manantiales y treinta y tres pozos excavados con 2,800 familias usuarias principalmente para consumo humano y uso doméstico, siendo precaria la disponibilidad de agua para Metapán en los cantones de Las Pavas, Piletas, Cumbre, Cuyuiscat, municipio de La Palma en los cantones Los Horcones y La Ceiba, municipio de Santa Rosa Guachipilín en los cantones de San José Capulín, Matazano; en Masahuat en el cantón El Carrizal.

Las principales unidades hidrogeológicas de la subcuenca La Quebradona son las formaciones: Chalatenango, Morazán, Cuscatlán y Bálsamo; son “Acuíferos fisurados de gran extensión”, “Acuíferos porosos locales de extensión limitada” y “Rocas no acuíferas”. El balance hídrico generado permitió calcular la recarga acuífera potencial de 261.76 milímetros o 56.80 millones de metros cúbicos anuales.

Los análisis físicos-químicos realizados en las dos épocas del año, a través de la evaluación de veinte muestras de agua para la época seca y lluviosa, reflejan que son de un mismo tipo de agua bicarbonatada cálcica a magnésica, lo cual corresponde a aguas jóvenes con poca evolución química.

Unidades hidrogeológicas, acuíferos, balance hídrico, formación geológica, recarga acuífera, evolución química.

Abstract

Medina, A. 2009. Evaluation of the availability hydric of the La Quebradona sub water Shed upper Lempa River watershed, Tesis M.Sc.University El Salvador, Faculty of Agronomical Sciences 126 p. The present assignment of investigation is comprised in the hydrographic upper Lempa river watershed principally the La Quebradona sub watershed embracing the towns of La Palma and Nueva Concepción limited by the hills El Chuntrum, Las Minas and Capullo, la Joya, respectively in the Cuyiscat sub watershed of the Metapán town and the sub watershed the deserted spot in Santa Rosa Guachipiln and Masahuat in collectron the sub watershed are denominated La Quebradona with on area of 217 Km² and a length of route of the Lempa River of 48 Km.

An inventory was made and characterization of the fountains of superfreial and underground water making emphacis where there was using population of the hydric resource being found seventy nine sources and thirty three wells digged with 2,800 family users for human and domestic consume, being scarce the availability of water for Metapan and the cantons of La Palma and cantons Los Horcones and La Ceiba, the tow of Santa Rosa Guachipil in the towns of San José Capulín, Matazano, Masahuat in the towns El Carrizal.

The main hydrogeographyc units of the La Quebradona sub watershed conformations: Chalatenango, Morazán, Cuscatlán are “Fissured aquifers of great extension” and “Porosed local aquifers of limited extension” and “No aquifer rocks”.

The hydric balance generated let people calculate the recharge potential aquifered of 261.76 milimitres or 56.80 millions of cubic annual meters.

The quimical and physical analisys made in the two seasons of the year of evaluation of twenty proofs of water for the dry season and respectively rainy, which reflect that are of the same kind of bicarbonate calcic and magnesic water what corresponds of young water with a few quimical evolution.

Hydrogeographyc units, aquifers, hydric balance, conformations geologic, recharge aquifer, quimical evolution.

I. Introducción

La presente investigación fue posible por la coordinación de trabajo de campo con SNET, CEL, COSUDE y UES, en el marco del proyecto denominado “Desarrollo Sostenible del Medio ambiente y Recursos Hídricos en la Cuenca Alta del Río Lempa (Proyecto RLA 8038)”, coordinado por la Vice-Presidencia de La República de El Salvador. El apoyo consistió en la coordinación de uso de equipo en el componente técnico de investigación y monitoreo hidrogeológico, en el marco de la cooperación técnica del Organismo Internacional de Energía Atómica y COSUDE.

El Salvador cuenta con 360 ríos pertenecientes a 10 regiones hidrográficas, siendo la más importante la cuenca del río Lempa con 18,311 Km² donde se ubica la región del triffinio, con una extensión de 7,541 km², considerada estratégica por ser la cabecera de los tres sistemas hídricos más importantes de Centroamérica (Lempa, Ulua, Motagua).

La investigación presenta un estudio de la situación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos en la subcuenca La Quebradona con énfasis en la caracterización: Monitoreo y evaluación hídrica. Se realizaron mediciones insitu, tales como muestreo hidrogeoquímico, pruebas de infiltración, humedad del suelo y clima para estimar el balance hídrico (por textura de suelo) y elaboración de un mapa hidrogeológico.

La zona rural es la zona menos atendida con los servicios básicos causando problemas y desequilibrios ambientales por la falta de una gestión eficiente del recurso hídrico y de programas de fortalecimiento de las capacidades locales en temas hidrogeológicos.

El problema de abastecimiento de agua para uso doméstico y producción, es una de las prioridades más importantes para toda la población residente en la subcuenca La Quebradona, no cuentan con infraestructura apropiada para la captación, conducción y saneamiento básico del agua, área de protección de zonas de recarga, ni un manejo adecuado de la subcuenca como elemento fundamental para la restauración de las microcuencas productoras de agua y el manejo sostenible de los acuíferos.

La principal causa de esta escasez, ha sido el cambio de uso del suelo de forestal a agrícola, lo cual ha impactado negativamente en los recursos hídricos, provocando un aumento de escorrentía superficial y el arrastre de grandes cantidades de sedimentos de origen agrícola y pecuario a las fuentes de agua; alterando sus propiedades físicas y volviéndolas no aptas para el consumo humano. (Araguás, 2005)

La importancia que se le ha dado a los recursos hídricos no ha sido significativa desde el punto de vista ambiental, se puede observar en los diferentes datos que existen sobre la calidad de las aguas que el 90% de las fuentes están contaminadas, donde las causales en la mayoría son siempre las actividades antropogénicas.

Los índices actuales han puesto en preocupación el abastecimiento de agua debido a causas críticas del recurso hídrico como es la pérdida de la capacidad del suelo para infiltrar disminuyendo los mantos acuíferos (Araguás, 2005)

La evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico permitirá tener criterios para el buen uso y manejo integrado del recurso hídrico por medio de la identificación de ambientes y necesidades actuales de consumo humano, productivo y establecer una real interrelación del ser humano con los recursos.

II. Planteamiento del problema

El problema de abastecimiento de agua para uso doméstico y producción, es una de las prioridades más importantes para toda la población residente en la subcuenca La Quebradona. No cuentan con infraestructura apropiada para la captación, conducción y saneamiento básico del agua, área de protección de zonas de recarga, ni un manejo adecuado de la subcuenca como elemento fundamental para la restauración de las microcuencas productoras de agua y el manejo sostenible de los acuíferos.

La principal causa de esta escasez, ha sido el cambio de uso del suelo de forestal a agrícola, lo cual ha impactado negativamente en los recursos hídricos, provocando un aumento de escorrentía superficial y el arrastre de grandes cantidades de sedimentos de origen agrícola y pecuario a las fuentes de agua; alterando sus propiedades físicas y volviéndolas no aptas para el consumo humano.

La evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico permitió tener más criterios para el buen uso y manejo integrado de este recurso hídrico y por medio de la identificación de escenarios y necesidades actuales de consumo humano y productivo. La caracterización del recurso hídrico y de los escenarios actuales, permitió establecer una real interrelación del ser humano con los recursos naturales y sentar las bases para la elaboración de un plan de gestión integral del recurso hídrico en la subcuenca La Quebradona.

La importancia que se le ha dado a los recursos hídricos no ha sido significativa desde el punto de vista ambiental, se puede observar en los diferentes datos que existen sobre la calidad de las aguas que el 90% de las fuentes de agua están contaminadas, donde las causales en la mayoría son siempre las actividades antropogénicas.

Los índices actuales han puesto en vilo el abastecimiento de agua debido a causas críticas del recurso hídrico como es la pérdida de la capacidad del suelo para infiltrar agua disminuyendo los mantos acuíferos.

III. Objetivo

3.1 Objetivo general

Contribuir al manejo sostenible de los recursos hídricos de la subcuenca La Quebradona, a través de la generación de información técnica que sirva de base para la toma de decisiones.

3.2 Objetivos Específicos

- a) Realizar el inventario y la caracterización de fuentes de agua subterránea y superficial de la subcuenca La Quebradona.
- b) Elaborar un balance hídrico de la subcuenca La Quebradona para Estimar la recarga potencial del acuífero.
- c) Elaborar un mapa hidrogeológico de la subcuenca a Escala 1:100000.

IV Hipótesis

La disponibilidad hídrica de la Subcuenca La Quebradona representa unidades hidrogeológicas discontinuas a través de los límites geográficos que la componen donde la principal variación se debe a su geología.

V. Marco Teórico Conceptual

5.1. Experiencias sobre balance hídrico y recarga hídrica en El Salvador

Para la determinación del balance hídrico en el acuífero de Guluchapa, utilizo el método de Penman y Grindley, el cual involucra los componentes básicos de precipitación, evapotranspiración e Infiltración, así como los principales grados de humedad del suelo como son capacidad de campo y punto permanente de marchites. El área de estudio fue dividida en 3 zonas, encontrando que la mayor recarga se presentó en los suelos de textura areno limosa en comparación con los suelos arcillosos (Duarte, 1998)

Hernández, et al (2003), realizaron un balance hídrico por el método de Penman en la región C donde se considero 18 estaciones pluviométricas analizadas por medio de polígonos de Thiessen modificado y un mapa de isoyetas.

Losilla (2004), realizó balances hídricos utilizando las diferentes variables de entrada y salida de agua en cada textura de suelo definiendo la humedad, profundidad del suelo y registros climáticos lo que permitió determinar la recarga acuífera potencial.

Para la determinación del balance hídrico en las 10 cuencas hidrográficas de El Salvador, SNET (2005), consideró como entradas la precipitación e importaciones superficiales de otra cuenca, retornos de la demanda y en las salidas considera la Evapotranspiración real, evaporación de cuerpos de agua, evaporación de áreas urbanas, escurrimiento. La diferencia entre las entradas y salidas se contabilizó como cambio de almacenamiento y se tiene la mayor recarga acuífera en la región hidrográfica “E” Mandinga- Comalapa y la de menor recarga acuífera en la región hidrográfica “I” Sirama.

Para la determinación de la recarga agua subterránea para El Salvador Junker (2005), desarrolló un método teórico-científico para calcular la recarga acuífera potencial, también elaboró un mapa de recarga de aguas subterráneas para todo el territorio nacional aplicando

dicho método, el cual considera coeficientes asignados a la cobertura vegetal, pendiente y textura de suelos, obteniendo un coeficiente de infiltración para cada unidad de uso de suelos.

5.2. Componentes del balance hídrico, estudios de caso.

En el estudio hidrogeológico del acuífero de Guluchapa, San Salvador, El Salvador Duarte, (1998), consideró la precipitación efectiva como variable para la elaboración del balance hídrico, se utilizó la fórmula de correlación estadística desarrollada por Gunther Shonsinky, la cual considera a la velocidad de infiltración del suelo como el factor que condiciona la cantidad de precipitación pluvial que puede infiltrarse.

La fórmula utilizada para el cálculo de la Infiltración fue:

% I = Porcentaje que se infiltra.

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

fc: Infiltración Básica mm/día = $f_1 f_4 - f_2 f_3 / f_1 - f_2 - f_3 + f_4$

Donde f_1, f_2, f_3, f_4 (mm/día) : Son valores de las diferentes infiltraciones realizadas por El Método de Porshet , con una duración de intervalos de 30 minutos y un total de 2 horas por prueba en los diferentes zonas geológicas homogéneas . Los valores de precipitación pluvial, evapotranspiración potencial y real media fueron registros de diez años utilizados para el estudio de la estación climatológica del Aeropuerto de Ilopango. La humedad del Suelo expresada en la capacidad de campo y el punto permanente de marchites fueron determinadas en cada zona geológica homogénea.

En el estudio hidrogeológico en la subcuenca de las Quebradas: La Jutera, Quiomalapa, La Sierpe, y Tecualuya, Departamento de La Paz (Galicia, et al 1992) se contó con registros desde 1977–1990, tomados de la Estación Experimental y de Practicas La Providencia de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, la evapotranspiración potencial fue calculada por el Método de Hargreaves.

Para el cálculo de la recarga hídrica utilizando el método de Penman en la Región “C” la precipitación promedio utilizada fue calculada por medio de un programa de Calculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas (CHAC), utilizando el análisis de dobles masas para el completado de datos de estaciones meteorológicas y luego por medio de una curva doble acumulativa en la cual son relacionados los totales anuales acumulados de precipitación de una estación y la media acumulada de los totales anuales de todas las estaciones de la región, dando lugar al trazo de isoyetas de cuarenta estaciones con la ayuda del programa SURFER (Hernández, et al 2003)

Para el cálculo de Evapotranspiración uso el método de Hargreaves y se tomo un periodo de 30 años (1971–2001) con datos proporcionados por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales usando tres estaciones: Ahuachapán, San Francisco Menéndez (Hachadura) y Acajutla (Puerto Nuevo).

El Balance Hídrico Integrado y Dinámico en El Salvador (SNET 2005) presenta la información referente a la oferta y la disponibilidad de agua del país. Para el cálculo de la precipitación media a nivel de cuenca y de región hidrográfica se utilizaron 173 estaciones pluviométricas, de las cuales 164 corresponden a El Salvador, 4 Guatemala y 5 a Honduras. A estas estaciones se les analizo confiabilidad de la información a través de curvas de doble masas, con el programa Calculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas (CHAC), agrupándolas de acuerdo a cota topográfica, cercanía de estaciones y precipitaciones medias similares.

La variación espacial de la lluvia se analizo a través del trazado de líneas de igual precipitación (isoyetas).El trazo de mapas de isoyetas mensuales muestra la variación de la lluvia a nivel temporal. A través de la interpolación krigging con el programa SURFER y utilizando Sistemas de Información Geográfica, se determino la precipitación media areal de las cuencas con lo que se inicia el cálculo de los componentes del balance hídrico.

Para la evapotranspiración de referencia (ET_0) calculada por el método de Hargreaves se analizaron 43 estaciones de las cuales 40 están en El Salvador y 3 en Guatemala. La falta de

una densidad de la red no reflejó las condiciones de evapotranspiración en alturas, por lo que se creó estaciones ficticias que permitieran con mayor detalle estimar el parámetro de evapotranspiración.

Se determinaron ecuaciones de correlación mensual entre las dos variables, determinándose 17 estaciones ficticias y se aumento la red a 60 estaciones para el respectivo calculo (ET_0); se trazaron isoclinas de evapotranspiración media de referencia a nivel mensual y anual, los cuales fueron cruzadas con los mapas de cuencas del país y por región hidrográfica.

Para la evapotranspiración de los cultivos se tomaron en cuenta los Coeficientes de cultivos K_c de la FAO para los diferentes usos de suelo del país, de acuerdo a condiciones de desarrollo vegetativo y condiciones climáticas, por lo que se le asigno valores a nivel mensual por cada tipo de uso de suelos en cada cuenca hidrográfica donde la evapotranspiración de cultivo ET_c es el producto K_c por E_{to} (evapotranspiración de referencia).

La Evapotranspiración Real se calculo teniendo en cuenta la capacidad de agua disponible en el suelo, de acuerdo a texturas en los 60 centímetros de profundidad radicular, a partir de datos del Departamento de Agricultura de Los Estados Unidos (USDA), de acuerdo a texturas asociadas al mapa de Clasificación de Suelos 1985 (USDA-MAG). La determinación del agua disponible ponderado a nivel de cuenca se le asigno la textura predominante a cada tipo de suelo.

El escurrimiento superficial es medido en los ríos a través de estaciones hidrométricas, las cuales miden el caudal de agua que pasa por un punto determinado. Este caudal depende de la respuesta hídrica de la cuenca a la precipitación que cae en ella, por lo cual se realizo una regionalización de caudales medios y máximos, se establecieron relaciones de los caudales y el área de la cuenca aportante por medio de ecuaciones de regionalización de caudales medios. (SNET, 2005)

Los pasos seguidos para determinar la Recarga de Agua Subterránea para El Salvador fueron lo siguiente (Junker, 2006).

1º paso: La utilización de un mapa de isoclinas de precipitaciones promedias de los últimos 30 años creado por El Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).

2º Paso: Mapa de distribución de la Evapotranspiración Real con base en cálculos realizados por SNET tomando en cuenta 15 estaciones meteorológicas.

3º Paso: Elaboración de mapa de pendientes en porcentajes con datos disponibles por SNET. Este mapa clasifica al país en 6 diferentes zonas con diferentes rangos de pendientes y se definió un coeficiente de escorrentía superficial en base a Schosinsky y Losilla.

4º Paso :Interpretar el mapa de uso del suelo del proyecto SHERPA 2002, donde existe una clasificación de más de 70 diferentes usos de suelos; donde la transpiración vegetal se determino por medio de 7 grupos de coeficientes del uso de suelo .

5º Paso: En base a los tipos de suelos de SNET se determinaron 3 grupos de suelos respecto a textura, origen y estado de consolidación a cada grupo se le asigno un coeficiente de textura.

6º Paso: Para saber la disponibilidad hídrica se realizó un mapeo del Balance Climático, con base a isoclinas de precipitaciones y de evaporación

BC = P- ET real.

7º Paso: Calculo de Recarga Acuifera **R = C. BC**

R= Recarga Acuifero

C = Coeficiente de Infiltración

C= **Kp** Fracción que se infiltra por efecto de pendiente.

BC= Balance Climático

Kv =Fracción que se infiltra por efecto de cobertura vegetal.

Kfc = Fracción que infiltra por textura.

5.3. Estudios sobre calidad de agua en El Salvador

El estudio realizado por Alemán, et al (2003) en muestras de pozos y fuentes de agua superficial, reportó valores de sólidos disueltos totales del agua (84 a 235 mg/l) es agua diluida SDT<1000mg/l. Las concentraciones (en meq/l) de los iones mayores (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^+ , Cl^- , SO_4^{2-} y HCO_3^-) de cada muestra se graficaron en diagramas de Stiff modificados (Custodio y Llamas citado por Alemán 2003).

El agua de la región (Atiquizaya-Ahuachapán) en su mayoría es bicarbonatada cálcica, lo que indica que se trata de aguas muy jóvenes y corresponde a un tipo de recarga definida infiltración por lluvia.

Estudios realizados por Hernández et al (2003) en la Región Hidrográfica C reportaron que el agua de la región es en su mayoría, de tipo bicarbonatada cálcica y sódica. Esto significa que se trata de aguas muy jóvenes y que corresponden a un tipo de recarga definida, la infiltración por lluvia. No se observó un patrón definido de evolución química, lo cual puede deberse al corto tiempo de residencia del agua. Todos los pozos presentaron características químicas similares, bicarbonatadas-sódicas o bicarbonatadas - cálcicas.

Los resultados de aguas superficiales de 19 sitios evaluados en el canal principal del río Lempa y en sus afluentes más importantes, demuestra que 12 sitios no cumplen con la normativa, debido principalmente a los niveles de fenoles, DBO_5 y coliformes fecales. La calidad ambiental se evaluó a través del Índice de Calidad de Aguas (ICA), variando de regular a buenas aguas arriba de la desembocadura del río sucio (SNET, 2005).

Monitoreo de los acuíferos Aguilares-Colima realizados en pozos excavados demuestra que el agua en su mayoría es de tipo bicarbonatada cálcica ,lo que significa que se trata de aguas relativamente jóvenes por lo que se deduce que el tiempo de residencia del acuífero es corto ,encontrándose dos muestras de agua sulfatadas cálcicas lo cual podría indicar una evolución regional de las aguas subterráneas en el sector sur de aguilares ,no cumpliendo las normativas de agua potable de CONACYT siendo contaminados dos pozos por nitratos provenientes de granjas y establos (SNET, 2004).

El acuífero Jiquilisco –Usulután el agua de la región es en su mayoría bicarbonatada cálcica magnésica o sea aguas relativamente jóvenes y de corto periodo de residencia ,sin embargo en las cercanías del Río Lempa y la Bahía de Jiquilisco se clasifica bicarbonatada clorurada sódica lo cual podría indicar de una salinización regional debido a desbordamientos del Río Lempa, donde presenta a media a elevada conductividad eléctrica al igual que los sólidos totales disueltos elevados fuera de norma para agua potable, pero si es aceptable para riego y para cultivos no sensibles (SNET, 2004).

5.4. Mapas Hidrogeológicos

El estudio realizado por Alemán, et al (2003), muestra el comportamiento de las aguas subterráneas dentro de las diferentes unidades hidrogeológicas de la cuenca hidrográfica del río Paz, la identificación y caracterización de las fuentes de agua, permitió establecer siete unidades cada una de ellas tiene asociada valores de transmisividad dependiendo de los materiales geológicos encontrados para ceder y transmitir agua que la componen para determinar el acuífero presente en la zona. Donde se graficaron isofreáticas con una diferencia de altura de 25 metros y se calculó el caudal del acuífero entre las curvas isofreáticas.

Estudios realizados por Hernández et al (2003) en la Región Hidrográfica C, muestra datos compilados de inventario de pozos perforados y cálculo de los parámetros hidráulicos donde se levanto información de altitud, nivel estático, donde fueron introducidos y graficados por el programa surfer y obtener las curvas isofreáticas que ayudaron a conocer isolineas de igual profundidad freática.

Las curvas isofreáticas del acuífero de Aguilares-Colima y Jiquilisco–Usulután corresponden a medidas realizadas en pozos excavados durante el periodo febrero –mayo 2004, una vez por mes. (SNET, 2004)

La profundidad del agua subterránea en el acuífero Aguilares–Colima oscila entre 2.3 a 10.40 m. En el acuífero de Jiquilisco – Usulután la profundidad del agua subterránea o nivel freático varia de 2.35 en el puerto triunfo y al sur 43.40 m en la hacienda El Coyolito al norte. (SNET, 2004)

Uno de los métodos más utilizados para analizar las prueba de bombeo en pozos de gran diámetro es el de Gunther (2002) es una prueba de bombeo a caudal constante en un pozo de gran diámetro, llevando registro del tiempo desde el inicio de bombeo y cada uno de los abatimientos ocurridos en cada tiempo. El método que emplea Gunther es el de Papadopulos–Cooper consiste en graficar en papel doblemente logarítmico el abatimiento observado durante la prueba de bombeo en el eje vertical contra el tiempo en que ocurre cada abatimiento en el eje horizontal, conociendo la curva de la familia Papadopulos que sigue el mismo patrón de los abatimientos obtenidos en la prueba de bombeo y aplicando una formula se determina los parámetros hidrogeológicos de transmisibilidad y coeficiente de almacenamiento.

VI. Metodología

La subcuenca La Quebradona se encuentra en la parte alta de la cuenca del río Lempa, a 39 Km de Santa Ana y a 9 Km. de La Palma, se ubica entre las coordenadas Este 466882.178 - 473336.57, Norte 355193.28 - 351540.979 y Este 457846.183 - 459793.199 .Norte 349302.7 – 342618.481 con una extensión aproximada de 217 Km² (fig. 1)

La subcuenca La Quebradona colinda al Noreste con la subcuenca Sapuapa, Nunuapa, Detian; al Noroeste con Demasala, Santa Inés; al Este con Tahuilapa, al Suroeste con El Coyolito, al Sureste con Jayuca, Mojaflares, Peñanalapa, Honduritas; al Sur con La Quebrada El Pital. Específicamente se encuentra entre los Departamentos de Santa Ana (Metapán, Masahuat, Santa Rosa Guachipilín) y Chalatenango (La Palma, Nueva Concepción) (fig.1)

Las condiciones bioclimáticas están definidas en su mayor área como Bosque húmedo Subtropical (Bh –ST), por lo que se distinguen dos épocas marcadas, época seca y húmeda, siendo las sequías recurrentes de mayor impacto en Masahuat y Metapán. La evapotranspiración potencial promedio es de 1,595.59 mm/añual y la precipitación promedio es 1,618.68 mm/añual, humedad relativa promedio de 74.5 % y temperatura promedio anual es de 23.3 %.

6.1. Recopilación de información secundaria

Para la presentación del estudio de la disponibilidad de los recursos hídricos de la subcuenca La Quebradona, las principales actividades que esto conlleva es la recopilación, selección y análisis de toda información existente; utilización del programa de Sistema de Información Geográfica (ArcGis 9.1) elemento integrador en las diferentes capas de información que se mencionan a continuación: Geología, hidrogeología, hidrogeoquímica.

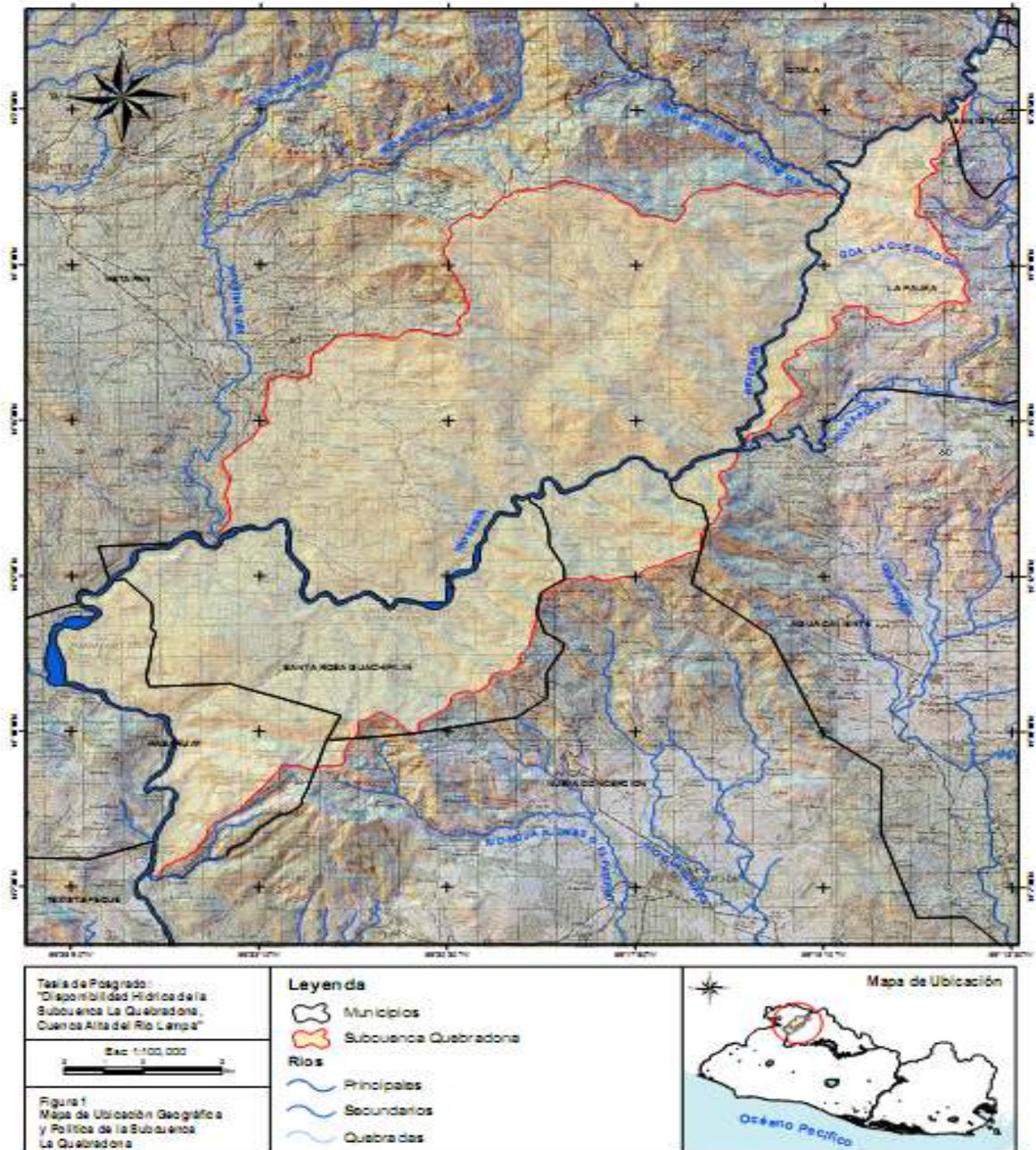


Figura. 1 Mapa de ubicación geográfica, subcuenca La Quebradona.

6.1.1 Geología

La información geológica consiste básicamente en mapas de la zona de estudio a escala 1:100,000 y complementados con mapas topográficos recientes a escala 1:25,000 en forma digital y en duro, mapa de clasificación pedológica de los suelos de El Salvador a escala 1:25000 de los cuadrantes 2358–I y III Chalatenango y IV Masahuat, el objetivo principal de esta categoría es conocer y delimitar la geología con las diferentes formaciones, miembros y texturas que constituyen el área de estudio.

6.1.2. Hidrogeología

La información consiste en un inventario, caracterización de pozos y nacimientos de agua, donde se levantó una ficha básica por cada sitio muestreado detallándose la estructura y niveles estáticos y aforos de las aguas superficiales y subterráneas.

Además se recopilaron datos pluviométricos y de evapotranspiración potencial con 31 años de registro desde 1957 a 2003 provenientes de las estaciones: Hda Montecristo, Los Planes de Montecristo, La Majadita, Hda. San José Ingenio, San Miguel Ingenio, Metapán, El Desagüe, Güija, San Cristóbal, Candelaria de La Frontera, Guarnecía, Nueva Concepción, Santa Ana CLESA e información climáticas con datos de evapotranspiración potencial en las estaciones: Concepción Quezaltepeque, La Palma, Nueva Concepción, Los Planes de Montecristo, Güija, Candelaria de La Frontera, Santa Ana El Palmar, Finca Los Andes, todos los datos fueron proporcionados por El Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), con esta información elemental se elaboró el Balance Hídrico de la subcuenca La Quebradona.

