

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE POSGRADO



**CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA Y
DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE RECARGA ACUÍFERA, A
TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE ISÓTOPOS ESTABLES
(OXÍGENO 18 Y DEUTERIO) EN LA MICROCUENCA DEL
RÍO AGUA CALIENTE, UBICADA AL COSTADO ESTE DEL
LAGO DE COATEPEQUE**

PRESENTADO POR:

RONALD EDUARDO MARTÍNEZ ESTRADA

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

MAESTRO EN GESTIÓN DE RECURSOS HIDROGEOLÓGICOS

CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2023

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

MSc. FRANCISCO ANTONIO ALARCON SANDOVAL

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO:

PhD. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA

SECRETARIO:

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE POSGRADO

DIRECTOR:

MSc. MANUEL ROBERTO MONTEJO SANTOS

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE POSGRADO

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

MAESTRO EN GESTIÓN DE RECURSOS HIDROGEOLOGÍCOS

Título:

**CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLOGÍCA Y
DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE RECARGA ACUÍFERA,
A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE ISÓTOPOS ESTABLES
(OXÍGENO 18 Y DEUTERIO) EN LA MICROCUENCA DEL
RÍO AGUA CALIENTE, UBICADA AL COSTADO ESTE DEL
LAGO DE COATEPEQUE**

Presentado por:

RONALD EDUARDO MARTÍNEZ ESTRADA

Trabajo de Graduación Aprobado por:

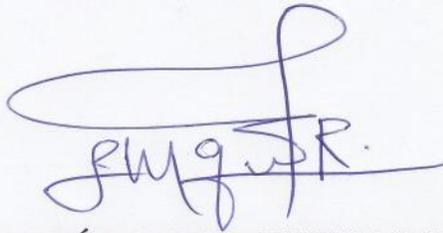
Docente Asesor(a):

MSc. JOSÉ MARIO GUEVARA RETANA

SAN SALVADOR, OCTUBRE DE 2023

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:



MSc. JOSÉ MARIO GUEVARA RETANA



RESUMEN

Este documento contiene la descripción, metodología y resultados del proyecto de investigación “Caracterización Hidrogeológica y Determinación de Áreas de Recarga Acuífera, a través del análisis de isótopos estables (Oxígeno 18 y Deuterio) en la Microcuenca del Río Agua Caliente, ubicada al costado este del Lago de Coatepeque”.

Para abordar la investigación, se aplican metodologías de análisis de isótopos para la determinación de áreas potenciales de recarga. Por otro lado, se presenta el cálculo del balance hidrogeológico por la metodología de Shosinsky, determinando las entradas y salidas del acuífero. Se ha realizado el cálculo de caudal base, como parte de las salidas y se ha identificado parcialmente las extracciones de agua subterránea al acuífero.

Se identifican las principales zonas de recarga dentro de la microcuenca a través del análisis de isótopos estables (Deuterio y Oxígeno 18), respaldando dichos resultados en parte con pruebas de infiltración realizadas en campo.

Como insumo extra dentro de esta investigación se presenta la caracterización hidrogeoquímica de muestras colectadas tanto durante época seca, como durante época lluviosa para el año 2021.

A partir de los resultados obtenidos, se plantea un modelo hidrogeológico conceptual considerando tanto la información bibliográfica, información de campo, así como de los cálculos y estimaciones obtenidos durante el proceso de esta investigación.

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso Padre, Hijo y Espíritu Santo. Por darme las fuerzas para no desanimarme en este proceso. A la Virgen María, madre de Jesús y madre nuestra, por ser ejemplo por de humildad y servicio al prójimo.

A mi amada esposa Mirian Haydeé por ser ese apoyo incondicional que siempre me dio ánimos e insistió en que siguiera adelante con este proyecto. A nuestro hijo Benjamín Eduardo por ser esa fuerza y motor que ha dado alegría a nuestras vidas, llenándonos de amor y felicidad y a nuestros hijos que hayan de venir.

A mi papá Sigfredo y mi madre Deisy, gracias por darme la vida y acompañarme en mi formación desde niño.

A mis hermanos Marvin y Edgard por darme ánimos e ideas siempre en mis proyectos.

A mi suegra por ser la madre de mi esposa

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo (AICS), al Instituto de Georecursos-Consejo Nacional de Investigación (IGG-CNR) y al proyecto Agua Futura por haber financiado los estudios de posgrado de la Maestría en Gestión de Recursos Hidrogeológicos.

A la Escuela de Posgrados de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador (FIA-UES), por la gestión e implementación del programa de la Maestría en Gestión de Recursos Hidrogeológicos.

Al MSc. Mario Guevara por su apoyo, paciencia y dedicación incondicional en el direccionamiento de esta investigación, así como sus valiosos aportes que enriquecieron los resultados presentes en el documento final del trabajo de tesis.

A los maestros que compartieron sus conocimientos a lo largo de la carrera de postgrado.

Agradecimientos al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por la información compartida para el desarrollo de esta investigación y el apoyo logístico incondicional para el levantamiento de muestras en campo, realización de pruebas de infiltración, y análisis de las muestras de agua en laboratorio, agradecimientos especiales al Ing. Roberto Cerón, MSc. Laura Gil de la Gerencia de Hidrología de la Dirección General del Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales, así como al MSc. Antonio Medina por el apoyo en el trabajo de campo realizado durante este proceso de investigación.

A mis compañeros de maestría, quienes me han acompañado este proceso de aprendizaje, con quienes nos damos ánimo y consejos e ideas para mejorar nuestras investigaciones, con quienes hemos compartido experiencias muy enriquecedoras para mi desarrollo profesional y personal. Especialmente a Adiel Molina, Bery Urrutia, Vanessa Coto, Rafael Nolasco con quienes nos hemos acompañado desde el pregrado en la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática y a nuestros nuevos amigos y compañeros, Eduardo Echeverría, Alejandro Machuca, Tania Maltes, Beatriz Hernández, Bernardo Romero y demás compañeros con quienes formamos lazos profesionales y de amistad dentro de la maestría.

ÍNDICE TEMÁTICO

ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	IX
NOMENCLATURA	XI
1. ALCANCES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.3. PREGUNTAS GENERADORAS	2
1.3.1. HIPÓTESIS.....	2
1.4. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	2
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.6. BENEFICIOS ESPERADOS	4
1.7. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.7.1. ALCANCE GEOGRÁFICO:	4
1.7.2. POBLACIONAL:	5
1.7.3. TEMPORAL:	6
1.7.4. ECONÓMICO:	6
1.7.5. PARAMÉTRICOS:.....	6
1.7.6. DESCRIPTIVOS:.....	6
1.8. ANTECEDENTES	6
2. MARCO TEÓRICO	8
2.1. GEOLOGÍA	8
2.1.1. Geología de El Salvador.....	9
2.1.1.1. Sedimentarias del Mesozoico	11
2.1.1.2. Intrusivas del Oligo-Mioceno.....	12
2.1.1.3. Rocas volcánicas del oligoceno.....	12
2.1.1.4. Rocas volcánicas mio-pliocénicas.....	12
2.1.1.5. Rocas volcánicas plio-pleistocénicas y holocénicas	12
2.1.1.6. Aluviones	13
2.1.2. Geología histórica de la formación de la caldera Coatepeque	13
2.1.3. Geología del área de estudio.....	15
2.1.3.1. Formación San Salvador	16
2.1.3.2. Formación Cuscatlán.....	17

2.1.3.3.	Formación Bálsamo	18
2.2.	HIDROLOGÍA.....	21
2.3.	HIDROGEOLOGÍA.....	23
2.3.1.	Unidad Rocas No Acuíferas.....	23
2.3.2.	Unidad acuífero poroso de gran extensión y productividad media.....	23
2.3.1.	Unidad Acuífero Volcánico Fisurado de gran extensión y posiblemente alta producción.....	23
2.4.	ANÁLISIS QUÍMICO	25
2.4.1.	Confiabilidad de los resultados obtenidos en las concentraciones de iones mayoritarios.....	25
2.5.	APLICACIONES ISOTÓPICAS EN LA HIDROGEOLOGÍA	26
2.5.1.	Fraccionamiento Isotópico para el O18 y H2	26
2.6.	CÁLCULO DE BALANCE HÍDRICO	28
2.6.1.	Metodología de Schosinsky.....	28
2.7.	CLIMATOLOGÍA	30
3.	METODOLOGÍA	32
3.1.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	32
3.2.	TRABAJO PRELIMINAR.....	33
3.3.	TRABAJO DE CAMPO.....	33
3.3.1.	Muestreo de agua para análisis de isotópico (^2H y ^{18}O) y físico químico.....	33
3.3.1.1.	Muestreo para análisis de isótopos ^2H y ^{18}O	33
3.3.1.2.	Muestreo para análisis físico químico	36
3.4.	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN	36
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1.	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO	36
4.1.1.	Confiabilidad en los resultados	37
4.1.2.	Caracterización fisicoquímica.....	38
4.1.2.1.	Época seca.....	38
4.1.2.2.	Época lluviosa	47
4.2.	ANÁLISIS DE AFOROS DISPONIBLES	55
4.2.1.	Estimación caudales medios mensuales	55
4.2.2.	Estimación del caudal base	57
4.3.	BALANCE HÍDRICO.....	58
4.3.1.	Precipitación y ETP.....	59
4.3.2.	Coefficiente de infiltración por textura de suelo (K_{fc})	61
4.3.3.	Coefficiente de infiltración por vegetación.....	64
4.3.4.	Coefficiente de infiltración por pendientes de suelo.....	65
4.3.5.	Recarga potencial al acuífero	66

4.4.	EXTRACCIONES REPORTADAS EN LA ZONA DE ESTUDIO	67
4.5.	VARIACIÓN DE ALMACENAMIENTO EN LAGO DE COATEPEQUE	68
4.6.	ANÁLISIS DE ISÓTOPOS ² H Y ¹⁸ O	71
4.6.1.	<i>Composición isotópica de la lluvia</i>	73
4.6.2.	<i>Composición isotópica del agua subterránea</i>	74
4.6.3.	<i>Gradiente isotópico de la precipitación respecto a la elevación</i>	75
4.6.3.1.	Gradiente isotópico para el Deuterio	76
4.6.3.2.	Gradiente isotópico para el Oxígeno 18	78
4.7.	MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL	80
CONCLUSIONES		84
RECOMENDACIONES		85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		86
ANEXO 1.		91
ANEXO 2.		92
ANEXO 3.		93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Mapa de ubicación de área de estudio, microcuenca del Río Agua Caliente. Fuente: Capas CNR.	5
Figura 2.1	Fragmento de escala de Tiempo Geológico, con valores de tiempo en millones de años. Modificado de: (Tarbuck & Lutgens, 2005).	9
Figura 2.2	Mapa geológico simplificado de El Salvador, mostrando los límites del Graven Central de El Salvador. Modificado de: (Pedrazzi, y otros, 2019).....	10
Figura 2.3	Sección transversal esquemática a través de El Salvador (Dengo, 1968).....	11
Figura 2.4	Representación del complejo de volcanes previo al colapso y formación de la Caldera Coatepeque hace unos 100,000 años (GFA Consulting Group, FORGAES & SNET, 2005) ..	13
Figura 2.5	Distribución espacio - temporal de los distintos materiales volcánicos en el AMSS y alrededores (Hernández , 2004).....	14
Figura 2.6	Mapa geológico de la Microcuenca del Río Agua Caliente. Fuente: Base mapa geológico de El Salvador 1:100000 y fallas propuestas por Geotérmica italiana (1992).....	20

Figura 2.7 Regiones Hidrológicamente Homogéneas para regionalización de caudales El Salvador (Erazo, 2004).....	21
Figura 2.8 Mapa Hidrogeológico de la Microcuenca del Río Agua Caliente. Fuente: Mapa Hidrogeológico (ANDA-FIAS-COSUDE, 2008).....	24
Figura 2.9 Fraccionamiento de Rayleigh y efecto continental de O18 (White , 2013).....	27
Figura 2.10 Composición isotópica de muestra recolectadas en El Salvador y su ajuste respecto a la Línea Meteorica Global (Barrera Calderón, 2010).....	28
Figura 3.1 Resumen del diseño del proyecto de investigación denominado “Caracterización hidrogeológica y determinación de áreas de Recarga a través de análisis de isótopos estables (Oxigeno 18 y Deuterio) en el acuífero contenido en la microcuenca del río Agua caliente” ..	32
Figura 3.2 Frascos recomendados para la toma de muestras de agua para análisis de isótopos O18, H2 y H3	34
Figura 3.3 Totalizador manufacturado de marca PALMEX que evita la evaporación y totalizador artesanal construido en El Salvador en conjunto con las instituciones MARN y ANDA.....	35
Figura 4.1 Gráfico de conductividad eléctrica vs electroneutralidad de los muestreos realizados durante época seca y época lluviosa del año 2021.	38
Figura 4.2 Representación en diagrama de Piper de la composición iónica de las muestras tomadas en la microcuenca del Río Agua Caliente correspondiente a la época seca 2021.....	39
Figura 4.3 Grafico circular de % de tipos de agua presentes para el muestreo durante época seca 2021	42
Figura 4.4 Diagramas de Stiff para época seca 2021 de los pozos sitios muestreados dentro y en el perímetro de la microcuenca Agua Caliente.....	43
Figura 4.5 Representación en diagrama de Piper de la composición iónica de las muestras tomadas en sitios de monitoreo establecidos en la microcuenca del Río Agua Caliente correspondiente a la época lluviosa 2021.....	47
Figura 4.6 Grafico circular de % de tipos de agua presentes para el muestreo durante época lluviosa 2021	50
Figura 4.7 Diagramas de Stiff para época lluviosa 2021 de los sitios muestreados dentro y en el perímetro de la microcuenca Agua Caliente.....	51

Figura 4.8 Mapa de ubicación de sitios de aforo históricos realizados por el MARN. Fuente: Elaboración propia basado en descripción de ubicación de aforos, base de datos de aforos MARN.	56
Figura 4.9 Grafico de caudales medios mensuales y caudal base a la salida del río Agua Caliente	58
Figura 4.10 Mapa de distribución de la precipitación anual acumulada dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente.	59
Figura 4.11 Mapa de distribución de la ETP anual acumulada dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente.	60
Figura 4.12 Mapa ráster de coeficiente K_{fc} , generado a partir de los resultados de las pruebas de infiltración.....	63
Figura 4.13 Distribución espacial de coeficientes de infiltración asignados con base al mapa de uso de suelo dentro de la microcuenca del río Agua Caliente.....	65
Figura 4.14 Mapa ráster de distribución espacial del coeficiente de infiltración por pendiente del suelo dentro de la microcuenca del río Agua Caliente.	66
Figura 4.15 Mapa ráster, resultado del cálculo de la recarga potencial al acuífero.....	67
Figura 4.16 Mapa de ubicación de estación de medición de niveles del MARN, batimetría del Lago de Coatepeque y Topografía en la microcuenca del río Agua Caliente.	69
Figura 4.17 Variación de niveles en estación de medición de niveles instalada en el Lago de Coatepeque Fuente: Base de datos MARN.	70
Figura 4.18 Mapa de ubicación de estaciones de muestreo de agua lluvia para análisis de isótopos.....	72
Figura 4.19 Composición isotópica de la precipitación local respecto a la Línea Meteorica Global	73
Figura 4.20 Variación en la composición isotópica del Deuterio respecto a la elevación. Línea azul representa la tendencia del conjunto de datos. Línea naranja representa la línea de tendencia del promedio isotópico por cada estación.....	76
Figura 4.21 Mapa de concentraciones de deuterio, comparado con concentraciones de muestras del agua subterránea.	77

Figura 4.22 Variación en la composición isotópica del Oxígeno 18 respecto a la altura. Línea azul representa la tendencia del conjunto de datos. Línea naranja representa la línea de tendencia del promedio isotópico por cada estación.....	78
Figura 4.23 Mapa de concentraciones de Oxígeno 18, comparado con concentraciones de muestras del agua subterránea.	79
Figura 4.24 Mapa de líneas equipotenciales del acuífero ubicado en la microcuenca del Río Agua Caliente.	81
Figura 4.25 Modelo Hidrogeológico Conceptual esquematizado y simplificado de la microcuenca del Río Agua Caliente.	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Ecuaciones de relación entre caudales medios anuales y área de la cuenca	22
Tabla 2.2 Distribución mensual de los caudales medios anuales en %.....	22
Tabla 2.3 Error admisible de balance iónico respecto a la conductividad eléctrica del agua (Custodio & Llamas, 1983).	25
Tabla 2.4 Coeficientes de infiltración por textura de suelo, pendiente y cobertura vegetal. Modificado de: Schosinsky & Losilla (2000).....	29
Tabla 2.5 Profundidad de raíces de diferentes cultivos (Grassi, 1976)	29
Tabla 2.6 Valores de Infiltración básica, punto de marchitez permanente, capacidad de campo y densidad aparente en función de la textura del suelo. Modificado de: Deras Cortez (2003) y Grassi (1976).	30
Tabla 2.7 Regiones climáticas según elevación en metros sobre el nivel del mar según Koppen y Sapper-Lauer	31
Tabla 4.1 Caracterización fisicoquímica del muestreo realizado en época seca 2021, microcuenca del Río Agua Caliente.	40
Tabla 4.2 Resultados Fisicoquímicos de la campaña de muestreo realizada durante época seca 2021 respecto el Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS 123.02.01:14).....	44
Tabla 4.3 Caracterización fisicoquímica del muestreo realizado en época lluviosa 2021, microcuenca del Río Agua Caliente.	48

Tabla 4.4 Resultados Fisicoquímicos de la campaña de muestreo realizada durante época lluviosa 2021 comparada con el Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS 123.02.01:14).....	52
Tabla 4.5 Caudales resultantes de aforos realizados a la salida de la microcuenca del Río Agua Caliente en m^3/s . Fuente: Base histórica Hidrología-DOA-MARN	55
Tabla 4.6 Comparación de caudales medidos con respecto a los estimados por el método de regionalización de caudales según Erazo (2004).....	57
Tabla 4.7 Variación de caudal promedio mensual, respecto al caudal base estimado	58
Tabla 4.8 Resultados de las pruebas de infiltración realizadas dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente	61
Tabla 4.9 Coeficiente de infiltración por vegetación y profundidad de raíces adaptada a la cartografía de usos del suelo.....	64
Tabla 4.10 Valores del consumo de agua para el mes de diciembre 2017 en los municipios principales que se encuentran dentro de la microcuenca agua caliente y proyección anual con base al dato registrado para el mes de diciembre (ANDA, 2018)	68
Tabla 4.11 Niveles, volumen y área de espejo de agua máximos y mínimos observados para cada año en el registro de niveles del lago.	71
Tabla 4.12 Información general de estaciones totalizadoras de agua lluvia.	72
Tabla 4.13 Resultados de análisis de 2H y ^{18}O para las muestras de agua subterránea.....	74
Tabla 4.14 Datos utilizados para la interpolación y creación de líneas equipotenciales en la microcuenca del Río Agua Caliente.	80

NOMENCLATURA

Ec.	Ecuación
Fig.	Figura
%	Porcentaje
REDOX	Reacciones de reducción y oxidación
pH	Potencial de Hidrógeno
DGSNET	Dirección General del Servicio Nacional de Estudios Territoriales
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Lt/s	Litro por segundo (medida de caudal)
ICA	Índice de calidad de agua
CCME-WQI	Canadian Council of Ministers of the Environment- Water Quality Index
Sub	Subíndice (Referido al índice de calidad de agua superficial de Brown)
mg/L	Miligramo por cada litro (medida de concentración)
Na	Sodio
Mg	Magnesio
Ca	Calcio
etc.	Etcétera
DOA	Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales

1. ALCANCES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de esta investigación pretende abordar la temática del agua subterránea, dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente, el cual se ubica al costado este del Lago de Coatepeque. Esta microcuenca posee un área aproximada de 113 kilómetros cuadrados. Dentro de esta área existe gran auge en desarrollo industrial, urbanístico, agrícola y de turismo; por lo que es de gran importancia desarrollar investigaciones enfocadas a contribuir al conocimiento del recurso hídrico, refiriéndose específicamente al agua subterránea. La microcuenca del Río Agua Caliente está contenida dentro de la parte alta de la subcuenca del Río Sucio, que a su vez forma parte de la cuenca del Río Lempa. El área en estudio contiene diversos centros poblacionales, entre ellos el casco urbano del municipio de Ciudad Arce, Algunos cantones de El Congo y Coatepeque. La población según el “VI Censo de Población y V de Vivienda” (2007), Solo para Ciudad Arce, se tenía una población de 60,314; Coatepeque de 36,768; y El Congo de 24,219 habitantes respectivamente. Con el crecimiento poblacional se aumenta la demanda hídrica, por lo que la explotación del recurso hidrogeológico se vuelve indispensable; sin embargo, debe de realizarse de manera controlada y conociendo las condiciones y capacidades del acuífero. Esta investigación pretende generar un modelo hidrogeológico del área en mención e identificar las zonas de recarga a través de la aplicación de técnicas de investigación hidrogeológicas e isotópicas.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El desarrollo tanto poblacional como industrial dentro de la microcuenca del río Agua Caliente ha estado en constante crecimiento, lo que implica mayor demanda en el uso del agua, así como la impermeabilización de áreas importantes de recarga, por lo que se plantea identificar las áreas de recarga del acuífero por medio del análisis de isótopos, así como estimar la recarga potencial al acuífero y el planteamiento de un modelo hidrogeológico conceptual que permita definir estrategias para el manejo adecuado del recurso hídrico en el acuífero contenido dentro de la microcuenca del río Agua Caliente.

1.3. PREGUNTAS GENERADORAS

¿Cuáles son las principales zonas de recarga del acuífero ubicado en la microcuenca del Río Agua Caliente?

¿Cuál es el estado del acuífero basado en las condiciones de entradas, salidas y almacenamiento dentro del mismo?

¿Cómo debe plantearse el modelo hidrogeológico conceptual que describa el sistema acuífero dentro de la microcuenca del Río Agua?

1.3.1. HIPÓTESIS

- El estado del acuífero se encuentra en un potencial riesgo de sobre explotación con base a las entradas, salidas y almacenamiento percibidos en el mismo.
- Las principales áreas de recarga del acuífero contenido dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente corresponden con la geología y sistemas de fallamientos ubicados en las zonas medias a altas de la microcuenca.

1.4. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar de manera hidrogeológica el acuífero contenido dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente y análisis de isótopos estables de la molécula del agua, para la identificación áreas potenciales de recarga y planteamiento de un modelo hidrogeológico conceptual del acuífero.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar el balance hidrogeológico del acuífero contenido en la microcuenca del río Agua Caliente, a través del cálculo de la recarga potencial y el balance hídrico de suelos.
- Identificar las áreas potenciales de recarga del acuífero contenido dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente, a través del análisis de isótopos estables del agua (O18 y H2).

- Elaborar el modelo hidrogeológico conceptual del acuífero contenido dentro de la microcuenca del río Agua Caliente, por medio del análisis e interpretación de la geología, litología, geofísica, hidrogeología y geoquímica de la zona.

1.5. JUSTIFICACIÓN

El agua subterránea es de gran importancia para el desarrollo de la sociedad, tanto para el abastecimiento humano, la industria, agricultura, recreación, entre otros. Por lo que se vuelve de gran importancia desarrollar investigaciones enfocadas a contribuir al conocimiento de este recurso.

El área de estudio contiene diversos centros poblacionales, entre ellos el casco urbano del municipio de Ciudad Arce, Algunos cantones de El Congo y Coatepeque los cuales son abastecidos principalmente por fuentes de agua subterránea.

Esta área no ha sido estudiada a detalle anteriormente, y dentro de este se han identificado manantiales que abastecen de agua a buena parte de la población y diferentes pozos perforados; los cuales son administrados por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), o por diferentes Juntas Administradoras de Agua.

Esta área no ha sido estudiada a detalle anteriormente y se han identificado manantiales y pozos perforados que abastecen a buena parte de la población; los cuales son administrados ya sea por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), o por diferentes Juntas Administradoras de Agua.

La Industria ha tenido un crecimiento considerable en la zona y demandan grandes cantidades de agua para su funcionamiento y producción. Y para hacer sostenible el funcionamiento en el tiempo de estas, es importante que se realice un buen manejo de los acuíferos. En la zona existen algunos parques acuáticos, que dan un uso recreativo al agua y en algunos casos se presentan manantiales hidrotermales, que son de mucha importancia para el turismo, para su correcto funcionamiento es primordial conservar tanto la cantidad como la calidad de este recurso. Cabe recalcar que el alcance de esta investigación no aborda necesariamente la temática sobre la calidad del agua.

1.6. BENEFICIOS ESPERADOS

En esta investigación se analizan diversos parámetros como isotópicos, físico químicos e hidrogeológicos, combinando datos con diversas metodologías para el análisis de dicha información, con lo que se permite conceptualizar de una mejor manera, el comportamiento del acuífero dentro de la microcuenca del río Agua Caliente; proponiendo áreas de interés para la protección del recurso hídrico. Entre los beneficios esperados se presentan a continuación.

1. Modelo hidrogeológico conceptual del acuífero contenido dentro de la microcuenca del río Agua Caliente.
2. Cálculo del balance hídrico de suelos y recarga potencial al acuífero.
3. Mapas esquemáticos de la distribución espacial de la geoquímica en el acuífero.
4. Determinación de áreas posibles de recarga al acuífero por medio del análisis de isótopos O18 y H2.

1.7. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. ALCANCE GEOGRÁFICO:

El área de estudio se encuentra delimitada por la microcuenca del Río Agua Caliente; ubicada al costado este del Lago de Coatepeque. Posee una extensión de 113 kilómetros cuadrados. El área se encuentra contenida entre los departamentos de La Libertad y Santa Ana; cubriendo parte de los municipios de Ciudad Arce, San Juan Opico, Coatepeque y El Congo; se ha planteado el punto de cierre de la microcuenca en la desembocadura del del Río Agua Caliente hacia el cauce principal del Río Sucio (Figura 1.1).

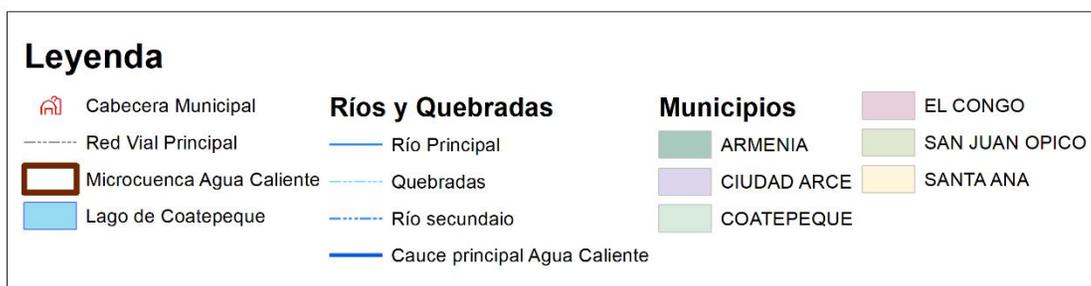
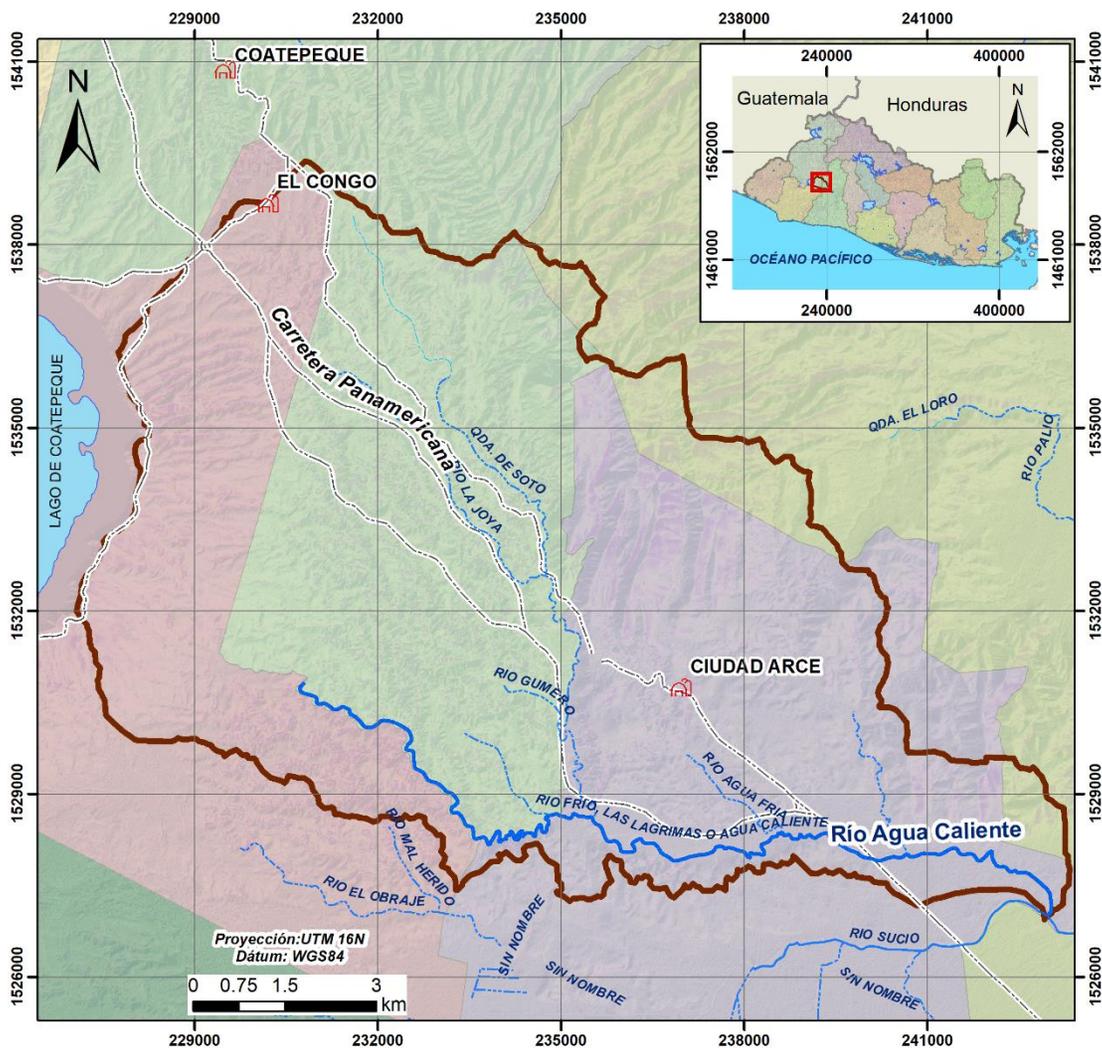


Figura 1.1 Mapa de ubicación de área de estudio, microcuenca del Río Agua Caliente. Fuente: Capas CNR.

1.7.2. POBLACIONAL:

Dentro de esta microcuenca se tienen ubicados varios centros poblacionales de los municipios de Ciudad Arce (60,314 habitantes), Coatepeque (36,768 habitantes) y El Congo (24,214

habitantes). En total, tomando en cuenta la población de estos 3 municipios, según el censo poblacional para el año 2007 se tenía una población de 121,296 habitantes.

1.7.3. TEMPORAL:

La investigación se realizó a partir de dos campañas de medición de niveles, muestreo de agua para análisis fisicoquímico y de isótopos Oxígeno 18 y Deuterio; las cuales se realizaron durante época seca y época lluviosa del año 2021.

1.7.4. ECONÓMICO:

Este trabajo pretende dar recomendaciones que conlleven a un mejor aprovechamiento del agua subterránea, sugiriendo nuevas tecnologías que hagan más eficiente los procesos de producción, disminuyendo así el consumo de agua. Por otro lado, se pretende sugerir cambios en pro de una distribución y manejo más eficiente del agua potable, reflejándose resultados en la economía y salud de las poblaciones beneficiadas.

1.7.5. PARAMÉTRICOS:

Se realizaron mediciones de niveles piezométricos, parámetros fisicoquímicos, y muestreo de agua para su posterior análisis Físico Químico y de isótopos estables Oxígeno 18 y Deuterio en laboratorio. Se gestionó información preexistente de pozos de monitoreo dentro del área de estudio, así como levantamiento de información de otros pozos; también se realizaron pruebas de infiltración por medio del permeámetro de Guelph. Por otro lado, se obtuvo información meteorológica del área de estudio y sus alrededores.

1.7.6. DESCRIPTIVOS:

Se describe el comportamiento del agua subterránea, definición de sitios de recarga, caracterización y se busca identificar la interconexión de la recarga acuífera del posible aporte entre el cuerpo de agua del Lago de Coatepeque, y el acuífero de la microcuenca del Río Agua Caliente.

1.8. ANTECEDENTES

La investigación isotópica moderna en hidrología se fundamentó en el descubrimiento de la abundancia natural de carbono 14 y tritio realizado por W.F. Libby en 1946 y, por otra, en la obra experimental y teórica de H.C. Urey y J. Bigeleisen, publicada en 1947, relativa a los

efectos de fraccionamiento para los isótopos estables. Sin embargo, el uso de estas técnicas en la hidrología se comenzó a aplicar hasta los años 60 (Gonfiantini & Hut, 1987).

La Red Mundial de Isótopos en la Precipitación (RMIP, en inglés GNIP), según OIEA/GNIP (2014) inicialmente tenía el propósito de monitorear la contaminación radiactiva, generada por las pruebas termonucleares, sin embargo, posteriormente la información isotópica de la precipitación constituyó una base para realizar investigaciones en importantes disciplinas como la hidrología, hidrogeología, limnología, meteorología, climatología, entre otros.

A nivel nacional el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), realiza un monitoreo periódico de parámetros fisicoquímico y niveles, recientemente también se ha iniciado a coleccionar muestras para el análisis de isótopos estables (Oxígeno¹⁸ y deuterio) en agua meteórica, subterránea y superficial. Agregado al registro histórico de muestreo de agua lluvia para este análisis realizado por la GNIP (en español RMIP).

Existen estudios, más generalizados dentro de la subcuenca del Río Sucio. Tal como el realizado por Guevara (2011), denominado “Modelación numérica de flujo del acuífero El Playón, comprendido entre el Cantón Sitio del Niño y el campo de pozos de San Juan Opico administrado por ANDA”, el cual abarca el área de la microcuenca del Río Agua Caliente, pero con menor detalle en esta zona de interés.

El estudio “Investigaciones Hidrogeológicas, Hidrológicas e Hidrogeoquímicas en el Lago de Coatepeque” (GFA Consulting Group, FORGAES & SNET, 2005), compila una gran cantidad de información bibliográfica de niveles y geoquímica, combinada con información generada a partir del muestreo de agua del lago y de pozos ubicados dentro y en el contorno del Lago de Coatepeque. Por otro lado, Geotérmica Italiana (1992), con el objetivo de identificar la prefactibilidad de desarrollar recursos geotérmicos en la zona occidental de El Salvador, realizó diversos análisis como tectónico-estructurales, vulcanológicos, hidrogeológicos y geofísicos en el área de la Caldera Coatepeque.

En El Salvador, se han desarrollado investigaciones previas relacionadas al uso de isótopos estables en la hidrogeología, tal como: “Caracterización hidrogeoquímica e isotópica de áreas de recarga en el acuífero de San Salvador” (Barrera Calderón, 2010) así como otras

investigaciones sobre la aplicación de la metodología de Schosinsky y Variación de Nivel Freático, para el cálculo de la recarga potencial al acuífero por Melgar (2019), Martínez (2018) y Coto, (2017).

A nivel nacional el MARN, realiza un monitoreo periódico de parámetros fisicoquímico y niveles, los cuales pueden consultarse mediante la página web SIHI (Sistema de Información Hídrica), sin embargo, recientemente se ha comenzado a coleccionar muestras para el análisis de isótopos estables (Oxígeno18 y deuterio) en agua meteórica, subterránea e inclusive en agua superficial, pero hasta el momento no se ha realizado el análisis para determinar las zonas de recarga.

2. MARCO TEÓRICO

A continuación, se presentan los temas y subtemas a desarrollarse en el marco teórico para la comprensión del estado del arte del área de estudio y desarrollo de esta investigación.

2.1. GEOLOGÍA

La geología en El Salvador está compuesta principalmente por materiales volcánicos jóvenes, y una tectónica activa que se manifiesta a través de actividad sísmica local, actividad volcánica y geotermal. Formados principalmente por afloramientos de naturaleza volcánica con menor presencia de afloramientos sedimentarios en algunos sectores. (Mata & Puiguriquer, 2000).

La geología general de El Salvador, así como la geología histórica de la Caldera del Lago de Coatepeque, se aborda desde el punto de vista de varios autores, publicadas en diferentes fechas, mientras que para el abordaje de los afloramientos geológicos que se encuentran presentes dentro del área de la microcuenca del Río Agua Caliente se aborda con base al mapa de la Misión Geológica Alemana (Weber, Hammerschmidt, & Salvador, 1978) y las descripciones de los miembros geológicos presentadas en el Léxico Estratigráfico de El Salvador (Baxter, 1984).

2.1.1. Geología de El Salvador

Hernández (2004) engloba de manera general la geología de El Salvador en seis formaciones geológicas, las cuales podemos considerar según la escala de tiempo geológico como: 1) Sedimentarias del Mesozoico, 2) Intrusivas oligo-miocénicas, 3) Rocas volcánicas oligocénicas, 4) Rocas volcánicas mio-pliocénicas, 5) Rocas volcánicas plio, pleistocénicas a holocénicas y 6) Aluviones. Para tener una idea de la línea de tiempo; en la Figura 2.1, se muestra la secuencia cronológica de las formaciones geológicas descritas. Y mostrando en la Figura 2.2, la distribución espacial de estas formaciones geológicas a lo largo del país.

Era	Período	Época	
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	0,01
		Pleistoceno	1,8
	Terciario	Plioceno	5,3
		Mioceno	23,8
		Oligoceno	33,7
		Eoceno	54,8
		Paleoceno	65,0
Mesozoico	Cretácico		
	Jurásico	144	«Edad de los reptiles»
	Triásico	206	
	248		

Figura 2.1 Fragmento de escala de Tiempo Geológico, con valores de tiempo en millones de años. Modificado de: (Tarbuck & Lutgens, 2005).