6.1.3. Hidrogeoquímica

Comprende la información de análisis físico-químicos de los siguientes elementos: Bicarbonatos, calcio, cloruro, carbonatos, hierro, magnesio manganeso, nitratos, potasio, sodio, sulfatos, nitrógeno amoniacal, nitritos, fosfatos, dividida en dos campañas época seca y húmeda con 20 muestras respectivamente para todos los elementos siendo pozos y nacimientos seleccionados conforme a las unidades geología más representativas presentes,

los análisis fueron realizados en el laboratorio de servicio analítico (LSA) de la Fundación Salvadoreña para Investigación del Café (PROCAFE).

6.2. Trabajo de campo.

El trabajo de campo comprendió las actividades realizadas insitu como infiltraciones, tomas de muestra de suelo, niveles freáticos, aforos en nacimientos y pozos excavados, tomas de muestras de agua para análisis físico-químico necesario para caracterizar y conocer el comportamiento hidrogeológico del acuífero

6.2.1. Medición de nivel freático en los pozos excavados

Las campañas de medición de niveles freáticos se realizaron en la época seca comprendida entre los meses marzo y abril y la época lluviosa en los meses de agosto y septiembre, respectivamente lo cual proporcionaron información básica en los estudios hidrogeológicos ya que se determinó el nivel estático o dinámico del acuífero.

Las mediciones realizadas con sonda eléctrica se realizaron en pozos excavados para el cálculo de columnas de agua, a través de visitas domiciliarias en toda el área de estudio, con una distancia de separación de 1 a 2 Km entre los pozos.

6.2.2. Aforo de fuentes de agua superficial y subterránea

Es la medida de agua que circula en las diferentes formaciones geológicas, sirviendo de base para el consumo humano de los diferentes cantones y caseríos de cada municipio inmersos en la subcuenca La Quebradona: Metapán, Masahuat, Santa Rosa Guachipilín, La Palma, Nueva Concepción. Se realizó por medio de la organización comunal, alcaldías y familias a cada fuente de agua para aforarlas con equipos de volumen conocido.

Se realizaron pruebas de bombeo en dos pozos de gran diámetro, la finalidad fue obtener parámetros hidrogeológicos tales como nivel estático, transmisibilidad y coeficiente de

almacenamiento, utilizando la metodología de Papadopulos para los pozos de Metapán cantón Tahuilapa y Santa Rosa Guachipilín cantón San José Capulín respectivamente.

6.2.3. Pruebas de infiltración

La infiltración es la manifestación del movimiento del agua en forma vertical y descendente en los primeros horizontes del suelo, lo cual es un parámetro que cuantifica la velocidad de descenso del agua en las primeros horizontes o capas del suelo bajo la acción de la gravedad, se definieron ocho sitios previamente identificados tomando como base el levantamiento de suelos de El Salvador, el método utilizado para el cálculo de la infiltración es la utilización de anillos concéntricos de chapa de acero de 0.2 y 0.4 m de alto, 0.15 y 0.45 m de diámetro respectivamente .

6.2.4. Medición de capacidad de campo y punto permanente de marchitez

La capacidad de campo se define como la humedad que puede retener el suelo contra la fuerza de gravedad sostenida por capilaridad, mientras que el punto permanente de marchitez como el límite inferior de la humedad el cual el agua no puede ser extraída por las raíces de las plantas ambos contenidos se expresan en porcentaje o milímetros donde fueron sometidas las muestras en ollas de presión a 1/3 y 15 atmósferas respectivamente.

Se realizaron 13 levantamientos de muestras distribuidos en áreas de mayor significancia tomando en cuenta el mapa de clasificación pedológica de suelos de El Salvador, dichas pruebas fueron llevadas a cabo en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (UES)

6.2.5. Densidad aparente

La densidad aparente de un suelo está referido a la relación entre la masa de una muestra natural y el volumen aparente que incluye el volumen de las partículas sólidas del suelo y los espacios porosos; el método ocupado es el de la parafina realizado en el laboratorio de suelos

del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), son 13 muestras recolectadas tomando en cuenta los criterios del literal anterior para su recolección de muestras por lo cual se tomo las áreas más representativas de suelo y de mayor extensión.

6.2.6. Campaña de muestreo

La campaña de muestreo del agua se llevo a cabo en 20 muestras realizadas en abril y septiembre respectivamente, donde se analizaron parámetros físicos-químicos con equipo multiparametro en pozos excavados y fuentes de agua para la época seca, para la época lluviosa no se utilizo el equipo multiparametro por motivos ajenos al investigador, el levantamiento de las muestras se realizó con previo análisis tomando en cuenta lo siguiente: Numero de familias usuarias, geología local, potencial hídrico, (Anexo 1 y 2)

6.2.7. Entrevista a usuario del recurso hídrico

La entrevista tuvo como propósito principal determinar las condiciones socioeconómicas sobre el uso y manejo del recurso hídrico como fuente de vital importancia para consumo humano, el levantamiento de la entrevista fue en cada sitio de monitoreo de los manantiales y pozos excavados tomados en cuenta para el análisis físico-químico con un total de 20 entrevistas (Anexo 3 y 4)

Dirigido a informantes claves como miembros de las ADESCO, Juntas rurales de agua, líderes (hombres y mujeres) y familias usuarias que habitan en las micro cuencas y contiene preguntas de aspectos sociales, ambientales y económicos. Además se realizó preguntas cerradas (respuestas si o no), como por ejemplo las relacionadas a si posee servicios dentro de su vivienda o comunidad. Pero también se presentaron algunas preguntas abiertas, para que las personas expresen, por ejemplo: cuáles son las principales enfermedades de su grupo familiar o mencione los tres principales problemas de su comunidad.

VII. Análisis de Resultados

7.1. Geología

La geología de la zona de estudio se hace referencia a su origen y geología local.

7.1.1. Generalidades

A diferencia de todos los cuadrantes del territorio nacional la geología de estos cuadrantes integra todas las formaciones geológicas reconocidas a nivel nacional.

La mayor parte del territorio en la parte norte está cubierto por rocas de origen volcánico de carácter riolítico y basáltico, afloran rocas de carácter ácido, tratándose de productos piroclásticos de colores claros lo cual son considerados litológicamente como riolitas hasta dacitas. Una gran parte de El Salvador esta cubierta por una serie volcánica que consiste en una sucesión de andecíticas a basaltos hasta aglomerados de carácter andecítico el espesor de esta sucesión es mayor de 1500 m.

En las montañas norteñas de Santa Ana y Chalatenango se conocen rocas intrusivas de carácter granítico–diorítico donde se encuentran en contacto con las series sedimentarias marinas donde se nota un metamorfismo de contacto el cual puede ser observado en las capas calcáreas (MAG,1996)

7.1.2. Unidades Geomorfológicas

Como resultado de la variabilidad de las condiciones geológicas que se manifiestan dentro del área de estudio, la superficie de la subcuenca se encuentra emplazada entre dos grandes paisajes: Cerranias Interiores que ocupan la mayor parte de su extensión y el Sistema Montañoso Central que corresponden al sub paisaje de colinas elevadas de Pie de monte ubicadas al Noroeste e interceptadas por el cauce del río Lempa constituyendo en si misma, un subpaisaje dentro de la zona de estudio (MAG, 1996).

El gran paisaje de Cerranias Interiores en el área de estudio presenta una amplia complejidad subdividiéndose en cuatro sub paisajes que son:

- a) Cerranias Altas
- b) Cerranias Intermedias
- c) Ondulaciones Bajas

El subpaisaje de Cerranias Altas se distribuye al sur del cauce del río Lempa Nueva Concepción y el cerro Pacho por constituir parte de la falda de un antiguo volcán, su relieve es alto fuertemente ondulado y moderadamente diseccionado por drenajes estacionales que convergen uno hacia el río Lempa y el otro a la subcuenca del río Sunapa, su paisaje se eleva desde los 600 msnm hasta 1,167 msnm.

Las Cerranias Intermedias constituyen el subpaisaje más extendido, se caracteriza por su relieve irregular y moderadamente alto profuso en colinaciones, pequeños conos volcánicos y zonas escarpadas variando sus elevaciones desde los 500 msnm hasta los 1000 msnm. Por su configuración se encuentra diseccionado por drenajes profundos que surcan el subpaisaje en todas direcciones integrándose finalmente al sistema hidrográfico del río Lempa.

El Subpaisaje correspondiente a las ondulaciones bajas que constituye la unidad estructural geológico-tectónico llamada fosa interior incluye las semiplanicies onduladas que se extienden al Sureste del Municipio de Metapán; en el área de influencia del río Guajoyo; sobre el pie de Monte del cerro Masahuat hacia el Norte y hacia el Oeste; y sobre la extensa lava de San Diego interrumpida por el respectivo cono volcánico, normalmente su relieve es moderado a bajo con diferencias de nivel no mayores de 50 m.

7.1.3. Geología local

La mayor parte del área de estudio está constituida por las formaciones geológicas de Morazán compuesta por rocas extrusivas, básicas intermedias, situadas en las zonas Noreste y Este; formación Chalatenango compuesta por rocas volcánicas ácidas piroclásticas, en la zona Central; formación Cuscatlán compuesta por tobas ácidas en la base, seguido por lavas ácidas-

intermedias, en el área Sur y formación Bálsamo compuesta por efusivas básicas-intermedias, piroclásticas, al Suroeste. (Sorto, 1989)

Además se encuentran pequeñas áreas en la zona norte, pertenecientes a las formaciones Valle Los Angeles capas rojas (conglomerados de cuarzo y caliza, areniscas, siltitas, lutitas) localmente vulcanitas; formación Todo Santos Metasedimento, metavulcanitas, principalmente en partes más antiguas o más jóvenes en la zona Oeste de la subcuenca y formación Grupo Yojoa formada por calizas y calizas margosas con una intercalación de capas rojas en la zona de estudio.

7.1.4. Estratigrafía

Las rocas volcánicas y sedimentarias que cubren la zona de estudio, atendiendo a su edad, se agrupan en Formaciones Geológicas, de la más reciente a la más antigua, las cuales se enumeran a continuación (fig. 2)

7.1.4.1. Formación San Salvador

La actividad volcánica cuaternaria y reciente produjo la depositación de cenizas, lapilli y piroclastos en general, así como la eyección de coladas de lava y domos andesíticos. A la vez las corrientes de agua transportaban algunos de estos materiales, reclasificándolos según su granulometría y composición, en depósitos fluviales. La misma actividad volcánica con frecuencia, bloqueaba el drenaje formando lagos en donde se acumulaban sedimentos lacustres. La Formación San Salvador rellenó todas las fosas y depresiones en el área y formó también una delgada capa sobre los bloques elevados de las cordilleras. El espesor máximo de esta Formación es aproximadamente de 300 m (Baxter, 1984).

Los miembros geológicos de la Formación San Salvador que pertenecen al área de estudio son:

- a) **Miembro Q'f:** está compuesto por sedimentos aluviales con ciertas intercalaciones de rocas piroclásticas, constituidos por arenas, gravas y limos; los cuales han sido depositados

en el cauce de ríos o en algunas depresiones, luego de haberse transportado por medio de corrientes de agua.

- b) **Miembro s3'a:** se describe como una secuencia de piroclásticas ácidas y epiclastitas volcánicas (tobas color café), en parte contemporáneas con los miembros s2 y s3'b.
- c) **Miembro s4:** se describe como una secuencia de piroclásticas ácidas y epiclastitas volcánicas subordinadas, localmente efusivas ácidas, nombrado informalmente como “Tierra Blanca”.

7.1.4.2. Formación Bálsamo

Constituido por la serie de rocas efusivas, andecíticas – basálticas, piroclásticas y epiclastitas volcánicas subordinadas, que dentro de los límites de la zona de estudio integran parte del imponente cono volcánico que se localiza en la parte central – sur, el escudo volcánico constituido por el cerro Masahuat y el sistema de cerros donde se encuentra el caserío San Antonio Masahuat. (ANDA 2008)

Los miembros presentes en esta formación son:

a) Miembro b2

Se describe como una secuencia de rocas volcánicas de tipo efusivas básicas-intermedias, piroclásticas, epiclastitas volcánicas subordinadas, es más reciente que los miembros b1 y b3, localmente con alteración hidrotermal y limos rojos. Su ubicación es al Este del área de análisis, principalmente en los municipios de Ojos de agua y La Laguna pertenecientes al departamento de Chalatenango.

Rocas efusivas andecíticas, piroclásticas, epiclastitas volcánicas subordinadas localmente con alteración hidrotermal y limos rojos.

a) Miembro b3

Es el miembro superior de la Formación Bálsamo, es más actual que el miembro b2 y constituido por rocas efusivas básicas-intermedias, localmente con alteración hidrotermal, silicificación y limos rojos. Su ubicación es en los municipios de Santa Rosa Guachipilín y Masahuat en el departamento de Santa Ana; municipio Nueva Concepción en el departamento de Chalatenango y municipio El Paisnal en el departamento de San Salvador Rocas efusivas andecíticas – basálticas, localmente con alteración hidrotermal, silicificación y limos rojos.

7.1.4.3. Formación Cuscatlán

Wiesemann la describe como una secuencia Vulcano –sedimentaria del Plio –Pleistoceno. La sección volcánica esta constituida como una secuencia Vulcano – sedimentaria del Plio-Pleistoceno. La sección volcánica está constituida por tobas ácidas en la base, seguido por lavas ácidas-intermedias y andesitas-basaltos en la parte superior.

La secuencia sedimentaria está limitada a cuencas intermontañas, las cuales incluyen horizontes de diatomita, epiclastitas y areniscas, intercaladas localmente por capas carbonosas y tobas. Los miembros de esta formación son:

a) Miembro c1

Es el miembro inferior de la Formación Cuscatlán, y está constituido por unidades, tanto sedimentarias como volcánicas, se encuentra principalmente en la zona sur del área de estudio. Son rocas piroclásticas acidas, epiclastitas volcánicas tobas ardientes y fundidas ubicadas en cuencas intermontañas con rumbo noroeste

b) Miembro c2

Se describe como sección de rocas volcánicas efusivas de tipo ácida y ácido-intermedia, de ocurrencia aislada, en parte contemporáneas con el miembro c1 y en menor grado con el

miembro c3. Se ubica en la parte suroeste del municipio de Nueva Concepción en el departamento de Chalatenango son rocas efusivas acidas e intermedias – acidas

c) Miembro c3

Se define como una unidad constituida por rocas volcánicas de tipo andesítica y basáltica, en parte actual con el miembro c2. Las coladas de lava constituyen la parte principal de ésta unidad. Se ubica en la parte noroeste de la zona de estudio, principalmente en el municipio de Metapán en el departamento de Santa Ana.

7.1.4.4. Formación Chalatenango

Wiesemann (1978) la describe como una secuencia de rocas volcánicas ácidas piroclásticas, ignimbritas y epiclastitas, eventualmente en transición a la Formación Cuscatlán. Los afloramientos de esta unidad están restringidos al norte del país siguiendo un patrón en échelon. En la parte noreste de la zona de estudio se encuentran presentes pequeños afloramientos de esta formación.

Dürr (1956) asume la edad de Mioceno Superior para la unidad; Wiesemann le asigna Mioceno, estratigráficamente sobre la Formación Morazán y bajo la Formación Bálsamo. El único miembro de esta formación presente en la zona de estudio es el ch1.

a) Miembro ch1

Se define como rocas piroclásticas ácidas, epiclastitas volcánicas ignimbritas y rocas efusivas intercaladas, localmente silicificadas. Su ubicación dentro del área de estudio es principalmente en los municipios de Nueva Concepción y La Reina en el Departamento de Chalatenango.

7.1.4.5. Formación Morazán

Representada por rocas efusivas intermedias acidas piroclastitas, tobas ardientes y riolitas, identificadas en la parte central Este de la subcuenca y el Norte del río Lempa alrededor del cerro Peñascal - La Cumbre -Las Pavas. Los miembros que representan esta formación son:

a) Miembro m1a

Es una secuencia de piroclásticas ácidas hasta intermedias, en la parte basal, localmente efusivas intermedias hasta intermedias ácidas. Piroclastitas, tobas ardientes, riolitas, epiclastitas volcánicas.

b) Miembro m2

La sección está constituida por rocas efusivas intermedia hasta intermedia-ácidas y piroclásticas subordinadas, en parte silicificadas, con en parte silicificadas, con metamorfismo de contacto o con alteración hidrotermal. Se encuentra ubicado en la parte noreste de la zona de estudio.

7.2. Hidrogeología

Aquí se presentan un inventario actualizado de los principales puntos de agua basándose en el uso actual de familias residentes, indicándose su localización, características constructivas de las captaciones.

Partiendo de la interpretación de la geología del acápite anterior se describe la geometría del acuífero. También se realiza una caracterización hidrogeológica de las formaciones volcánicas en el área de estudio que incluye la determinación de algunos parámetros hidráulicos de los ensayos de bombeo en pozos excavados, evolución de la piezometría a partir de los datos obtenidos en la época húmeda y seca, complementándose la recarga acuífera partir del Balance Hídrico.

7.2.1. Generalidades

La hidrogeología puede definirse como el estudio geológico de las aguas subterráneas que estudia almacenamiento, circulación y distribución en el interior de las formaciones geológicas teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas e interacciones. La diversidad de tipos litológicos y génesis de las formaciones volcánicas y sedimentarias presentan características hidrogeológicas muy variable. Los principales factores que determinan las características hidrogeológicas de las formaciones volcánicas son volcanismo, tectónica, efectos de la edad y la presencia de materiales no consolidados. (Guevara, 2004)

7.2.2. Unidades Hidrogeológicas.

Las características hidrogeológicas están condicionadas por la naturaleza, espesor y relación entre los estratos de lava y piroclastos provenientes de erupciones volcánicas.

Las unidades hidrogeológicas de la zona, fueron definidas tomando el criterio de identificar los diversos miembros geológicos, agrupándolos por su origen y edad (fig. 3)

Las principales unidades hidrogeológicas descansan sobre las formaciones siguientes: Formación Cuscatlán (piroclásticas ácidas epiclastitas volcánicas tobas ardientes, efusivas

acidas e intermedias) Formación Chalatenango (piroclásticas acidas epiclastitas volcánicas con tobas ardientes y fundidas, efusivas acidas intercaladas y formación Metapán compuesta por capas rojas (aglomerados de cuarzo y calizas, areniscas, siltitas, lutitas)

7.2.3. Rocas no acuíferas

El estudio refleja la presencia de acuíferos locales discontinuos o colgados que es aprovechado por los habitantes de la zona a través de manantiales y pozos excavados generados por sistema de fallas principalmente rocas volcánicas de carácter andecítico y basáltico distinguiéndose flujos y coladas de lavas que provienen de procesos tectónicos –volcánicos originados en la zona. Los materiales pueden presentar conductividades hidráulicas de mediana a bajas como consecuencia de su porosidad secundaria (fallamientos existentes), formando pequeños acuíferos locales. La manifestación de esta unidad se da por afloramiento de manantiales que posteriormente contribuyen a la generación del caudal base de los sistemas de escorrentía superficial de la subcuenca la Quebradona

Según estudio hidrogeológico realizado por ANDA (2008) es de rocas no acuíferas presentan limitaciones en cuanto al almacenamiento y flujo de agua subterránea ya que está formado por tobas aglomeradas y brechosas, lahares cementados y flujos macizos de lavas con conductividades hidráulicas muy bajas o casi nulas, debido a su baja porosidad o a su alto grado de compactación y cimentación cubre la mayor parte del área de estudio, los miembros geológicos que la componen son: ch1, ch2 (formación Chalatenango) m1a,m2a,m1b y m2b (formación Morazán) y b1., b2 y b3 (formación Bálsamo).

7.2.4. Acuíferos volcánicos fisurados de gran extensión y posiblemente alta producción

Está compuesta por los miembros geológicos c1 y c3 y se ubica en gran parte en los caseríos de Chilamate y Llano de la Majada (Municipio de Santa Rosa Guachipilín) Los Flores y Tobías,(Municipio de Masahuat), Comizate y Lagunetas.(Municipio de Metapán)

Esta unidad la constituyen principalmente rocas volcánicas de carácter andecítico y basáltico con ciertas intercalaciones de materiales piroclásticos. Entre las rocas se pueden distinguir flujos y coladas de lavas que provienen de los centros de erupción volcánica. Dichos materiales pueden presentar conductividades hidráulicas de medianas a altas, como consecuencia de la porosidad secundaria o fallamiento existentes (ANDA, 2008)

7.2.5. Acuíferos porosos locales de extensión limitada

Esta unidad está constituida básicamente por sedimentos aluviales (arena, gravas etc.) que han sido transportados por ríos, desde las partes altas de los cerros hasta la planicie. Los materiales de esta unidad presentan conductividad hidráulica de media a baja la que depende de la granulometría del grado de limpieza de los poros (contenido de limo y arcilla) y del grado de compactación que presentan los materiales. En las partes bajas el espesor de estos materiales puede superar el 15 m conformado por los miembros geológicos de Qf, s4, s3a todos pertenecientes a la formación de San Salvador, se ubican en el Municipio de Metapán los caseríos Montenegro y Santa Rosa Guachipilín en el caserío Los conacastes y la zona urbana del mismo municipio

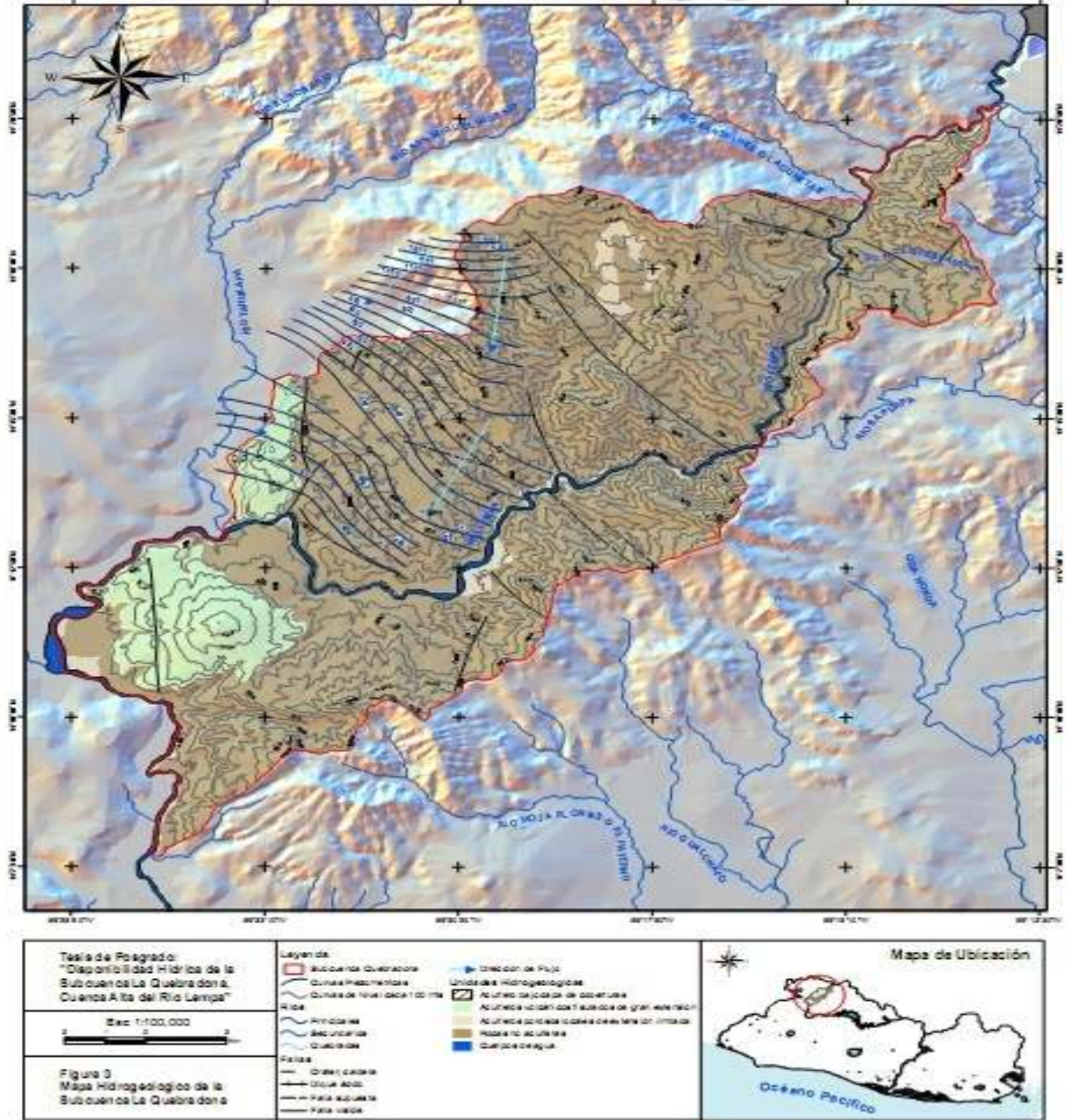


Figura 3 Mapa Hidrogeológico de la subcuenca La Quebradona

7.2.6. Inventario y caracterización de puntos de agua

Consiste en un levantamiento y actualización de información “in situ” de pozos excavados y manantiales de importancia para uso humano en la subcuenca La Quebradona (fig.4).

7.2.6.1. Caracterización de pozos excavados

El nivel de agua subterránea puede variar con el tiempo de diversas maneras como: Extracción y variación de la recarga por la precipitación debida a efectos estacionales; la información inventariada comprende: Propietario, ubicación, georeferenciación, elevación sobre el nivel del mar, nivel freático profundidad total del pozo y estructura de protección la información del nivel freático corresponde a mediciones de época seca y húmeda , el municipio de Metapán cuenta con 30 pozos excavados y Santa Rosa Guachipilín con 3, sumando un total de 45 familias usuarias (cuadro 2)

7.2.6.2. Aforo de pozos excavado

Las formaciones geológicas presentan diferentes capacidades para transmitir y ceder agua en cantidades apreciables, por lo cual existen ciertos parámetros hidráulicos que determinan el comportamiento del sistema de circulación y transporte del agua dentro de los acuíferos como es la transmisibilidad, permeabilidad, porosidad y coeficiente de almacenamiento (Guevara, 2004).

La transmisibilidad (T) es el caudal de agua subterránea que pasa a través de una sección vertical de un acuífero de ancho unitario y altura igual al espesor saturado del manto.

El coeficiente de almacenamiento (S) es la cantidad de agua cedida o absorbida por unidad de volumen de acuífero al variar el nivel piezométrico en un metro hidráulica es adimensional (Guevara, 2004)

El pozo excavado de Tahuilapa es un acuífero cautivo con muy baja transmisibilidad con el bombeo se produce un cono con mayor descenso y radio de influencia (Anexo 5 y cuadro 1).

Pertenece a la formación Cuscatlán miembro c1 formada por rocas sedimentarias, piroclásticas acidas, epiclastitas volcánicas y tobas ardientes, se encuentra dentro de la unidad hidrogeológica Acuífero volcánico fisurados de gran extensión según mapa, sin embargo esta unidad no coinciden con la prueba de bombeo realizadas por lo que el caudal y transmisibilidad deberían ser mayores.

El pozo excavado en San José Capulín se trata de un acuífero libre y con transmisibilidad relativamente alta comparado con Que-Pe-13 el resultado es un cono de bombeo con gran descenso. De manera que para extraer la misma cantidad de agua del acuífero el nivel del agua debe descender más (Anexo 6 y cuadro 1).

Se encuentra en la formación El Bálsamo miembro b3 constituido por rocas efusivas básicas intermedias, pertenece a la unidad hidrogeológica de Rocas no Acuíferas según mapa no presenta importancia hidrogeológica, sin embargo su caudal y transmisibilidad es significativo.

Cuadro 1 Características hidrogeológicas de pozos excavados

Parámetros hidrogeológicos	Tahuilapa (Que-Pe-13)	San José Capulín (Que-Pe-25)
Caudal (m ³ /día)	17.28	93.31
Transmisibilidad (m ² /día)	19.6	106.05
Coefficiente de almacenamiento	6.56 X10 ⁻⁴	0.04
Nivel Freático (m)	11.12	4.12

7.2.6.3. Curvas isofreáticas

El trazo de las curvas permite el comportamiento de la distribución espacial y sus fluctuaciones en la época de verano y húmeda ubicando el sentido y dirección del flujo subterráneo, por medio del programa ArcGis, se procesó la información de campo y se interpoló, una serie de curvas a nivel que indican los niveles o profundidades del nivel

freático, esta información es procesada y representada en el mapa hidrogeológico, se tubo para los cantones La Isla, Ceibita, Cuyuiscat y San José Capulín se tiene un diferencial de profundidad al agua de 5.80 a 6.08 m en la época seca y 3.10 a 3.42 m de profundidad al agua en la época húmeda, para el cantón Montenegro aproximadamente el nivel de agua subterránea se tiene para la época seca 2.33 m de profundidad al agua y 1.4 m de profundidad al agua en la época húmeda (fig. 3).

7.2.6.4. Caracterización de manantiales

La naturaleza del material geológico que constituyen los manantiales dependen de la estructura del terreno, fractura, ladera, fallas y manantiales confinados donde la información inventariada comprende: Nombre o Propietario del nacimiento, ubicación, elevación sobre el nivel del mar, aforo, dimensiones y estructura de protección, población beneficiaria y coordenadas de los sitios. (fig. 4 y cuadro 3)

El Municipio de Metapán cuenta con 33 manantiales con un caudal promedio de 3.55 l/seg tomados de 28 fuentes con un total de 728 familias usuarias para consumo humano y domestico, sin embargo la disponibilidad de agua es precaria para el Cantones Cuyuiscat, Montenegro, San José Camulian, Las Pavas.

El Municipio de Masahuat cuenta con 10 manantiales con un caudal promedio de 0.083 lt/seg tomados de dos fuentes con un total de 1013 familias usuarias para consumo humano y domestico, la disponibilidad de agua es precaria para el cantón de la Ruda principalmente el caserío El Carrizal.

El Municipio de Santa Rosa Guachipilín cuenta con 17 manantiales con un caudal promedio de 1.79 lt/seg tomados de 11 fuentes con un total de 875 familias usuarias para consumo humano y domestico, la disponibilidad de agua es precaria para el cantón Palo Galán, Matazano, San José Capulín.

El Municipio de Nueva Concepción cuenta con 4 manantiales con un caudal promedio de 1.45 lt/seg con un total de 51 familias usuarias para consumo humano y domestico, siendo precaria la disponibilidad de agua para el cantón: Santa Rita Cimarrón.

El Municipio de La Palma cuenta con 3 manantiales con un caudal promedio de 0.04 lt/seg con u total de 57 familias usuarias para consumo humano y domestico, siendo precaria la disponibilidad de agua en el cantón Los Horcones

El principal acuífero de los municipios descritos es el de Santa Rosa Guachipilín representa un gran potencial hídrico siendo la zona de recarga los cerro el capullo, el muñeco y cerro la montaña, ubicados al sureste de la subcuenca La Quebradona.

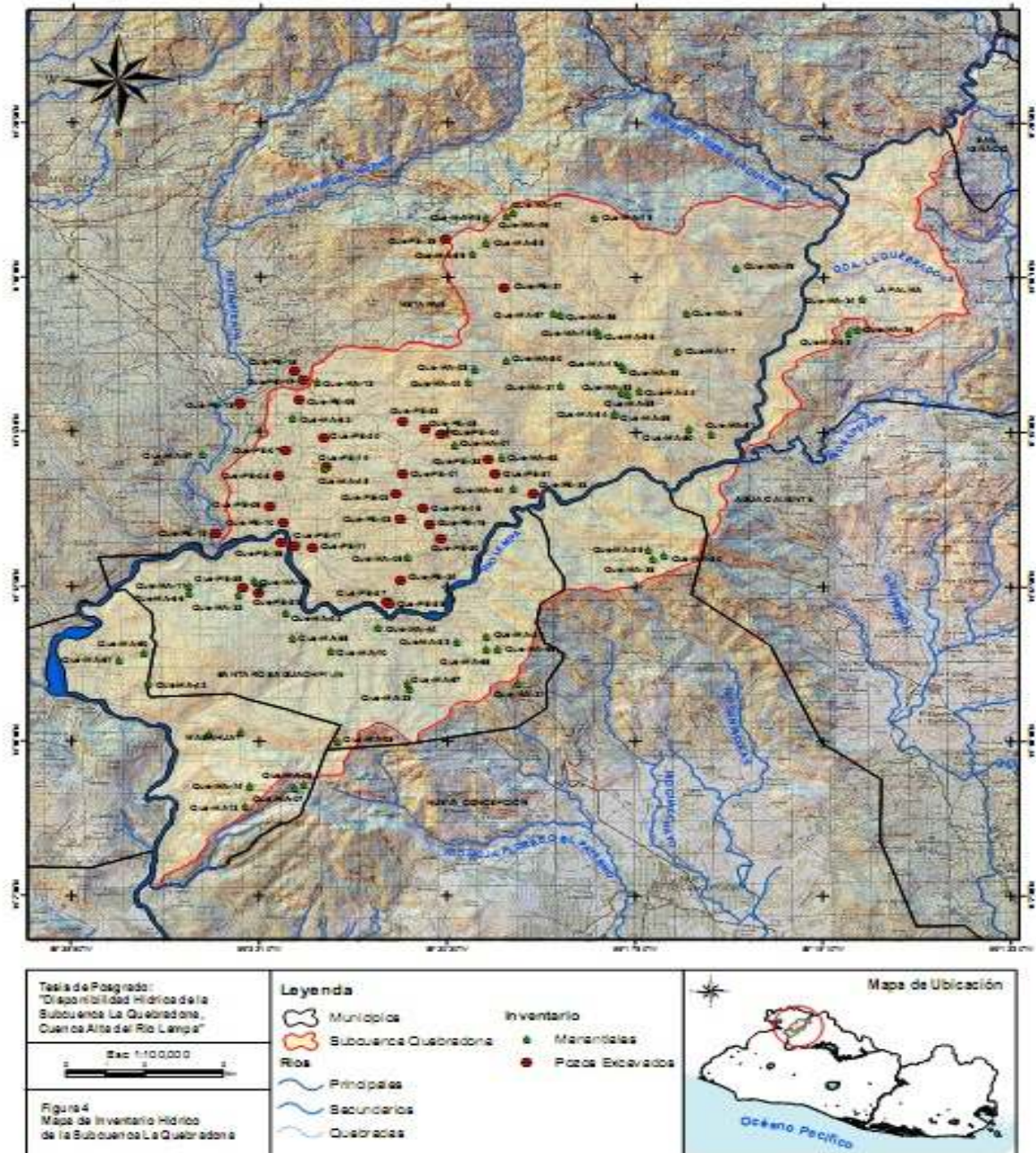


Figura 4 Mapa de inventario hídrico subcuenca La Quebradona

Cuadro 2, Inventario de pozos excavados, subcuenca La Quebradona

Código	Propietario	Coordenadas		Elevación (msnm)	Cantón	Caserio	Prof. al agua (m) Abril	Broq. (m)	Diam (m)	Prof. al agua (m) Octubre
		X	Y							
Que-PE-01	Juan Castro Flores	461970.45	347052.89	754	Coyuiscat	Los Membles	4	0.8	1	1.00
Que-PE-02	Marta Julia Guevara	461843.58	346398.48	754	Coyuiscat	Laguneta	1.57	0.68	1.43	0.58
Que-PE-03	Anacleto Morales	461941.36	345614.67	763	Coyuiscat	Carrizal	4.13	0.73	1.2	1.06
Que-PE-04	Geronima Vásquez	462931.56	348336.10	767	Coyuiscat	Coyuiscat	1.07	0.4	1.32	0.62
Que-PE-05	Maria Ana Ramos	462557.06	348471.85	760	Coyuiscat	Coyuiscat	5.644	0.6	1.35	1.45
Que-PE-06	José Domingo Ramos	459354.12	349423.22	498	Ceibita	Ramírez	1.95	0.78	0.74	1.6
Que-PE-07	Carlos Humberto Guerra	459015.85	347813.39	510	Ceibita	Guerra	1.59	0.52	1.36	0.48
Que-PE-08	Juan Vicente Peña	458804.73	346999.33	532	Ceibita	Comizate	1.74	0.5	1.5	1.09
Que-PE-09	Carmelina Polanco	458599.32	346025.45	472	La Isla	El Ahogado	9.83	0.96	1	8.4
Que-PE-10	Victoria Arriola Escobar	458922.30	345524.01	424	La Isla	Manguito	20.82	0.9	1	18.23
Que-PE-11	Teresa de Rivas Escobar	459247.86	344749.05	401	La Isla	El Ahogado	4.91	0.75	1	4.35
Que-PE-12	Olga Marina Rivas	459689.70	344702.26	408	La Isla	El Ahogado	4.1	0.51	1	2.8
Que-PE-13	Nery Monterrosa *	457846.18	349302.7	509	Tahuilapa	Tahuilapa	11.12	0.45	1	9
Que-PE-14	Oliberta Guerra Ramos	460040.24	347283.20	611	Ceibita	Los Ramos	-	18,1	1	13.64
Que-PE-15	Hocalinda Figueroa	457188.01	345170.32	393	La Isla	La Juntita	6.9	0.83	0.91	5.58
Que-PE-16	José Abel Aguilar	462502.46	345951.91	727	Coyuiscat	Piedra Parada Abajo	3.1	1	0.66	0.48
Que-PE-17	Julio Flores	459444.96	350013.14	506	La ceibita	Ramírez	5.4	0.7	1.64	1.15
Que-PE-18	Julio Flores	459220.62	350308.52	508	La Ceibita	Ramírez	1.8	1.25	0.74	0.6
Que-PE-19	Filemón Castro	462660.63	345456.89	763	Coyuiscat	Piedra Parada Arriba	4.46	0.9	1.16	5.85
Que-PE-20	Regino Gutiérrez	462929.79	344995.53	736	Coyuiscat	Piedra Parada Arriba	8.4	0.51	0.75	0.42
Que-PE-21	Perlera Perlera	464604.56	352974.33	1.097	Montenegro	Agua zarca	2.6	0.1	1	1.15
Que-PE-22	Raúl Vaquero	461984.87	34871.402	636	Cuyuiscat	Cuyuiscat	2	0.5	1.65	1.3

Código	Propietario	Coordenadas		Elevación (msnm)	Cantón	Casero	Prof. al agua (m) Abril	Prof. (m)	Broq. (m)	Diam (m)	Prof. al agua (m) Octubre
		X	Y								
Que-PE-23	Sara Umaña	458325.12	343287.68	558	San José Capulín	El Capulín	6.8	7.73	0.65	1	2.72
Que-PE-24	Félix Castro	461911.53	343672.46	541	La Isla	Las Marías	13.68	14.6	0.6	1.1	-
Que-PE-25	Félix Aguilar Aquino *	457893.58	343411.3	541	San José Capulín	San José capulín	4.13	8.7	0.45	1	2.28
Que-PE-26	Audelino Polanco	458852.32	344872.61	436	San José Capulín	El Amaton	7.3	9.1	0.93	1.22	4.31
Que-PE-27	Concepción Hércules	461579.22	342987.32	413	La Isla	El Salitre	7.45	8.15	0.75	0.88	8.22
Que-PE-28	Pedro Alfonso Morales	461656.18	342922.98	423	La Isla	El Salitre	7.15	12.04	0.51	1.0	5.7
Que-PE-29	Israel Martínez García	463078.23	354503.86	1.362	Montenegro	Hda. El Pinar	0.2	3.51	0.25	1.0	3.51
Que-PE-30	Israel Martínez	459982.31	348200.10	570	Ceibita	Las Flores	6.55	-	0.28	1.0	-
Que-PE-31	Israel Mancia	464360.56	347063.38	717	Cuyuiscat	Las Carretas	2.24	-	0.57	1.68	-
Que-PE-32	Maria Lilian Tejada	464189.87	347497.76	697	Cuyuiscat	Las Carretas	3.3	-	0.79	1.0	-
Que-PE-33	Juan Antonio Lemus	465305.83	346415.78	528	Cuyuiscat	Lempa	10	-	0.8	1.0	-

* Pozos excavados aforado

Cuadro 3, Inventario de manantiales de La subcuenca La Quebradona

Código	Nombre / Propietario	Coordenadas		Elevación (m.s.n.m)	Cantón	Casero	Municipio	Aforo lt/seg	Familias Usuarías	Protección de la fuente
		X	Y							
Que-MA-01	El Obrajon 1 / La comunidad	463308.78	347994.43	708	Coyuiscat	Cuyuiscat	Metapán	0.015	42	42 familias Caja de concreto 13.81 mt. ³
Que-MA-02	El Obrajon 2 / La comunidad	4632369.83	348006.78	711	Cuyuiscat	Cuyuiscat	Metapán	0.09	42	42 familias Caja de concreto 5.57 m ³
Que-MA-03	El Roblar/Juan Pablo Hércules	463854.73	350415.36	1105	Cuyuiscat	La Peña	Metapán	0.18	34	Caja de concreto de 0.11 m ²
Que-MA-04	Los Moldes /La comunidad	463650.31	349991.54	1152	Cuyuiscat	La Peña	Metapán		13	0,0021 m ³
Que-MA-05	Monte Grueso/Julián castro	462122.48	344415.86	719	La Isla	Las Marías	Metapán		5	Tres nacimientos de 0,000021 m
Que-MA-06	El Capulin/ Sofia Lemus	458175.81	343653.63	556	San José capulin	Capulin	Sta. Rosa Guachipilin		6	0,88 m ³
Que-MA-07	Chilin /José regalado	459244.76	337041.55	930	La Joya	Chilin Argueta	Masahuat		35	1,19 m ³
Que-MA-08	La Joya /La comunidad	460332.64	338530.34	814	La Joya	La joya	Masahuat		57	Caja de concreto 5.57 lt
Que-MA-09	El Chupte /La Comunidad	459460.89	337179.50	897	La Joya	Chilin Argueta	Masahuat		25	Caja de concreto 5.57 lt
Que-MA-10	La Peña /La Comunidad	460154.20	341453.19	552	Despoblado	Despoblado	Sta. Rosa Guachipilin		120	Caja de concreto 5.57 lt
Que-MA-11	Quebrada de Agua /La Comunidad	456532.51"	343475.01	562	Liano de la Majada	Quebrada de Agua	Sta. Rosa Guachipilin		14	Caja de concreto 5.57 lt
Que-MA -12	Los Ramirez	459828.62	350006.40	523	La Ceibita	Ramirez	Metapán	0.2	22	Fosa Excavada de 0,0028 m ³
Que-MA 13	Pozón /La comunidad	457972.29	336471.98	783	La Ruda	Carrizal	Masahuat		25	Caja de concreto 0,33 m ³

Código	Nombre / Propietario	Coordenadas		Elevación (m.s.n.m)	Cantón	Caserío	Municipio	Aforo It/seg	Familias Usuarias	Protección de la fuente
		X	Y							
Que-MA -14	La Pila /La comunidad	458075.29	337114.10	856	La Ruda	Carrizal	Masahuat		55	Es una caja soterrada en las rocas adimensional y de allí hacia un tanque
Que-MA -15	El nacimiento/Carlos Morales	466882.18	355193.28	1.267	Montenegro	Montenegro	Metapán		60	No posee, es afloramiento natural.
Que-MA -16	Nacimiento / Maximino Martinez	469234.12	352190.90	1.062	San José Camulian	San José Camulian	Metapán	0.04	12	Caja: 0,13 mt 3
Que-MA -17	El Mango /Maximino Martinez	469001.86	350952.66	991	San José Camulian	El Sitio	Metapán	0.047	6	Existen 3 fuentes de 0,00024mt 3
Que-MA -18	La Fuente /José Santos	466952.53	351606.72	809	Montenegro	Agua zarca	Metapán		4	Caja descubierta
Que-MA -19	El nacimiento/Humberto Aguilar	467565.56	350484.21	1.017	Las Pavas	La Cumbre	Metapán		9	caja de 3,48 mt3
Que-MA -20	Margarito Hércules	464607.42	350672.47	933	Coyuiscat	Teosinte	Metapán	0.021	2	caja de 1,6 mt 3
Que-MA -21	Jorge Valdivieso	466009.13	349871.64	795	Coyuiscat	Pacayal	Metapán	0.027	1	0,24 mt 3
Que-MA -22	Juana Castaneda	457770.31"	343202.52	561	San José Capulín	San José Capulín	Sta Rosa Guachipilín		70	caja de 60 m 3
Que-MA -23	El Chorrón /Manuel Aragón	462134.39	340251.70	714	San Francisco Apanta	San Francisco Apanta	Sta. Rosa Guachipilín		150	Cajas de ladrillo de un área de 0,12 mt3
Que-MA -24	Las Pavas / Alfonso Interiano	468026.22	349724.56	816	Las Pavas	Las Pavas	Metapán		6	Toman el agua del cauce
Que-MA -25	El Mangal	467765.29	349605.02	1025	Las Pavas	Las Pavas	Metapán	0.04	12	Se abastecen de quebradas Q mínimos
Que-MA -26	Elizabeth Lemus	467389.82	348975.48	1.025	Las Pavas	El Cerrón	Metapán	0.04	13	Lo toman de quebradas
Que-MA -27	La Bolsa/La comunidad	456835.72	347678.02	454	San Antonio La Junta	La Bolsa	Metapán	1.25	250	Caja de Captación de 1,5 m 3
Que-MA -28	El Chagüite / Antonio Pineda	468394.33	344336.78	893	Santa Rita Cimarrón	Santa Rita Cimarrón	Nueva Concepción	0.04	18	Fosa excavada 0,72 mt 3

Código	Nombre / Propietario	Coordenadas		Elevación (m.s.n.m)	Cantón	Caserío	Municipio	Aforo lt/seg	Familias Usuarías	Protección de la fuente
		X	Y							
Que-MA -29	El limón / Nieves Mancia	468268,83	344671,91	814	Santa Rita Cimarrón	Santa Rita Cimarrón	Nueva Concepción	0.06	15	caja enterrada 1 mt 3
Que-MA -30	Los Manzanos/ Francisco tejada	468667,29	344440,94	929	Santa Rita Cimarrón	Santa Rita Cimarrón	Nueva Concepción	0.12	8	Carece de estructuras de recogimiento de agua.
Que-MA -31	El Tanque/La comunidad	464896,27	340407,61	886	El Matazano	El Matazano	Sta Rosa Guachipilin	0.75	89	No posee caja de recogimiento.
Que-MA -32	El Pitalito /Marco Tulio Calderón	464130,71	341905,29	606	Palo galán	Palo Galán	Sta Rosa Guachipilin	0.45	20	Caja de 0,11 m3
Que-MA -33	El Cuervo /José Antonio Castro	463386,87	341731,16	559	Palo galán	Palo Galán	Sta Rosa Guachipilin	0.19	30	caja de 0,15 m 3
Que-MA -34	Propietario/ Balbino Portillo	473712,30	352607,01	804	Los Horcones	La Ceibita	La Palma	0.04	7	fosas de 0,025 m3
Que-MA -35	Dominga Sola	473351,55	351540,96	889	Los Horcones	El Pino	La Palma	0.03	5	Fosa excavada 0, 0072 m 3
Que-MA -36	El Amatillo / Carlos Pineda	473591,45	351660,57	849	Los Horcones	El Pino	La Palma	0.05	45	cajas de piedra y cemento 0,05 m 3
Que-MA -37	Ojushal / Felicitia Palencia	249883,25	1572873,54	879	Palo Galán	Shaguilton	Sta Rosa Guachipilin		8	Paredón excavado
Que-MA -38	El Nacimiento / Marcelino Mancia	249884,58	1572482,59	845	Palo Galán	Shaguilton	Sta Rosa Guachipilin		3	Caja de 0,5 mt3
Que-MA -39	La poza	250479,29	1573697,52	661	Santa Rita Cimarrón	Aguacatillo	Nueva Concepción	5.57	10	caja de 0,4 m 3
Que-MA -40	Luis Carpio	473591,45	351660,57	438	La Ruda	El Zapotillo	Masahuat		40	Caja de concreto 3,6 mt3 y fosa Excavado
Que-MA -41	Los Chorros	457836,869	338849,226	531	La Ruda	El Zapotillo	Masahuat		500	Caja de captación de concreto 6 mt 3 captada de farallón
Que-MA -42	Ojushal / La comunidad	455507,81	340369,77	496	Llano de la Majada	Chilamate	Sta. Rosa Guachipilin	0.12	100	Caja de concreto 4 m ³ proviene de farallones
Que-MA -43	Anselmo Barrantos Flores	458977,72	342656,63	495	San José Capulin	El Capulin	Sta. Rosa Guachipilin	0.15	8	Caja enterrada de 2 m ³

Código	Nombre / Propietario	Coordenadas		Elevación (m.s.n.m)	Cantón	Caserío	Municipio	Aforo lt/seg	Familias Usuarías	Protección de la fuente
		X	Y							
Que-MA -44	Plan del sitio	461339,64	342173,59	537	Santa Rosa Guachipilín	Talpetate	Sta. Rosa Guachipilín	0.09	100	caja de 1 m ³
Que-MA -45	Tanque/La comunidad	459968,18	347209,55	605	La Cebita	Los Ramos	Metapán		8	Raíces de amate y mango
Que-MA -46	La Poza	464605,536	355246,718	1,412	Montenegro	El Pinar	Metapán	0.0031	10	Caja de concreto de 5.57 m ³
Que-MA -47	Vilma Escobar	464789,47	355362,279	1,421	Montenegro	El Pinar	Metapán	0.018	2	Muro de contención 1.40 m ³
Que-MA -48	Alejandro Valiente (piedra Matilde)	464126,863	355227,562	1,393	Montenegro	El Pinar	Metapán	18.9	2	Muro de contención 2.9 m ³
Que-MA -49	José Virgilio Esquivel	470498,79	353620,42	962	San José Camulian	Agua Zarca	Metapán	0.11	5	Fosa excavada en roca
Que-MA -50	La Cienaga	469300,589	348490,623	656	Las Pavas	Apantio	Metapán	0.08	2	Quebrada principal
Que-MA -51	Vidal Santos	469847,664	348346,398	650	Las Pavas	Apantio	Metapán	76.92	5	Afloramiento del suelo
Que-MA -52	Antonio Morales	467577,16	349644,344	906	Las Pavas	Las Pavas	Metapán	0.053	35	Caja de concreto 0.3 m ³
Que-MA -53	Reina Isabel Ramos	467587,82	350376,199	1,005	Las Pavas	La Cumbre	Metapán	0.007	20	Caja de concreto 0.03 m ³
Que-MA -54	José Lemus	467413,264	348945,154	1,082	Las Pavas	Las Pavas	Metapán	0.006	1	Paredón excavado
Que-MA -55	Alejandro Valiente	464086,102	354396,489	1,260	Montenegro	El Pinar	Metapán	0.2	30	Afloramiento del suelo .
Que-MA -56	Marcelino Aguilar	465991,516	352086,805	960	Montenegro	Piletas	Metapán	0.01	18	Nacimiento cauce del río
Que-MA -57	Paulina Aguilar	465823,665	352191,315	965	Montenegro	Piletas	Metapán	0.02	8	Afloramiento del suelo
Que-MA -58	José Santos Sanabria	466966,324	351495,451	934	Montenegro	Quebrada de agua.	Metapán	0.18	25	Nacimiento de la quebrada.
Que-MA -59	Alejandro Valiente	463768,161	354056,842	1,252	Montenegro	Alta vista	Metapán	0.33	7	Nacimiento de la quebrada

Código	Nombre / Propietario	Coordenadas		Elevación (m.s.n.m)	Cantón	Caserío	Municipio	Aforo lt/seg	Familias Usuarías	Protección de la fuente
Que-MA -60	Ratl Flores	455374,305	341349,985	452	El Carmen	Las Flores	Masahuat	0.1	35	Caja de concreto 0.025 m ³
Que-MA -61	Cerro Las Flores	454761,216	341157,78	449	El Carmen	Las Flores	Masahuat	0.065	15	Caja concreto de 0.025 m ³
Que-MA -62	El Terrero	459174,095	348837,861	509	La Ceibita	Los Flores	Metapán	0.04	9	Caja de captación 1.75 m ³
Que-MA -63	Nacimiento Los Ranchos	464509,872	347600,492	706	Coyuiscat	Los Ranchos	Metapán	0.35	4	Caja de captación 0.023 m ³
Que-MA -64	La Joya del anono	464808,63	346575,43	536	Cuyuiscat	Lempa	Metapán	0.29	4	Muro y caja de captación de 1.5 m ³
Que-MA -65	Nicolás Hernández	459170,507	341846,508	569	San José Capulín	San José Capulín	Sta. Rosa Guachipilín	0.06	1	Afloramiento superficial
Que-MA -66	El Cerro	456530,125	343287,166	576	Llano de La Majada	El Cerro	Sta. Rosa Guachipilín	1.15	114	Caja colectora de 1.20 m ³
Que-MA -67	Apanta	462081,671	340422,12	652	San Francisco Apanta	San Francisco Apanta	Sta. Rosa Guachipilín	14.9	250	Caja de captación 3 m ³
Que-MA -68	(La finca) / José Medina	464097,821	341481,09	626	Palo Galán	Cacahuito	Sta. Rosa Guachipilín	0.48	8	Caja de ladrillo de 0.13 m ³
Que-MA -69	Cipriano Valle (La vega)	464420,519	341502,86	670	Palo Galán	Cacahuito	Sta. Rosa Guachipilín	1.4	10	Afloramiento del suelo

7.3. Balance Hídrico

La determinación del balance hídrico establece y analiza las entradas, salidas, cambios de humedad del suelo dentro del área de estudio (Rodríguez 1977) .La recarga del acuífero es una de las salidas de humedad del suelo que se analiza por medio del balance hídrico, el cual involucra para su determinación los componentes básicos del ciclo hidrológico, Precipitación, evapotranspiración potencial, evapotranspiración real, infiltración, propiedades físicas del suelo como es la capacidad de campo, punto permanente de marchitez y densidad aparente.

Para la determinación del balance hídrico se considero la textura de suelo de la subcuenca la Quebradona para subdividir la recarga acuífera por textura (fig. 5)

a) Textura Franco Arcilloso con una área de 58.39 Km², con las unidades de mapeo de Cacaotera accidentado en montaña (Ccd), Siguatepeque muy accidentado en montaña (Sid), Yayantique – siguatepeque accidentado (Yac) y un contraste de la unidad de mapeo guayabo complejo accidentado de valles antiguos (egb –pñc), la profundidad radicular promedia es de 0.29 mt.

b) Textura Franco Arcilloso Gravilloso con una área 155.45 Km² ,con las unidades de mapeo de El Cuje ondulado en valle (Cjb), Complejo pinares (Pse) Tejutla muy accidentado en montañas (Tjd), Litorales no diferenciados (Lnd), Siguatepeque ondulado en cerros (Sic), guayabo complejo accidentado de valles antiguos (egb) y contrastes encontrados: Complejo de pinares-Tejutla muy accidentado en montañas (Pse-Tjd), Litorales no diferenciados – Complejo de pinares (Lnd-Pse),Tejutla muy accidentado en montañas – Complejo de pinares (Tjd – Pse) .la profundidad radicular es 0.25 mt

c) Franco Arcilloso Arenoso con una área de 3.22 Km² con las unidades de mapeo de Minas en pie de monte (Mind) y Zapote alomado en cerranias (zpb), la profundidad radicular es de 0.25 mt.

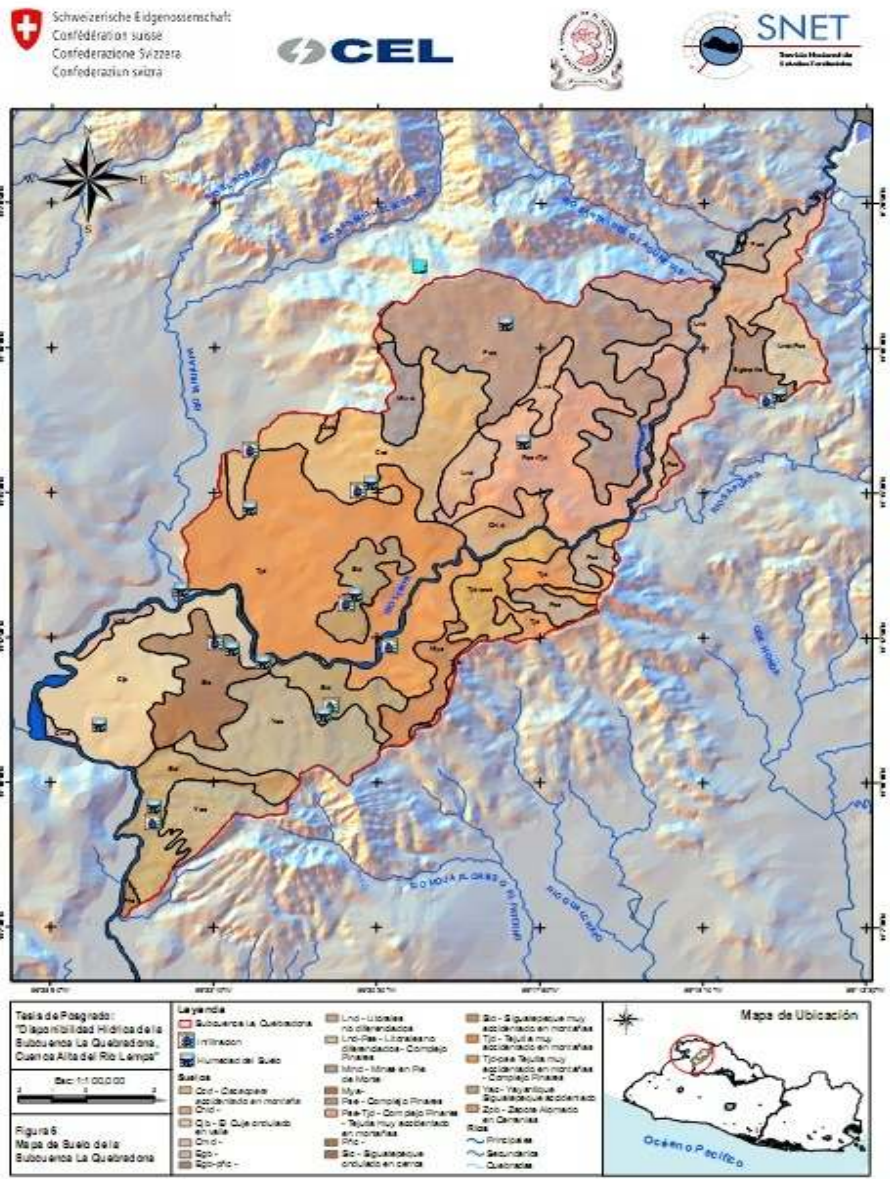


Figura 5 Mapa de suelos .Subcuenca La Quebradona

7.3.1. Precipitación efectiva

La precipitación que llega a la superficie del suelo una fracción de ella se infiltra, otra escurre y una pequeña fracción queda en el suelo que termina evaporándose, la única fracción de lluvia con potencial a infiltrarse es la que llega a la superficie del suelo y la otra fracción a considerar es la interceptada en un bosque formado la cual varía en un 12%.