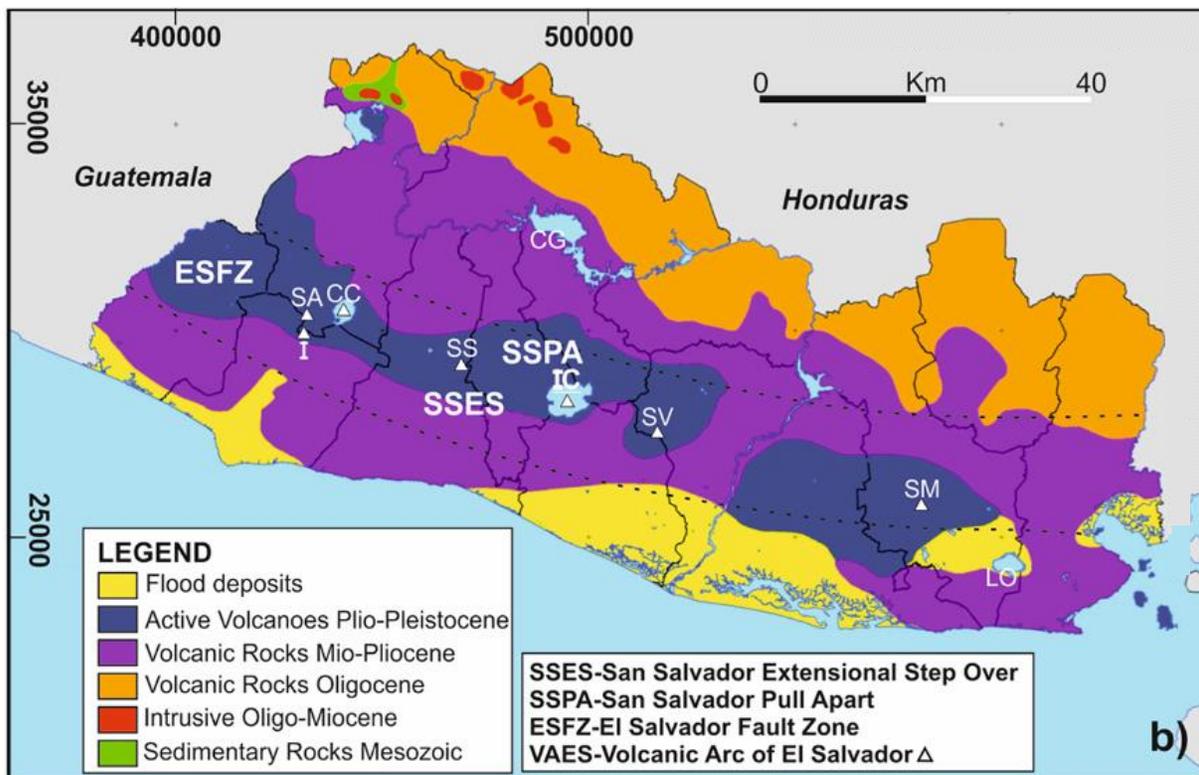


Figura 2.2 Mapa geológico simplificado de El Salvador, mostrando los límites del Graben Central de El Salvador. Modificado de: (Pedrazzi, y otros, 2019)

La correlación de los depósitos volcánicos terciarios, pleistocenos y holocenos revela una estructura del país relativamente asimétrica, con afloramientos de rocas antiguas en el norte las cuales se hallan cubiertas hacia el sur por depósitos volcánicos más jóvenes, limitando la actividad volcánica a zonas poco estrechas como la cadena volcánica joven (Wiesemann, 1975).

En la Figura 2.2, se pueden apreciar algunos aspectos tectónicos, como por ejemplo la Zona de Fallas de el Salvador (ESFZ), también conocida como Graben Central se extiende a lo largo del país de forma paralela a la Fosa Mesoamericana (fosa de subducción). En la zona sur de este Graben se concentran los principales volcanes activos de El Salvador; cuya actividad se asocia a la subducción de la Placa de Cocos bajo la Placa del Caribe.

Según Dengo (1968), el movimiento de compresión regional trae consigo otros efectos tales como, la formación de un anticlinal en la parte frontal del área continental, en cuya cresta se localizan fracturas longitudinales de tensión, lo que explica la formación del Graben Central de El Salvador. En la Figura 2.3 se puede apreciar en perfil, la sección transversal a través de El

Salvador, notando de izquierda a derecha 1) la representación de la fosa de subducción; 2) La Sierra del Bálsamo (lo que vendría a ser el anticlinal) 3) falla extensional, a través de la que ascendería el magma que alimenta la cadena volcánica joven de El Salvador (siendo este el borde sur del Graben Central del país) y 4) falla extensional al norte del país (siendo el borde norte del Graben Central).

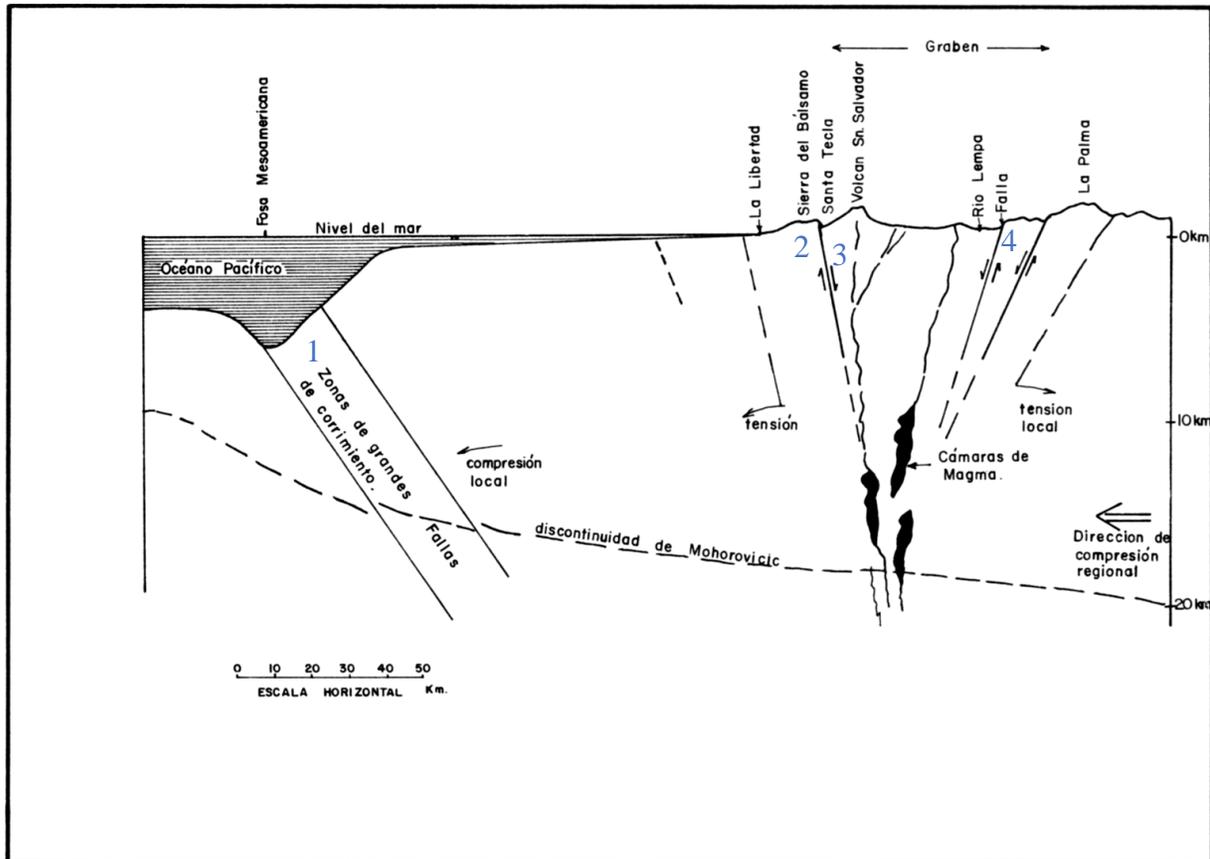


Figura 2.3 Sección transversal esquemática a través de El Salvador (Dengo, 1968)

A continuación se describen las formaciones geológicas presentes en la Figura 2.2 según Hernández (2004) en orden más antiguo a más reciente:

2.1.1.1. Sedimentarias del Mesozoico

Constituyen una pequeña porción, inferior al 5% en el extremo noroeste de El Salvador, constituyen las rocas de tipo sedimentarias más antiguas en el país, que afloran en la cercanía de Metapán y del Lago de Guija; son de edad Jurásico-Cretácico y están constituidas por aglomerados de cuarzo, calizas, calizas margosas, capas rojas y areniscas.

2.1.1.2. *Intrusivas del Oligo-Mioceno*

Afloran en el sector noroeste del país, como pequeños cuerpos intrusivos del tipo granodiorítico que parecen ser apófisis de un cuerpo granítico de mayor dimensión. Estas unidades cortan rocas sedimentarias Cretácicas por ocurrir posterior a la serie sedimentaria de Metapán (Mesozoico) y como producto de esto se ha producido metamorfismo de contacto en los límites con la formación sedimentaria.

2.1.1.3. *Rocas volcánicas del oligoceno*

Se ubican en la zona norte de El Salvador, siendo la serie más antigua de rocas volcánicas existentes en El Salvador (efusivas). Forman parte de la Cadena Volcánica del Norte o Montaña Frontera, en la cual los efectos tectónicos y erosivos han enmascarado los rasgos estructurales de los antiguos volcanes que formaron este cinturón montañoso.

2.1.1.4. *Rocas volcánicas mio-pliocénicas*

Ocupa la mayor parte de la superficie del país y conforma los altos estructurales del Graben Central y sobre los que descansan los aparatos volcánicos más modernos. Los materiales que constituyen esta unidad pertenecen a la Formación El Bálsamo. El alto estructural sur morfológicamente está representado por la Sierra de Tacuba, Sierra del Bálsamo y las Colinas de Jucuarán. El alto estructural norte es un bloque de trazo bastante irregular que contiene los edificios volcánicos antiguos que aún preservan sus rasgos morfológicos, cuyos mejores representantes son La Joya, Chilamatal, Guazapa, Siguatepeque y Cacahuatique.

2.1.1.5. *Rocas volcánicas plio-pleistocénicas y holocénicas*

Comprenden los edificios volcánicos que se han establecidos en el interior de la estructura del Graben Central y aquellos localizados en la proyección hacia el sur del Graben de Ipala en El Salvador. Los primeros se disponen paralelamente al eje del graben y evolucionaron inmediatamente después de la configuración de este. Los segundos se establecieron a lo largo de estructuras de rumbo norte-sur dando origen al complejo volcánico de Metapán- Candelaria de la Frontera.

2.1.1.6. Aluviones

Comprende aquellas áreas donde operan los fenómenos de deposición de sedimentos procedentes de regiones topográficamente más altas, sometidas a desgaste por la erosión de las lluvias, transporte y deposición por los ríos en las áreas más bajas. La zona de mayor depósito de aluviones es la planicie costera, dentro del mapa geológico de El Salvador (Weber, Hammerschmidt, & Salvador, 1978) asociados al miembro geológico Qf (depósitos sedimentarios del cuaternario).

2.1.2. Geología histórica de la formación de la caldera Coatepeque

La microcuenca del Río Agua Caliente se encuentra influenciada por depósitos asociados a la formación de la Caldera de Coatepeque. Esta caldera, según Williams & Meyer Abich (1954), fue formada por el derrumbamiento de sus conos antiguos en el subyacente depósito magmático a lo largo de fracturas curvadas, sin que este depósito haya sido vaciado directamente por erupciones volcánicas de volumen equivalente, sino por el colapso debido al vaciado previo de la cámara magmática de sus conos antiguos.

La Caldera Coatepeque no ocupa el lugar de un solo cono desaparecido, sino más bien fue ocupado por un grupo de conos cercanos entrelazados, en la Figura 2.4 se muestra un esquema simplificado de los conos primitivos previo al colapso de la Caldera Coatepeque, entre los cuales pudo ser parte también el cono primitivo del Volcán de Santa Ana. La mayor parte de los productos piroclásticos explosivos están constituidos por capas de pómez blancos en algunos casos con diámetros de hasta 15 centímetros (Williams & Meyer Abich, 1954).

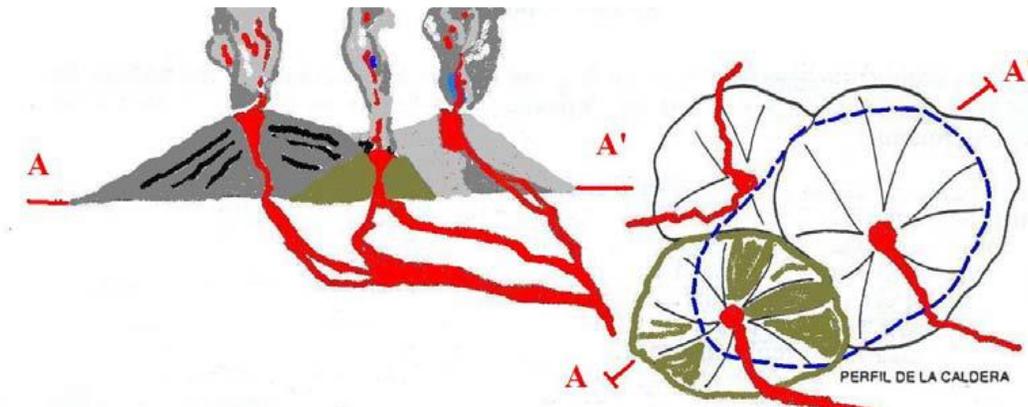


Figura 2.4 Representación del complejo de volcanes previo al colapso y formación de la Caldera Coatepeque hace unos 100,000 años (GFA Consulting Group, FORGAES & SNET, 2005)

Hernández (2004) describe estos depósitos como ricos en biotita, producto de las erupciones plinianas que dieron origen a la Caldera Coatepeque. Hernández (2004) recopila una serie de dataciones de diferentes depósitos geológicos, propuestas por diversos autores, entre las que se mencionan los “Tefras Arce” formados hace 72 mil años (± 2 mil años), y “Tefras Congo”, los cuales se formaron hace 53 mil años (± 3 mil años). En la Figura 2.5 se aprecia un esquema en el que se muestra la distribución espacial de diferentes depósitos geológicos con su escala de tiempo asociada.

En la actualidad, después de pasar por el colapso de sus estructuras precaldéricas a lo largo de miles de años, el lago de Coatepeque mide aproximadamente 5x6 km de diámetro y la depresión caldérica que le contiene es de mayores dimensiones, mide alrededor de 11x7 km y tiene una forma alargada en dirección NE-SW. En síntesis, la caldera de Coatepeque se formó después de dos eventos plinianos, que dieron origen a las formaciones Arce y Congo (Geotérmica Italiana, 1992).

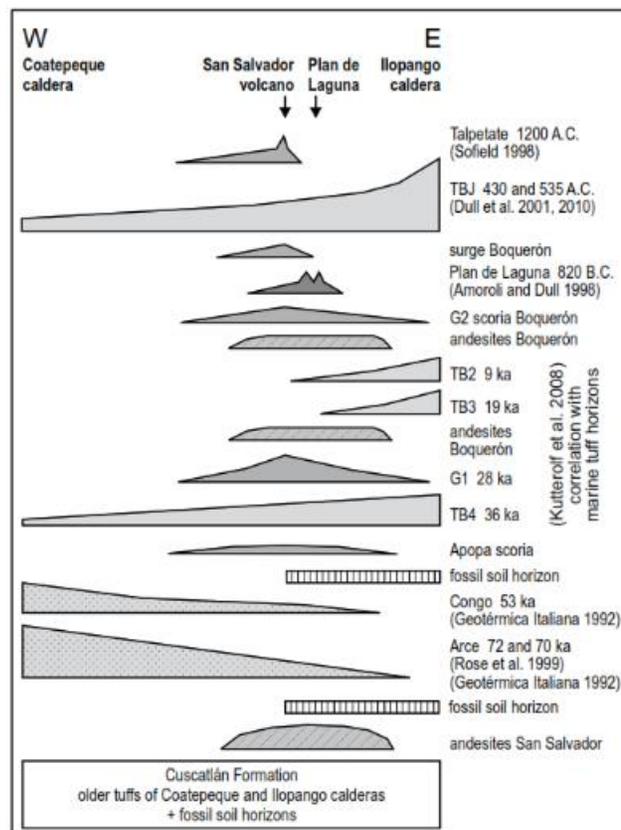


Figura 2.5 Distribución espacio - temporal de los distintos materiales volcánicos en el AMSS y alrededores (Hernández, 2004)

Según Geotérmica Italiana (1992), la altura media de las paredes que circundan el lago varía de 250-300 m, en la parte NE, hasta 500-600 m en el sector occidental comprendido entre el Cerro Mascarón y las faldas del Santa Ana. Dentro de la depresión se observan algunos aparatos post-caldéricos (cinco domos y dos conos básicos). Cuatro de los domos están concentrados en la parte occidental (Cerro Pacho, Afate, La Isla y Guacamayero); los demás edificios se encuentran sobre el lado nor-oriental del lago (domos de Los Antejos) y, sobre el nor-occidental (cono de la localidad Finca Ceiba Chacha en la carretera a Potrerillos).

2.1.3. Geología del área de estudio

La microcuenca del Río Agua Caliente, como ya se mencionó previamente se encuentra ubicada al este de la Caldera de Coatepeque, la cual desemboca al cauce principal del Río Sucio. La geología dentro del área de estudio está conformada por 3 formaciones geológicas principales, las cuales son 1) Bálsamo, 2) Cuscatlán y 3) San Salvador; nombradas en orden de mayor antigüedad a menor antigüedad según el Léxico estratigráfico de El Salvador (Baxter, 1984, pág. 33).

En la Figura 2.6, se muestra el mapa geológico de la zona, pudiendo identificarse distintos sistemas de fallas, entre los cuales destaca un sistema de fallas visibles con dirección Norte-Sur, con una tendencia hacia el oeste en los extremos norte del sistema de fallas, este sistema de fallas se encuentra ubicado principalmente en los afloramientos de la Formación Bálsamo. Existe un sistema de fallas supuestas en dirección Noroeste-Sureste, las cuales se encuentran ubicadas en afloramientos de la formación San Salvador, principalmente al sur de la microcuenca, y por último se han montado fallas presentadas en el mapa geológico elaborado por CEL y Geotérmica Italiana (1992), este mapa presenta sistemas de fallas con direcciones perpendiculares a la Caldera Coatepeque, siendo estas de mucha importancia, ya que podrían servir como mecanismos de conducción del flujo de agua subterránea descargado desde la Caldera de Coatepeque hacia el acuífero de la microcuenca del Río Agua Caliente.

A continuación, se describirán cada uno de los miembros geológicos según su formación geológica de menor a mayor antigüedad, que afloran dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente. En el mapa de la Figura 2.6, se pueden observar también algunos puntos; que representan la ubicación de pozos perforados en los que se cuenta con información litológica,

información que será utilizada para realizar la correlación litológica e interpretación de la estratigrafía en la microcuenca.

2.1.3.1. Formación San Salvador

Es la formación geológica más joven del país; según el esquema volcano-estratigráfico citado por Baxter (1984, pág. 33), esta formación se ubica cronológicamente desde mediados de la época del Pleistoceno, correspondiente al periodo cuaternario de la era Cenozoica. Dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente afloran depósitos sedimentarios del cuaternario (Qf) y depósitos volcánicos (s5c, s3a, s2 y s1) la distribución espacial de estos miembros geológicos puede apreciarse en la Figura 2.6.

a) Miembro Qf

Baxter (1984), basado en Wiesemann (1975) define este miembro como depósitos sedimentarios del cuaternario, constituidos principalmente por secciones con intercalaciones de rocas piroclásticas, depósitos de estuario, barras costeras, depósitos coluviales, conos de deyección y suelos de armor. En este caso se encuentran en la zona más baja de la microcuenca, en las riberas de los cauces del río y cubre mayor porción de área en las zonas en las que desemboca al cauce del Río Sucio, en total cubren un área de 8.34 km^2 . En la zona norte del mapa se presentan afloraciones puntuales, asociadas a conos de deyección (ver Figura 2.6).

b) Miembro s5c

Según el mapa geológico de El Salvador, se trata de cenizas volcánicas y tobas de lapilli; depositadas sobre el miembro geológico s4; es contemporánea con lo demás miembros geológicos de la formación San Salvador. Según el mapa (Figura 2.6) aflora principalmente una porción al suroeste del mapa (en el costado este del Lago de Coatepeque) y en la zona Suroeste del mapa, ya cercano a la salida de la microcuenca, cubriendo un área de 4.74 km^2 . Según Williams & Meyer-Abich (1954), consisten en gran medida de cristales menores de 0.5 mm de diámetro y un contenido bajo de vidrio basáltico.

c) Miembro s3a

Este afloramiento se encuentra principalmente al oeste del mapa, cercano al Lago de Coatepeque, y se extiende hacia el este con depósitos que cubren la mayoría del área de la microcuenca. Según Baxter (Baxter, 1984), la base de este miembro geológico supera los 15 metros de espesor y están constituidos por fragmentos de pómez y líticos, con diámetros de hasta 15 cm. El mapa geológico de El Salvador (Weber, Hammerschmidt, & Salvador, 1978) describe como una secuencia de piroclastitas ácidas y epiclastitas volcánicas (Tobas color café), contemporáneas con los miembros s2 y s3b. En la Figura 2.6 se puede observar la distribución espacial de este miembro geológico; que cubren un área en total de 78.53 km^2 .

d) Miembro s2

Wiesemann (1975), lo describe como una secuencia de rocas volcánicas de básicas a intermedias, piroclastitas subordinadas. Este afloramiento se extiende en la parte central a lo largo de todo el país. Dentro del área cubierta por la microcuenca del Río Agua Caliente se encuentran principalmente cubriendo pequeñas áreas en el costado este del Lago de Coatepeque las cuales suman un total de 1.44 km^2 (Figura 2.6).

e) Miembro s1

Este miembro solamente aflora en el costado este del Lago de Coatepeque (Figura 2.6) y cubre en total un área de 2.79 km^2 . Wiesemann (1975), la describe como una secuencia de piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas, localmente efusivas básicas-intermedias; contemporáneas con el miembro s2. Williams & Meyer A bich (1954) reportan coladas de lava individuales, con espesores entre 6 y 30 metros, escoriáceos y bloques sueltos en la parte superior e inferior de la sección y densos en la parte media, predominando andesitas y basaltos, observándose también algunos diques.

2.1.3.2. Formación Cuscatlán

Se describe como una secuencia volcano-sedimentaria, la cual se divide en los miembros c3, c2 y c1. La sección volcánica, está constituida por tobas ácidas en la base, seguido por lavas ácidas intermedias y andesitas basálticas en la parte superior y corresponden al mioceno superior-

plioceno (Baxter, 1984). Dentro de la Microcuenca del Río Agua Caliente aflora únicamente el miembro c2 como puede observarse en la Figura 2.6, cubriendo un área de 0.17 km^2 .

a) Miembro c2

Aflora en dos áreas pequeñas y aisladas en la zona central del mapa (Figura 2.6); Wiessemann (1975), lo describe como una sección de rocas volcánicas efusivas, de tipo ácido y ácido intermedio, de ocurrencia aislada y contemporánea con el miembro c3 de edad pleistocénica según Baxter (1984, pág. 33).

2.1.3.3. *Formación Bálsamo*

Esta formación está dividida en tres miembros geológicos (b3, b2 y b1), los cuales afloran principalmente en la zona norte de la microcuenca del Río Agua Caliente. Según Baxter (1984), diversos autores la asocian con edades del plioceno-pleistoceno, teniendo rocas de composición ácida en las partes bajas; e intermedias a básicas en las partes superiores. A continuación, se describe cada uno de los miembros que afloran en el área de estudio, las cuales se pueden visualizar en la Figura 2.6.

a) Miembro b3

Se encuentra principalmente al norte de la microcuenca del Río Agua Caliente, cubriendo un área de 7.74 km^2 (Figura 2.6). Está rodeada por miembros geológicos contemporáneos b2 y aisladamente por el miembro b1. Según el mapa geológico del El Salvador (Weber, Hammerschmidt, & Salvador, 1978), está constituido por rocas efusivas básicas-intermedias; localmente con alteración hidrotermal, silicificación y limos rojos, siendo con el miembro b2.

b) Miembro b2

Se encuentra al norte de la microcuenca del Río Agua Caliente y cubre un área de 7.93 km^2 ; también se encuentra rodeada por miembros contemporáneos b3 y b2 (Figura 2.6). Webber et al., (1978) lo definen como una secuencia de rocas volcánicas de tipo efusivas básicas-intermedias, piroclastitas y epiclastitas volcánicas subordinadas (estratos no diferenciados y

edificios volcánicos), en parte contemporáneas con los miembros b1 y b3, localmente con alteración hidrotermal y limos rojos.

c) Miembro b1

Este miembro geológico cubre pequeñas porciones aisladas, ubicadas de manera dispersa de noroeste a sureste dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente; cubriendo en total un área de 1.32 km^2 (Figura 2.6). Según el mapa geológico de El Salvador (Weber, Hammerschmidt, & Salvador, 1978), está constituido por epiclastitas volcánicas, piroclastitas e ignimbritas; localmente efusivas básicas-intermedias intercaladas, "facies claro" (con lapilli de pómez), limo rojo; y alteración de manera local. Es en parte contemporáneo con el miembro b2.

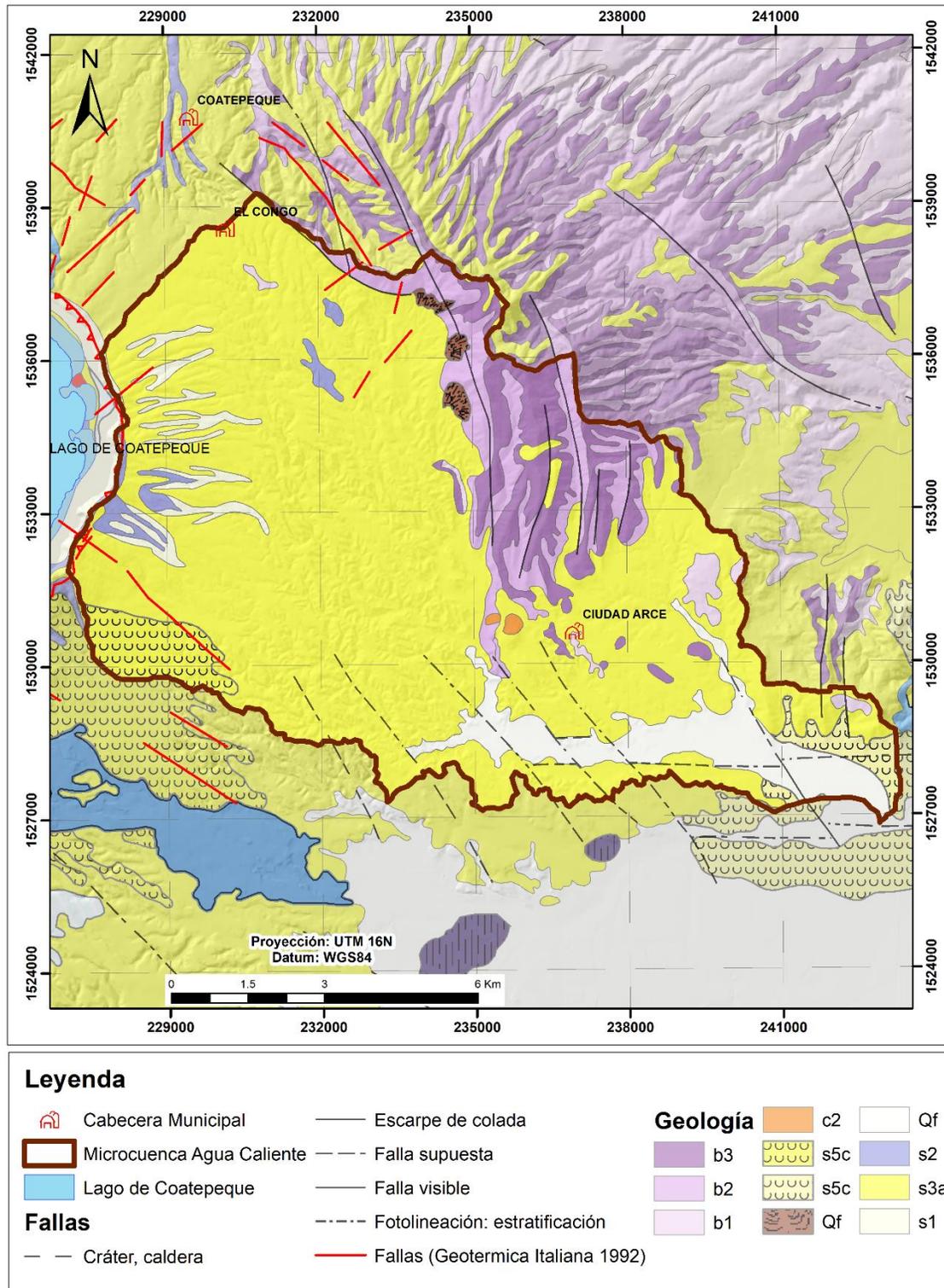


Figura 2.6 Mapa geológico de la Microcuenca del Río Agua Caliente. Fuente: Base mapa geológico de El Salvador 1:100000 y fallas propuestas por Geotérmica italiana (1992).

2.2. HIDROLOGÍA

La microcuenca del Río Agua Caliente se encuentra dentro de la subcuenca del Río Sucio, las cuales son parte de la Cuenca del Río Lempa, siendo esta la más grande e importante del país, referente a la generación de energía hidroeléctrica y abastecimiento de agua potable para el país. El flujo superficial a nivel de la microcuenca del Río Agua Caliente drena en dirección hacia el sureste; al desembocar al cauce principal del Río Sucio, el agua drena en dirección noreste, hasta desembocar al cauce principal del Río Lempa.

Erazo (2004) establece la metodología de regionalización de caudales máximos y medios para El Salvador, dividiendo el área del país en 7 regiones hidrológicamente homogéneas, las cuales pueden apreciarse en la Figura 2.7. A partir de las regiones hidrológicamente homogéneas determinadas para la Regionalización de Caudales Máximos, se regionalizaron los caudales medios, con el fin de estimar el caudal medio para cualquier punto del país, sin importar la existencia de registros hidrométricos.

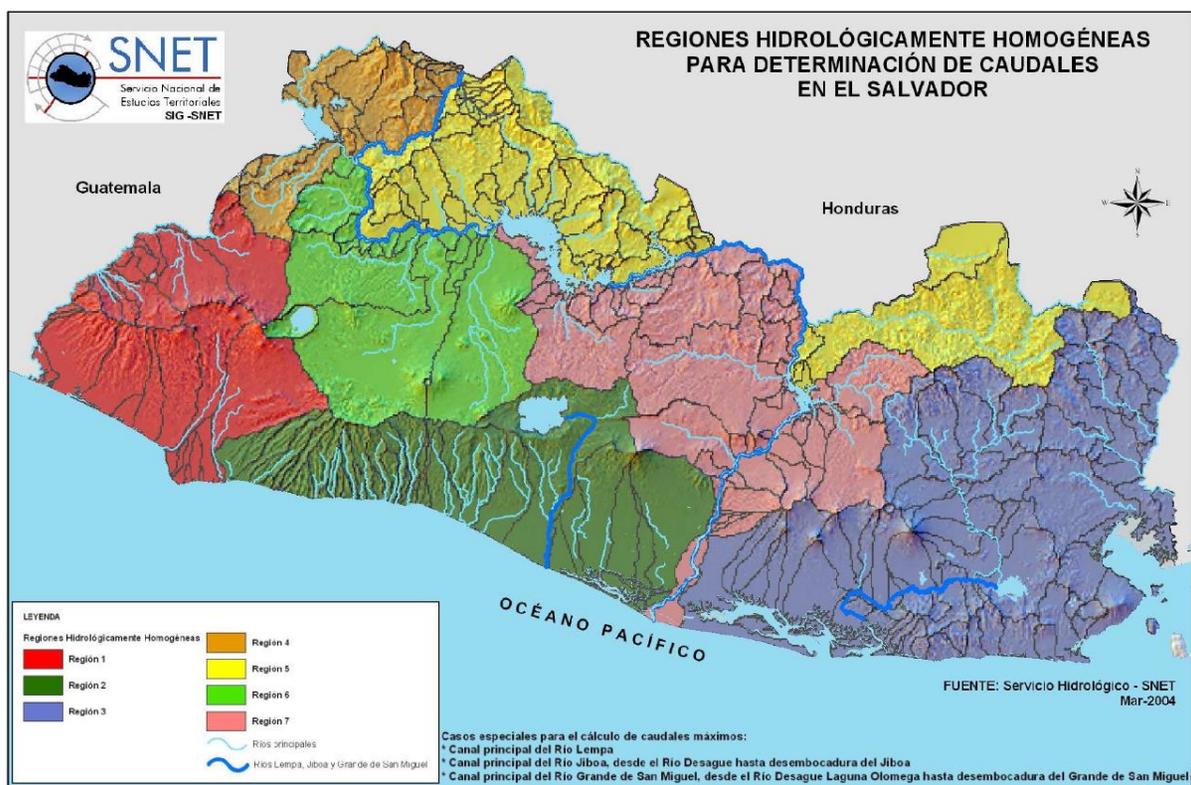


Figura 2.7 Regiones Hidrológicamente Homogéneas para regionalización de caudales El Salvador (Erazo, 2004)

Como resultado, se establecieron las ecuaciones del caudal medio anual, así como de caudales máximos en función del área de la cuenca, siendo de interés para este estudio, los caudales medios; en la Tabla 2.1 se muestran las ecuaciones por cada región homogénea, así como el rango de área en km² para el cual las ecuaciones tienen valides.

Tabla 2.1 Ecuaciones de relación entre caudales medios anuales y área de la cuenca

Región	Ecuación	R ²	Rango de área (km ²)
1	$Q = 0.0127 * A + 1.4954$	0.9842	100 - 1991
2	$Q = 0.0103 * A + 0.4433$	0.9055	55-430
3	$Q = 0.0151 * A + 0.4752$	0.964	100-2240
4	$Q = 0.0109 * A + 0.545$	0.9647	25-587
5	$Q = 0.0304 * A - 0.3231$	0.8621	45-185
6	$Q = 2 \times 10^{-6} * A^2 + 0.0156 * A + 0.0944$	0.9626	35-845
7	$Q = -1 \times 10^{-5} * A^2 + 0.0214 * A - 0.2529$	0.8632	13-560
8	$Q = 0.0176 * A - 10.123$	0.9465	915-18200

Para cada región hidrológicamente homogénea se distribuyó el caudal medio anual en caudales mensuales, determinando el porcentaje correspondiente de cada mes con respecto al caudal promedio de las estaciones hidrométricas existentes en cada región. Esta distribución se presenta en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Distribución mensual de los caudales medios anuales en %.

Región	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	39.7	36.07	35.19	41.08	70.13	143.57	134.66	160.26	235.02	189.34	72.12	42.86
2	27.83	21.63	19.7	19.57	36.3	103.05	117.51	189.77	298.52	244.1	78.82	38.88
3	15.6	11.72	10.37	13.04	51.07	165.84	105.23	131.49	308.94	298.19	65.1	23.43
4	12.71	12.05	11.62	12.93	37.37	187.87	167.96	196.26	295.08	209.56	37.34	19.24
5	11.33	8.41	7.91	11.48	39.99	187.45	151.65	181.47	323.98	210.04	44.41	16.62
6	49.55	46.97	44.99	47.87	67.07	123.54	151.7	171.84	218.65	153.68	70.02	54.11
7	27.35	23.68	22.55	25.14	42.06	147.12	130.26	164.56	297.01	220.13	67.01	33.14
8	38.13	33.35	31.15	29.11	42.93	141.82	154.92	161.5	248.26	212.05	60.13	46.64

Para el caso de la microcuenca del Río Agua Caliente corresponde a la región homogénea 6 (ver Figura 2.7).

2.3. HIDROGEOLOGÍA

El área de estudio según el mapa hidrogeológico de El Salvador (ANDA-FIAS-COSUDE, 2008), está cubierta principalmente por la Unidad de Rocas No Acuíferas, en menor área se pueden observar La Unidad Acuífero Poroso de Gran Extensión y Productividad Media; y le la Unidad Acuífero Volcánico Fisurado de Gran Extensión y Posiblemente Alta Producción. Como se observa en la Figura 2.8, dentro del área se han identificado algunos manantiales y pozos en los que se cuenta con información litológica; y otros pozos que se monitorean los niveles estáticos de manera periódica. Sin embargo, esta información se encuentra ubicada principalmente en la zona baja a media de la microcuenca, quedando limitada la información existente para las zonas altas de la microcuenca.

2.3.1. Unidad Rocas No Acuíferas

Esta unidad hidrogeológica cubre aproximadamente 101.8 km², Según el mapa Hidrogeológico de El Salvador (ANDA-FIAS-COSUDE, 2008), los materiales de esta unidad están compuestos por flujos macizos de lavas, intercalados con todas aglomeradas y brechosas, además de lahares cementados, presentando conductividades hidráulicas muy bajas o casi nulas, debido a su baja porosidad o a su alto grado de compactación y cementación. La profundidad a la que se encuentra esta unidad puede superar los 100 metros.

2.3.2. Unidad acuífero poroso de gran extensión y productividad media

Cubre una extensión aproximada de 7.94 km², Según el Mapa Hidrogeológico de El Salvador (ANDA-FIAS-COSUDE, 2008), los materiales de esta unidad consisten principalmente en materiales piroclásticos, aglomerados retrabajados (pómez, lapilli, tobas), teniendo una distribución granulométrica que varía de fina a gruesa, Las conductividades hidráulicas pueden variar de medianas a bajas, como consecuencia del grado de cementación o compactación que pueden tener los granos de los materiales que la constituyen. Esta unidad puede llegar a tener hasta más de 50 metros de espesor.

2.3.1. Unidad Acuífero Volcánico Fisurado de gran extensión y posiblemente alta producción

Cubre un área aproximada de 3.06 km², Esta unidad la constituyen principalmente, rocas volcánicas de carácter andesítico y basáltico, con ciertas intercalaciones de materiales

piroclásticos. Se pueden distinguir en 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 su porosidad secundaria debido a fallamiento existente.