7.3.2. Infiltración

Para el cálculo de la infiltración mensual por el método de Schosinsky y Losilla (2000), donde se le ajusta un coeficiente de pendiente topográfica, cobertura vegetal, textura de suelo, para los diferentes coeficientes son modificados y adaptados a la zona de estudio. Donde la ecuación es de la siguiente manera.

$$I = 0.88 CP$$

$$C = (K_p + K_v + K_{fc})$$

$$K_{fc} = 0.26 \ln (fc) - 0.000154 fc - 0.723$$

I (mm/ mes) = Infiltración mensual

P (mm/mes) = Precipitación mensual

C = Coeficiente de Infiltración igual o menor a uno

K_{fc} (tanto por uno) = Fracción que infiltra por efecto de textura del suelo

K_p (tanto por uno) = Fracción que infiltra por efecto de la pendiente.

K_v (tanto por uno) = Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal.

fc (mm/día) = Infiltración básica del suelo, medida en campo.

a) Cálculo de la fracción que infiltra (K_{fc}) por efecto de textura del suelo (fc)

Se realizaron ocho infiltraciones tomando como principal componente de agrupación la información la Textura de los suelos encontrada en las formaciones geológicas y el mapa de clasificación pedológica de los suelos de El Salvador, el equipo utilizado a través de anillos concéntricos, facilitados por la Facultad de Ciencias Agronómicas de La Universidad de El Salvador (cuadro 4)

Cuadro 4, Infiltración básica de suelos en la subcuenca La Quebradona, abril 2007

Textura	Coordenadas		Altitud (msnm)	Infiltración (mm/día) (fc)	Uso del Suelo	K _f
	X	Y				
Franco arcilloso (FC)	459411,735	349849,695	512	471.12	Matorrales	0.9195
	462566,038	348462,621	752	654.72	Granos básicos	1.000
	462242,740	344646,176	749	2,193.36	Granos básicos *	0.60571
	461745,932	341164,993	704	250.32	Granos básicos	0.7507
	456542,972	337187,297	408	1,666.32	Pasto *	1.000
	459411,735	349849,695	512	614.16	Granos básicos	0.9902
Franco Arcilloso Gravilloso (FCG)	463475,833	343153,917	570	681.36	Matorrales	1.000
	458349,158	343321,443	539	434.88	Granos básicos	0.8981
Franco Arcillosos Arenosos (FCA)	462566,038	348462,621	752	654.72	Matorrales	1.000
	459411,735	349849,695	512	614.16	Granos básicos	0.9902

* Los valores de infiltración no se consideraron en el balance hídrico debido a las condiciones edáficas de abundancia de materia orgánica, afectado por remoción y preparación del suelo por las actividades agrícolas y forestales por lo cual la estructura y las condiciones físicas del suelo son diferentes a los demás sitios donde fueron realizadas las pruebas de infiltración.

b) Coeficiente de infiltración en texturas de suelo por efecto de la pendiente (K_p)

Se digitalizaron las unidades pedológicas de suelo correspondientes a la subcuenca la Quebradona y se ponderó la pendiente para cada textura agrupada dentro de cada unidad de suelo para encontrar el coeficiente de infiltración por efecto de la pendiente (cuadro 5)

**Cuadro 5, Coeficientes por pendiente (Kp) en texturas de suelo en la subcuenca
La Quebradona**

Textura	Kp
Franco Arcilloso (FC)	0.063
Franco Arcilloso Gravilloso (FAG)	0.07
Franco Arcilloso Arenoso	0.07

c) Coeficiente de infiltración por cobertura vegetal (Kv) en textura de suelo

Utilizando las coberturas de unidades de suelo como capa de referencia Inicial y la utilización del mapa de uso de suelo del proyecto SHERPA se ponderaron las áreas de cobertura vegetal asignándoles el coeficiente de transpiración vegetal con las texturas de suelo definidas para detallar el coeficiente de infiltración (C) (cuadro 6)

**Cuadro 6, Coeficientes por cobertura vegetal (Kv) en textura de suelo en La subcuenca
La Quebradona**

Textura	Kv
Franco Arcilloso (FC)	0.14
Franco Arcilloso Gravilloso (FAG)	0.15
Franco Arcilloso Arenoso (FCA)	0.17

**Cuadro 7 Coeficientes de infiltración por textura de suelo (Kfc) en La subcuenca La
Quebradona**

Textura	Kfc
Franco Arcilloso (FC)	0.8584
Franco Arcilloso Gravilloso (FCA)	0.8797
Franco Arcillosos Arenoso (FA)	0.9022

Cuadro 8 Coeficientes de escorrentía por textura de suelo (I) en La subcuenca La Quebradona

Textura	I
Franco Arcilloso (FC)	0.47
Franco Arcilloso Gravilloso (FCA)	0.45
Franco Arcillosos Arenoso (FCA)	0.48

7.3.3. Contenido de humedad del suelo.

La densidad aparente encontrada en los suelos Franco arcilloso de la subcuenca La Quebradona son relativamente altas con un espacio poroso bajo y una compactación alta en el perfil del suelo con muy bajo en agregados y de materia orgánica principalmente en los municipio de Metapán cantón Las pavas, San Antonio La Junta y municipio de Santa Rosa Guachipilín en los cantones San José Capulín, Despoblado, donde el agua útil o disponible varia de 7.21 mm a 9.77 mm con una profundidad radicular de 320 mm. el uso de suelo es de gramíneas y forestal.

En los suelos Franco arcillosos gravilloso presentan densidades aparentes relativamente bajas con espacio poroso bajo, con agregados de materia orgánica principalmente en el municipio de Metapan : Cantón Montenegro, La Isla, Cuyuiscat, La Ceibita, en el municipio de Santa Rosa Guachipilín se encuentran los cantones San Francisco Apanta, Chilamate en el municipio de La Palma en el cantón Los Horcones con una agua disponible en el suelo de 6.51 mm a 10.85 mm con una profundidad radicular de 238 mm, el uso de suelo es de gramíneas (cuadro 9)

Cuadro 9 Contenido de humedad del suelo subcuena La Quebradona abril 2007

Municipio	Coordenadas		Elevación (m.s.n.m)	Cantón	Casero	Cultivo	Profundidad mm.	Densidad (g/cm ³)	Capacidad de campo. mm	Punto permanente de marchitez mm
	X	Y								
Metapán	464354,06	356066,36	1.368	Montenegro	El Pinar	Café	400.00	1.350	28.640	19.440
Metapán	466931,75	354120,65	1.193	Montenegro	Montenegro	Pasto	130.00	1.30	25.030	16.250
Metapán	467439,19	350103,29	1.041	Las Pavas	La Cumbre	Forestal	250.00	1.500	21.060	13.850
<i>Sa. Rosa Guachipilín</i>	454965,35	340533,57	511	Chilamate	Chilamate	Sorgo y achiote	150.00	1.350	21.120	13.860
<i>Metapán</i>	457359,70	345117,79	420	San Antonio La Junta	La Junta	Pasto	400,00	1.440	36.120	26.350
<i>Metapán</i>	462279,07	344891,97	783	La Isla	Las Marias	Granos Básicos	220.00	1.370	39.160	29.890
<i>Metapán</i>	462947,11	348729,44	808	Coyuiscat	Las Piedras	Forestal	250.00	1.340	21.640	15.330
<i>Metapán</i>	459387,61	347843,53	486	La Ceibita	La Ceibita	Forestal	80.00	1.320	19.370	11.030
<i>Santa Rosa Guachipilín</i>	461559,56	340848,73	676	Sn Fco. Apanta	San Fco. Apanta	Granos Básicos	380.00	1.380	28.360	21.850
<i>Santa Rosa Guachipilín</i>	458846,52	343111,67	562	San José Capulín	San José Capulín	Pasto	350.00	1.500	25.410	17.890
<i>Santa Rosa Guachipilín</i>	459793,20	342624,62	501	Despoblado	Despoblado	Pasto	280.00	1.580	41.930	32.990
<i>Masahuat</i>	456542,97	337187,29	408	La Ruda	La Ruda	Granos Básicos	350.00	1.36	27.440	16.590
<i>La Palma</i>	474565,40	351509,01	829	Los Horcones	Los Horcones	Musáceas	180.00	1.36	24.490	14.420

7.3.4. Cálculo de la recarga

El balance hídrico utilizado se basa en el método de Gunther Schosinsky considerando una variación lineal de la evapotranspiración potencial con respecto a la evapotranspiración real, esta relación establece que a medida que el contenido de humedad del suelo se aproxima a su punto de marchitez se incrementa la dificultad de las plantas de obtener agua del suelo a través de las raíces. (fig. 6)

a) Textura Franco Arcilloso

Presenta un área total de 58.39 Km² con una recarga potencial de 92.43 mm o 5.4 MMC, teniendo las máxima recargas potenciales en Junio y septiembre y la mínima en julio-agosto acompañado de máxima evapotranspiración potencial marzo-abril julio, agosto y la máxima evapotranspiración real julio agosto y las mínimas en los meses enero, febrero marzo, diciembre; aumentando la escorrentía superficial de junio, agosto y septiembre (fig 6 y cuadro 10)

Las comunidades que se encuentran presentes En el Municipio de La Palma, chagüite, ceibita y horcones. Municipio Metapán: Qda de agua, Piletas, Sitio las flores, la Haciendita, Los Mancia, Las Marías, Piedra Parada. Municipio Santa Rosa Guachipilín: Palo Galán, Sitio El Llano, El Matazano, San Fco. Apanta, Chúmelo, Despoblado, La Ruda, Honduritas, La Cebita.

b) Textura Franco Arcilloso Gravilloso

Presenta un área de 155.45 Km² con una recarga potencial de 72.97 mm o 11.34 MMC, teniendo las máxima recargas potenciales en Junio y septiembre y la mínima en julio-octubre acompañado de máxima evapotranspiración potencial marzo-abril y la máxima evapotranspiración real julio agosto y las mínimas en los meses enero, febrero marzo, diciembre; aumentando la escorrentía superficial de mayo a octubre (fig 6 y cuadro 11)

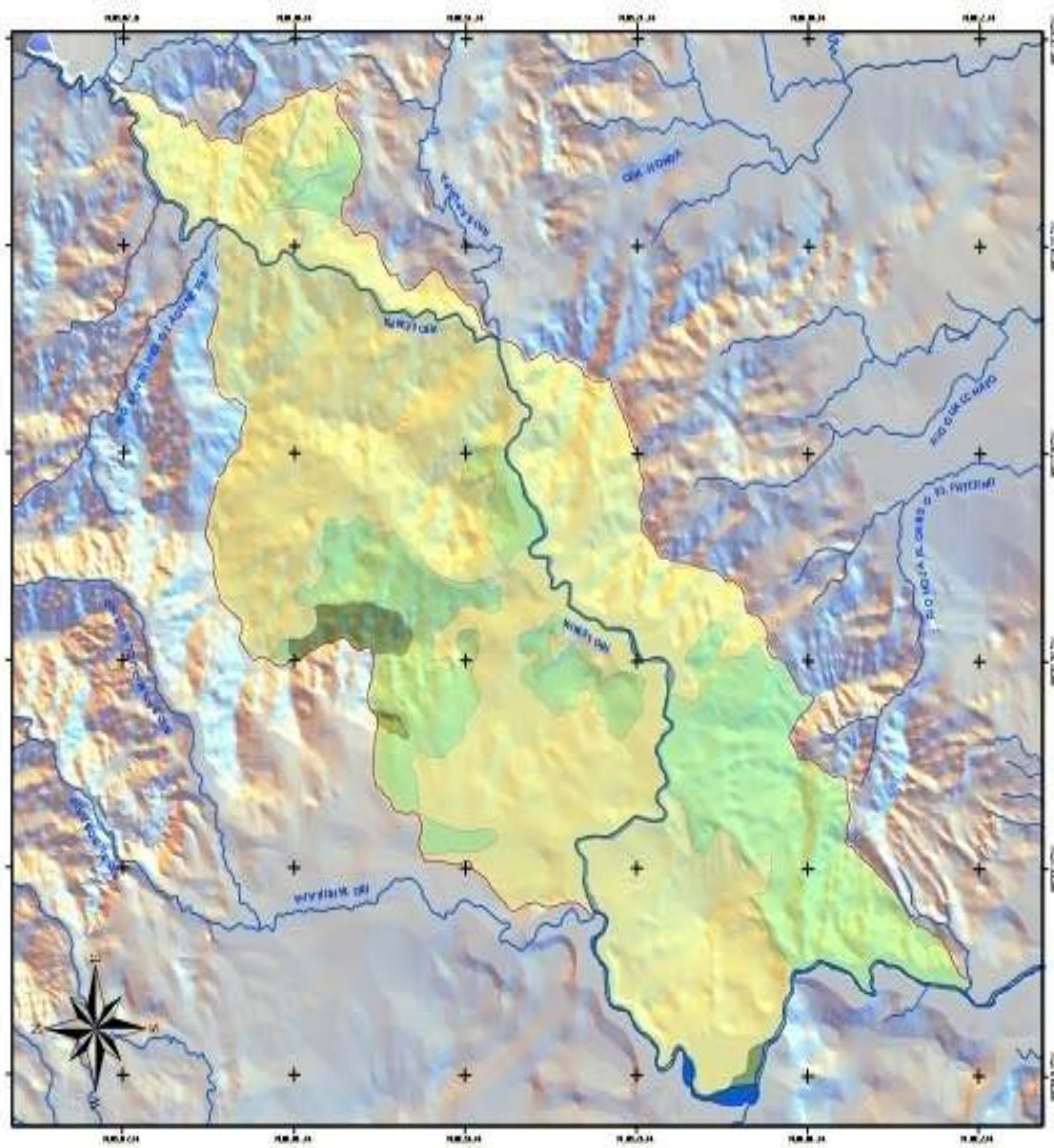
Las comunidades que se encuentran en el Municipio de La Palma: Paredes Viejas, La Calera.

Municipio de Metapán: Paseras, Qda. Seca, Carrizal, Los Obrajitos, Camulian, Montenegro, La Cumbre, El Pinar, Qda de Agua, Cuyuiscat, La Peña, Comizate, San José Capulín, Llano de La Majada, El Capulín, Masahuat, Cerro Las Flores.

c) Franco Arcillosos Arenoso

Presenta un área de 3.22 Km² con una recarga acuífera de 96.36 mm o 0.31 MMC, teniendo las máximas recargas junio, agosto y septiembre y las mínimas en mayo y octubre, acompañado de las máximas evapotranspiración potencial marzo, abril, agosto y la máxima evapotranspiración real junio, julio, agosto y septiembre, aumentando la escorrentía de mayo a octubre (fig 6 y cuadro 12)

En El Municipio Metapán se encuentran las comunidades: El angostadero, Sitio Carranza y La Isla



Temas de Paquetado:
 Capacidad Hidrica de la Subcuenca La Quebradona, Cuencas Alta del Rio Lengua

Legenda:
 Límite de Subcuenca
 Rio
 Proyección
 Subcuenca
 Recarga Potencial
 Textura
 Recarga Potencial Ponderada
 196.3
 100.5

Escala: 1:100,000

Figura 6
 Mapa de Recarga Potencial Hidrica

Figura 6 Mapa de recarga potencial hídrica, subcuena La Quebradona

Cuadro 10, Balance Hídrico de Suelo textura Franco Arcilloso

Capacidad de infiltración f_c (mm/d):	497.58
Factor de pendiente (kp):	0.06
Factor de vegetación (kv):	0.14
Factor estimado prueba de infiltración kfc:	0.858378
Infiltración (0.01%) :	0.47
Densidad de suelo (g/cm^3):	1.37
Profundidad de raíces (mm):	276.0
Humedad del suelo inicial (Hsi):	106.7
Capacidad de campo (CC):	28.22% = 106.71 mm
Punto de marchitez (PM):	19.62% = 32.52 mm
Nº de mes con que inicia:	10
Lluvia retenida:	0.12

P	Precipitación media anual
Pi	Precipitación que infiltra
Ret	Retención de lluvia
ESC	Escorrentía superficial
ETP	Evapotranspiración potencial
HSi	Humedad del suelo inicial
CI	Factor ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR
C2	Factor ETP, por cierre de estomas, después que ocurra ETR
HD	Humedad disponible
ETR	Evapotranspiración real
HSf	Humedad del suelo final
DCC	Déficit de capacidad de campo
Rp	Recarga potencial
NR	Necesidad de riego.

Variables	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
P (mm)	7.75	6.14	17.96	59.61	186.45	320.20	232.74	272.05	298.34	168.82	35.40	13.24	1618.70
Ret [mm]	5.0	5.0	5	7.15	22.37	38.42	27.93	32.65	35.8	20.26	5.0	5.0	209.59
Pi (mm)	1.29	0.54	6.09	24.65	77.12	132.43	96.26	112.52	123.39	69.82	14.29	3.87	662.28
ESC (mm)	1.46	0.60	6.87	27.80	86.96	149.34	108.55	126.88	139.15	78.74	16.11	4.37	746.83
ETP (mm)	125.55	129.92	163.82	167.03	136.53	139.29	163.70	160.64	117.06	130.38	120.59	118.58	1672.89
HSi (mm)	74.19	74.19	74.19	74.19	74.19	83.04	106.71	106.71	106.71	106.71	106.71	74.19	
CI	0.04	0.02	0.19	0.76	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.12	
C2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	1.0	0.00	0.00	0.00	
HD (mm)	1.29	0.54	6.09	24.65	77.12	141.29	128.78	145.04	155.91	102.35	46.81	3.87	
ETR (mm)	1.29	0.54	6.09	24.65	68.27	73.92	81.85	80.32	117.06	65.19	46.81	3.87	589.86
HSf (mm)	74.19	74.19	74.19	74.19	83.04	106.71	106.71	106.71	106.71	106.71	74.19	74.19	
DCC (mm)	32.52	32.52	32.52	32.52	23.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.52	32.52	
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.85	14.41	32.20	6.33	4.64	0.00	0.00	92.43
NR (mm)	156.78	161.9	190.05	174.89	91.93	65.37	81.85	80.32	0.00	65.19	106.30	147.23	1321.81

Cuadro 11, Balance hídrico de suelo textura Franco Arcilloso Graveloso

Capacidad de infiltración fc (mm/d):	558.12
Factor de pendiente (kp):	0.07
Factor de vegetación (kv):	0.15
Factor estimado prueba de infiltración kfc:	0.8797
Infiltración (0.01%):	0.45
Densidad de suelo (g/cm ³):	1.42
Profundidad de raíces (mm):	251.0
Humedad del suelo inicial (Hsi):	102.11
Capacidad de campo (CC):	28.65% = 102.11 mm
Punto de marchitez (PM):	20.17% = 30.22 mm
Nº de mes con que inicia:	10
Lluvia retenida:	0.12

P	Precipitación media anual
Pi	Precipitación que infiltra
Ret	Retención de lluvia
ESC	Escorrentía superficial
ETP	Evapotranspiración potencial
HSi	Humedad del suelo inicial
C1	Factor ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR
C2	Factor ETP, por cierre de estomas, después que ocurra ETR
HD	Humedad disponible
ETR	Evapotranspiración real
HSf	Humedad del suelo final
DCC	Déficit de capacidad de campo
Rp	Recarga potencial
NR	Necesidad de riego.

Variables	Ene.	Feb.	Mar	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
P (mm)	7,75	6,14	17,96	59,61	186,45	320,20	232,74	272,05	298,34	168,82	35,40	13,24	1618,70
Ret [mm]	5,00	5,00	5,00	7,15	22,37	38,42	27,93	32,65	35,80	20,26	5,00	5,00	209,59
Pi (mm)	1.24	0.51	5.83	23.61	73.83	126.80	92.17	107.73	118.14	66.85	13.68	3.71	634.10
ESC (mm)	1.51	0.63	7.13	28.85	90.24	154.98	112.65	131.67	144.40	81.71	16.72	4.53	775.01
ETP (mm)	125,55	129,92	163,62	167,03	136,53	139,29	163,70	160,64	117,06	130,38	120,59	118,58	1672.89
HSi (mm)	71,89	71,89	71,89	71,89	71,89	77,46	102,11	102,11	102,11	102,11	102,11	71,89	
C1	0,04	0,02	0,19	0,78	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,12	
C2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	
HD (mm)	1.24	0.51	5.83	23.61	73.83	132.37	122.39	137.96	148.37	97.08	43.90	3.71	
ETR (mm)	1.24	0.51	5.83	23.61	68.27	69.65	81.85	80.32	117.06	65.19	43.90	3.71	561.13
HSf (mm)	71,89	71,89	71,89	71,89	77,46	102,11	102,11	102,11	102,11	102,11	71,89	71,89	
DCC (mm)	30,22	30,22	30,22	30,22	24,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,22	30,22	
Rp (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,50	10,32	27,41	1,08	1,66	0,00	0,00	72.97
NR (mm)	154,54	159,63	188,01	173,65	92,92	69,65	81,85	80,32	0,00	65,19	106,91	145,10	1317.76

Cuadro 12, Balance hídrico de suelo textura Franco Arcilloso Arenoso

Capacidad de infiltración fc (mm/d):	634,44
Factor de pendiente (kp):	0.07
Factor de vegetación (kv):	0.17
Factor estimado prueba de infiltración kfc:	0.9022
Infiltración (0.01%):	0.48
Densidad de suelo (g/cm ³):	1.33
Profundidad de raíces (mm):	265.0
Humedad del suelo inicial (Hsi):	94.59
Capacidad de campo (CC):	26.84% = 94.6 mm
Punto de marchitez (PM):	17.85% = 62.91 mm
Nº de mes con que inicia:	10
Lluvia retenida:	0.12

P	Precipitación media anual
Pi	Precipitación que infiltra
Ret	Retención de lluvia
ESC	Escomentia superficial
ETP	Evapotranspiración potencial
HSi	Humedad del suelo inicial
C1	Factor ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR
C2	Factor ETP, por cierre de estomas, después que ocurra ETR
HD	Humedad disponible
ETR	Evapotranspiración real
HSf	Humedad del suelo final
DCC	Déficit de capacidad de campo
Rp	Recarga potencial
NR	Necesidad de riego.

Variables	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
P (mm)	7,75	6,14	17,96	59,61	186,45	320,20	232,74	272,05	298,34	168,82	35,40	13,24	1618,70
Ret [mm]	5,00	5,00	5,00	7,15	22,37	38,42	27,93	32,65	35,80	20,26	5,00	5,00	209,59
Pi (mm)	1,32	0,55	6,22	25,18	76,76	135,25	98,31	114,91	126,02	71,31	14,59	3,96	676,38
ESC (mm)	1,43	0,59	6,74	27,28	85,32	146,52	106,5	124,49	136,52	77,25	15,81	4,28	732,74
ETP (mm)	125,55	129,92	163,62	167,03	136,53	139,29	163,70	160,64	117,06	130,38	120,59	118,58	1672,89
HSi (mm)	62,91	62,91	62,91	62,91	62,91	73,40	94,60	94,60	94,60	94,60	94,60	62,91	
C1	0,04	0,02	0,20	0,79	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,12	
C2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	
HD (mm)	1,32	0,55	6,22	25,18	78,76	145,74	129,99	146,60	157,70	102,99	46,28	3,96	
ETR (mm)	1,32	0,55	6,22	25,18	68,27	83,83	81,85	80,32	117,06	65,19	46,28	3,96	580,02
HSf (mm)	62,91	62,91	62,91	62,91	73,40	94,60	94,60	94,60	94,60	94,60	62,91	62,91	
DCC (mm)	31,69	31,69	31,69	31,69	21,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,69	31,69	
Rp (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,23	16,46	34,59	8,96	6,12	0,00	0,00	96,36
NR (mm)	155,92	161,06	189,08	173,54	89,46	55,46	81,85	80,32	0,00	65,19	106,00	146,31	1304,18

7.4. Hidrogeoquímica.

La composición química de las aguas naturales se deriva de una variedad de fuentes de solutos, como producto de las diversas reacciones de disolución de los gases y minerales de las rocas y del suelo, además de los efectos causados por las actividades antropogénicas.

En esta sección se presenta la caracterización general de la química de las aguas superficiales y subterráneas del área de estudio con la finalidad de analizar su evolución natural y determinar la relación de su tiempo de residencia.

La caracterización hidroquímica de las aguas subterráneas se estudia desde el punto de vista de las relaciones entre las distintas variables fisicoquímicas, su distribución espacial y la evolución Hidrogeoquímica temporal, para el estudio y caracterización hidroquímica se definió una campaña de muestreo de fuentes de agua de pozos excavados y manantiales de importancia para la población residente y distribución pedológica de suelos, la campaña de muestreo se llevó a cabo en la época seca (marzo 2007) y la época lluviosa (septiembre 2007) Para el estudio se utilizó una hoja Excel Easy_Quím. 4 que permite su análisis químico y relaciones iónicas mayoritarias y un programa de respaldo AquaChem para conocer la evolución Hidrogeoquímica

7.4.1. Calidad de los recursos hídricos subterráneos.

Como parte del monitoreo de aguas subterráneas se muestrearon 12 manantiales y 8 pozos excavados en la subcuenca La Quebradona (fig.7 y cuadro 13) representados en dos épocas respectivamente, lo cual se presenta los resultados de análisis físico-químicos (cuadro 14 y 15) y el cálculo de los balances iónicos se presentan (Anexo 15)

Cuadro 13 Fuentes de monitoreo de agua subterránea subcuenca Quebradona.

Código	Nombre o Propietario	Coordenadas		Fuente	Elevación (msnm)	Cantón	Caserío	Municipio
		X	Y					
Que-MA-01	El Obrajón	463308.78	347994.43	Manantial	708	Cuyuiscat	Cuyuiscat	Metapán
Que-MA-10	La Peña	460154.20	341453.9	Manantial	552	El Despoblado	El despoblado	Sta. Rosa Guachipilín
Que-MA-12	El Nacimiento	459828.62	350006.40	Manantial	523	La Ceibita	Ramírez	Metapán
Que-MA-15	Nacimiento	466882.18	355193.58	Manantial	1,267	Montenegro	Montenegro	Metapán
Que-MA-19	El nacimiento	467389.82	348975.48	Manantial	1,025	Las Pavas	El Cerrón	Metapán
Que-MA-22	El Nacimiento	457770.31	343202.52	Manantial	561	San José Capulín	San José Capulín	Sta. Rosa Guachipilín
Que-MA-23	El Chorrón	462134.40	340251.69	Manantial	714	San Fco. Apanta	San Fco. Apanta	Sta. Rosa Guachipilín
Que-MA-27	La Bolsa	456857.30	347677.98	Manantial	454	San Antonio La Junta	La Bolsa	Metapán
Que-MA-31	El Tanque	464896.27	340407.62	Manantial	886	Matazano	Matazano	Sta. Rosa Guachipilín
Que-MA-36	El Nacimiento	473336.57	351540.98	Manantial	843	Horcones	El Pino	La Palma
Que-MA-40	La Ruda	459793.2	342618.48	Manantial	438	La Ruda	El Zapotillo	Masahuat
Que-MA-42	Ojushtal	455507.81	340369.77	Manantial	496	Llano de la Majada	Chilamate	Sta. Rosa Guachipilín
Que-PE-01	Juan Castro F.	461970.45	347052.89	Pozo excavado	754	Cuyuiscat	Los Membles	Metapán
Que-PE-08	Juan Vicente Peña	458834.70	346999.28	Pozo excavado	532	Ceibita	Comizate	Metapán
Que-PE-13	Nery Monterrosa	457846.18	349302.7	Pozo excavado	509	Tahuilapa	Tahuilapa	Metapán
Que-PE-15	Horcalinda Figueroa	457188.01	345170.32	Pozo excavado	393	La Isla	La Juntita	Metapán
Que-PE-19	Filimón Castro	462660.63	345456.89	Pozo excavado	763	Coyuiscat	Piedra Parada Arriba	Metapan
Que-PE-21	Sílas Perlera	464604.56	352974.33	Pozo excavado	1,097	Montenegro	Agua zarca	Metapán
Que-PE-25	Félix Aguilar Aquino	457893.58	343411.3	Pozo excavado	541	San José Capulín	San José Capulín	Sta. Rosa Guachipilín
Que-PE-29	Israel Martínez	463078.23	354503.86	Pozo excavado	1,362	Montenegro	Hda. El Pinar	Metapán

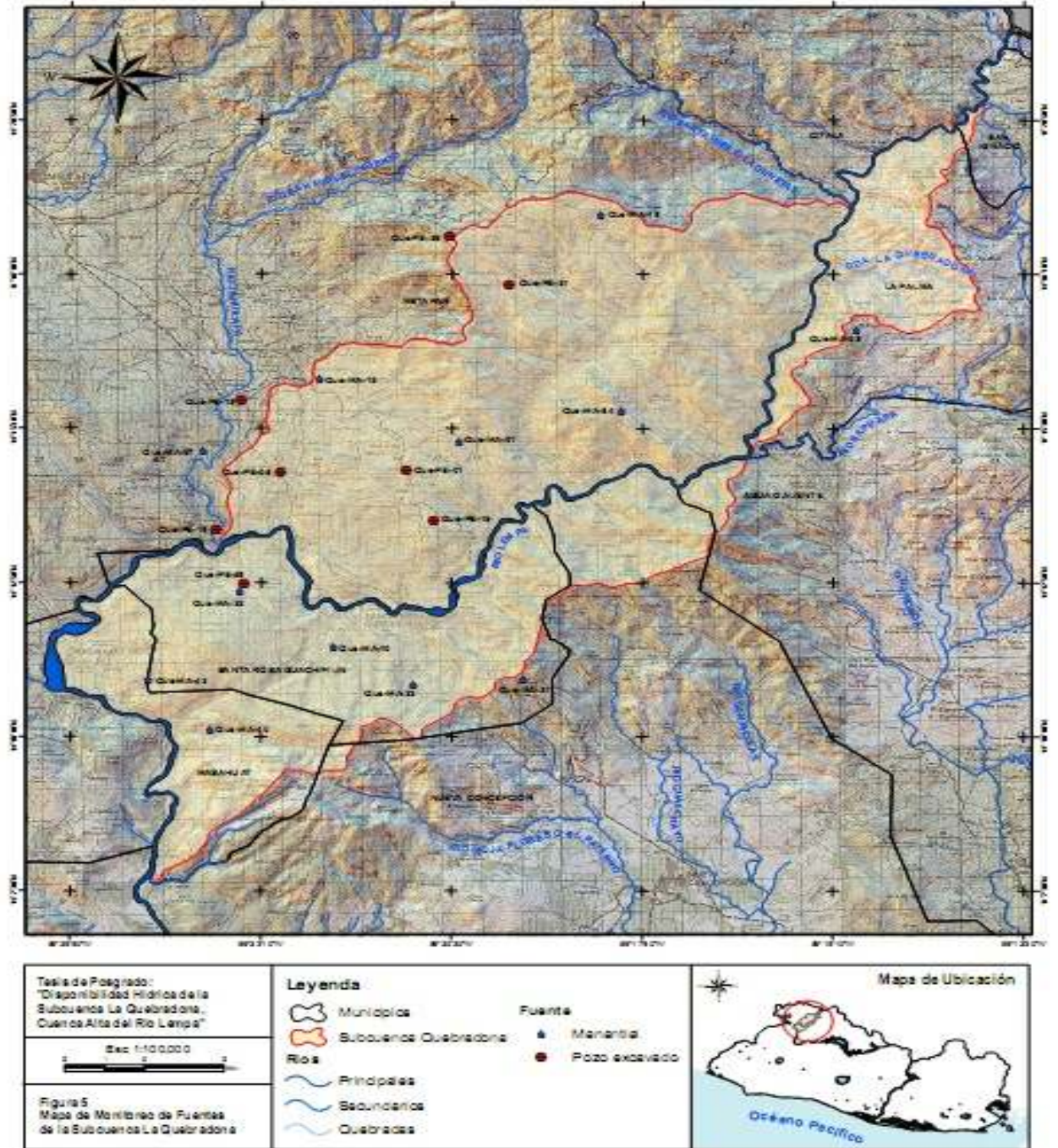


Figura 7 Mapa de Monitoreo de fuentes, subcuenca La Quebradona

Cuadro 14 Resultados físico-químicos de calidad del agua época seca subcuena la Quebradona

Código	Nombre o Propietario	pH	Cond. $\mu\text{S}/\text{cm}$	TDS mg/l	T° C agua	T° C Amb.	Na mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Mn mg/l	Fe mg/l	NH ₄ mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	CO ₃ mg/l
Que-MA-01	El Obrajón	7.47	460.00	245.00	26.1	22	24.10	1.40	7.50	73.00	0.00	0.02	0.42	17.30	6.50	1.02	0.00	265.00	0.00
Que-MA-10	La Peña	6.36	196.00	104.00	26.1	29.9	10.30	1.70	9.10	15.20	0.00	0.04	0.00	1.77	0.00	3.99	0.00	116.00	0.00
Que-MA-12	Los Ramirez	7.26	380.00	204.00	29	30.3	11.90	1.20	2.10	67.00	0.00	0.00	0.56	5.32	8.83	5.67	0.00	210.00	0.00
Que-MA-15	El Nacimiento	9.31	113.00	59.00	19.7	23.6	13.90	3.90	0.70	4.50	0.00	0.62	0.49	2.21	0.00	0.53	0.00	61.10	0.00
Que-MA-19	El Nacimiento	9.31	13.00	59.00	19.7	23.6	3.90	1.70	0.10	0.40	0.00	0.09	0.56	2.20	0.00	0.00	0.00	12.00	0.00
Que-MA-22	El Nacimiento	5.74	175.00	93.00	26.4	23.6	11.20	2.00	5.40	12.80	0.00	0.00	0.00	1.82	0.00	10.19	0.00	92.50	0.00
Que-MA-23	El Chorrón	5.86	173.00	93.00	23.3	26.8	9.80	2.00	7.70	14.00	0.00	0.02	0.00	1.77	0.00	2.22	0.0	104.0	0.0
Que-MA-27	La Bolsa	6.43	288.00	153.00	30	35.5	15.20	3.90	13.00	18.00	0.00	0.03	0.49	1.77	0.00	8.83	0.00	153.00	0.00
Que-MA-31	El Tanque	6.52	183.00	98.00	23.9	24.8	11.20	0.90	6.80	13.10	0.0	0.02	0.0	1.77	0.00	0.89	0.00	102.00	0.00
Que-MA-36	Los Horcones	5.17	80.70	42.90	25.1	27.1	12.70	2.50	0.00	0.30	0.00	0.17	0.70	3.28	11.30	1.99	0.00	21.20	0.00
Que-MA-40	La Ruda	6.95	246.00	130.00	25.3	23.9	10.80	2.60	11.10	20.10	0.00	0.08	0.63	1.77	0.00	7.89	0.20	138.00	0.00
Que-MA-42	Ojushal	7.06	240.00	128.00	28.5	35.4	12.90	2.60	9.80	17.20	0.00	0.00	0.56	3.90	0.00	2.04	0.00	138.00	0.00
Que-PE-01	Juan Castro Flores	7.19	219.00	116.00	24.5	30.8	13.70	3.20	1.20	24.90	0.12	0.72	0.42	1.77	3.33	1.68	0.00	112.50	0.00
Que-PE-08	Juan Peña	6.47	324.00	173.00	27	34.8	17.20	2.20	14.10	24.20	0.04	0.09	0.70	5.32	3.33	6.65	0.00	171.00	0.00
Que-PE-13	Nery Monterrosa	6.50	304.00	160.00	26.1	22	20.50	4.80	5.00	25.00	0.04	0.20	0.70	4.90	21.00	45.36	0.00	116.70	0.00
Que-PE-15	Horcalinda Figueroa	6.65	1,120.00	0.60	27.5	35.6	32.20	11.30	36.20	122.90	0.10	0.51	0.63	103.70	65.30	124.57	2.14	348.00	0.00
Que-PE-19	Filimón Castro	7.28	625.00	333.00	28.9	34.1	35.10	6.10	10.20	108.30	0.11	0.08	0.63	1.71	212.00	0.40	0.00	249.00	0.00
Que-PE-21	Silas Perlera	7.33	343.00	180.00	24.4	29.3	1.80	1.50	3.20	63.00	0.04	0.08	0.63	1.77	0.00	0.27	0.00	201.00	0.00
Que-PE-25	Félix Aguilar	6.40	211.00	112.00	26.1	30.6	12.70	2.50	7.50	17.80	0.00	0.01	0.00	4.61	5.50	1.77	0.00	114.00	0.00
Que-PE-29	Israel Martínez	6.05	137.0	73.00	21.9	28.7	8.20	3.40	0.20	14.20	0.11	1.30	0.56	1.72	0.00	0.66	0.00	74.00	0.00

Cuadro 15 Resultado físico-químico de calidad de agua época húmeda subcuencia la Quebradona,

Código	Nombre o Propietario	pH	Cond µS/cm	Na mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Mn mg/l	Fe mg/l	NH ₄ mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	NO ₃ mg/l	NO ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	CO ₃ mg/l	PO ₄ mg/l
Que-MA-01	El Obrajón	7.59	523.00	22.70	1.70	9.10	84.00	0.00	0.00	0.00	17.73	17.11	1.33	0.00	281.00	0.00	0.0
Que-MA-10	La Peña	6.89	183.00	9.70	1.80	9.30	15.40	0.00	0.00	0.00	6.03	0.00	5.05	0.00	120.00	0.00	0.0
Que-MA-12	Los Ramírez	7.55	384.00	13.50	1.20	3.20	63.00	0.00	0.00	0.00	6.38	11.74	7.53	0.00	205.50	0.00	0.0
Que-MA-15	El Nacimiento	7.34	133.00	8.50	3.60	0.20	2.10	0.00	0.41	0.00	2.50	3.20	1.06	0.00	30.00	0.00	0.0
Que-MA-19	El Nacimiento	5.93	18.00	5.60	2.70	0.20	0.80	0.00	0.00	0.00	1.92	2.80	0.75	0.00	17.50	0.00	0.0
Que-MA-22	El Nacimiento	6.56	236.00	10.30	2.20	7.30	12.90	0.00	0.00	0.00	4.96	4.70	15.73	0.00	93.00	0.00	0.0
Que-MA-23	El Chorrón	6.93	176.00	9.30	2.20	7.30	16.90	0.00	0.00	0.00	4.96	3.36	2.84	0.0	114.0	0.0	0.0
Que-MA-27	La Bolsa	6.93	260.00	15.10	3.90	13.10	18.70	0.00	0.00	0.00	6.38	4.70	8.02	0.00	157.50	0.00	0.0
Que-MA-31	El Tanque	6.91	157.00	10.90	0.70	7.40	13.20	0.0	0.00	0.0	4.96	4.03	1.77	0.00	102.20	0.00	0.0
Que-MA-36	Los Horcones	5.25	50.70	9.70	2.20	0.20	1.30	0.00	0.71	0.00	3.15	4.12	0.00	0.00	26.20	0.00	0.0
Que-MA-40	La Ruda	7.33	229.00	10.60	2.90	11.20	21.00	0.00	0.00	0.00	4.26	5.03	7.53	0.00	135.00	0.00	0.0
Que-MA-42	Ojushal	7.29	222.00	13.40	2.70	10.70	18.10	0.00	0.00	0.00	8.51	0.00	3.15	0.00	144.00	0.00	0.0
Que-PE-01	Juan Castro Flores	5.87	39.00	9.10	3.40	0.20	3.10	0.00	0.60	0.00	2.50	5.20	2.08	0.00	32.00	0.00	0.0
Que-PE-08	Juan Peña	6.57	410.00	20.80	1.90	17.60	31.90	0.00	0.00	0.00	12.77	13.42	2.53	0.00	219.00	0.00	0.0
Que-PE-13	Nery Monterrosa	7.78	218.00	12.60	4.20	3.10	22.00	0.00	0.39	0.00	4.61	13.42	30.70	0.35	89.10	0.00	0.0
Que-PE-15	Horcalinda Figueroa	6.69	1,447.00	70.90	10.90	45.20	141.80	1.30	0.13	0.00	148.00	36.20	214.20	0.27	492.00	0.00	0.0
Que-PE-19	Filimón Castro	7.03	701.00	27.30	9.40	11.10	117.00	0.00	0.00	0.00	4.26	83.22	7.44	0.20	339.00	0.00	0.0
Que-PE-21	Silas Perlera	7.14	242.00	2.40	1.60	1.50	45.00	0.00	0.30	0.00	3.55	8.05	0.58	0.00	147.00	0.00	0.0
Que-PE-25	Félix Aguilar	6.96	211.00	11.90	2.70	8.50	20.10	0.00	0.00	0.00	6.38	0.00	1.64	0.07	132.00	0.00	0.0
Que-PE-29	Israel Martínez	6.35	100.0	6.90	4.10	0.30	21.50	0.00	2.80	0.00	2.50	18.50	1.64	0.00	71.00	0.00	0.0

7.4.2. Interpretación de los resultados.

Se calculó la relación de contenido de iones para la época seca (Anexo 11) para cada una de las muestras comprobando que son aceptables, excepto las muestras Que-PE-15 y Que-MA-36 que se encuentran fuera del rango permisible, sin embargo el coeficiente de proporcionalidad “f” no cumple para la muestra Que-MA-19 y Que-PE-13 que debe de encontrarse entre 70 a 100 .Además la conductividad eléctrica (cuadro 15) para todas las muestras cumple con el rango de error máximo admisible de 10% a 8% ,sin embargo para las muestras Que-MA-19 y Que-MA-36 el error máximo admisible es de 10% a 30 % y Que-PE-15 es de 10% a 4% por lo que se consideran aceptables el error analítico respectivamente

Además se calculó la relación de contenido de iones para la época lluviosa (Anexo 12) lo cual se comprobó que son aceptables todas las muestras excepto el Nacimiento de la cumbre Que-MA-19 que no cumple dentro del rango permisible, sin embargo el coeficiente de proporcionalidad “f” no cumple para las muestras de Que-Pe-29, Que-PE-01, Que-MA-19 y Que-MA-02 por lo que debe encontrarse entre 70 a 100.

La conductividad eléctrica (cuadro 16) para todas las muestras cumple con el rango de error máximo admisible de 10% a 8%,la muestra Que-PE-15 se encuentra en el rango admisible 10% a 4% y las muestras Que-MA-19 y Que-PE-01 se encuentran fuera del rango admisible por lo que el error analítico entubó fuera del alcance humano.

Cuadro 16 Error analítico admisible en función de la conductividad eléctrica.

Conductividad Eléctrica µs/cm	50	200	500	2000	>2000
Error Admisible %	30	10	8	4	4

La conductividad eléctrica (CE) y el contenido en iones de una muestra de agua están relacionados, de tal forma que se cumple la relación siguiente:

$$CE (\mu\text{s/cm}) = f.M (\text{meq/l}),$$

Donde,

f: Coeficiente de proporcionalidad

M: Contenido en iones.

El contenido de iones se calcula de la siguiente manera:

$$M = (\text{suma de aniones} + \text{suma de cationes})/2.$$

Además, f debe encontrarse en el rango de 70 a 100

Los diagramas de Piper se presentan en (Anexo 13) de acuerdo a su balance iónico para la época seca. El tipo de agua se puede observar que el agua de las fuentes: Que-MA-31, Que-MA-42, Que-PE-08, Que-PE-25 son de carácter Bicarbonatada-Cálcica-Magnésica-Sódica, las fuentes Que-MA-01, Que-MA-12, Que-PE-13, Que-PE-21 son de tipo de agua de carácter Bicarbonatada-Cálcica, las fuentes Que-MA-10, Que-MA-40, Que-MA-22 Que-MA-23, Que-PE-15 son de tipo de agua es de carácter Bicarbonatada-Cálcica-Magnésica, la fuente Que-PE-19 el tipo de agua es de carácter Bicarbonatada-Cálcica-Sulfatada, las fuentes Que-PE-01, Que-PE-29 el tipo de agua es de carácter es Bicarbonatada-Cálcica-Sódica, las fuentes Que-MA-15, Que-MA-19, Que-MA-36, el tipo de agua es de carácter Bicarbonatada-Magnésica-Cálcica-Sódica.

Para la época húmeda se presenta en (Anexo 14) la fuente Que-PE-08 presenta un tipo de agua de carácter Bicarbonatada-Sódica.

La concentración de sólidos totales disueltos (STD) para la época seca de las fuentes monitoreadas se encuentran debajo del límite inferior establecido por la norma salvadoreña Decreto Ejecutivo N° 51 (300 – 600mg/l) sin embargo la fuente Que-PE-19 se encuentra en el rango establecido.

La conductividad eléctrica (CE) para la época seca el agua subterránea para las fuentes Que-PE-19 y Que-PE-15 sobrepasa el recomendado de 500 $\mu\text{S/cm}$ sin embargo se encuentran en el máximo admisible de 1,600 $\mu\text{S/cm}$ según CONACYT NSO.13.07.01.99, para las demás muestras se encuentran debajo del recomendado. Para la época húmeda la fuente Que-MA-01,

Que-PE-19, Que-PE-15 sobrepasa el nivel recomendado de 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sin embargo se encuentran en el máximo admisible de 1,600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ según CONACYT NSO.13.07.01.99. (Anexo 12 y 13)

El pH del agua subterránea para la época seca es más básico para Que-MA-15 y Que-MA-19 con un valor de 9.31, y el valor más ácido es para la fuente Que-MA-36 con un valor de 5.17; mientras que para la época húmeda el agua subterránea es más ácida para la fuente Que-MA-36 y Que-PE-01 con valor de 5.25 y 5.87, respectivamente. El valor de pH para las restantes muestras se encuentra en el rango de potabilidad (6.0 – 8.5, según Norma Salvadoreña NSO 13.07.01:99).

De acuerdo a los diagramas de STIFF, para las fuentes de agua de la subcuenca la Quebradona para la época seca se tiene en forma general que el agua es de tipo Bicarbonatada -Cálcica – Magnésica, excepto para los manantiales Que-MA-15, Que-MA-19 y Que-MA-36 son de tipo Bicarbonatada-Sódica, y para pozo excavado Que-PE-19 es de tipo Bicarbonatada-Cálcica-Sulfatada y para la época húmeda Que-PE-08 es de tipo Bicarbonatada-Cálcica . (fig. 8 y Anexo 16)

Las concentraciones elevadas de nutrientes para la época seca de nitrato, (NO_3) son indicadores de contaminación antropogénicas del agua subterránea. Concentraciones mayores de 3 mg/l de nitratos (NO_3), y mayores de 0.5 mg/l de fosfatos (PO_4) indican una fuente no natural, como una conexión con agua superficial contaminada (aguas servidas o fosas/sistemas sépticos). Las concentraciones de NO_3 para la época seca del agua subterránea para Que-PE-13 y Que-PE-15 se encuentran fuera del límite permisible sobrepasando lo establecido de 45.00 mg/l.

Sin embargo para la época húmeda todas las muestras se encuentran por debajo del límite establecido por la norma salvadoreña NSO-13.07.01.99 excepto para la fuente Que-PE-15 que sobrepasa el máximo permisible según la norma salvadoreña lo cual que posee fuertes indicios de contaminación del pozo excavado, no se conoce su distribución en toda el área de la subcuenca, por lo que no se puede precisar la fuente de contaminación antropogénicas.

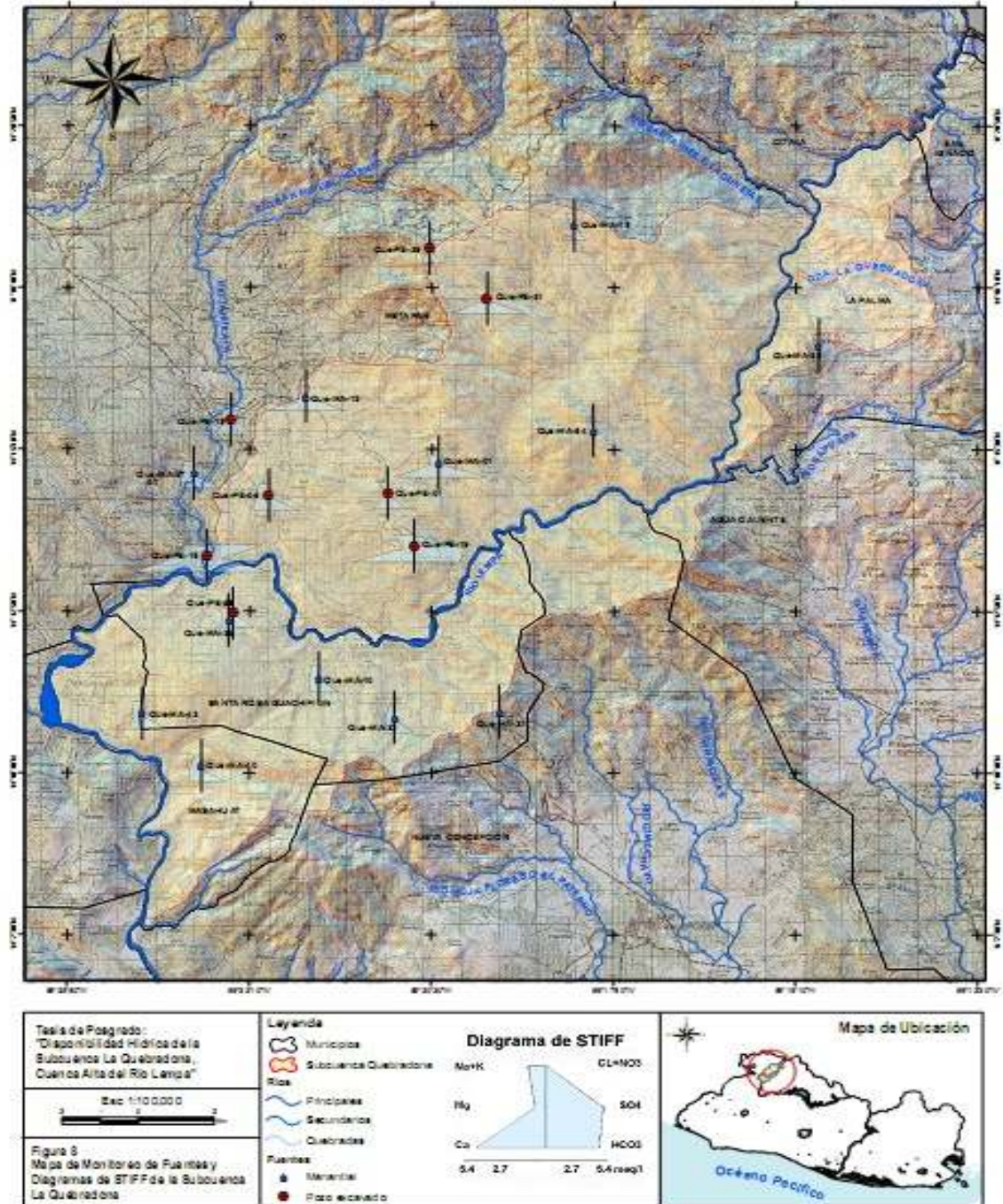


Figura 8 Mapa de monitoreo de fuentes y diagramas de STIFF de la subcuenca La Quebradona

7.5. Resultados de la entrevista

Los datos obtenidos son parte de la tendencia actual del uso y manejo del recurso hídrico en la subcuenca La Quebradona: (Anexo 17):

a) Área Socioeconómica

Agua superficial

El gran sector de la población recurre al abastecimiento del agua por medio de nacimientos de tipo comunal donde el 33% va al nacimiento y el 67% es conducida el agua con poliducto a sus casas con un pago de \$5.0 a \$11.0 dólares anuales, encontrándose cierta organización para el seguimiento a través de juntas directivas de agua y ADESCO siendo en menor participación el Ministerio de Salud. El total de familias usuarias son de 1875 familias con un promedio familiar de 6 miembros, el consumo diario es de 3 barriles/día, de lo cual 1 barril para beber y aseo personal y 2 para uso domestico y lavado de ropa, las enfermedades más frecuentes son gripe y enfermedades de la piel con recurrencia principalmente en la época seca, realizan visitas a la unidad de salud hasta 2 veces al mes en su mayoría son niños menores de 5 años, las causa de las enfermedades de la piel son producidas por insectos vectores que se hospedan en las fuentes de agua y la no utilización de métodos de tratamiento de agua para consumo, la época seca es la de mayor utilización del agua para consumo humano siendo su disponibilidad precaria

Agua subterránea

Las 42 familias con un promedio de 6 miembros por familia que hacen uso de pozos excavados para el abastecimiento son de carácter individual, extraen en promedio 2 barriles diarios uno para beber y aseo personal, y el otro para oficios domésticos; las familias ocupan el agua en todo tiempo, no hay ninguna institución de salud que supervise el agua del pozo. El 30% no tienen organización ,50% forman parte de ADESCOS,10% por centros escolares y 10% por iglesias. Las enfermedades más frecuentes son gripe, diarrea y enfermedades de la piel por lo que visitan a la unidad de salud de 1 a 3 veces por mes, el agua de consumo no tiene ningún método de tratamiento, la época de mayor utilización es en verano sin embargo utilizan el agua lluvia para oficios varios.

b) Características físicas de la fuente.

Agua Superficial

Los nacimientos se encuentran a una distancia promedio de 3 a 4 Km de la comunidad, ubicada en fallas geológicas, el 67% son provistas de cajas de ladrillo con tapaderas de concreto y candado, y un 33% no poseen cajas de protección por lo que están expuestas a la descomposición de material orgánico de origen animal de sangre caliente y vegetal, el lavado de las fuentes se realiza dos veces por año, se vacía la caja de agua para poder rasparla y frotar con hipoclorito de calcio (lejía); el costo de limpieza es de \$4.0, el agua no posee color, olor, sabor. Las letrinas son de fosa y se encuentran ubicadas entre 300 a 600 metros de los nacimientos de agua por lo que pudieran estar libre de contaminación por excretas humanas, sin embargo por su exposición a los mamíferos de sangre caliente, es latente a la contaminación. No realizan un monitoreo de las propiedades físico químicas y bacteriológicas de la calidad de agua, no cuentan con registros de caudales de la fuente.

Agua subterránea

Los pozos excavados se localizan en el patio de las casas a una distancia de 15 metros de las letrinas de fosa, el 87% son provistas de broquel de ladrillo, tapadera y 13% es broquel de piedra sin tapadera, el aseo lo realizan 1 vez al año consistiendo en dejar seco el pozo la forma de extracción de agua es por bomba eléctrica y balde, el agua no tiene color, olor y sabor. La forma cilíndrica de los pozos excavados es irregular; carecen de registros de niveles freáticos y tiempos de recuperación de los pozos ante las extracciones diarias.

c) Características ambientales de la fuente

Agua superficial

El perímetro de protección de los nacimientos de agua posee una cobertura vegetal de 1000 m² a 7000 m², delimitado por alambre de púas y postes de madera, el uso de suelo fuera del perímetro de protección es principalmente potreros, granos básicos y bosque natural, los usuarios de las fuentes no poseen planes de seguimiento de perímetros de protección, la frontera agrícola avanza sin tener ordenanzas ambientales para la protección de los

nacimientos por lo que la existencia de contaminantes como excretas de ganado, fertilizantes y herbicidas es de riesgo para la salud de los usuarios de las fuentes de agua.

Agua subterránea

El perímetro de protección de los pozos excavados posee una cobertura vegetal de 500 m² a 1000 m², delimitando las casas por alambre de púas y postes de madera, el uso de suelo fuera del perímetro de protección son principalmente potreros, granos básicos y bosque natural

VIII. Conclusiones

- 8.1. Los principales acuíferos se encuentran en su mayor parte en la unidad hidrogeológica de Acuífero volcánicos fisurados de gran extensión del plioceno o Terciario Superior al Pleistoceno inferior, constituido por la Formación Cuscatlán, en los Municipios de Santa Rosa Guachipilín en los cantones de El Llano de La Majada, Chilamate y en el Municipio Masahuat los caseríos El Zapotillo, El Rodeo y Las Flores; en el Municipio de Metapán en el Cantón Tahuilapa.
- 8.2. El basamento en la zona baja de la subcuenca está constituida por la formación El bálsamo y en las zonas alta y media lo constituye la formaciones Morazán y Chalatenango
- 8.3. El agua subterránea de la zona presenta una temperatura media de 28 °C, por lo que se considera moderadamente tibia y se clasifican como ortotermas o normales, la temperatura mínima es de 19.7 °C y la máxima de 30°C.
- 8.4. La concentración de sólidos totales disueltos (STD) para la época seca, esta por debajo del límite inferior establecido por la norma salvadoreña según Decreto Ejecutivo N° 51 de (300 – 600mg/l).
- 8.5. La conductividad eléctrica (CE) para la época seca en las fuentes Que-PE-19 y Que-PE-15 sobrepasa el recomendado de 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sin embargo se encuentran en el máximo admisible de 1,600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ según CONACYT NSO.13.07.01.99.

- 8.6. Para la época lluviosa la fuente Que-MA-01, Que-PE-19, Que-PE-15 sobrepasa el nivel recomendado de 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sin embargo se encuentran en el máximo admisible de 1,600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ según CONACYT NSO.13.07.01.99.
- 8.7. De acuerdo a los diagrama de STIFF, el agua de la zona es de tipo Bicarbonatada-Cálcica-Magnésica; significa que son aguas muy jóvenes y que su recarga se debe a la infiltración por lluvia.
- 8.8. No se observa un patrón de evolución química en el agua de la región, debido a su corto tiempo de residencia, sin embargo en la muestra de Que-MA-19 y Que-MA-36 para la época seca se tiene las de menor conductividad eléctrica de 13 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 80.70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente y para la época húmeda igual que los sitios anteriores mas la fuente Que-PE-01 son de 18 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 50.70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 39 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente.
- 8.9. La Transmisibilidad del acuífero en la fuente Que-PE-13 de un pozo excavado aforado es de 19.6 $\text{m}^2/\text{día}$ en la formación Cuscatlán (c3) perteneciente a la unidad hidrogeológica de “Acuífero volcánicos fisurados de gran extensión y con posibilidades de alta producción” con coeficiente de almacenamiento de 6.56×10^{-4} y un caudal de 17.28 $\text{m}^3/\text{día}$.
- 8.10. La Transmisibilidad del acuífera la fuente Que-PE-23 de un pozo excavado aforado es 106.05 $\text{m}^2/\text{día}$ en la formación el bálsamo (b3) perteneciente a la unidad hidrogeológica “Rocas no Acuíferas” con coeficiente de almacenamiento de 0.04 con un caudal 93.31 $\text{m}^3/\text{día}$.

- 8.11. La recarga potencial en la subcuenca La Quebradona es de 261.76 mm comparada con la recarga de agua subterránea de El Salvador es de 271.19 mm
- 8.12. La comparación de los análisis químicos de la época seca y la húmeda establece que no existen cambios significativos en las concentraciones de las muestras de agua por efecto del cambio de épocas.
- 8.13. Los fuentes de agua superficial y subterránea no tienen un plan de protección sistematizado, por partes de las ADESCOS y las Juntas de Agua que son los que administran el recurso hídrico.

IX. Recomendaciones

- 9.1. Se necesita la atención por parte de las autoridades locales para fortalecer y desarrollar las capacidades de las comunidades en temas de gestión del recurso hídrico a nivel local.