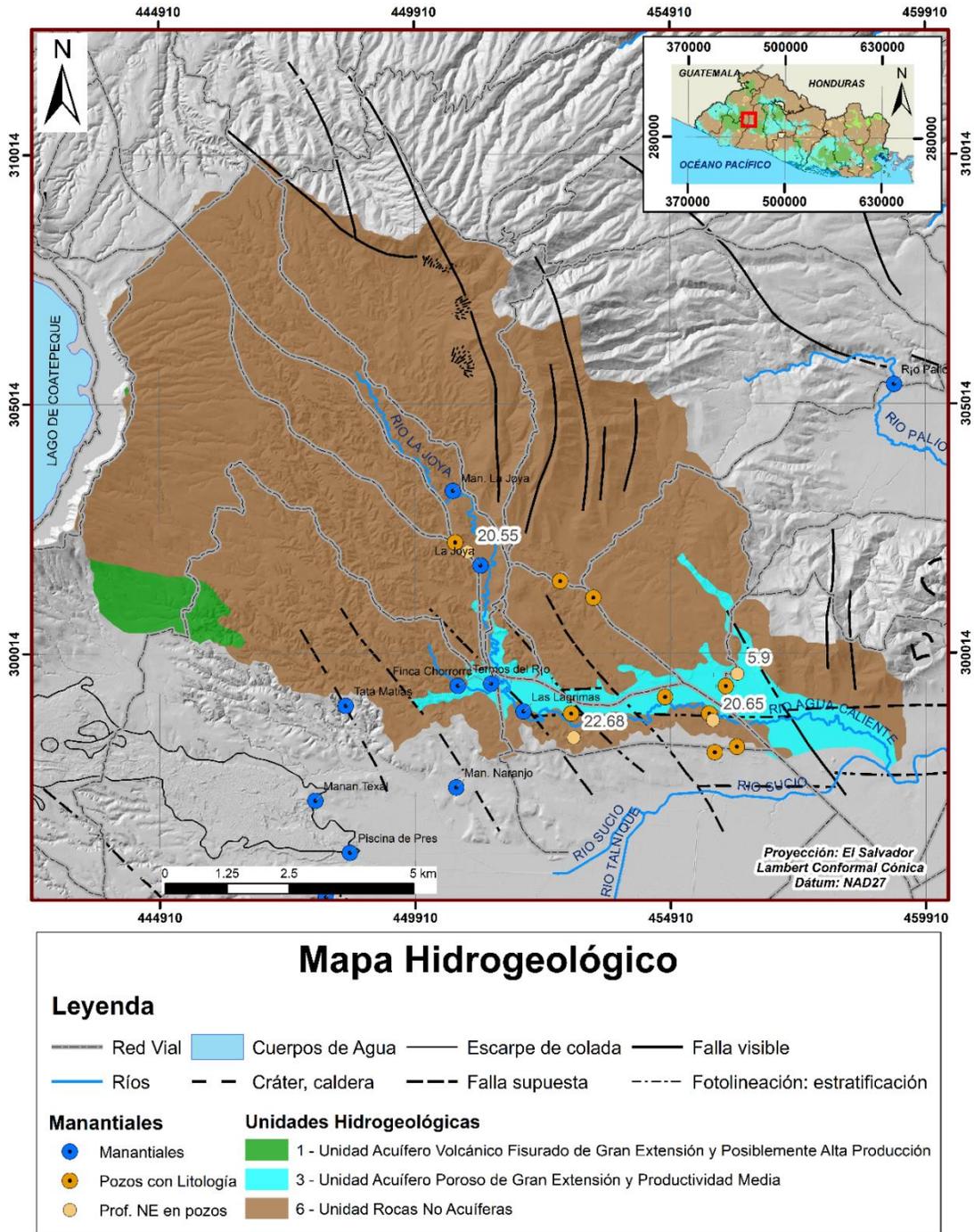


Figura 2.8 Mapa Hidrogeológico de la Microcuenca del Río Agua Caliente. Fuente: Mapa Hidrogeológico (ANDA-FIAS-COSUDE, 2008)

2.4. ANÁLISIS QUÍMICO

Para la realización de un análisis químico del agua subterránea, es necesario determinar la presencia de iones mayoritarios, con los cuales se clasifican los diferentes tipos de agua.

2.4.1. Confiabilidad de los resultados obtenidos en las concentraciones de iones mayoritarios.

A partir de los resultados obtenidos del análisis de iones mayoritarios de cada una de las muestras, se puede calcular el valor de electroneutralidad para cada muestra analizada. Este parámetro puede determinarse por medio de la siguiente ecuación:

$$\%E.N. = \frac{\sum \text{Cationes} \left[\frac{meq}{L} \right] - \left| \sum \text{Aniones} \left[\frac{meq}{L} \right] \right|}{\sum \text{Cationes} \left[\frac{meq}{L} \right] + \left| \sum \text{Aniones} \left[\frac{meq}{L} \right] \right|} \times 100 \quad \text{ec. 1}$$

El error admisible depende un tanto de las concentraciones y del tipo de agua, sin embargo, puede establecerse una relación entre la conductividad eléctrica y la electroneutralidad del agua (Custodio & Llamas, 1983). Pudiendo definir el error admisible de cada muestra. La Tabla 2.3 muestra los valores del error admisible (electroneutralidad) según el resultado obtenido de la conductividad eléctrica.

Tabla 2.3 Error admisible de balance iónico respecto a la conductividad eléctrica del agua (Custodio & Llamas, 1983).

Error admisible de balance iónico en función de la conductividad eléctrica	
Conductividad ($\mu S/cm$)	Error Admisible (%)
50	30
200	10
500	8
2000	4
>2000	4

Partiendo de lo anterior, una forma gráfica de identificar la cantidad de muestras que cumplen con la relación de conductividad eléctrica y porcentaje de electroneutralidad es graficando los resultados y trazando la curva generada a partir de los parámetros de la Tabla 2.3; diferenciando los resultados admisibles (por debajo de la curva) respecto a los no admisibles (por encima de la curva).

En análisis rutinarios pueden a veces admitirse errores algo superiores. Si un análisis tiene un error prácticamente nulo es sospechoso de haber sido arreglado o bien que $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ha sido determinado por diferencias (Custodio & Llamas, 1983).

2.5. APLICACIONES ISOTÓPICAS EN LA HIDROGEOLOGÍA

Los isótopos, son átomos de un mismo elemento, que poseen una cantidad diferente de neutrones respecto a los protones, variando su número másico lo que provoca una variación de masa atómica. Como ejemplo para el hidrógeno se tiene los isótopos ^1H (protio), ^2H (deuterio) y ^3H (tritio); los tres con diferente masa atómica, pero siendo un mismo elemento; entre los isótopos del oxígeno se tienen ^{18}O , ^{17}O y ^{16}O . de entre los anteriores el tritio es un isótopo radiactivo (inestable) los cuales decaen con el tiempo y pueden ser utilizados para realizar dataciones.

Esta investigación por ser aplicada a la hidrogeología pretende recolectar muestras de agua subterránea, para analizar isótopos estables Oxígeno 18 y Deuterio que, al compararlas con la línea meteórica, permiten identificar posibles áreas de recarga al acuífero.

2.5.1. Fraccionamiento Isotópico para el O18 y H2

Cuando se desea caracterizar un cuerpo de agua (llámese acuífero, río, lago, etc.) mediante isótopos, se debe dar un seguimiento de protocolos, que es muy importante para obtener resultados confiables de laboratorio. Siendo necesario evitar el fraccionamiento isotópico a través de la evaporación o de pérdidas difusivas del vapor de agua, o el intercambio isotópico con los alrededores y con el material del envase; por ejemplo, una pérdida del 10% de la muestra dará como resultado un enriquecimiento isotópico de un 10‰ en Deuterio y un 2‰ en Oxígeno 18. Estos efectos se pueden minimizar siempre y cuando se utilicen métodos de recolección y envases apropiados (Mook, 2001).

Para expresar la composición isotópica del agua se utiliza la notación δ expresada en por mil (‰), la cual denota las desviaciones de la tasa isotópica de la muestra con respecto a un estándar (VSMOW):

$$\delta\text{‰} = \frac{(R_{\text{muestra}} - R_{\text{VSMOW}})}{R_{\text{VSMOW}}} * 1000 \quad \text{ec. 2}$$

Donde R representa la tasa isotópica. La notación δ se utiliza para isótopos poco abundantes tales como el $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$, para valores inferiores al patrón VSMOW serán negativos y superiores serán positivos.

El agua, puede estar compuesta tanto por moléculas ligeras, como por moléculas pesadas. Cuando el agua de mar se evapora, las moléculas que contienen isótopos más ligeros suelen ser las primeras en ascender y formar nubes con firmas isotópicas específicas. Estas nubes contienen una mezcla de moléculas de agua que caen en forma de lluvia. Las moléculas de agua con isótopos más pesados caen en primer lugar. Una vez que las nubes pierden estos isótopos y viajan hacia el interior, los más ligeros caen en mayor proporción. Al medir las relaciones entre los isótopos pesados y los ligeros en estas masas de agua, los científicos pueden descifrar el origen y el movimiento del agua (OIEA, 2019).

En la Figura 2.9 se presenta un esquema de la variación en la composición isotópica según el agua atmosférica se va introduciendo en el continente. Al definir la red de estaciones de monitoreo de precipitación, es importante considerar la distribución altitudinal ya que, está relacionada con la utilidad que tiene la variación isotópica de la lluvia con la altitud para la determinación de las zonas de recarga (Vélez & Rhenals, 2008).

Existe también un efecto latitudinal, en el que las precipitaciones son más empobrecidas en latitudes altas y más frías; también durante eventos con grandes cantidades de precipitación se tienen lluvias más empobrecidas (Barrera Calderón, 2010).

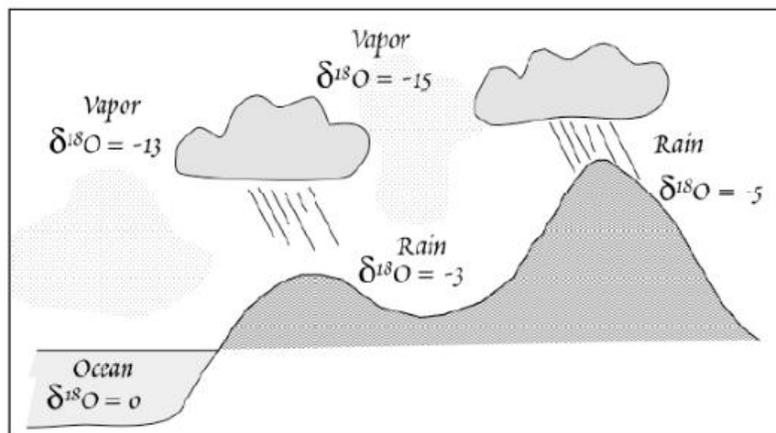


Figura 2.9 Fraccionamiento de Rayleigh y efecto continental de O^{18} (White, 2013).

En la Figura 2.10 se puede observar la tendencia en la variación de los isótopos estables, medidos en algunas estaciones del país, con un comportamiento muy similar a la línea meteorica global de O18 y H2 (Barrera Calderón, 2010), por lo que el uso de estos datos, sumado a los resultados del muestreo que se realiza en la actualidad en estaciones totalizadoras de lluvia, pueden generar buenos resultados.

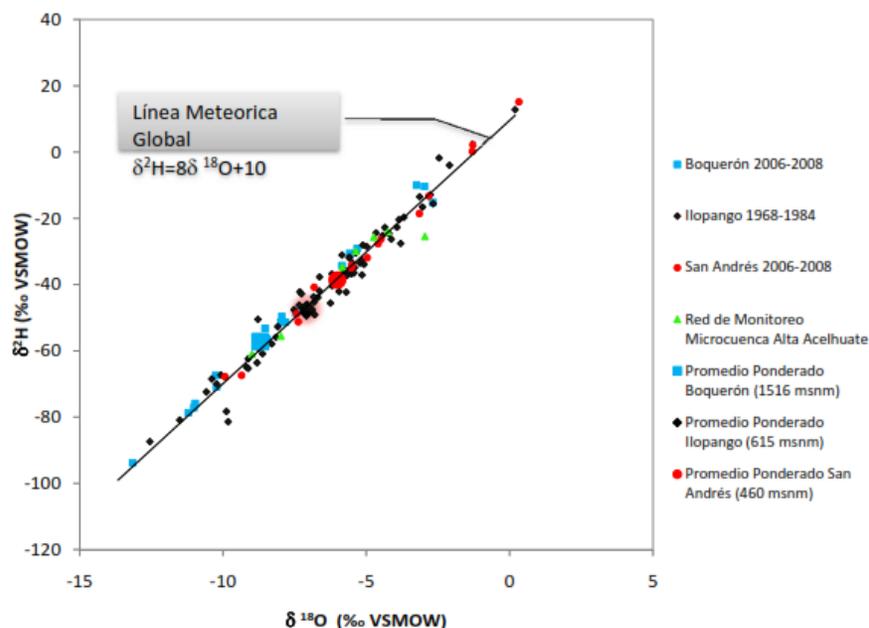


Figura 2.10 Composición isotópica de muestra recolectadas en El Salvador y su ajuste respecto a la Línea Meteorica Global (Barrera Calderón, 2010)

2.6. CÁLCULO DE BALANCE HÍDRICO

2.6.1. Metodología de Schosinsky

La metodología de Schosinsky (2006) considera varias variables que influyen en la recarga potencial acuífera (RP). Entre estas variables se encuentran algunas como: precipitación mensual, evapotranspiración real (ETP), retención pluvial, capacidad de infiltración de los suelos, cobertura vegetal, profundidad de raíces, uso de suelo y pendientes del terreno.

Para determinar la recarga acuífera potencial (RP), se evalúan diversos parámetros, tales como: el coeficiente de infiltración por textura (K_{fc}), coeficiente de infiltración por vegetación (K_v),

coeficiente de infiltración por pendientes (K_p) en combinación con información promedio mensual de precipitación y evapotranspiración y otros parámetros de tabla.

Schosinsky & Losilla (2000) proponen diversos valores de coeficientes K_{fc} , K_p y K_v , los cuales se presentan en la Tabla 2.4; sin embargo, se han modificado los rangos de pendientes para cada K_p debido a que no poseen continuidad en la secuencia de variación de pendientes.

Tabla 2.4 Coeficientes de infiltración por textura de suelo, pendiente y cobertura vegetal. Modificado de: Schosinsky & Losilla (2000).

Por textura de suelo		K_{fc}
Arcilla compacta permeable		0.10
Combinación de limo y arcilla		0.20
Suelo limo arenoso no muy compacto		0.40
Por pendiente		K_p
Muy plana	0 % - 0.06%	0.30
Plana	0.06% - 0.4%	0.20
Algo Plana	0.4% - 2%	0.15
Promedio	2% - 7%	0.10
Fuerte	>7 %	0.06
Por cobertura vegetal		K_v
Cobertura con zacate menos 50%		0.09
Terrenos cultivados		0.1
Cobertura con pastizal		0.18
Bosques		0.2
Cobertura con zacate más de 75%		0.21

También es necesario conocer valores de profundidad de raíces, ya que se utiliza en la metodología para el cálculo de la recarga potencial, dicha información propuesta por (Grassi, 1976) se presenta en la Tabla 2.5. Y en la Tabla 2.6 se muestran valores de punto de marchites permanente (%), capacidad de campo (%) y Densidad aparente (g/cm^3) propuestas siempre por Grassi (1976), combinada con información de valores de infiltración básica propuesta por Deras Cortez (2003), para diferentes tipos de textura de suelo.

Tabla 2.5 Profundidad de raíces de diferentes cultivos (Grassi, 1976)

Cultivo	Profundidad de raíces [metros]
Alfalfa (pastos)	1.0 – 2.0
Algodón	1.0 – 1.7
Banano	0.5 – 0.8
Caña de Azúcar	1.20 – 2
Frijol	0.5 – 0.7

Cultivo	Profundidad de raíces [metros]
Cebolla	0.3 – 0.5
Cítricos	1.2 – 2.0
Zacate	0.3 – 0.5
Bosques	2.0 – 3.0

La Capacidad de campo es la máxima humedad que puede tener un suelo contra la fuerza de la gravedad sostenida por capilaridad, expresada en porcentaje por peso seco [%] o en lámina de agua [mm]; El punto de marchitez permanente se refiere al límite inferior del contenido de humedad, a partir del cual el agua no puede ser absorbida por las raíces de las plantas, este valor se expresa como la lámina de agua o en peso seco de suelo; por último la densidad de suelo puede ser inferida con base a la textura del suelo (Schosinsky & Losilla, 2000).

Tabla 2.6 Valores de Infiltración básica, punto de marchitez permanente, capacidad de campo y densidad aparente en función de la textura del suelo. Modificado de: Deras Cortez (2003) y Grassi (1976).

Textura de suelo	Infiltración básica [mm/h]	Infiltración básica [mm/día]	Porcentaje por peso de suelo seco		
			PMP%	CC%	Densidad aparente (g/cm ³)
Arcilloso	1 – 5	24 – 120	15 – 19	31 - 39	1.20 – 1.30
Franco Arcilloso	5 – 10	120 – 240	11 – 15	23 – 31	1.30 – 1.40
Franco Limoso	10 – 20	240 – 480	8 – 12	18 – 26	1.35 – 1.50
Franco Arenoso	20 – 30	480 – 720	4 – 8	10 – 18	1.40 – 1.60
Arenoso	30 o más	720 o más	2 – 6	6 – 12	1.55 – 1.80

2.7. CLIMATOLOGÍA

El Salvador se localiza en el cinturón climático tropical, caracterizado por presentar condiciones térmicas similares a lo largo del año, con variaciones diurnas y nocturnas que son más importantes que las mensuales. Se producen oscilaciones de las precipitaciones a nivel mensual, existiendo dos épocas climáticas marcadas: la época lluviosa y la época seca según SNET (2005).

La zona de estudio, al igual que todo el país, tiene un clima de los trópicos semihúmedos y de acuerdo a la elevación sobre el nivel del mar, se pueden establecer cuatro regiones climáticas según Koppen y Sapper-Lauer (SNET, 2005), tal como se muestra en la Tabla 2.7, siendo para la microcuenca del Río Agua Caliente las elevaciones desde los 440 msnm a los 1214 msnm por lo que según Koppen estaría catalogada desde “Sabanas Tropicales Calientes” a “Sabanas

Tropicales Calurosas”, mientras que según Sapper-Lauer, se categorizaría como “Tierra Caliente” a “Tierra Templada”.

Tabla 2.7 Regiones climáticas según elevación en metros sobre el nivel del mar según Koppen y Sapper-Lauer

Altura (msnm)	Temperatura Media (°C)	Koppen	Sapper-Lauer
0 - 800	22-27°C y 22-28°C, en función de la elevación	Sabanas Tropicales Calientes	Tierra Caliente
800 - 1200	17-21°C	Sabanas Tropicales Calurosas	Tierra Templada
1200 - 1800	Inferior a 22°C en el mes más caluroso.	Clima Tropical de las Alturas	
1800 - 2700	10-16°C		Tierra Fría

3. METODOLOGÍA

3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se presenta un esquema del proceso de investigación, el cual consistirá en un trabajo preliminar de oficina, trabajo muestreo y desarrollo de pruebas en campo, procesamiento e interpretación de la información y redacción de documento final, así como la tabla resumen de la metodología de investigación.