- 9.2. Es necesario crear un programa de aforos en pozos excavados para definir las fronteras de los acuíferos y medir los efectos en pozos de observación en la parte media de la subcuenca, con la finalidad de obtener características hidráulicas de los acuíferos y determinar la estratigrafía local.

- 9.3. Establecer por parte de las instituciones responsables un monitoreo de calidad, principalmente parámetros de índices de contaminación, tales como nitratos, cloruros, fosfatos y Coliformes Fecales.

- 9.4. Formular e implementar un plan de manejo de la cuenca tomando como base la información generada por esta investigación, el cual debe incluir entre otras, estrategias de conservación de suelo para la protección de zonas de recarga y así garantizar su conservación y rendimiento sostenible en calidad y cantidad.

- 9.5. Establecer un inventario más detallado por cantón que incluya aforos ocupando las bases de datos presentados en este documento y otros sitios de importancia para las comunidades.

- 9.6. Realizar investigaciones con técnicas isotópicas en la subcuenca con el propósito de establecer la dinámica de los acuíferos y los procesos de contaminación de las aguas subterráneas.
- 9.7. Es necesario disponer de una herramienta de sistema de información Hidrogeológica para las autoridades locales y que sean capacitados en temas técnicos de monitoreo y control de la contaminación, que les permita dar seguimiento a los acuíferos y que sean estos los que multipliquen los conocimientos a líderes comunitarios, juntas de aguas, ADESCOS.
- 9.8. Para los municipios fronterizos de la zona trifinio considerada como unidad ecológica indivisible, es necesario emprender y articular acciones para que se desarrollen políticas en temas de gestión de los recursos hídricos, investigaciones científicas, mapas geológicos, hidrogeológicos en escalas de menor tamaño, estudio de la contaminación de los recursos hídricos y principalmente la vigilancia de la calidad de vida de la población de la zona.
- 9.9. Los cinco municipios incluidos en el estudio deben gestionar apoyo técnico y económico para fortalecer su papel como administradores del territorio y de los recursos naturales en general, tomando de base los resultados de esta investigación.

X. Bibliografía

- Alemán, I. Gil, L. 2003. Desarrollo e Implementación de un Sistema de Información Hidrogeológica para El Acuífero Ahuachapán – Atiquizaya, Tesis de Ing Civil Universidad Centro Americana José Simeón Cañas, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 107p.
- ANDA (Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados SV) 2008, Estudio Hidrogeológico, El Trifinio, El Salvador 90 p
- Araguás, L. 2005 Informe de Misión, OIEA, Guatemala, Esquipulas, Proyecto Desarrollo sostenible del medio ambiente y recursos hídricos en la Cuenca Alta del Río Lempa. 12p
- Baxter, S. 1984 Léxico Estratigráfico de El Salvador .Superintendencia de Energía Comisión de Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa, San Salvador 108 p.
- Coronel, S T. 1984 Hidráulica, 1984, 22ª Ed. Editorial Continental, México, 287-292p.
- Duarte, J. 1998. Estudio Hidrogeológico del Acuífero de Guluchapa, San Salvador, El Salvador. Tesis Mag. Sc. Universidad de Costa Rica, Escuela Centro Americana de geología Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica. 129P.
- Erazo, A. 2006. Balance Hídrico (entrevista).San salvador, SV, Servicio Nacional de Estudios Territoriales.

- Forsythe, W. 1975 .Manual de Laboratorio de Física de Suelos, IICA Costa Rica San José 39-42., 157 -162,158 – 163 p.
- Gunther, S. 2002. Pruebas de bombeo en pozos de gran diámetro. Revista Geológica de América Central 27:85-95.
- Guevara, M., 2004. Estudio hidrogeológico del área de Nahulingo, Departamento de Sonsonate. El Salvador.
- Gurovich, L A. 1999. Chile: Riego Superficial Tecnificado, 2ª Ed., alfa omega, 35-170 p.
- Gavande, SA. 1972 .Física de Suelos Principios y Aplicaciones Limusa - Willey, 1ª Ed. México DF p.33-35, 159 - 171, 233 – 238.
- Galicia, J. Medina, A. Soto, O. 1992. Estudio hidrogeológico de la Subcuenca de las Quebradas: La Juntera, Quiomalapa, La Sierpe y Tecualuya, de La Paz. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. 84 p.
- Hernández, H. Aviles, D. Alvarado, F., 2003. Elaboración del Mapa Hidrogeológico del Acuífero Costero de La región C en El Departamento de Ahuachapán, Tesis Ingeniero Civil, Universidad Politécnica, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.103p
- Junker, B. 2005, Método para determinar la recarga de agua subterránea .El Salvador, Unión Europea –FORGAES ,1 Disco compacto de 8 mm

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV) 1996 Estudio Pedológico y Agrológico cuadrante San Salvador, El Salvador cuadrante 2258-IV Masahuat, 79p.


Meyer, H. 1956. Anales del Servicio Geológico Nacional. Boletín N° 3. San Salvador, El Salvador.

SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SV) 2005. Balance Hídrico y Dinámico En El Salvador .1 Disco Compacto 8 mm.


Wiesemann, L. 1960 El tajado de San Juan Las Minas, Metapán, Reporte, Pág. 21

XI ANEXOS

Anexo 1 Hoja para toma de datos en muestreo de pozos

Código Pozo	FECHA	COORDENADAS	
		N	
Dirección :		W	
		PRECISION	
Propietario:		ALTURA	
		CROQUIS DE UBICACIÓN	
subcuenca :			
Usos :			
DATOS DE POZO			
Nivel de Agua (m)			
Profundidad Total (m)			
Altura Broquel (m)			
Diámetro Broquel (m)			
PARAMETROS FISICO QUIMICO DE CAMPO		OBSERVACIONES	
<p>pH :</p> <p>Conductividad MS) :</p> <p>TDS(mg/l) :</p> <p>Salinidad :</p> <p>Temp Agua °C :</p> <p>Temp. Ambiente °C :</p> <p>Hora :</p> <p>ORP(Mv)</p>			

Anexo 2 Hoja para toma de datos de fuentes de agua

Código Fuente	FECHA	COORDENADAS	
		N	
Dirección :		W	
		PRECISION	
Propietario:		ALTURA	
		CROQUIS DE UBICACIÓN	
SubCuenca			
Usos :			
DATOS DE LA FUENTE			
Diensiones			
Altura m			
Ancho m			
Profundo m			
PARAMETROS FISICO QUIMICO DE CAMPO		OBSERVACIONES	
pH : Conductividad (MS): TDS(mg/l) : ORP : Salinidad % : Temp Agua °C: Temp. Ambiente ° C: Hora :			

Anexo 3 Entrevista para usuarios del recurso hídrico subterráneo, subcuenca La Quebradona.

CONDICIONES SOCIOECONOMICAS Y AMBIENTALES RELACIONADAS CON EL USO DEL AGUA SUBTERRANEA (pozo)

No. De Encuesta: _____
Muestreo: _____ Fecha: _____ Hora: _____
Municipio: _____
Cantón: _____ Caserío: _____
Nombre Encuestado: _____

Nombre Encuestador: _____

A) AREA SOCIOECONOMICA

Cuantos forman su Grupo familiar? _____
0 – 5 Años _____
6 – 10 Años _____
11-25 Años _____
25-40 Años _____
41-60 Años _____
Más de 60 años: _____

Cuales son las fuentes de agua que hace uso:
Potable: _____ Río: _____ Pozo: _____ Lluvia: _____

Si utiliza de pozo que tipo de pozo es:
Familiar: _____ Comunal: _____ Privado: _____

Si Utiliza agua de Pozo, que usos hace del agua? (si o no) y cuanto utiliza
Aproximadamente:

Para Beber: _____	Cuanto utiliza/día. _____
Baño Diario: _____	Cuanto utiliza/día. _____
Lavar Ropa: _____	Cuanto utiliza/día. _____
Lavar Platos: _____	Cuanto utiliza/día. _____
Riego/cultivos: _____	Cuanto utiliza/día. _____
Cocinar: _____	Cuanto utiliza/día. _____
Otros: _____	Cuanto utiliza/día. _____
Otros: _____	Cuanto utiliza/día. _____

Vende agua del Pozo? Si _____ No _____ Como la Vende:

Cantarada: _____ Barril: _____ Otra: _____ a Que precio la vende: _____

En que época del año utiliza el Pozo:

Invierno: _____ Verano: _____ Todo el año: _____ No la Utiliza: _____

Si no lo ocupa todo el año porque?

Recolecta agua lluvia en invierno: _____

Se Seca el pozo en verano: _____

Posee otra fuente de agua: _____

Otra causa (Cual): _____

Si no tuviera pozo, como obtendría el agua?

Rio: _____

Lluvia: _____

La Compraría: _____

Otra. _____

Si La compra cuanto le costaría: _____

Existe alguna institución que supervise el uso y mantenimiento de los pozos?

Ministerio de Salud _____

ANDA _____

ALCALDIA _____

Otra (s) _____

Están Organizados, en que tipo de organización?

ADESCO _____

Iglesia _____

Sociedad de Regantes _____

Junta Administradoras de Agua _____

Otras _____

Cuales son las enfermedades mas frecuentes?

Diarreas _____

Gripe _____

De la Piel _____

Deficiencia Dental _____

Cuantas veces visita el medico por mes? (numero de veces)

1-3 veces _____
2-5 veces _____
Mas de 5 veces por meses _____
Ninguna vez por mes _____

B) CARACTERISTICAS FISICAS DEL POZO (consultada o por observación)

Cual es la Ubicación del pozo dentro de la parcela?

Dentro de la casa: _____

Fuera de la casa: _____

Otra _____

Que tipo de protección posee el pozo?

Techo de Teja _____

Techo de palma _____

Techo de Lamina _____

Tapado con Tabla _____

Sin protección _____

Cual es el tipo de servicio sanitario que posee?

Letrina Abonera _____

Letrina de Fosa _____

Letrina de Aguas Negras _____

Otra (cual) _____

A que distancia esta el pozo del servicio o letrina?(metros)

1-5 metros _____

6-10 metros _____

11-15 metros _____

16-20 metros _____

21-25 metros _____

Más de 25 metros _____

Que tipo de mantenimiento le da al pozo? y Cuanto le cuesta?

Lo Lava _____ costo _____

Le pone Lejía _____ costo _____

Otro (cual) _____ costo _____

Ninguno _____

Si lava el pozo cada cuanto tiempo se hace?

Una vez por mes _____

Cada 3 meses _____

Cada 6 meses _____

Más de 6 meses _____

Como extrae el agua del pozo?

Con balde manual _____

Bomba de Mecate _____

Con balde y Polea _____

Bomba Eléctrica _____

Otra (cual) _____

Que color tiene el agua de pozo?

Rojiza _____

Color Tierra _____

Café _____

Verde _____

Sin Color _____

Amarilla _____

Otra (cual) _____

Que olor posee el agua del pozo?(si o no)

A tierra _____

Olor a Heces _____

Sin Olor _____

Otro (cual) _____

Que sabor posee el agua del pozo?(si o no)

Dulce _____

Salada _____

Ninguno _____

Otro (cual) _____

c) Características Ambientales de Las Fuentes de Nacimiento

Pose perímetros de protección El Pozo

Alambre de púas y postes de madera: _____

Tela Ciclón y Postes de Concreto: _____

Muro de Ladrillo y concreto: _____

No tiene Ninguna Protección: _____

Que área posee el perímetro de protección del Pozo

Una Tarea _____
Dos Tareas _____
Media Manzana _____
Mas de Una Manzana _____
Otra _____

De cuanta Área es la Cobertura Vegetal que rodea El Pozo

Una Tarea _____
Dos Tareas _____
Media Manzana _____
Mas de Una Manzana _____
Otra _____

Para que se ocupa los suelos fuera del área del Perímetro de protección del Pozo

Siembra de granos Básicos _____
Potreros Para Pasto _____
Bosques de Madre Cacao _____
Bosques Naturales _____

OBSERVACIONES

Anexo 4 Entrevista para usuarios del recurso hídrico superficial subcuenca La Quebradona

CONDICIONES SOCIOECONOMICAS Y AMBIENTALES RELACIONADAS CON EL USO DEL AGUA SUPEFICIAL (nacimientos de agua)

No. De Encuesta: _____
Muestreo: _____ Fecha: _____ Hora: _____
Municipio: _____
Cantón: _____ Caserío: _____
Nombre Encuestado: _____

Nombre Encuestador: _____

A) AREA SOCIOECONOMICA

- ◆ Cuantas familias hacen uso del Nacimiento de agua? _____
 - 0 – 5 Año _____
 - 6 – 10 _____
 - 11-25 _____
 - 25-40 _____
 - 41-60 _____
 - Más de 60 años _____
- ◆ Cuales son las fuentes de agua que hace uso: y cuantas son?
Potable: _____ Rio: _____ Pozo: _____ Lluvia: _____ Nacimientos de agua _____
- ◆ Si utiliza Nacimiento de agua que tipo de Nacimiento es: (si o no)
Familiar: _____ Comunal: _____ Privado: _____
- ◆ Si Utiliza Nacimiento de agua, que usos hace del agua? (si o no) y cuanto utiliza
Aproximadamente:

Para Beber _____	Cuanto utiliza/día _____
Baño Diario _____	Cuanto utiliza/día. _____
Lavar Ropa _____	Cuanto utiliza/día. _____
Lavar Plato _____	Cuanto utiliza/día. _____
Riego/cultivos _____	Cuanto utiliza/día. _____
Agua /Ganado _____	Cuanto utiliza/día. _____
Cocinar _____	Cuanto utiliza/día. _____
Otros _____	Cuanto utiliza/día. _____
Otros _____	Cuanto utiliza/día. _____
- ◆ Se vende el agua del nacimiento? Si _____ No _____ Como la Vende:

Cantarada: _____ Barril: _____ Otra: _____ a Que precio la vende _____
Gratuita _____

◆ Existe cuota por el uso de la fuente de agua? y de Cuanto es la Tarifa?
Quincenal _____ Mensual _____ semanal _____ Cual es el Precio _____

◆ En que época del año utiliza el Nacimiento de agua:
Invierno: _____ Verano: _____ Todo el año: _____ No la Utiliza: _____

◆ Si no lo ocupa todo el año porque?
Recolecta agua lluvia en invierno: _____
Se seca el Nacimiento de agua en verano: _____
Posee otra fuente de agua: _____
No se puede beber en invierno _____
Otra causa (Cual): _____

◆ Si no tuviera Nacimiento de agua, como obtendría el agua?
Rio: _____
Lluvia: _____
La Compraría: _____
Otra. _____
Si La compra cuanto le costaría: _____

◆ Existe alguna institución que supervise el uso y mantenimiento del(los) Nacimientos?
(Si o no)
Ministerio de Salud _____
ANDA _____
ALCALDIA _____
Juntas o Directivas de Agua _____
Otra (s) _____

◆ Están Organizados, en que tipo de organización? (si o no)
ADESCO _____
Iglesia _____
Sociedad de Regantes _____
Juntas o Directivas de Agua _____
Otras _____

◆ Cuales son las enfermedades mas frecuentes?
Diarreas _____
Gripe _____
De la Piel _____
Deficiencia Dental _____

- ◆ Cuantas veces visita el medico por mes?
 - 1-3 veces _____
 - 2-5 veces _____
 - Mas de 5 veces por meses _____
 - Ninguna vez por mes _____

B) CARACTERISTICAS FISICAS DEL NACIMIENTO DE AGUA (consultada o por Observación)

- ◆ Cual es la Ubicación del Nacimiento de Agua?
 - Dentro de la Casa _____
 - Dentro del caserío _____
 - Distancia aproximada para llegar al Nacimiento: _____
 - Otra _____

- ◆ Que tipo de protección posee el Nacimiento? (si o no)

Caja de captación o Recogimiento _____

Tapadera de Concreto _____

Tapadera de Teja _____

Tapadera de palma _____

Tapadera de Lamina _____

Tapadera de tabla _____

Tapadera de Plástico y Ramas _____

Sin protección _____

- ◆ Cual es el tipo de servicio sanitario que posee? (si o no)

Letrina Abonera _____

Letrina de Fosa _____

Letrina de Aguas Negras _____

No Posee Letrina _____

Otra (cual) _____

- ◆ A que distancia esta el Nacimiento del servicio o letrina? (metros)

1-5 metros _____

6-10 metros _____

11-15 metros _____

16-20 metros _____

21-25 metros _____

Más de 25 metros _____

- ◆ Que tipo de mantenimiento le da al Nacimiento? y Cuanto le cuesta?

Lo Lava con detergentes _____ costo _____

Le pone Lejía _____ costo _____
 Solo lo vacían y lo raspan _____ costo _____
 Otro (cual) _____ costo _____
 Ninguno _____

◆ Si lava el Nacimiento cada cuanto tiempo se hace?

Una vez por mes _____
 Cada 3 meses _____
 Cada 6 meses _____
 Más de 6 meses _____

◆ Como extrae el agua del Nacimiento?(si o no)

Con balde manual _____
 Bomba de Mecate _____
 Con balde y Polea _____
 Bomba Eléctrica _____
 Por Gravedad _____
 Por tubería _____
 Otra (cual) _____

◆ Que color tiene el agua del Nacimiento?

Rojiza _____
 Color Tierra _____
 Café _____
 Verde _____
 Sin Color _____
 Amarilla _____
 Otra (cual) _____

◆ Que olor posee el agua del Nacimiento pozo?(si o no)

A tierra _____
 Olor a Heces _____
 Sin Olor _____
 Otro (cual) _____

◆ Que sabor posee el agua del Nacimiento ?(si o no)

Dulce _____
 Salada _____
 Ninguno _____
 Otro (cual) _____

c) Características Ambientales de Las Fuentes de Nacimiento

◆ Pose perímetros de protección La Fuente de Nacimiento

Alambre de púas y postes de madera: _____

Tela Ciclón y Postes de Concreto: _____

Muro de Ladrillo y concreto: _____

No tiene Ninguna Protección: _____

● Que área posee el perímetro de protección

Una Tarea _____

Dos Tareas _____

Media Manzana _____

Mas de Una Manzana _____

Otra _____

● De cuanta Área es la Cobertura Vegetal que rodea La Fuente de Nacimiento

Una Tarea _____

Dos Tareas _____

Media Manzana _____

Mas de Una Manzana _____

Otra _____

● Para que se ocupa los suelos fuera del área del Perímetro de protección de la Fuente
De Nacimiento

Siembra de granos Básicos _____

Potrerros Para Pasto _____

Bosques de Madre Cacao _____

Bosques Naturales _____

OBSERVACIONES

Anexo 5 Datos de prueba de bombeo pozo excavado Tahuilapa

FECHA DE AFORO: 27/Dic/2006			NOMBRE DEL POZO: Tahuilapa		
UBICACIÓN DEL POZO: Ctón. Y Crío. Tahuilapa. Metapán			TIPO DE PRUEBA: Caudal Constante		
NIVEL ESTÁTICO: 11,12 metros			PROFUNDIDAD TOTAL: 13,62 metros		
DIAMETRO DE PERFORACION: 1 metro			DIAMETRO DE TUBERIA: 2 pulgadas, PVC		
INICIO DE REJILLA:			DIAMETRO DE DESCARGA: 1/2 pulgadas		
PROFUNDIDAD DE BOMBA: 13,00 metros			DIAMETRO DE ORIFICIO: 1/2 pulgadas		
AFORADO POR: Mario Guevara , Antonio Medina			PROPIETARIO: Sr. Nery Monterroza		
TIEMPO PROGRESIVO (MINUTOS)	NIVEL DINAMICO (PIES)	ABATIMIENTO (PIES)	TIEMPO PROGRESIVO (MINUTOS)	NIVEL DINAMICO (PIES)	ABATIMIENTO (PIES)
1	11,16	0,04	12	11,93	0,81
2	11,17	0,05	14	11,9	0,78
3	11,2	0,08	16	11,88	0,76
4	11,22	0,10	18	11,86	0,74
5	11,23	0,11	20	11,84	0,72
6	11,25	0,13	22	11,81	0,69
7	11,27	0,15	24	11,79	0,67
8	11,29	0,17	26	11,77	0,65
9	11,31	0,19	28	11,75	0,63
10	11,33	0,21	30	11,73	0,61
12	11,36	0,24			
14	11,39	0,27	Pozo Tahuilapa $Q = 0.2 \text{ L/s} = 17.28 \text{ m}^3/\text{día}$ $T = 17.28 \text{ m}^3/\text{día} / 4 \pi (0.07) = 19.6 \text{ m}^2/\text{día}$ $S = 1 \cdot 10^{-4} \times 19.6 \text{ m}^2/\text{día} \times 0.0021 \text{ días} / 0.25 \text{ m}^2 = 6.56 \times 10^{-4}$		
16	11,41	0,29			
18	11,45	0,33			
20	11,48	0,36			
25	11,54	0,42			
30	11,61	0,49			
35	11,67	0,55			
40	11,72	0,60			
45	11,77	0,65			
50	11,82	0,70			
55	11,87	0,75			
60	11,9	0,78			
70	11,97	0,85			
80	12,02	0,90			
90	12,05	0,93			
100	12,06	0,94			
110	12,07	0,95			
120	12,08	0,96			
140	12,1	0,98			
160	12,12	1,00			
180	12,1	0,98			
1	12,09	0,97			
2	12,08	0,96			
3	12,06	0,94			
4	12,05	0,93			
5	12,04	0,92			
6	12,02	0,90			

Anexo 6 Datos de prueba de bombeo pozo excavado San José Capulín

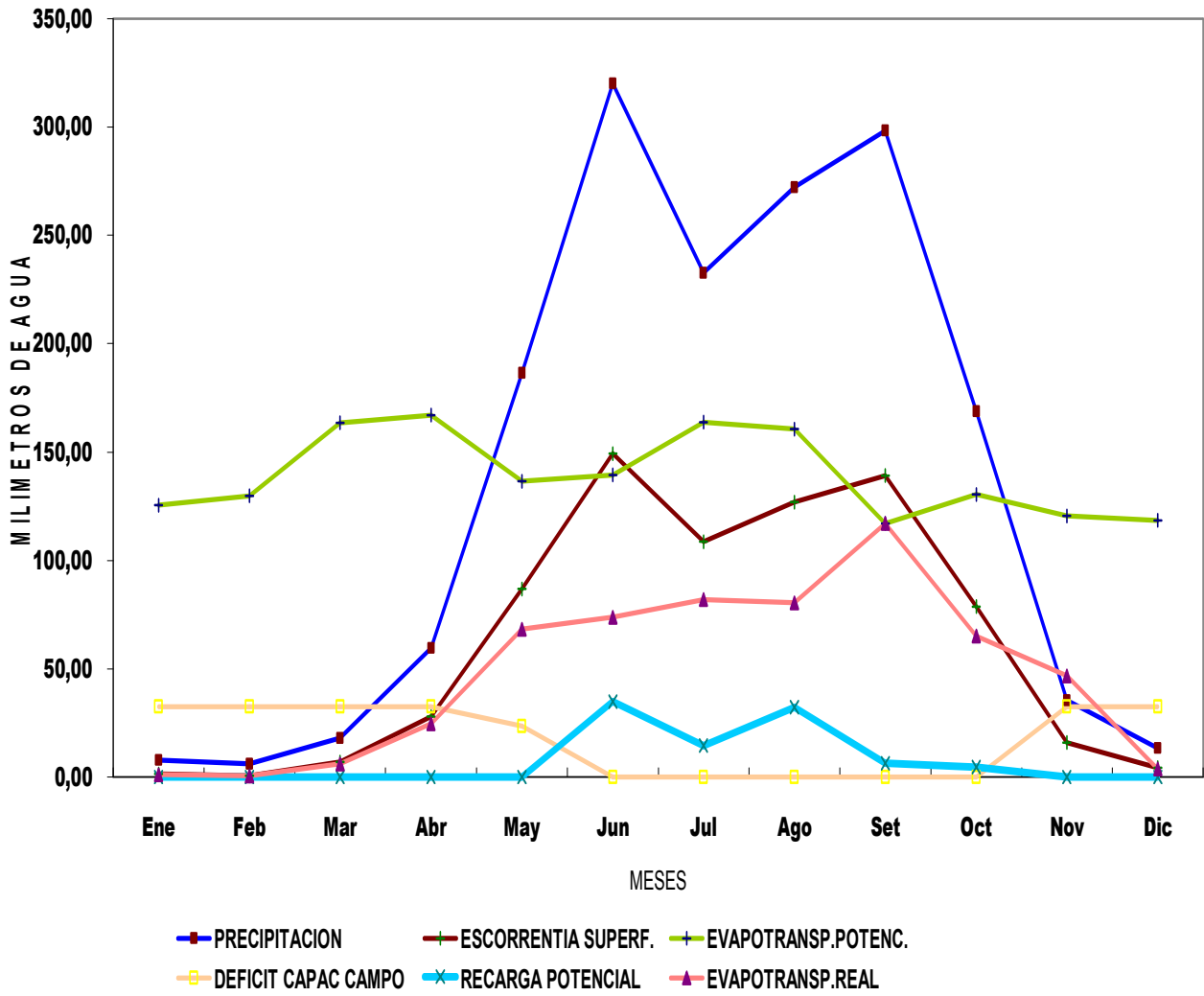
UBICACIÓN DEL POZO: Ctón. Y Crío. San José Capulín		TIPO DE PRUEBA: Caudal Constante	
NIVEL ESTÁTICO: 4.20 metros		PROFUNDIDAD TOTAL: 8.04 metros	
DIAMETRO DE PERFORACION: 1 metro		DIAMETRO DE TUBERIA: 2 pulgadas, PVC	
INICIO DE REJILLA:		DIAMETRO DE DESCARGA: 1/2 pulgadas	
PROFUNDIDAD DE BOMBA: 7,50 metros		DIAMETRO DE ORIFICIO: 1/2 pulgadas	
PERFORADO POR: Propietario mismo		PROPIETARIO: Sr. Felix Aguilar Aquino	
TIEMPO PROGRESIVO (MINUTOS)	NIVEL DINAMICO (PIES)	ABATIMIENTO (PIES)	<p>Q= 1.08 L/s = 93.31 m³/día</p> <p>T= 93.31 m³/día / 4 π (0.07) = 106.05 m²/día</p> <p>S=1x 10⁻²x4*106.05x 0.0021 /0.25 m² = 0.04</p>
1	4,3	0,10	
3	4,43	0,23	
6	4,63	0,43	
10	4,89	0,69	
15	5,08	0,88	
21	5,3	1,10	
28	5,56	1,36	
36	6,04	1,84	
45	6,56	2,36	
55	6,85	2,65	
67	7	2,80	
1	6,98	2,78	
3	6,97	2,77	
6	6,95	2,75	
10	6,95	2,75	
15	6,93	2,73	
21	6,92	2,72	
28	6,91	2,71	
36	6,9	2,70	
45	6,89	2,69	
55	6,89	2,69	
	67	6,89	

Anexo 7 Estaciones climáticas de registro de evapotranspiración potencial (ETp)

Estación	Coordenadas		Elevación (msnm)	Dirección
	N	E		
G12	329920	504679	450	Concepción Quezaltepeque
G4	352052	482556	1000	La Palma
G3	333626	468687	320	Nueva Concepción
A31	363877	461174	1851	Los Planes de Montecristo
A15	345091	448375	485	Guija
A27	333150	429635	700	Candelaria de La Frontera
A12	317270	438415	725	Santa Ana ,El Palmar
A18	306044	430282	17	Finca Los Andes

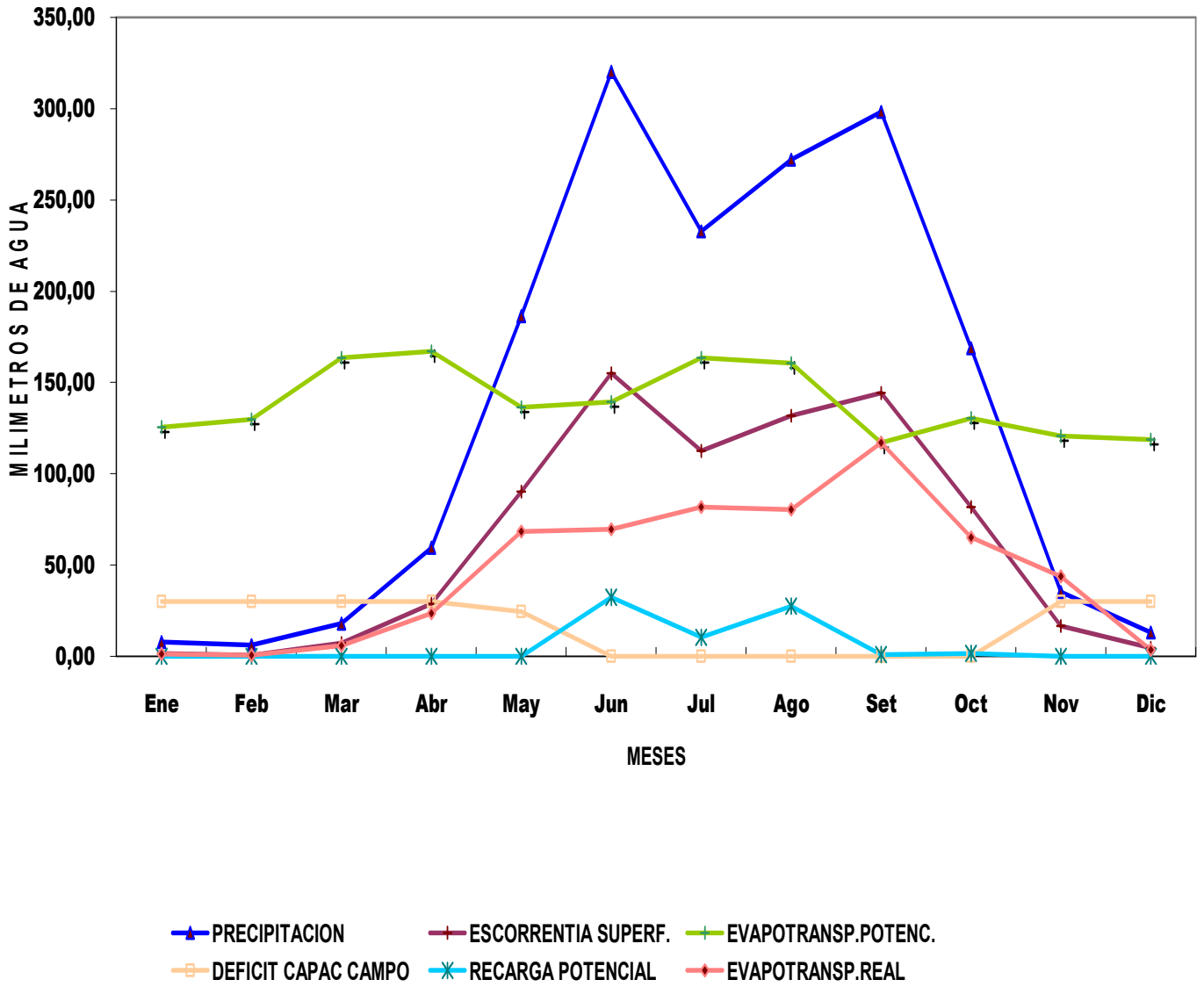
Anexo 8 Balance hídrico en suelo Franco Arcilloso