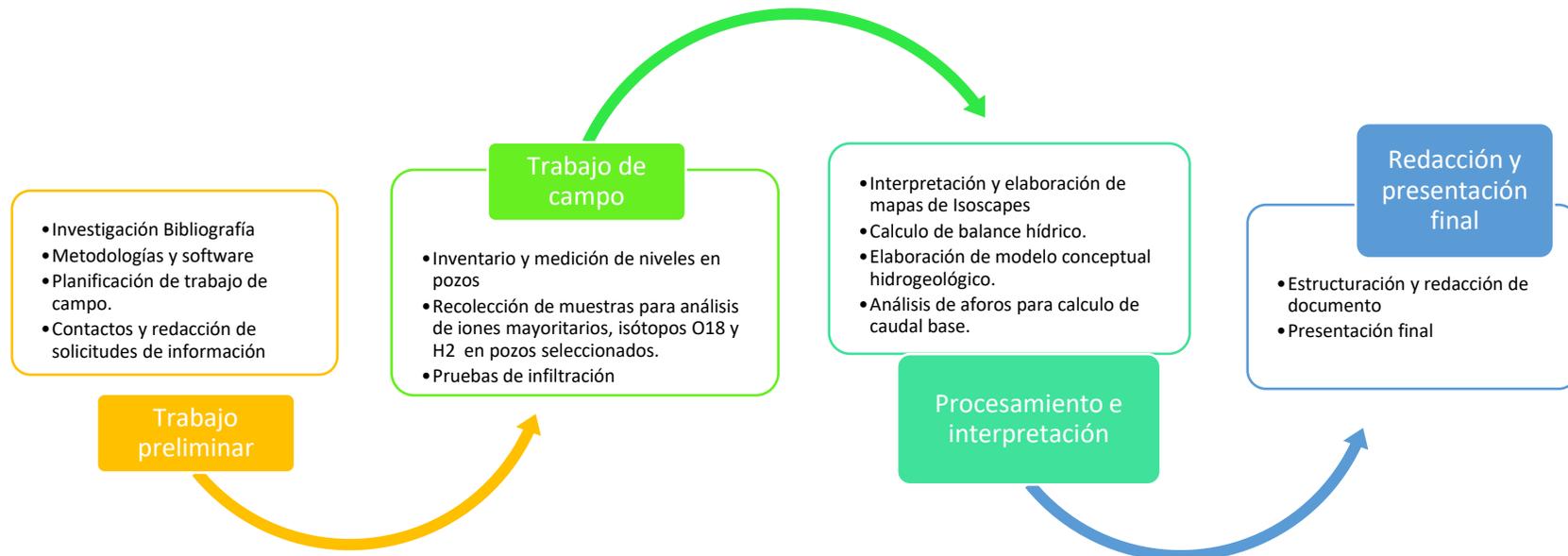


Figura 3.1 Resumen del diseño del proyecto de investigación denominado “Caracterización hidrogeológica y determinación de áreas de Recarga a través de análisis de isótopos estables (Oxígeno 18 y Deuterio) en el acuífero contenido en la microcuenca del río Agua caliente”

3.2. TRABAJO PRELIMINAR

Este trabajo consistirá en identificar la mayor cantidad de información de estudios previos existente en la zona, y generando mapas de aspectos importantes como la geología previamente definida en la zona, la hidrogeología, uso de suelos, pendientes, etc. A partir de toda la información colectada, se generarán bases de datos, que, en conjunto con la información propiamente generada durante esta investigación, permitirá plasmar en gráficos, figuras y mapas las condiciones y comportamiento del acuífero ubicado en el área de estudio.

3.3. TRABAJO DE CAMPO

Dentro del área de estudio, se han colectado muestras de agua subterránea para el análisis de isótopos estables de Deuterio y Oxígeno 18, así como para el análisis físico químico (iones mayoritarios); las cuales se han tomado en manantiales, pozos perforados y pozo excavados. Se realizarán pruebas de infiltración y aforos, con el objetivo de obtener información relacionada a la recarga descarga del acuífero, y se espera obtener información sobre las extracciones en la zona para un mejor cálculo del balance hídrico.

3.3.1. Muestreo de agua para análisis de isotópico (^2H y ^{18}O) y físico químico

3.3.1.1. Muestreo para análisis de isótopos ^2H y ^{18}O

Para el muestreo de agua para análisis de isótopos, debe darse un seguimiento de protocolos, muy estricto para obtener resultados confiables de laboratorio. En todo caso es necesario evitar el fraccionamiento isotópico a través de la evaporación o de pérdidas difusivas del vapor de agua, o el intercambio isotópico con los alrededores y con el material del envase; por ejemplo, una pérdida del 10% de la muestra dará como resultado un enriquecimiento isotópico de un 10‰ en ^2H y un 2‰ en ^{18}O . Estos efectos se pueden minimizar siempre y cuando se utilicen estaciones totalizadoras para colectar lluvia y envases apropiados ya sea para muestrear lluvia, agua subterránea o superficial (Mook, 2001).

Para evitar el fraccionamiento isotópico, se deben utilizar frascos seguros, pueden ser de cristal (ámbar) o polietileno de alta densidad, de preferencia con tapa y subtapa. Los frascos para análisis de ^{18}O y ^2H normalmente son pequeños, de entre 30 ml a 50 ml (Ver Figura 3.2). Cuando se colecta la muestra en recipientes de polietileno de alta densidad, debe asegurarse de no dejar ninguna burbuja de aire dentro del frasco, para evitar evaporación de la muestra durante su almacenamiento y transporte para el análisis de isótopos.



Figura 3.2 Frascos recomendados para la toma de muestras de agua para análisis de isótopos $\text{O}18$, $\text{H}2$ y $\text{H}3$

Para el muestreo de agua lluvia, se seleccionan estaciones de muestreo de acuerdo con el régimen de lluvia, topografía de la zona, localización de la posible zona de recarga, entre otros. Para el muestreo, debe diseñarse una red de estaciones totalizadores localizados en sitios estratégicos del acuífero (posible zona de recarga) con alturas variables bien distribuidas, de forma que se vea el efecto de variación en la composición isotópica respecto a la altura.

Existen algunos diseños sugeridos por el OIEA para la construcción de totalizador de agua lluvia. En este caso se construye una bajo tierra, dentro de la cual se introduce un recipiente que almacena el agua que es colectada mensualmente. El agua llega hasta el recipiente a través de una manguera que conecta con un embudo que cumple la función de pluviómetro. El propósito que el recipiente totalizador se instale bajo tierra es evitar altas temperaturas, que generen evaporación en la muestra almacenada. En la Figura 3.3, se muestra una fotografía de un totalizador manufacturado de la marca PALMEX y uno artesanal, construido en conjunto por personal del MARN.

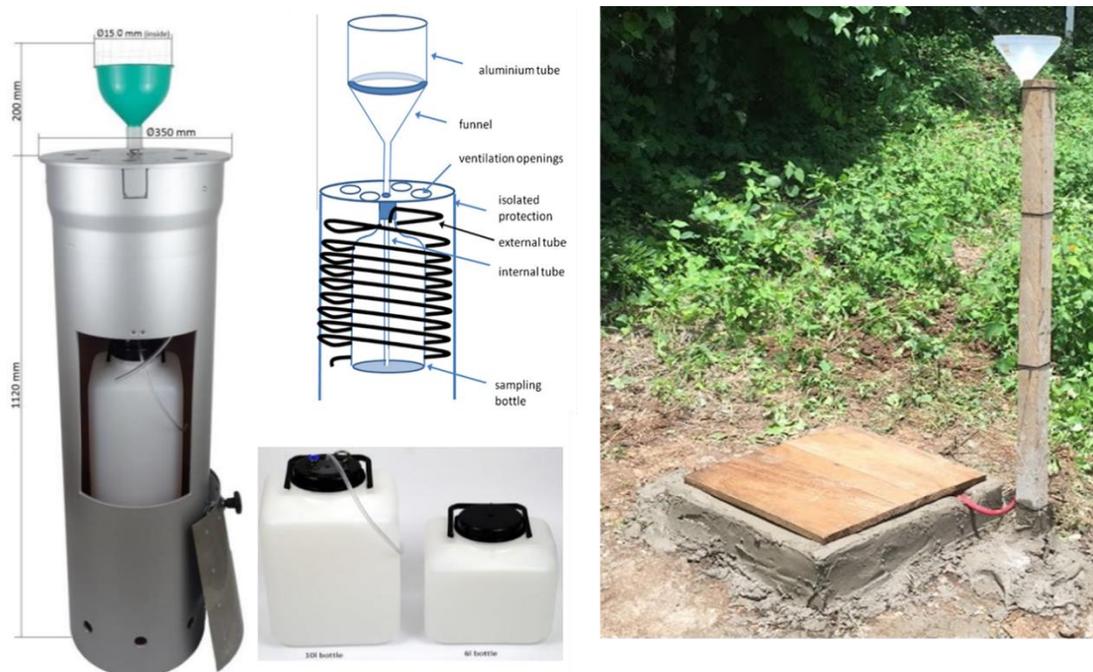


Figura 3.3 Totalizador manufacturado de marca PALMEX que evita la evaporación y totalizador artesanal construido en El Salvador en conjunto con las instituciones MARN y ANDA.

En cuanto al muestreo de aguas subterráneas para el análisis de Deuterio y Oxígeno 18 se realiza de preferencia, en pozos que tengan un uso continuo, de lo contrario debe purgarse el pozo hasta extraer el agua antigua contenida en el mismo, idealmente expulsar hasta tres veces el volumen del pozo o hasta observar una estabilización de los valores de los parámetros fisicoquímicos como temperatura y conductividad eléctrica, de igual forma se toma nota de las características del pozo midiendo parámetros específicos; tal como nivel piezométrico, profundidad del muestreo, sistema de muestreo (bomba o muestreador) y tiempo de bombeo antes tomar las muestras. Debiendo llenar el frasco, de la misma manera como se indicó para el agua lluvia.

3.3.1.2. Muestreo para análisis físico químico

Se desarrollaron dos campañas, de medición in-situ de parámetros fisicoquímicos, muestreo del agua de pozos y manantiales y medición de niveles estáticos en pozos, para el año 2021. Las muestras de agua se almacenaron en frascos de plástico y fueron transportadas a bajas temperaturas en una hielera para su posterior análisis en el Laboratorio de Calidad de Agua del MARN. El muestreo se llevó a cabo entre marzo-abril, para la época seca y septiembre-octubre, para la época lluviosa.

3.4. PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN

Para el procesamiento y análisis de información se hará uso de diferente software de análisis gráfico, bases de datos y modelación en sistemas de información geográficos de uso libre y algunos que requieren ciertas licencias. Tales como ArcGIS, Hydro GeoAnalyst, hojas de cálculo Excel, entre otros.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

La toma de muestras de agua se realizó con el objetivo de analizar diversos parámetros fisicoquímicos, como los iones mayoritarios, entre otros. Un parámetro importante para verificar la calidad de los resultados del análisis de iones mayoritarios es la conductividad

eléctrica, que en conjunto la electroneutralidad permite establecer la confiabilidad de dichos resultados; otros parámetros analizados fueron algunos metales como: hierro total, manganeso, entre otros. Se comparan los resultados obtenidos con los límites establecidos por el Reglamento Técnico Salvadoreño de agua para consumo humano (RTS 13.02.01:14) para los parámetros que aplica, en el anexo 1 se presentan las hojas con los resultados del laboratorio.

4.1.1. Confiabilidad en los resultados

Como se presentó en el capítulo 2.4.1 sobre “Confiabilidad de los resultados obtenidos en las concentraciones de iones mayoritarios.”, se puede establecer gráficamente la relación entre el error permisible (electroneutralidad) y los valores de conductividad eléctrica obtenidos de las muestras. En este caso se presenta en la Figura 4.1 un gráfico de conductividad eléctrica contra % de electroneutralidad, tanto de los resultados obtenidos durante las campañas de época seca y época lluviosa colectados en el año 2021.

En el gráfico de la Figura 4.1, puede observarse que, para época seca únicamente la muestra ACPP-01 se considera admisible aplicando el criterio de conductividad eléctrica y % de electroneutralidad. Mientras que, para época lluviosa, únicamente la muestra ZAP-03a se considera admisible lo que implica para ambas épocas, que únicamente el 4% de las muestras cumplen el criterio de conductividad eléctrica vs % de electroneutralidad. Si aplicamos estrictamente este criterio, no podrían utilizarse dichos resultados; sin embargo, bajo las limitantes del caso, se procede a identificar la caracterización fisicoquímica del tipo de agua correspondiente a cada muestra colectada.

Cabe destacar que las muestras con mayor % de error en el cálculo de la electroneutralidad, para ambas épocas, corresponde a ACMA-03, el cual es un manantial muy poco mineralizado (conductividades eléctricas muy bajas), lo que permite deducir que el agua en este manantial posee corto recorrido dentro del acuíferos y las bajas concentraciones en los iones dificultan el análisis produciendo mayor incertidumbre en los resultados obtenidos en laboratorio.

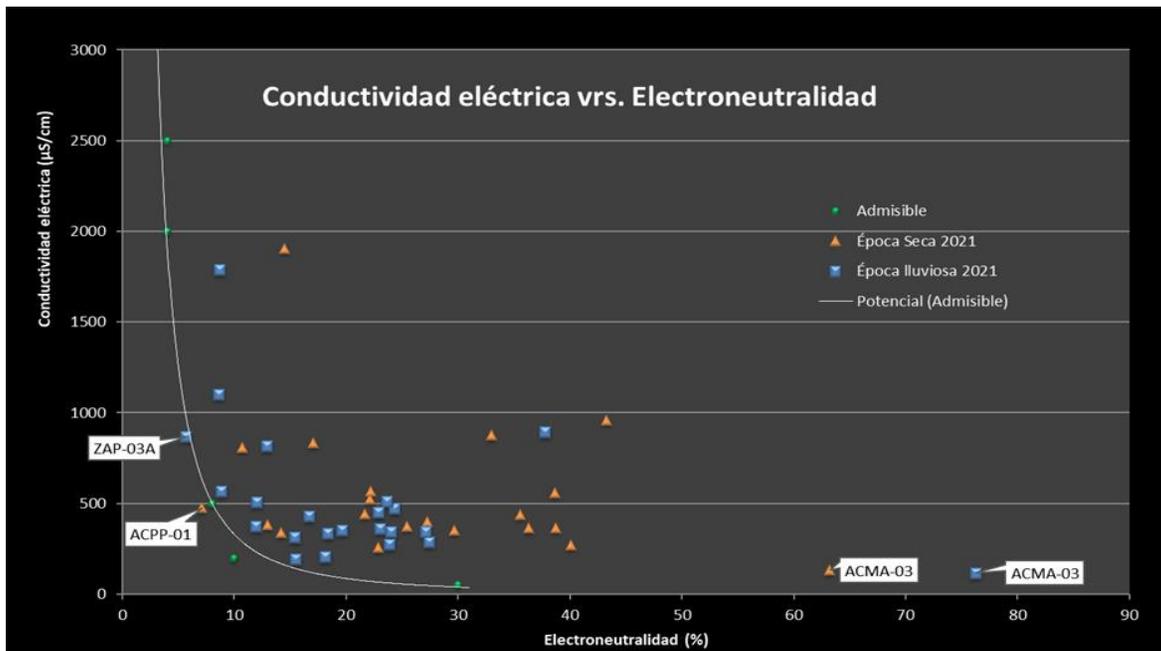


Figura 4.1 Gráfico de conductividad eléctrica vs electroneutralidad de los muestreos realizados durante época seca y época lluviosa del año 2021.

4.1.2. Caracterización fisicoquímica

4.1.2.1. Época seca

A partir de los resultados obtenidos de las muestras tomadas de los pozos y manantiales los cuales se presentan en la Tabla 4.2, se realizó la caracterización fisicoquímica, por medio del análisis de las concentraciones de los iones mayoritarios.

En total se colectaron 23 muestras de agua subterránea tanto dentro, como en el exterior del perímetro de la microcuenca del Río Agua Caliente. De los resultados del análisis de estas muestras, se realizó la caracterización y representación por medio del diagrama de Piper, el cual se muestra en la Figura 4.2.

Muestreo época seca 2021

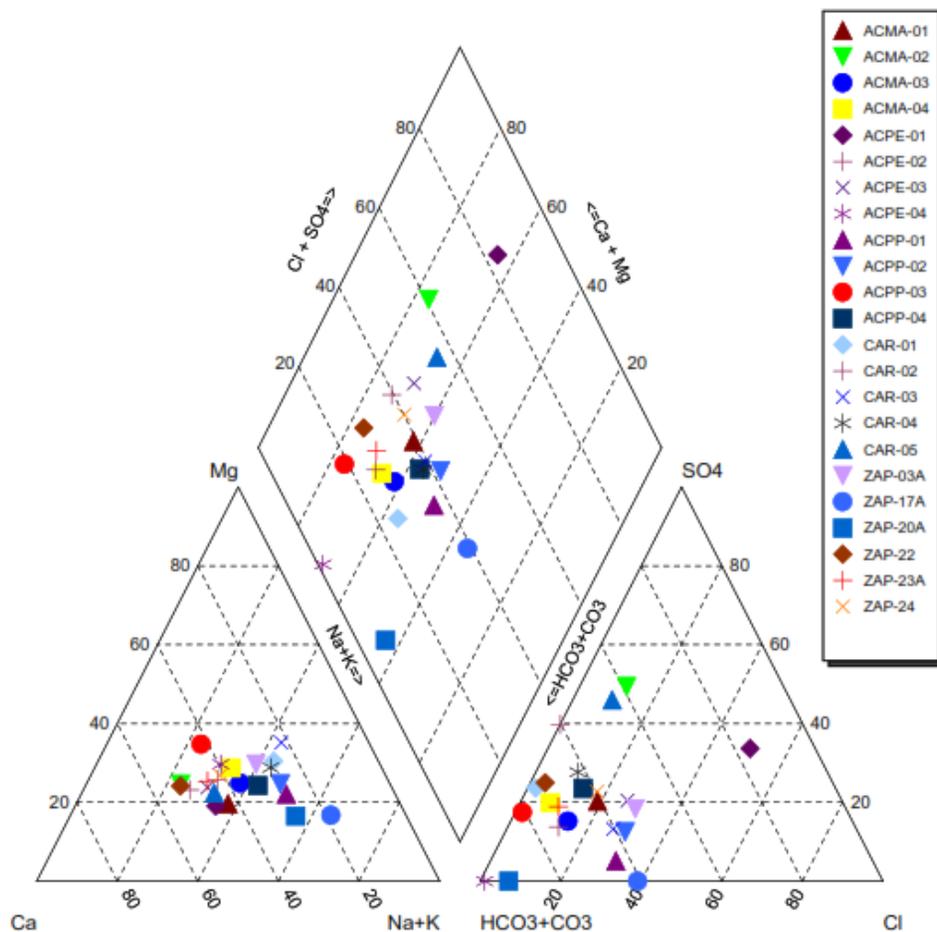


Figura 4.2 Representación en diagrama de Piper de la composición iónica de las muestras tomadas en la microcuenca del Río Agua Caliente correspondiente a la época seca 2021.

Al interpretar los resultados de los diagramas de Piper se determina la clasificación del tipo de agua, para cada uno de los sitios muestreados; en la Tabla 4.1 se muestra dicha clasificación y además se presentan los diagramas de Stiff para cada muestra, que ayudan a asimilar con mayor facilidad la tipología del agua de manera gráfica.

Tabla 4.1 Caracterización fisicoquímica del muestreo realizado en época seca 2021, microcuenca del Río Agua Caliente.

Muestra	Tipo de Agua	Diagrama de Stiff	Muestra	Tipo de Agua	Diagrama de Stiff
ACMA-01	Sulfatada cálcica	<p>ACMA-01</p>	ACMA-02	Bicarbonatada cálcica	<p>ACMA-02</p>
ACMA-03	Bicarbonatada sódica	<p>ACMA-03</p>	ACMA-04	Bicarbonatada cálcica	<p>ACMA-04</p>
ACPE-01	Bicarbonatada sódica cálcica	<p>ACPE-01</p>	ACPE-02	Bicarbonatada cálcica	<p>ACPE-02</p>
ACPE-03	Bicarbonatada sódica	<p>ACPE-03</p>	ACPE-04	Bicarbonatada sódica	<p>ACPE-04</p>
ACPP-01	Bicarbonatada sódica	<p>ACPP-01</p>	ACPP-02	Bicarbonatada sódica	<p>ACPP-02</p>
ACPP-03	Bicarbonatada cálcica	<p>ACPP-03</p>	ACPP-04	Bicarbonatada cálcica	<p>ACPP-04</p>
CAR-01	Bicarbonatada sódica	<p>CAR-01</p>	CAR-02	Bicarbonatada sódica magnésica	<p>CAR-02</p>

Muestra	Tipo de Agua	Diagrama de Stiff	Muestra	Tipo de Agua	Diagrama de Stiff
CAR-03	Sulfatada cálcica	<p>CAR-03</p>	CAR-04	Bicarbonatada cálcica	<p>CAR-04</p>
CAR-05	Bicarbonatada sódica	<p>CAR-05</p>	ZAP-03A	Bicarbonatada sódica	<p>ZAP-03A</p>
ZAP-17A	Bicarbonatada cálcica	<p>ZAP-17A</p>	ZAP-20A	Clorurada cálcica	<p>ZAP-20A</p>
ZAP-22	Bicarbonatada cálcica	<p>ZAP-22</p>	ZAP-23A	Bicarbonatada cálcica	<p>ZAP-23A</p>
ZAP-24	Bicarbonatada cálcica	<p>ZAP-24</p>			

Del total de muestras colectadas durante época seca 2021, se puede decir según el gráfico circular de la Figura 4.3 que predominan aguas de tipo bicarbonatadas sumando un 87% del total de las muestras, con 48% de muestras bicarbonatadas cálcicas, 39% de muestras bicarbonatadas sódicas, y en menor porcentaje se encuentran las aguas de tipo sulfatadas cálcicas con 9% de las muestras y cloruradas cálcicas con 4% de las muestras.



Figura 4.3 Grafico circular de % de tipos de agua presentes para el muestreo durante época seca 2021

Para tener una idea de la variabilidad espacial de en la química del del agua subterránea, en la microcuenca del Río Agua Caliente; en la Figura 4.4 se presenta en planta un mapa de los diagramas de Stiff, correspondiente al muestreo realizado durante época seca 2021.

Con la finalidad de tener un dato de referencia, los resultados de las concentraciones de las sustancias químicas analizadas en laboratorio han sido comparados con el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14, que regula los requerimientos mínimos que debe cumplir el agua para consumo humano, cabe destacar que, entre los parámetros incluidos para este muestreo, no se han incluido en su totalidad, los parámetros requeridos por el RTS13.02.01:14.

En la Tabla 4.2, se muestran los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos analizados para el muestreo realizado en época seca 2021. De entre las 23 muestras de agua subterránea analizadas, se han identificado que 15 que no cumplen con al menos un parámetro del RTS de agua para consumo humano, lo cuales se diferencian por un color celeste en la tabla. También se puede observar los valores de electroneutralidad, diferenciándose con un color café los valores que, por su condición de conductividad eléctrica vs electroneutralidad, no cumplen con el error admisible.

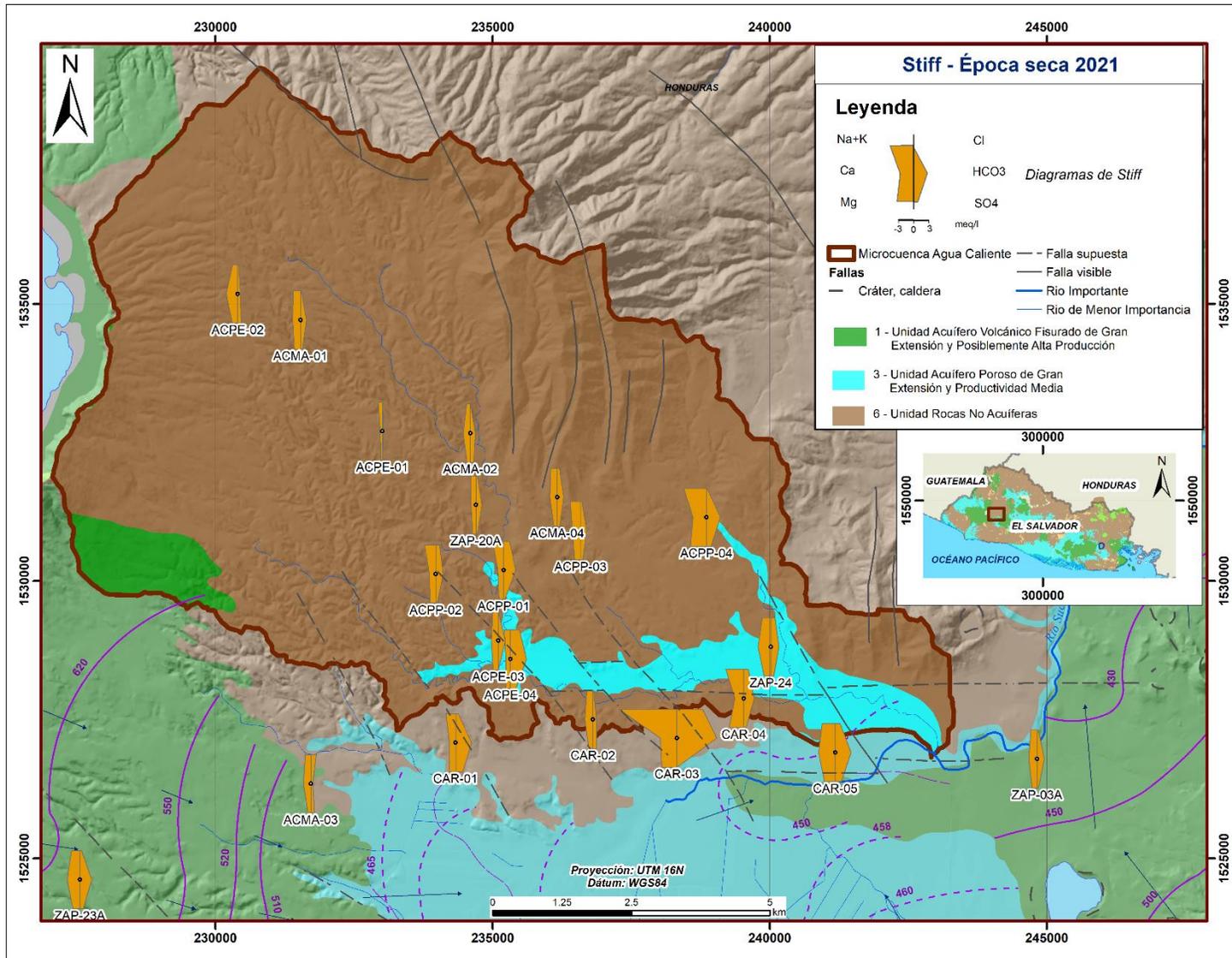


Figura 4.4 Diagramas de Stiff para época seca 2021 de los pozos sitios muestreados dentro y en el perímetro de la microcuenca Agua Caliente.

Tabla 4.2 Resultados Fisicoquímicos de la campaña de muestreo realizada durante época seca 2021 respecto el Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS 123.02.01:14)

Parámetro \ Muestra	RTS 123.02.01:14	ACMA-01	ACMA-02	ACMA-03	ACMA-04	ACPE-01	ACPE-02	ACPE-03	ACPE-04	ACPP-01	ACPP-02
pH	6 – 8.5	7.085, 20.6°C	7.32, 21°C	7.44, 13.9°C	7.13, 16.4°C	7.21, 21.7°C	7.15, 22.1°C	6.755, 15°C	6.93, 15.4°C	7.28, 21.9°C	7.455, 21.5°C
Conductividad Eléctrica (µsiemens/cm)	-	364.00	366.65	131.90	259.85	341.20	374.30	438.80	957.00	476.95	442.55
Salinidad (ppt)	-	0.22	0.23	0.11	0.17	0.214	0.23	0.26	0.51	0.28	0.26
Alcalinidad (mg/l)	-	37.14	78.93	18.57	67.32	76.60	83.57	81.25	188.03	157.85	99.82
Bicarbonatos (mg/l)	-	37.14	78.93	18.57	67.32	76.60	83.57	81.25	188.03	157.85	99.82
Boro (mg/l)	2.4	0.53	0.46	0.4	0.39	0.24	0.32	0.9	2.28	0.64	1.08
Calcio (mg/l)	-	50.090	35.280	9.042	31.640	22.060	32.950	35.700	59.890	25.940	27.370
Carbonatos (mg/l)	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cloruros (mg/l)	-	6.47	4.73	0.83	<0.62	8.96	15.18	10.37	2.93	44.81	29.87
Dureza Total (mg/l)	500	184.06	155.79	36.11	115.17	92.03	120.05	154.45	324.82	117.71	130
Flúor (mg/l)	1.5	0.23	0.25	0.14	0.34	0.25	0.15	0.05	0.06	0.29	0.31
Fosfatos (mg/l)	-	0.37	0.33	2.03	0.90	0.40	0.75	0.27	0.22	0.21	0.62
Hierro (mg/l)	0.30	0.229	0.058	0.073	0.344	<0.009	1.166	0.143	0.045	<0.009	0.135
Magnesio (mg/l)	-	14.360	16.470	3.294	8.804	8.991	9.198	15.890	42.630	12.880	15.000
Manganeso (mg/l)	0.10	0.013	<0.024	<0.024	0.154	<0.024	0.033	<0.024	<0.024	<0.024	<0.024
Nitratos (mg/l)	50.00	31.25	22.89	<1.33	5.26	26.04	<1.33	22.02	13.13	1.58	17.50
Potasio (mg/l)	-	12.300	6.921	3.756	5.537	3.953	11.520	7.161	18.540	9.518	6.575
Sílice (mg/l)	-	111.87	110.2	76.97	103.2	110.56	94.67	123.89	112.66	113.09	104.49
Sólidos Disueltos Totales (ppm)	1000	178.60	180.15	65.15	127.85	167.65	183.90	215.50	469.40	234.20	217.35
Sodio (mg/l)	-	18.710	32.790	18.950	15.740	23.690	26.560	48.790	104.600	50.440	51.630
Sulfatos (mg/l)	250.0	37	17	<7	35	13	22	24	47	10	17
Arsénico (mg/l)	0.01	<0.000177	<0.000177	<0.000177	<0.000177	0.010000	<0.000177	0.063000	0.248000	0.037000	0.110000
Electroneutralidad %	-	38.67	36.30	63.08	22.80	14.19	25.36	35.57	43.24	7.09	21.68

Parámetro \ Muestra	RTS 123.02.01:14	ACPP-03	ACPP-04	CAR-01	CAR-02	CAR-03	CAR-04	CAR-05	ZAP-03A	ZAP-17A	ZAP-20A
pH	6 – 8.5	6.85, 21.5°C	7.96, 21°C	7.11, 21.5°C	7.32, 21.7°C	6.97, 21.2°C	7.3, 21.7°C	7.67, 21.9°C	6.765, 21.7°C	7.06, 22°C	6.695, 21.9°C
Conductividad Eléctrica (µsiemens/cm)	-	524.95	271.80	876.45	561.10	352.80	400.70	1904.50	806.65	833.30	380.95
Salinidad (ppt)	-	0.30	0.18	0.479	0.321	0.219	0.243	1.01	0.444	0.46	0.23
Alcalinidad (mg/l)	-	109.10	95.18	213.56	139.28	46.43	95.18	533.91	213.56	213.56	23.21
Bicarbonatos (mg/l)	-	109.10	95.18	213.56	139.28	46.43	95.18	533.91	213.56	213.56	23.21
Boro (mg/l)	2.4	0.33	0.2	0.39	1.39	0.50	0.50	4.27	0.74	0.13	0.08
Calcio (mg/l)	-	56.720	30.400	21.280	40.110	35.910	36.660	73.730	27.670	73.570	32.430
Carbonatos (mg/l)	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cloruros (mg/l)	-	31.36	0.66	69.70	35.35	5.97	9.46	199.13	20.91	36.84	41.82
Dureza Total (mg/l)	500	215	132.83	104.28	261.48	134.44	147.22	349.64	141.12	303.12	114.44
Flúor (mg/l)	1.5	0.23	0.25	0.41	0.28	0.21	0.25	0.33	0.76	0.55	0.20
Fosfatos (mg/l)	-	0.03	0.15	0.48	0.36	0.14	0.24	0.95	0.73	3.21	0.62
Hierro (mg/l)	0.30	0.058	0.058	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	0.496	<0.009	0.479	<0.009
Magnesio (mg/l)	-	17.860	13.850	12.440	39.230	10.900	13.550	40.270	17.520	29.060	8.148
Manganeso (mg/l)	0.10	<0.024	<0.024	<0.024	<0.024	<0.024	<0.024	<0.024	<0.024	0.889	<0.024
Nitratos (mg/l)	50.00	33.46	2.16	6.60	8.80	24.70	18.46	<1.33	28.26	26.82	21.16
Potasio (mg/l)	-	10.930	7.773	4.064	14.640	4.804	3.268	37.010	5.930	26.910	6.862
Sílice (mg/l)	-	110.33	121.96	102.80	97.15	110.24	103.52	131.87	79.26	94.17	118.37
Sólidos Disueltos Totales (ppm)	1000	257.75	133.65	429.95	275.40	173.35	196.85	933.70	395.75	408.80	187.15
Sodio (mg/l)	-	36.880	22.650	29.030	82.490	27.430	29.890	272.600	46.740	50.030	24.180
Sulfatos (mg/l)	250.0	33	<7	59	24	38	14	<7	75	64	38
Arsénico (mg/l)	0.01	0.020000	<0.000177	0.025000	0.108000	<0.000177	0.008000	0.057000	0.070000	0.012000	<0.000177
Electroneutralidad %	-	22.15	40.04	33.02	38.7	29.58	27.24	14.52	10.74	17.08	12.94

Parámetro \ Muestra	RTS 123.02.01:14	ZAP-22	ZAP-23A	ZAP-24
pH	6 – 8.5	7.03, 20.8°C	6.88, 22.1°C	7.55, 21.3°C
Conductividad Eléctrica (µsiemens/cm)	-	568.55	352.90	458.00
Salinidad (ppt)	-	0.32	0.22	0.270
Alcalinidad (mg/l)	-	157.85	83.57	153.21
Bicarbonatos (mg/l)	-	157.85	83.57	153.21
Boro (mg/l)	2.4	0.11	0.09	0.50
Calcio (mg/l)	-	57.030	39.270	43.310
Carbonatos (mg/l)	-	0.00	0.00	0.00
Cloruros (mg/l)	-	12.94	2.49	1.99
Dureza Total (mg/l)	500	222.77	143.28	197.67
Flúor (mg/l)	1.5	0.31	0.21	0.31
Fosfatos (mg/l)	-	0.22	0.15	0.79
Hierro (mg/l)	0.30	<0.009	0.169	<0.009
Magnesio (mg/l)	-	19.560	11.010	21.780
Manganeso (mg/l)	0.10	<0.024	<0.024	<0.024
Nitratos (mg/l)	50.00	22.86	30.29	4.61
Potasio (mg/l)	-	10.060	5.040	16.810
Sílice (mg/l)	-	109.11	114.50	76.84
Sólidos Disueltos Totales (ppm)	1000	279.10	173.45	224.90
Sodio (mg/l)	-	37.320	17.420	17.970
Sulfatos (mg/l)	250.0	33	23	26
Arsénico (mg/l)	0.01	0.021000	0.012000	<0.000177
Electroneutralidad %	-	22.20	21.47	22.83

**Los números en color azul, corresponden a los valores que exceden el límite establecido por el RTS y los números en color café corresponden a las muestras que no cumplen con el error admisible por su condición de Conductividad eléctrica vs Electroneutralidad.*

4.1.2.2. Época lluviosa

A partir de los resultados obtenidos de las muestras tomadas de los pozos y manantiales los cuales se presentan en la Tabla 4.4, se realizó la caracterización fisicoquímica, por medio del análisis de las concentraciones de los iones mayoritarios.

En total se colectaron 23 muestras de agua subterránea tanto dentro, como en el exterior del perímetro de la microcuenca del Río Agua Caliente. De los resultados del análisis de estas muestras, se realizó la caracterización y representación por medio del diagrama de Piper, el cual se muestra en la Figura 4.5.

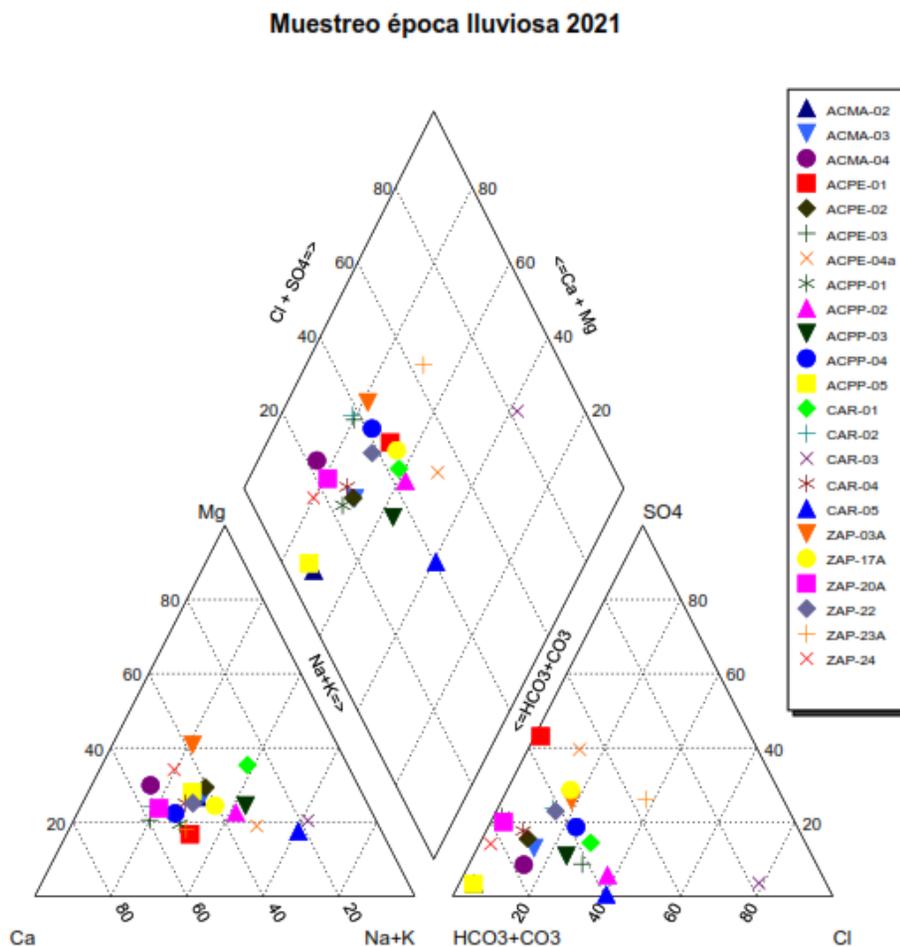


Figura 4.5 Representación en diagrama de Piper de la composición iónica de las muestras tomadas en sitios de monitoreo establecidos en la microcuenca del Río Agua Caliente correspondiente a la época lluviosa 2021.