BALANCE HIDRICO DE SUELOS
 Sucuencia La Quebradona
 Textura Franco Arcilloso, Fc=24,74mm/hora



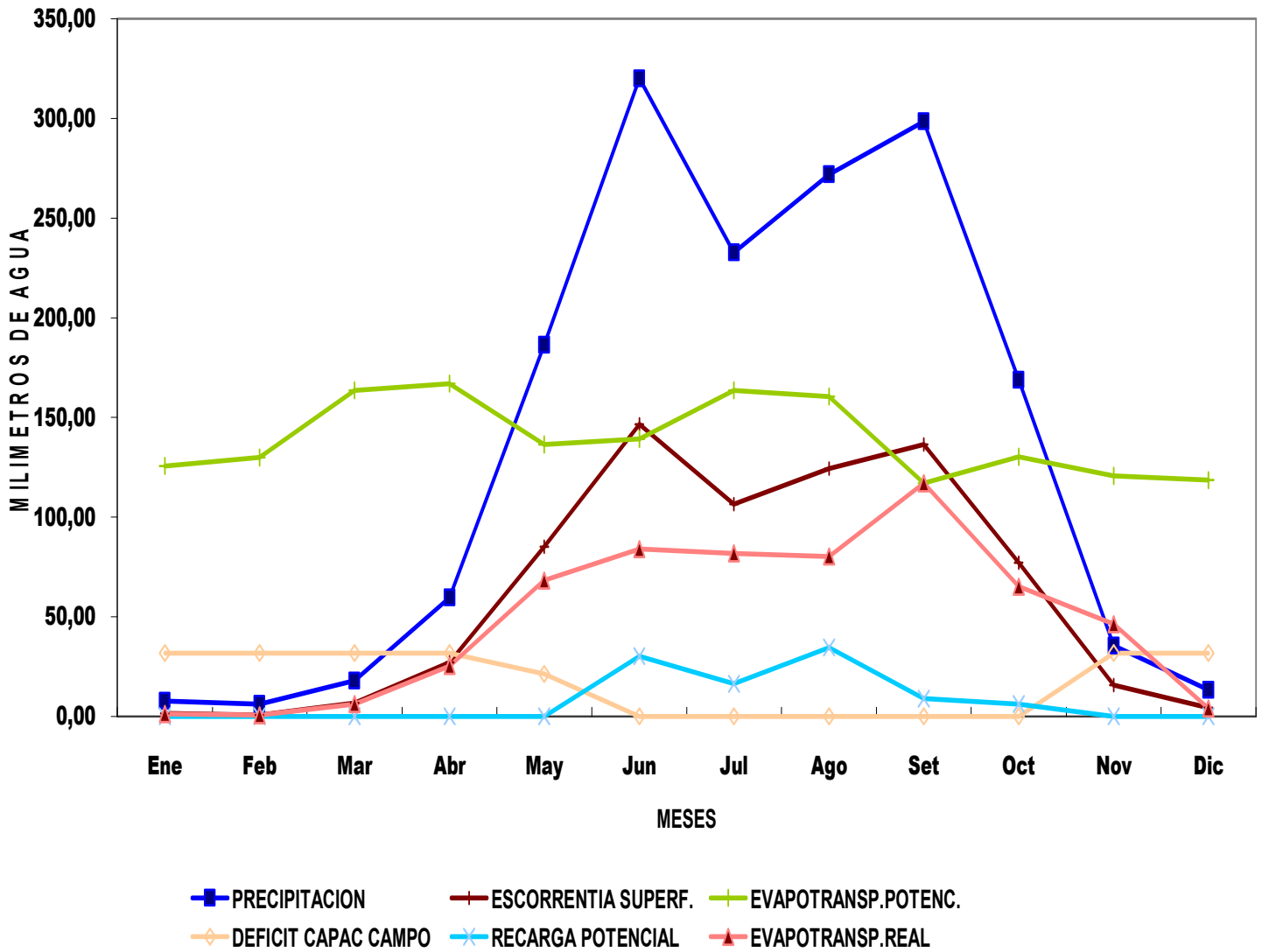
Anexo 9 Balance hídrico suelo Franco Arcillosos Graviloso

BALANCE HIDRICO DE SUELOS
 Sucuena La Quebradona
 Textura Franco Arcilloso Graviloso, Fc=23,26 mm/hora



Anexo 10 Balance hídrico suelo Franco Arcilloso Arenoso

BALANCE HIDRICO DE SUELOS
 Subcuenca La Quebradona
 Textura Franco Arcillosa Arenosa, Fc=26,44mm/hora



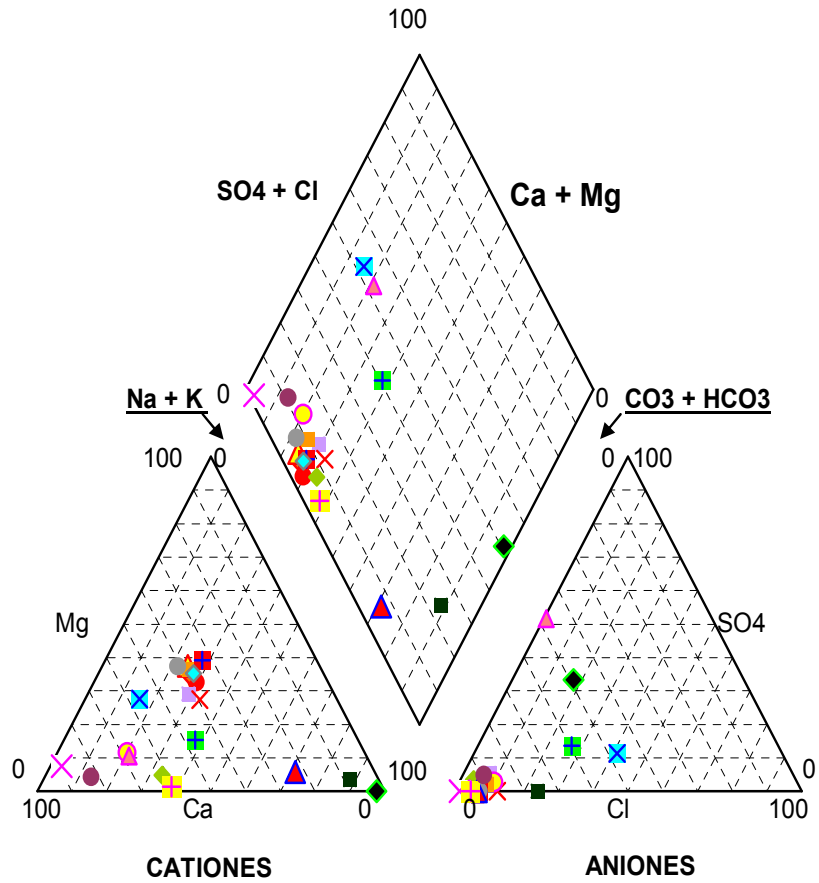
Anexo 11 Relación de contenido de iones y conductividad eléctrica, época seca.

Código	Nombre/Propietario	Aniones meq/l	Cationes meq/l	Balance iónico %	Cond. μS/cm	f
Que-MA-01	El Obrajón	5,3336	6,0934	6,65	460,00	80.56
Que-MA-10	La Peña	2,0806	2,3360	5,78	196,00	88.69
Que-MA-12	Nacimiento	4,0356	4,4306	4,67	380,00	89.79
Que-MA-15	El Nacimiento	1,0973	1,3894	11,74	113,00	90,88
Que -MA-19	El Nacimiento	0,2941	0,3171	3,76	13,00	42.54
Que-MA-22	El Nacimiento	2,3728	2,0474	-7,36	175,00	79.19
Que-MA-23	El Chorrón	2.2198	2.1712	-1,11	173,00	78.64
Que-MA-27	La Bolsa	2,8703	3,3089	7,1	288,00	93.20
Que-MA-31	El Tanque	1,7412	2,0073	7,1	183,00	97.64
Que-MA-36	Los Horcones	0,7766	1,0563	15,26	80,70	88.09
Que-MA-40	La Ruda	2,5878	2,8079	4,08	246,00	91.18
Que-MA-42	Ojushtal	2,4815	2,6450	3,19	240,00	67.58
Que-PE-01	Juan Castro Flores	2,0042	2,4374	9,75	219,00	98.65
Que-PE-08	Juan Peña	2,0042	2,4374	5,98	324,00	91.53
Que-PE-13	Nery Monterrosa	3,0443	2,4843	-10,13	304,00	110.2
Que-PE-15	Horcalinda Figueroa	16,6846	12,1079	-15,9	1120.00	77.79
Que-PE-19	Filimón Castro	8,5648	9,2084	3,62	625,00	70.38
Que-PE-21	Silas Perlera	3,3639	3,5562	2,78	343,00	99,13
Que-PE-25	Félix Aguilar	2,2248	2,4805	5,43	211,00	89.78
Que-PE-29	Israel Martínez	1,2822	1,5134	8,27	137.0	98.01

Anexo 12 Relación de contenido de iones y conductividad eléctrica, época húmeda.

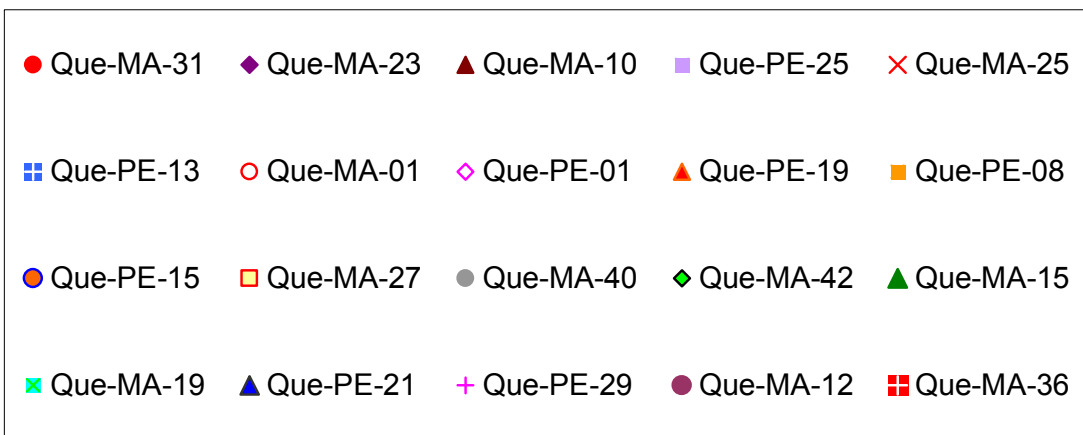
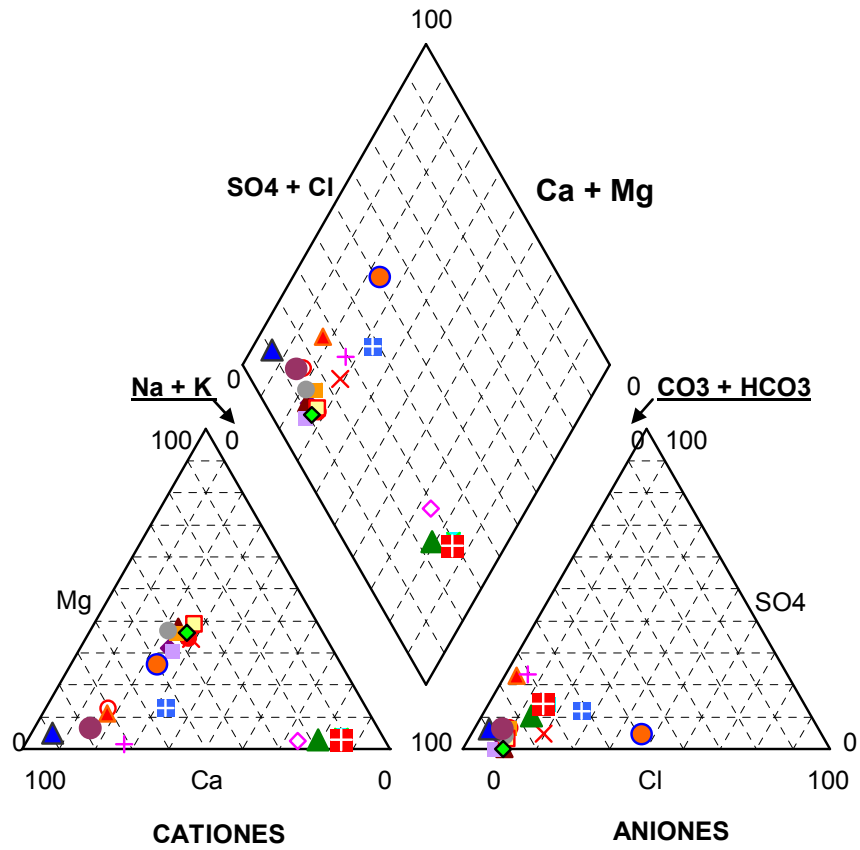
Código	Nombre/Propietario	Aniones meq/l	Cationes meq/l	Balance iónico %	Cond. μS/cm	f
Que-MA-01	El Obrajón	5,8454	6,6876	6.72	523.00	83.46
Que-MA-10	La Peña	2,4426	2,2603	-3.88	183.00	77.82
Que-MA-12	Nacimiento	4,1381	4,4325	3.43	384,00	89.61
Que-MA-15	El Nacimiento	1,6932	1,8371	4.08	133,00	75.35
Que -MA-19	El Nacimiento	0,3895	0,5263	14.94	18,00	39.31
Que-MA-22	El Nacimiento	2,3728	2,0474	-7,36	236.00	106.78
Que-MA-23	El Chorrón	2,2198	2.1712	-1,11	176.00	80.16
Que-MA-27	La Bolsa	3,2423	3,2767	0.53	260,00	79.77
Que-MA-31	El Tanque	2,0073	2,0139	0.16	157.00	78.09
Que-MA-36	Los Horcones	0,6556	0,6556	12.73	50,70	77.33
Que-MA-40	La Ruda	2,7684	2,8578	1.59	229,00	81.40
Que-MA-42	Ojushtal	2,8601	2,8529	-0.13	222,00	77.72
Que-PE-01	Juan Castro Flores	0,7994	1,0044	11.37	39.00	43.24
Que-PE-08	Juan Peña	4,5389	4,5497	0.12	410,00	90.22
Que-PE-13	Nery Monterrosa	3,0443	2,4843	-10,13	218.00	78.86
Que-PE-15	Horcalinda Figueroa	23,8681	16,6478	-17.82	1,447.00	71.43
Que-PE-19	Filimón Castro	7,7362	9,3075	9.22	701,00	82.26
Que-PE-21	Silas Perlera	2,7428	2,5692	3.27	242,00	91.11
Que-PE-25	Félix Aguilar	2,5132	2,6367	2.40	211.00	81.94
Que-PE-29	Israel Martínez	1,6932	1,8371	4.08	100.0	56.65

Anexo 13 Diagrama Piper época seca (marzo)



● Que-MA-31	◆ Que-MA-23	▲ Que-MA-10	■ Que-PE-25	× Que-MA-25
■ Que-PE-13	● Que-MA-01	◆ Que-PE-01	▲ Que-PE-19	■ Que-PE-08
× Que-PE-15	■ Que-MA-27	● Que-MA-40	◆ Que-MA-42	▲ Que-MA-15
■ Que-MA-19	× Que-PE-21	■ Que-PE-29	● Que-MA-12	◆ Que-MA-36

Anexo 14 Diagrama de Piper época húmeda (Septiembre)



Anexo 15 Cálculo de balances iónicos de las fuentes de agua superficial y subterránea de la subcuenca La Quebradona.

Que-MA-01

SampleID : Coyuiscat

Location : Metapán
 Site : El Obrajón
 Sampling Date : 29/03/2007
 Geology :
 Watertype : Ca-HCO3

Sum of Anions (meq/l) : 5,3336
 Sum of Cations (meq/l) : 6,0934
 Balance : 6,65%

Measured TDS(mg/l) : 245,0
 Calculated TDS(mg/l) : 295,8

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 4,22	21,09	11,81	210,9
Permanent hardness	: 0,0	0,00	0,00	0,0
Temporary hardness	: 4,22	21,09	11,81	210,9
Alkalinity	: 4,34	21,72	12,16	217,2

(1 °f = 10 mg/l CaCO3/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	24,0	1,044	1,044	8,751
K +	1,0	0,026	0,026	0,0
Ca++	73,0	1,821	3,643	26,254
Mg++	7,0	0,288	0,576	0,0
Cl-	17,0	0,48	0,48	0,0
SO4--	6,0	0,062	0,125	0,0
HCO3-	265,0	4,344	4,344	35,005

Que-MA-10

Simple ID : **Despoblado**
Location : Santa Rosa Guachipilin
Site : La Peña
Sampling Date : 10/03/2007
Geology :
Watertype : Ca-Mg-HCO₃

Sum of Anions (meq/l) : 2,0806
 Sum of Cations (meq/l) : 2,3360
 Balance : 5,78%

Measured TDS(mg/l) : 104,0
 Calculated TDS(mg/l) : 101,7

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO ₃
Total hardness	: 1,49	7,44	4,17	74,4
Permanent hardness	: 0,0	0,00	0,00	0,0
Temporary hardness	: 1,49	7,44	4,17	74,4
Alkalinity	: 1,9	9,51	5,32	95,1

(1 °f = 10 mg/l CaCO₃/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	10,0	0,435	0,435	0,0
K +	1,0	0,026	0,026	0,0
Ca++	15,0	0,374	0,749	0,0
Mg++	9,0	0,37	0,74	0,0
Cl-	1,0	0,028	0,028	0,0
SO ₄ --	0,0	0,0	0,0	0,0
HCO ₃ -	116,0	1,901	1,901	22,642

QUE-MA-12

Location : **Metapán**
Site : El Nacimiento
Sampling Date : 26/04/2003
Geology :
Watertype : Ca-HCO₃

Sum of Anions (meq/l) : 4,0356

Sum of Cations (meq/l) : 4,4306
 Balance : 4,67%

Measured TDS(mg/l) : 204,0
 Calculated TDS(mg/l) : 223,2

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 3,51	17,54	9,82	175,4
Permanent hardness	: 0,07	0,33	0,18	3,3
Temporary hardness	: 3,44	17,21	9,64	172,1
Alkalinity	: 3,44	17,21	9,64	172,1

(1 °f = 10 mg/l CaCO3/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	11,0	0,478	0,478	0,0
K +	1,0	0,026	0,026	0,0
Ca++	67,0	1,672	3,343	35,435
Mg++	2,0	0,082	0,165	0,0

Que-MA-15

SampleID : Montenegro
 Location : Metapán
 Site : El Nacimiento
 Sampling Date : 18/04/2003
 Geology :
 watertype : Na-HCO3

Sum of Anions (meq/l) : 1,0973
 Sum of Cations (meq/l) : 1,3894
 Balance: : 11, 74%

Measured TDS(mg/l) : 59,0
 Calculated TDS(mg/l) : 50,0

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 0,2	1,00	0,56	10,0
Permanent hardness	: 0,0	0,00	0,00	0,0
Temporary hardness	: 0,2	1,00	0,56	10,0
Alkalinity	: 1,0	5,00	2,80	50,0

(1 °f = 10 mg/l CaCO3/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmo1/1	meq/l	meq%
Na+	13,0	0,565	0,565	0,0
K +	3,0	0,077	0,077	0,0
Ca++	4,0	0,1	0,2	0,0
Mg++	0,0	0,0	0,0	0,0
Cl-	2,0	0,056	0,056	0,0
SO4--	0,0	0,0	0,0	0,0
HCO3-	61,0	1,0	1,0	40,214

Que-MA-19

SampleID : La Cumbre
Location : Metapán
Site : Nacimiento
Sampling Date : 19/04/2003
Geology :
watertype : Na+K-Na-HCO3

Sum of Anions (meq/l) : 0,2941
 Sum of Cations (meq/l) : 0,3171
 Balance: : 3,76%

Measured TDS(mg/l) : 59,0
 Calculated TDS(mg/l) : 14,0

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 0,0	0,00	0,00	0,0
Permanent hardness	: 0,0	0,00	0,00	0,0
Temporary hardness	: 0,0	0,00	0,00	0,0
Alkalinity	: 0,2	0,98	0,55	9,8

(1 °f = 10 mg/l CaCO3/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmo1/1	meq/l	meq%
Na+	3,0	0,13	0,13	0,0
K +	1,0	0,026	0,026	0,0
Ca++	0,0	0,0	0,0	0,0

Mg ⁺⁺	0,0	0,0	0,0	0,0
Cl ⁻	2,0	0,056	0,056	0,0
SO ₄ ⁻⁻	0,0	0,0	0,0	0,0
HCO ₃ ⁻	12,0	0,197	0,197	0,0

Que-MA-22

SampleID : San José Capulín
Location : Santa Rosa Guachipilín
Site : El Nacimiento
Sampling Date : 01/08/2007
Geology :
Watertype : Ca-Mg-HCO₃

Sum of Cations (meq/l) : 2, 0474
 Balance : -7,36%

Calculated TDS(mg/l) : 118,7
 Sum of Anions (meq/l) : 2,3728

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO ₃
Total hardness	: 1,17	5,87	3,29	58,7
Permanent hardness	: 0,0	0,00	0,00	0,0
Temporary hardness	: 1,17	5,87	3,29	58,7
Alkalinity	: 1,52	7,62	4,27	76,2

(1 °f = 10 mg/l CaCO₃/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na ⁺	10,0	0,435	0,435	0,0
K ⁺	2,0	0,051	0,051	0,0
Ca ⁺⁺	12,0	0,299	0,599	0,0
Mg ⁺⁺	7,0	0,288	0,576	0,0
Cl ⁻	4,0	0,113	0,113	0,0
SO ₄ ⁻⁻	4,0	0,042	0,083	0,0
HCO ₃ ⁻	93,0	1,524	1,524	22,624

Que-MA-23

SampleID : San Fco. Apanta
Location : Santa Rosa Guachipilín
Site : El Chorrón
Sampling Date : 01/08/2007
Geology :
Watertype : Ca-Mg-HCO₃

Sum of Anions (meq/l) : 2,2198
Sum of Cations (meq/l) : 2,1712
Balance : -1,11%

Calculated TDS(mg/l) : 100,4

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO ₃
Total hardness	: 1,37	6,87	3,85	68,7
Permanent hardness	: 0,0	0,00	0,00	0,0
Temporary hardness	: 1,37	6,87	3,85	68,7
Alkalinity	: 1,87	9,34	5,23	93,4

(1 °f = 10 mg/l CaCO₃/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	9,0	0,391	0,391	0,0
K +	2,0	0,051	0,051	0,0
Ca++	16,0	0,399	0,798	0,0
Mg++	7,0	0,288	0,576	0,0
Cl-	4,0	0,113	0,113	0,0
SO ₄ --	3,0	0,031	0,062	0,0
HCO ₃ -	114,0	1,869	1,869	22,774

Que-MA-27

SampleID : La Junta
Location : Metapán
Site : Metapán
Sampling Date : 31/03/2007
Geology :
Watertype : Mg-Ca-Na-HCO₃

Sum of Anions (meq/l) : 2,8703
 Sum of Cations (meq/l) : 3,3089
 Balance : 7,10%

Measured TDS(mg/l) : 153,0
 Calculated TDS(mg/l) : 149,0

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 1,97	9,84	5,51	98,4
Permanent hardness	: 0,0	0,00	0,00	0,0
Temporary hardness	: 1,97	9,84	5,51	98,4
Alkalinity	: 2,51	12,54	7,02	125,4

(1 °f = 10 mg/l CaCO3/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	15,0	0,652	0,652	0,0
K +	3,0	0,077	0,077	0,0
Ca++	18,0	0,449	0,898	0,0
Mg++	13,0	0,535	1,07	16,183
Cl-	1,0	0,028	0,028	0,0
SO4--	0,0	0,0	0,0	0,0
HCO3-	153,0	2,508	2,508	32,367

Que MA-31

SampleID : **E1 Matazano**
 Location : Santa Rosa Guachipilin
 Site : E1 Tanque
 Sampling Date : 10/03/2007
 Geology :
 Watertype : Ca-Mg-Na-Na+K-HCO3

Sum of Anions (meq/l) : 1,7412
 Sum of Cations (meq/l) : 2,0073
 Balance: : 7,10%

Measured TDS(mg/l) : 98,0
 Calculated TDS(mg/l) : 79,3

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 1,14	5,71	3,20	57,1

Permanent hardness : 0,0 0,00 0,00 0,0
 Temporary hardness : 1,14 5,71 3,20 57,1
 Alkalinity : 1,67 8,36 4,68 83,6
 (1 °f = 10 mg/l CaCO3/1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	11,0	0,478	0,478	0,0
K +	0,0	0,0	0,0	0,0
Ca++	13,0	0,324	0,649	0,0
Mg++	6,0	0,247	0,494	0,0
Cl-	1,0	0,028	0,028	0,0
SO4--	0,0	0,0	0,0	0,0
HCO3-	102,0	1,672	1,672	26,677

Que-MA-36

SampleID : Los Horcones
 Location : La Palma
 Site : El pino
 Sampling Date : 21/04/2003
 Geology :
 Watertype : Na-Na+K-HCO3-SO4

Sum of Anions (meq/l) : 0,7766
 Sum of Cations (meq/l) : 1,0563
 Balance: : 15,26%

Measured TDS(mg/l) : 42,0
 Calculated TDS(mg/l) : 51,0

Hardness : meq/l °f °g mg/l CaCO3
 Total hardness : 0,0 0,00 0,00 0,0
 Permanent hardness : 0,0 0,00 0,00 0,0
 Temporary hardness : 0,0 0,00 0,00 0,0
 Alkalinity : 0,34 1,72 0,96 17,2
 (1 °f = 10 mg/l CaCO3/1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	12,0	0,522	0,522	0,0

K +	2,0	0,051	0,051	0,0
Ca++	0,0	0,0	0,0	0,0
Mg++	0,0	0,0	0,0	0,0
Cl-	3,0	0,085	0,085	0,0
SO4--	11,0	0,115	0,229	0,0
HCO3-	21,0	0,344	0,344	0,0

Que-MA-40

SampleID : La Ruda
Location : Masahuat
Site : El Nacimiento
Sampling Date : 31/03/2007
Geology :
Watertype : Ca-Mg-HCO3

Sum of Anions (meq/l) : 2,5878
 Sum of Cations (meq/l) : 2,8079
 Balance: : 4,08%

Measured TDS(mg/l) : 130,0
 Calculated TDS(mg/l) : 132,1

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 1,9	9,51	5,33	95,1
Permanent hardness	: 0,0	0,00	0,00	0,0
Temporary hardness	: 1,9	9,51	5,33	95,1
Alkalinity	: 2,26	11,31	6,33	113,1

(1 °f = 10 mg/l CaCO3/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	10,0	0,435	0,435	0,0
K +	2,0	0,051	0,051	0,0
Ca++	20,0	0,499	0,998	0,0
Mg++	11,0	0,452	0,905	0,0
Cl-	1,0	0,028	0,028	0,0
SO4--	0,0	0,0	0,0	0,0
HCO3-	138,0	2,262	2,262	37,067

Que-MA-42

SampleID : Chilamate
Location : Santa Rosa Guachipilin
Site : Ojushtal
Sampling Date : 31/03/2007
Geology :
Watertype : Ca-Mg-Na-HCO₃

Sum of Anions (meq/l) : 2,4815
Sum of Cations (meq/l) : 2,6450
Balance: : 3,19%

Measured TDS(mg/l) : 128,0
Calculated TDS(mg/l) : 114,7

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO ₃
Total hardness	: 1,59	7,94	4,45	79,4
Permanent hardness	: 0,0	0,00	0,00	0,0
Temporary hardness	: 1,59	7,94	4,45	79,4
Alkalinity	: 2,26	11,31	6,33	113,1

(1 °f = 10 mg/l CaCO₃/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	12,0	0,522	0,522	0,0
K +	2,0	0,051	0,051	0,0
Ca++	17,0	0,424	0,848	0,0
Mg++	9,0	0,37	0,74	0,0
Cl-	3,0	0,085	0,085	0,0
SO ₄ --	0,0	0,0	0,0	0,0
HCO ₃ -	138,0	2,262	2,262	39,013

Que-PE-01

SampleID : Juan Castro Flores
Location : Metapán
Site : Metapán
Sampling Date : 29/03/2007
Geology :
Watertype : Ca-Na-Na+K-HCO₃

Sum of Anions (meq/l) : 2,0042
 Sum of Cations (meq/l) : 2,4374
 Balance: : 9,75%

Measured TDS(mg/l) : 116,0
 Calculated TDS(mg/l) : 114,5

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 1,28	6,40	3,58	64,0
Permanent hardness	: 0,0	0,00	0,00	0,0
Temporary hardness	: 1,28	6,40	3,58	64,0
Alkalinity	: 1,84	9,18	5,14	91,8

(1 °f = 10 mg/l CaCO3/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	13,0	0,565	0,565	0,0
K +	3,0	0,077	0,077	0,0
Ca++	24,0	0,599	1,198	22,514

Que-PE-08

SampleID : **Juan Peña**
 Location : Metapan
 Site : Metapan
 Sampling Date : 29/03/2007
 Geology :
 Watertype : Ca-Mg-Na-HCO3

Sum of Anions (meq/l) : 3,3289
 Sum of Cations (meq/l) : 3,7520
 Balance: : 5,98%

Measured TDS(mg/l) : 173,0
 Calculated TDS(mg/l) : 171,6

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 2,35	11,75	6,58	117,5
Permanent hardness	: 0,0	0,00	0,00	0,0
Temporary hardness	: 2,35	11,75	6,58	117,5

Alkalinity : 2,8 14,01 7,85 140,1
 (1 °f = 10 mg/l CaCO3/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	17,0	0,739	0,739	0,0
K +	2,0	0,051	0,051	0,0
Ca++	24,0	0,599	1,198	14,122
Mg++	14,0	0,576	1,152	14,122
Cl-	5,0	0,141	0,141	0,0
SO4--	3,0	0,031	0,062	0,0
HCO3-	171,0	2,803	2,803	28,245

Que- PE-13

SampleID : Nery Monterrosa
 Location : Tahuilapa
 Site : Metapan
 Sampling Date : 31/07/2007
 Geology :
 Watertype : Ca-HCO3-CL+NO3

Sum of Anions (meq/l) : 3,0443
 Sum of Cations (meq/l) : 2,4843
 Balance: : -10,13%

calculated TDS(mg/l) : 171,2

Hardness : meq/l °f °g mg/l CaCO3
 Total hardness : 1,34 6,72 3,76 67,2
 Permanent hardness : 0,0 0,00 0,00 0,0
 Temporary hardness : 1,34 6,72 3,76 67,2
 Alkalinity : 1,46 7,29 4,08 72,9
 (1 °f = 10 mg/l CaCO3/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	12,0	0,522	0,522	0,0
K +	4,0	0,102	0,102	0,0
Ca++	22,0	0,549	1,098	18,088
Mg++	3,0	0,123	0,247	0,0

Cl-	4,0	0,113	0,113	0,0
SO4--	13,0	0,135	0,271	0,0
HCO3-	89,0	1,459	1,459	18,088

Que-PE-15

SampleID : Horcalinda Figueroa
 Location : Metapan
 Site : Metapan
 Sampling Date : 29/03/2007
 Geology :
 Watertype : Ca-Mg-HCO3-CL+NO3-Cl

Sum of Anions (meq/l) : 16,6846
 Sum of Cations (meq/l) : 12,1079
 Balance : -15,90%

Calculated TDS(mg/l) : 1125,0

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 9,05	45,25	25,34	452,5
Permanent hardness	: 3,35	16,73	9,37	167,3
Temporary hardness	: 5,7	28,52	15,97	285,2
Alkalinity	: 5,7	28,52	15,97	285,2

(1 °f = 10 mg/l CaCO3/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	32,0	1,392	1,392	3,473
K +	11,0	0,281	0,281	0,0
Ca++	122,0	3,044	6,088	20,839
Mg++	36,0	1,481	2,962	6,946
Cl-	103,0	2,905	2,905	6,946
SO4--	65,0	0,677	1,353	3,473
HCO3-	348,0	5,704	5,704	17,366

Que PE-19

SampleID : Filimon Castro
 Location : Metapán
 Site : Metapán
 Sampling Date : 29/03/2007
 Geology :
 Watertype : Ca-SO4-HCO3

Sum of Anions (meq/l) : 8,5648
 Sum of Cations (meq/l) : 9,2084
 Balance: : 3,62%

Measured TDS(mg/l) : 333,0
 Calculated TDS(mg/l) : 474,9

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 6,21	31,06	17,39	310,6
Permanent hardness	: 2,13	10,65	5,97	106,5
Temporary hardness	: 4,08	20,41	11,43	204,1
Alkalinity	: 4,08	20,41	11,43	204,1

(1 °f = 10 mg/l CaCO3/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	35,0	1,522	1,522	5,626
K +	6,0	0,153	0,153	0,0
Ca++	108,0	2,695	5,389	28,132
Mg++	10,0	0,411	0,823	0,0
Cl-	1,0	0,028	0,028	0,0
SO4--	212,0	2,207	4,414	22,506
HCO3-	249,0	4,081	4,081	22,506

Que-PE-21

SampleID : Sílas Perlera
Location : Metapán
Site : Quebrada de Agua
Sampling Date : 19/04/2003
Geology :
Watertype : Ca-HCO₃

Sum of Anions (meq/l) : 3,3639
Sum of Cations (meq/l) : 3,5562
Balance: : 2,78%

Measured TDS(mg/l) : 180,0
Calculated TDS(mg/l) : 276,0

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO ₃
Total hardness	: 3,39	16,95	9,49	169,5
Permanent hardness	: 0,1	0,48	0,27	4,8
Temporary hardness	: 3,29	16,47	9,23	164,7
Alkalinity	: 3,29	16,47	9,23	164,7

(1 °f = 10 mg/l CaCO₃/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	1,0	0,043	0,043	0,0
K +	1,0	0,026	0,026	0,0
Ca++	63,0	1,572	3,144	43,352
Mg++	3,0	0,123	0,247	0,0
Cl-	1,0	0,028	0,028	0,0
SO ₄ --	0,0	0,0	0,0	0,0
HCO ₃ -	201,0	3,295	3,295	43,352

Que-PE-25

Sample ID : Félix Aguilar
Location : Santa Rosa Guachipilin
Site : San Jose Capulin
Sampling Date : 10/03/2007
Geology :
Watertype : Ca-Mg-Na-Na+K-HCO₃

Sum of Anions (meq/l) : 2,2248
 Sum of Cations (meq/l) : 2,4805
 Balance : 5,43%

Measured TDS(mg/l) : 112,0
 Calculated TDS(mg/l) : 110,6

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO3
Total hardness	: 1,42	7,12	3,99	71,2
Permanent hardness	: 0,0	0,00	0,00	0,0
Temporary hardness	: 1,42	7,12	3,99	71,2
Alkalinity	: 1,87	9,34	5,23	93,4

(1 °f = 10 mg/l CaCO3/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

Major ion composition

	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%
Na+	12,0	0,522	0,522	0,0
K +	2,0	0,051	0,051	0,0
Ca++	17,0	0,424	0,848	0,0
Mg++	7,0	0,288	0,576	0,0
Cl-	4,0	0,113	0,113	0,0
SO4--	5,0	0,052	0,104	0,0
HCO3-	114,0	1,869	1,869	21,253

Que-PE-29

SampleID : Israel Martinez
 Location : Metapán
 Site : Montenegro
 Sampling Date : 26/04/2003
 Geology :
 Watertype : Ca-Na+K-Na-HCO₃

Sum of Anions (meq/l) : 1,2822
 Sum of Cations (meq/l) : 1,5134
 Balance : 8,27%

Measured TDS(mg/l) : 73,0
 Calculated TDS(mg/l) : 64,0

Hardness	: meq/l	°f	°g	mg/l CaCO ₃
Total hardness	: 0,7	3,49	1,96	34,9
Permanent hardness	: 0,0	0,00	0,00	0,0
Temporary hardness	: 0,7	3,49	1,96	34,9
Alkalinity	: 1,21	6,06	3,40	60,6

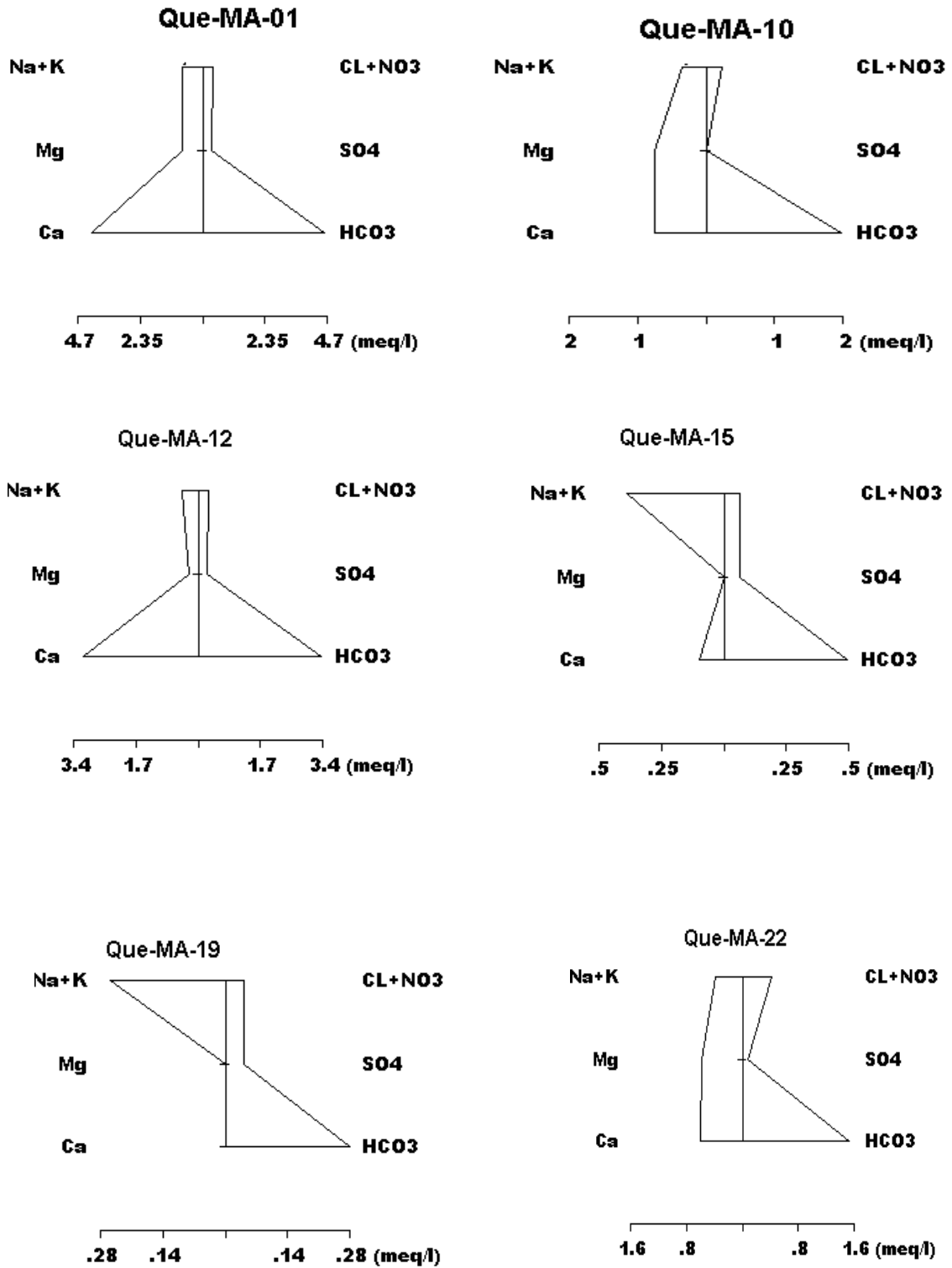
(1 °f = 10 mg/l CaCO₃/l 1 °g = 10 mg/l CaO)

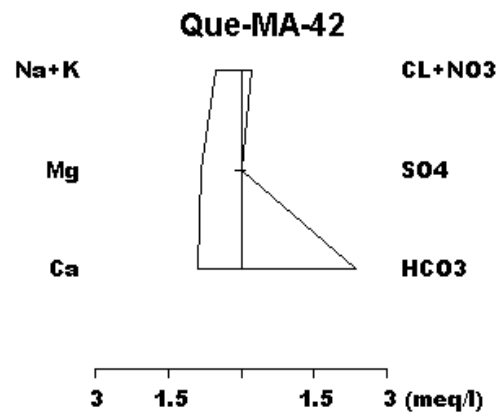
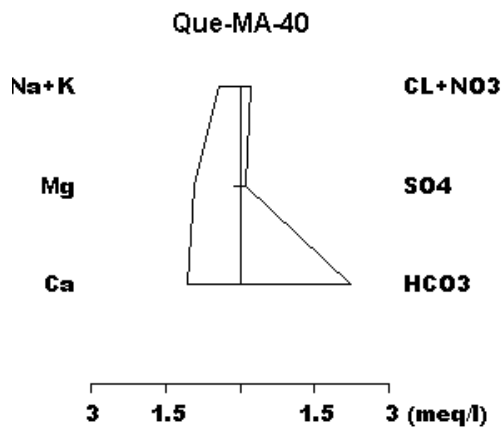
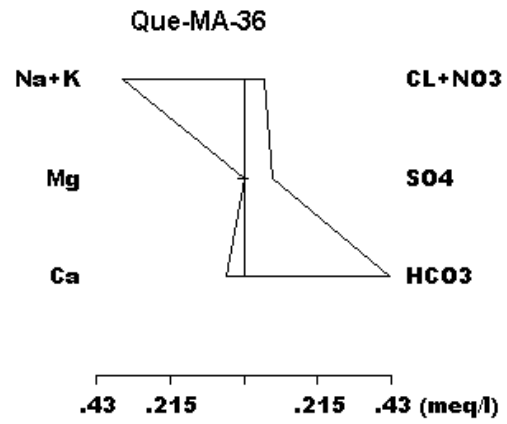
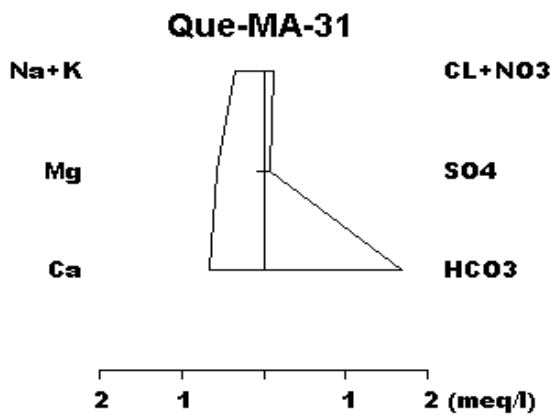
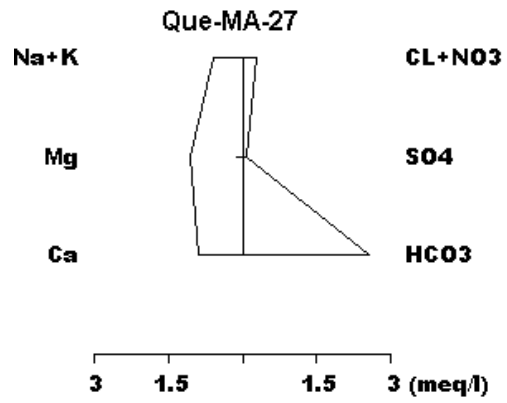
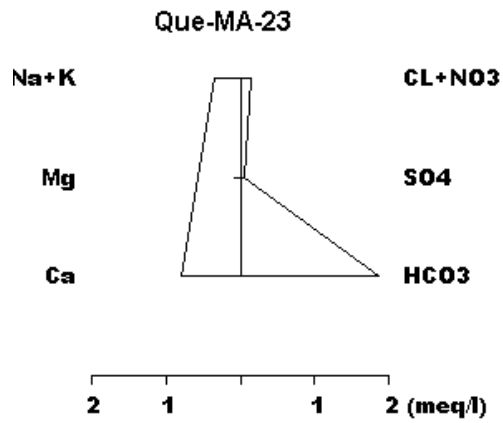
Major ion composition

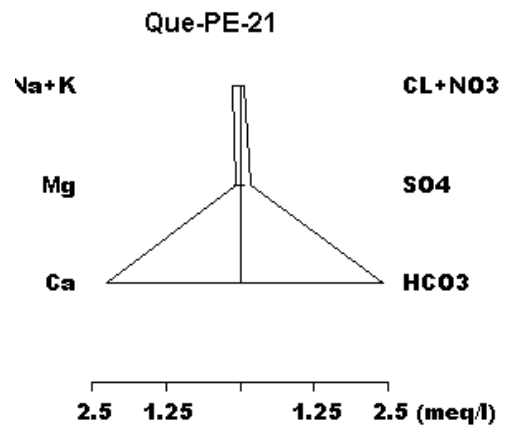
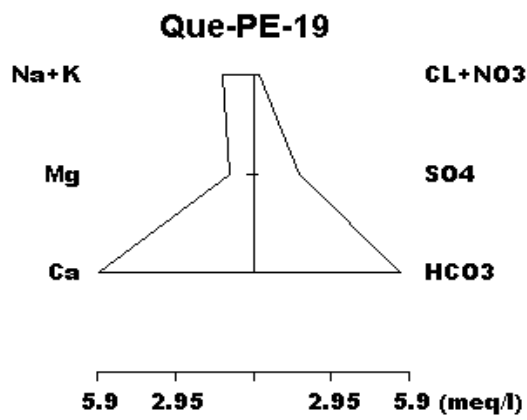
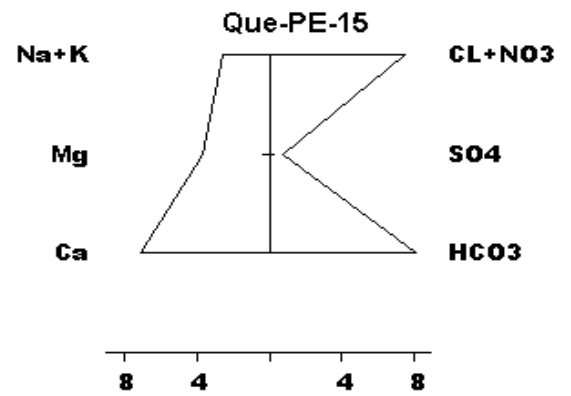
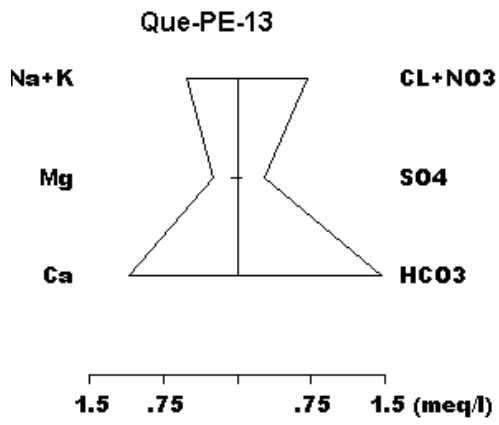
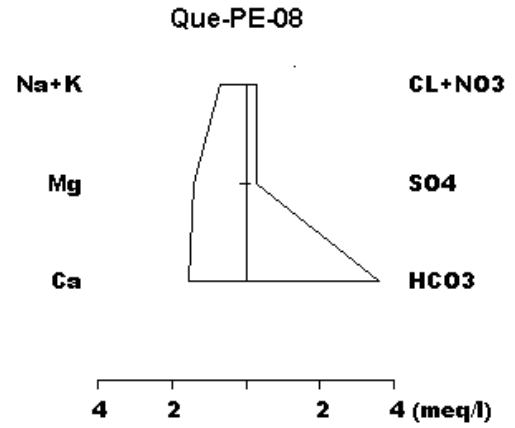
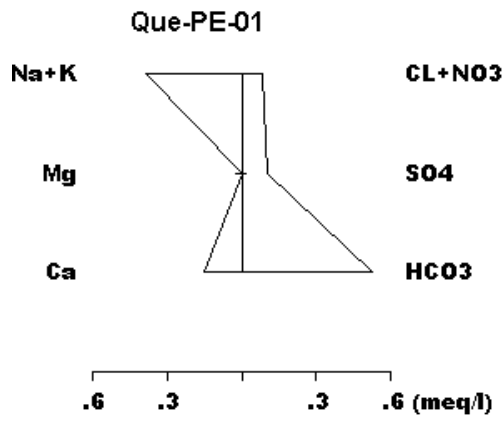
	mg/l	mmol/l	meq/l	meq%

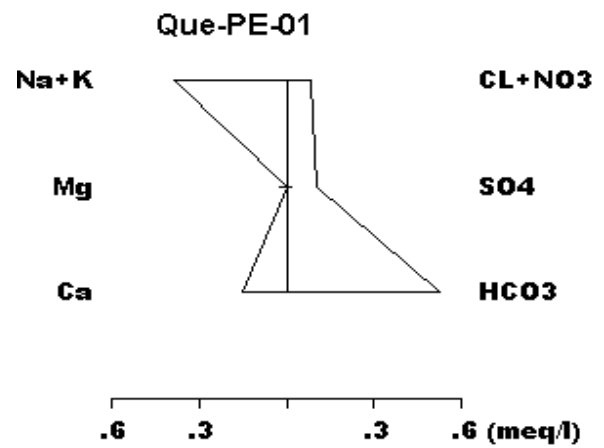
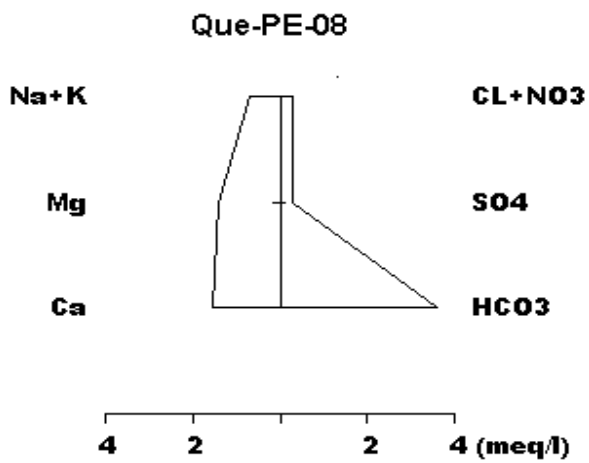
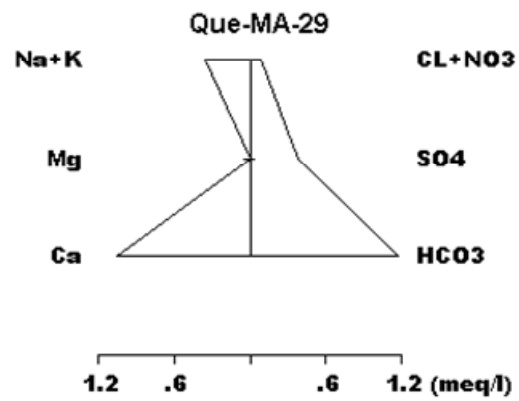
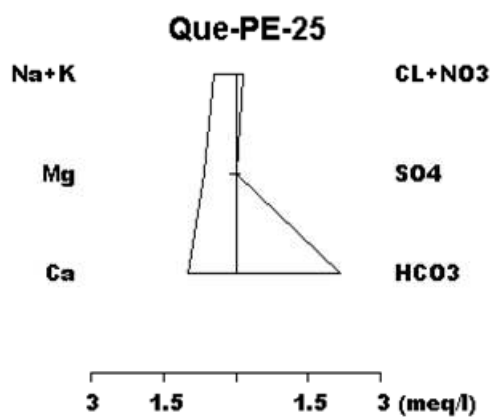
Na+	8,0	0,348	0,348	0,0
K +	3,0	0,077	0,077	0,0
Ca++	14,0	0,349	0,699	0,0
Mg++	0,0	0,0	0,0	0,0
Cl-	1,0	0,028	0,028	0,0
SO ₄ --	0,0	0,0	0,0	0,0
Mg++	1,0	0,041	0,082	0,0
Cl-	1,0	0,028	0,028	0,0
SO ₄ --	3,0	0,031	0,062	0,0
HCO ₃ -	112,0	1,836	1,836	22,514

Anexo 16 Diagramas de Stiff de las fuentes de agua superficial y subterránea de la Subcuenca La Quebradona.









Anexo 17 Resultados de la entrevista en la subcuenca La Quebradona

Entrevista	Agua Superficial	Agua Subterránea
a) AREA SOCIOECONOMICA		
Cuántas familias hacen uso del nacimiento de agua?	1875 familias	42 familias
Cuáles son las fuentes que hacen uso?	Nacimientos de agua.	Pozo y río
Como es la utilización de la fuente es?	Comunal.	Familiar
Que usos hace del agua y cuanto utiliza	Para beber, aseo personal un barril y uso domestico 2 barriles, con un total de tres barriles diarios.	Para beber, aseo personal y uso domestico.2 barriles diarios
Se vende el agua de la Fuente y que volúmenes?	Solo el pago anual	No. 2.0 barriles diarios
Existe cuota por el uso del agua y cuanto es la tarifa?	anual con un valor de \$5 a \$11.00	No tienen cuota
En qué época utiliza la fuente de agua?	Verano	Verano
Si no tuviera fuente de suministro de agua como lo obtendría?	Río, lluvia	Río y nacimientos.

Existe alguna institución que supervise el uso y mantenimiento de la fuente?	Juntas directivas de agua y en menor grado el Ministerio de Salud.	Ninguno
Que tipo de organización posee en la comunidad?	Juntas Directivas de Agua y ADESCOS	El 30% no tienen organización y un 50% ADESCO y 10% Centro escolar y 10% por iglesia.
Cuáles son las enfermedades más frecuentes?	Gripe y enfermedades de la piel.	Gripe seguido de enfermedades de la piel y diarreas
Cuántas veces visita el médico por mes?	1 a 3 veces por mes	1 a 3 veces por mes.
b) CARACTERISTICAS FISICAS DE LA FUENTE		
Cuál es la ubicación del nacimiento?	Sitios distantes de la comunidad.	Patio de la casa
Qué tipo de protección posee la fuente?	Caja de captación y tapadera de concreto con candado.	Broquel de ladrillo con tapadera de lámina, rama y plástico.
Cuál es el tipo de servicio sanitario que posee?	Letrina de fosa y en menor porcentaje letrina abonera.	Letrina de fosa y lavar.
A qué distancia se encuentra el servicio sanitario?	De 300 a 600 metros de distancia	A 15 y 20 metros
Qué tipo de mantenimiento le da al nacimiento y	Solo vacían la captación y lo raspan y en menor	Solo botan el agua.

cuanto cuesta?	porcentaje lo lavan con lejía	
Cada cuanto lava el nacimiento?	Una vez por mes la mayoría de las fuentes y en menor porcentaje cada seis meses	Cada 6 meses
Como extrae el agua del nacimiento?	Por Gravedad	Bomba eléctrica
Qué color, olor, sabor tiene el agua de la fuente?	Sin color, sabor y olor.	Sin color ,sabor y olor
c) CARACTERISTICAS AMBIENTALES DE LA FUENTE		
Posee perímetro de protección la fuente?	Alambre de púas y postes de madera	Alambre de púas y postes de madera
Qué área posee el perímetro?	De una manzana a dos tareas.	De 1 manzana a dos tarea
Cuanta área es la cobertura vegetal que rodea la fuente?	De una manzana a dos tareas	De 1 manzana a dos tarea
Que uso posee el suelo fuera del perímetro de protección?	Potreros, granos básicos y bosques naturales.	Granos básicos, potreros y bosque natural

LISTA DE ABREVIATURAS

ADESCO	Asociación de Desarrollo Comunal
CONAPLAN	Consejo Nacional de Planificación y Coordinación Económica
ANDA	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados
CE	Conductividad Eléctrica
CEL	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa
CENTA	Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal
CHAC	Calculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas
CLC	Código del Proyecto Corine Land Cover
CN	Número de Curva
CNR	Centro Nacional de Registros
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
COSUDE	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación
DIGESTYC	Dirección General de Estadísticas y Censos
DEM	Modelo Digital del Terreno
ETP, EVT	Evapotranspiración Potencial de Referencia de SNET
FAO	Organización para La Alimentación Mundial
FIAS	Fortalecimiento Institucional de ANDA en Investigación de Agua Subterránea
GPS	Global Positioning System
l/s	Litros por Segundo
l/p/d	Litros por Persona por Día
m/s	Metros por segundo
m ³ /s	Metros cúbicos por segundo
MA	Manantiales
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
meq/l	Miliequivalente por litro

MINED	Ministerio de Educación de la República de El Salvador
mm	Milímetros
msnm	Metros Sobre El Nivel del Mar
MMC, Mm ³	Millones de Metros Cúbicos
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
µs/cm	Microsiemen por centímetro
OEA	Organization de Estados Americanos
OEDA	Oficina Especializada de Agua
OIEA	Organización Internacional de Energía Atómica
PE	Pozo Excavado
PCP	Precipitación
	Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos
PLAMDARH	Hídricos de El Salvador
Que	Quebradona
Qda.	Quebrada
RAS	Recarga de Agua Subterránea
Shape	Formato Propio de ArcView para Almacenar Información y Atributos para un Conjunto de Elementos Geográficos
SHERPA, Sherpa	Proyecto de Seguimiento Hidrológico y Ambiental para América Central
SIBASI	Sistema Básico de Salud Integral
SIG	Sistema de Information Geográfica
SNET	Servicio Nacional de Estudios Territoriales
STD	Sólidos Totales Disueltos
USDA	United States Department of Agriculture
USEPA	United States Enviromental Protection Agency
YSI	Yellow Springs Instrument Company (YSI Inc)