Al interpretar los resultados de los diagramas de Piper se determina la clasificación del tipo de agua, para cada uno de los sitios muestreados; en la Tabla 4.3 se muestra dicha clasificación y además se presentan los diagramas de Stiff para cada muestra, los cuales ayudan a asimilar con mayor facilidad la tipología del agua de manera gráfica.

Tabla 4.3 Caracterización fisicoquímica del muestreo realizado en época lluviosa 2021, microcuenca del Río Agua Caliente.

Muestra	Tipo de Agua	Diagrama de Stiff	Muestra	Tipo de Agua	Diagrama de Stiff
ACPP-05	Bicarbonatada cálcica	<p>ACPP-05</p>	ACMA-02	Bicarbonatada cálcica	<p>ACMA-02</p>
ACMA-03	Bicarbonatada sódica	<p>ACMA-03</p>	ACMA-04	Bicarbonatada magnésica	<p>ACMA-04</p>
ACPE-01	Bicarbonatada cálcica	<p>ACPE-01</p>	ACPE-02	Bicarbonatada cálcica	<p>ACPE-02</p>
ACPE-03	Bicarbonatada sódica	<p>ACPE-03</p>	ACPE-04a	Bicarbonatada cálcica	<p>ACPE-04a</p>
ACPP-01	Bicarbonatada sódica	<p>ACPP-01</p>	ACPP-02	Bicarbonatada sódica	<p>ACPP-02</p>
ACPP-03	Bicarbonatada cálcica	<p>ACPP-03</p>	ACPP-04	Bicarbonatada cálcica	<p>ACPP-04</p>

Muestra	Tipo de Agua	Diagrama de Stiff	Muestra	Tipo de Agua	Diagrama de Stiff
CAR-01	Bicarbonatada magnésica		CAR-02	Bicarbonatada Cálctica	
CAR-03	Clorurada sódica		CAR-04	Bicarbonatada cálcica	
CAR-05	Bicarbonatada sódica		ZAP-03A	Bicarbonatada magnésica	
ZAP-17A	Bicarbonatada cálcica		ZAP-20A	Bicarbonatada cálcica	
ZAP-22	Bicarbonatada cálcica		ZAP-23A	Clorurada cálcica	
ZAP-24	Bicarbonatada cálcica				

Del total de muestras colectadas durante época lluviosa 2021, se puede decir según el gráfico circular de la Figura 4.6 que predominan aguas de tipo bicarbonatadas sumando un 92% del total de las muestras, con 57% de muestras bicarbonatadas cálcicas, 22% de muestras bicarbonatadas sódicas, 13% de muestras bicarbonatada magnésicas; en menor porcentaje se encuentran las aguas de tipo Clorurada cálcica con 4% de las muestras y cloruradas sódica con 4% de las muestras.



Figura 4.6 Gráfico circular de % de tipos de agua presentes para el muestreo durante época lluviosa 2021

Para tener una idea de la variabilidad espacial de en la química del del agua subterránea, en la microcuenca del Río Agua Caliente; en la Figura 4.7 se presenta en planta un mapa de los diagramas de Stiff, correspondiente al muestreo realizado durante época lluviosa 2021.

Con la finalidad de tener un dato de referencia, los resultados de las concentraciones de las sustancias químicas analizadas en laboratorio han sido comparados con el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14, que regula los requerimientos mínimos que debe cumplir el agua para consumo humano, cabe destacar que, entre los parámetros incluidos para este muestreo, no se han incluido todos los requeridos por el RTS.

En la Tabla 4.4, se muestran los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos analizados para el muestreo realizado en época lluviosa 2021. De entre las 23 muestras de agua subterránea analizadas, se han identificado que 13 que no cumplen con al menos un parámetro del RTS13.02.01:14 de agua para consumo humano, lo cuales se diferencian por un color azul en la tabla. También se puede observar los valores de electroneutralidad, diferenciándose con un color café los valores que, por su condición de conductividad eléctrica vs electroneutralidad, no cumplen con el error admisible.

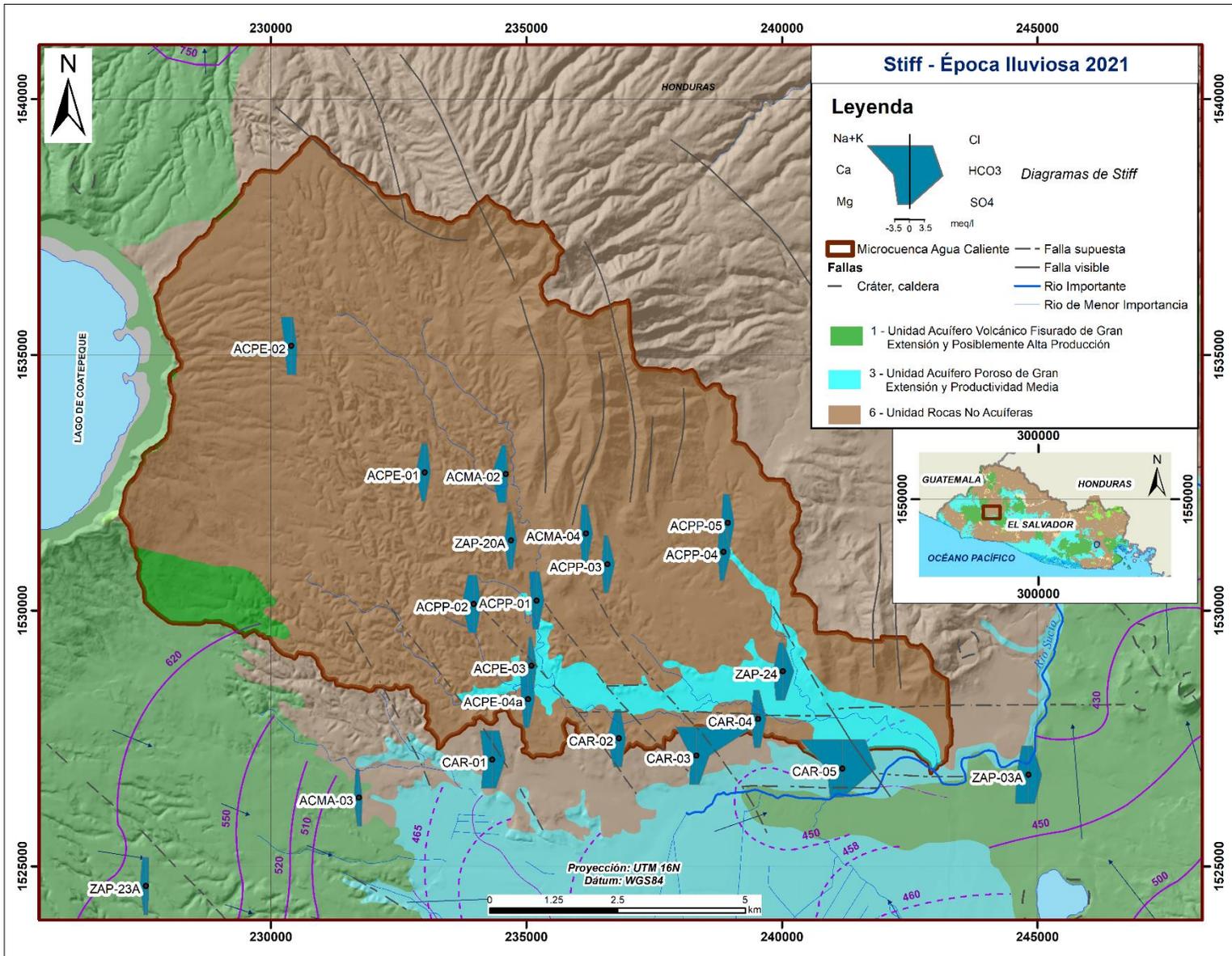


Figura 4.7 Diagramas de Stiff para época lluviosa 2021 de los sitios muestreados dentro y en el perímetro de la microcuenca Agua Caliente.

Tabla 4.4 Resultados Físicoquímicos de la campaña de muestreo realizada durante época lluviosa 2021 comparada con el Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS 123.02.01:14)

Parámetro \ Muestra	RTS 123.02.01:14	ACPP-05	ACMA-02	ACMA-03	ACMA-04	ACPE-01	ACPE-02	ACPE-03	ACPE-04a	ACPP-01	ACPP-02
pH	6 – 8.5	7.595, 17.7°C	7.13, 16.7°C	7.49, 17.1°C	6.805, 17.2°C	7.24S, 17.6°C	6.93, 17.3°C	6.97, 17.2°C	6.745, 18°C	7.19, 16°C	7.145, 16.7°C
Conductividad Eléctrica (µsiemens/cm)	-	286.9	359.65	118.00	207.30	333.60	352.75	345.15	193.5	473.55	429.55
Salinidad (ppt)	-	0.19	0.22	0.11	0.15	0.21	0.22	0.21	0.14	0.28	0.25
Alcalinidad (mg/l)	-	121.99	112.95	40.66	58.74	112.95	99.40	99.40	85.85	137.80	128.77
Bicarbonatos (mg/l)	-	121.99	112.95	40.66	58.74	112.95	99.40	99.40	85.85	137.80	128.77
Boro (mg/l)	2.4	<0.02	0.15	<0.02	<0.02	0.11	0.66	0.18	<0.02	0.68	0.60
Calcio (mg/l)	-	34.870	38.280	82.280	28.300	35.110	51.660	39.450	27.650	40.290	32.260
Carbonatos (mg/l)	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cloruros (mg/l)	-	2.96	13.56	4.44	0.99	10.84	27.85	16.76	1.48	44.36	28.34
Dureza Total (mg/l)	500	140.28	158.58	317.37	93.77	151.00	173.37	156.32	94.76	163.80	141.09
Flúor (mg/l)	1.5	0.23	0.27	0.53	0.16	0.26	0.03	0.24	0.21	0.33	0.42
Fosfatos (mg/l)	-	<0.02	0.27	2.05	1.26	<0.02	4.07	<0.02	0.09	0.22	0.17
Hierro (mg/l)	0.30	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009
Magnesio (mg/l)	-	12.95	15.330	27.240	5.630	15.410	10.810	14.070	6.264	15.380	14.730
Manganeso (mg/l)	0.10	<0.024	<0.024	<0.024	<0.024	<0.024	0.688	<0.024	<0.024	<0.024	<0.024
Nitratos (mg/l)	50.00	1.35	16.29	2.75	10.63	25.19	14.26	15.14	4.87	1.67	12.85
Potasio (mg/l)	-	7.803	6.088	7.253	4.214	3.744	2.048	4.728	5.537	9.457	5.866
Sílice (mg/l)	-	111.35	101.75	107.61	97.77	101.92	73.59	115.18	114.07	116.04	100.33
Sólidos Disueltos Totales (ppm)	1000	141.05	176.70	58.32	102.10	164.05	173.35	169.60	95.33	232.55	211.00
Sodio (mg/l)	-	22.330	28.570	22.490	18.200	27.770	18.590	28.290	13.980	48.010	45.830
Sulfatos (mg/l)	250.0	<7	16	<7	36	19	11	66	19	9	17
Arsénico (mg/l)	0.01	<0.000177	0.012000	<0.000177	<0.000177	0.016000	<0.000177	0.029000	<0.000177	0.016000	0.081000
Electroneutralidad %	-	27.44	23.06	76.26	18.15	18.36	19.66	24.00	15.48	24.35	16.67

Parámetro \ Muestra	RTS 123.02.01:14	ACPP-03	ACPP-04	CAR-01	CAR-02	CAR-03	CAR-04	CAR-05	ZAP-03A	ZAP-17A	ZAP-20A
pH	6 – 8.5	6.76, 16.5°C	7.47, 17.8°C	7.42, 19.1°C	7.385, 17.1°C	7.57, 17.3°C	7.42, 16.8°C	7.96, 16.7°C	6.99, 15.4°C	7.035, 14.9°C	6.915, 18.4°C
Conductividad Eléctrica (µsiemens/cm)	-	512.95	276.25	815.15	507.45	892.85	373.65	1789.5	869.45	1099	314.1
Salinidad (ppt)	-	0.30	0.18	0.45	0.29	0.49	0.23	0.95	0.47	0.59	0.20
Alcalinidad (mg/l)	-	131.03	126.51	234.95	119.73	228.17	142.32	596.40	232.69	332.09	97.14
Bicarbonatos (mg/l)	-	131.03	126.51	234.95	119.73	228.17	142.32	596.40	232.69	332.09	97.14
Boro (mg/l)	2.4	<0.02	<0.02	1.28	0.15	3.08	0.21	5.22	0.24	0.21	0.04
Calcio (mg/l)	-	69.120	34.140	48.49	67.66	35.100	44.720	89.330	71.110	97.930	40.080
Carbonatos (mg/l)	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cloruros (mg/l)	-	30.31	2.96	70.24	16.51	592.25	11.09	234.14	44.36	59.15	2.46
Dureza Total (mg/l)	500	246.56	138.87	283.09	239.87	186.69	169.84	400.29	367.38	391.51	142.62
Flúor (mg/l)	1.5	0.25	0.25	0.48	0.41	0.48	0.23	0.35	0.74	0.64	0.26
Fosfatos (mg/l)	-	<0.02	0.13	0.07	3.26	0.50	0.14	0.16	<0.02	4.86	<0.02
Hierro (mg/l)	0.30	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	0.136	0.643	<0.009	1.728	<0.009
Magnesio (mg/l)	-	18.01	13.050	39.400	17.270	24.090	14.160	43.120	46.170	35.770	10.360
Manganeso (mg/l)	0.10	<0.024	<0.024	<0.024	<0.024	0.166	<0.024	0.055	<0.024	1.854	<0.024
Nitratos (mg/l)	50.00	24.85	1.76	7.46	87.77	2.35	26.05	<1.33	87.73	8.61	33.83
Potasio (mg/l)	-	10.250	6.879	13.440	15.520	19.800	2.899	34.850	14.460	35.320	4.438
Sílice (mg/l)	-	108.19	110.48	90.26	63.05	93.25	98.90	133.88	86.79	92.76	102.37
Sólidos Disueltos Totales (ppm)	1000	251.80	135.85	399.95	249.15	438.00	183.60	877.30	426.55	539.00	154.40
Sodio (mg/l)	-	33.32	19.900	72.620	16.090	126.000	27.21	261.900	36.560	76.880	14.610
Sulfatos (mg/l)	250.0	33	<7	47	36	36	14	<7	85	137	20
Arsénico (mg/l)	0.01	0.011000	<0.000177	0.125000	<0.000177	0.074000	<0.000177	0.067000	0.021000	0.028000	<0.000177
Electroneutralidad %	-	23.61	23.89	12.89	12.02	37.80	11.91	8.69	5.66	8.64	15.39

Parámetro \ Muestra	RTS 123.02.01:14	ZAP-22	ZAP-23A	ZAP-24
pH	6 – 8.5	7.01, 14.5°C	6.81, 17.7°C	7.52, 17.1°C
Conductividad Eléctrica (µsiemens/cm)	-	567.7	342.6	453.6
Salinidad (ppt)	-	0.32	0.21	0.27
Alcalinidad (mg/l)	-	160.40	47.44	194.28
Bicarbonatos (mg/l)	-	160.40	47.44	194.28
Boro (mg/l)	2.4	0.20	0.02	0.15
Calcio (mg/l)	-	52.990	34.260	55.950
Carbonatos (mg/l)	-	0.00	0.00	0.00
Cloruros (mg/l)	-	23.66	28.84	3.94
Dureza Total (mg/l)	500	204.34	115.61	242.33
Flúor (mg/l)	1.5	0.27	0.29	0.33
Fosfatos (mg/l)	-	<0.02	<0.02	0.09
Hierro (mg/l)	0.30	<0.009	<0.009	<0.009
Magnesio (mg/l)	-	17.530	7.323	24.970
Manganeso (mg/l)	0.10	<0.024	<0.024	<0.024
Nitratos (mg/l)	50.00	31.76	35.75	13.36
Potasio (mg/l)	-	8.775	5.811	16.830
Sílice (mg/l)	-	90.58	113.90	77.04
Sólidos Disueltos Totales (ppm)	1000	278.70	168.40	222.75
Sodio (mg/l)	-	33.260	20.110	17.240
Sulfatos (mg/l)	250.0	47	27	26
Arsénico (mg/l)	0.01	0.017000	0.015000	<0.000177
Electroneutralidad %	-	8.87	9.68	19.22

**Los números en color azul, corresponden a los valores que exceden el límite establecido por el RTS y los números en color café corresponden a las muestras que no cumplen con el error admisible por su condición de Electroneutralidad vs. Conductividad eléctrica.*

4.2. ANÁLISIS DE AFOROS DISPONIBLES

Dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente, se han realizado aforos, tanto en la zona de salida hacia el Río Sucio, como de los aportes individuales de ríos y quebradas tributarias; en la Figura 4.8 se muestra el mapa de los puntos de aforos históricos realizados en la microcuenca del Río Agua Caliente. Sin embargo, en este caso solo se utilizarán los datos de los aforos realizados en la salida del Río Agua Caliente. Dicho punto de aforo se encuentra aproximadamente en las coordenadas Latitud: 13.8056, Longitud: -89.3784, sitio conocido dentro de la base de datos como Aguacatal. Los datos de aforo para diferentes meses y según año se muestran en la Tabla 4.5, la cual muestra el caudal en m^3/s .

Tabla 4.5 Caudales resultantes de aforos realizados a la salida de la microcuenca del Río Agua Caliente en m^3/s . Fuente: Base histórica Hidrología-DOA-MARN

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1999								1.682				
2000			1.063									
2010												2.882
2011		1.396	1.512									
2021				0.952								
Promedio		1.396	1.288	0.952				1.682				2.882

4.2.1. Estimación caudales medios mensuales

Para estimar los caudales promedio mensuales restantes, se procede con base a la metodología de regionalización de caudales, establecida por Erazo (2004). Estimando inicialmente el caudal medio anual en función del área de la microcuenca en estudio (113 km^2); el área en dicha ecuación debe ser introducida en km^2 , y los resultados de caudal se obtienen en m^3/s de la siguiente manera:

$$Q = 2 \times 10^{-6} * A^2 + 0.0156 * A + 0.0944 \quad \text{ec. 3}$$

$$Q = 2 \times 10^{-6} * (113)^2 + 0.0156 * (113) + 0.0944 = \frac{1.88m^3}{s}$$

A partir de este valor de caudal medio anual, se procede a estimar el caudal promedio mensual; en la Tabla 4.6 se muestran los resultados, y se comparan con los datos de aforos realizados por el MARN en la salida de la microcuenca del Río Agua Caliente.

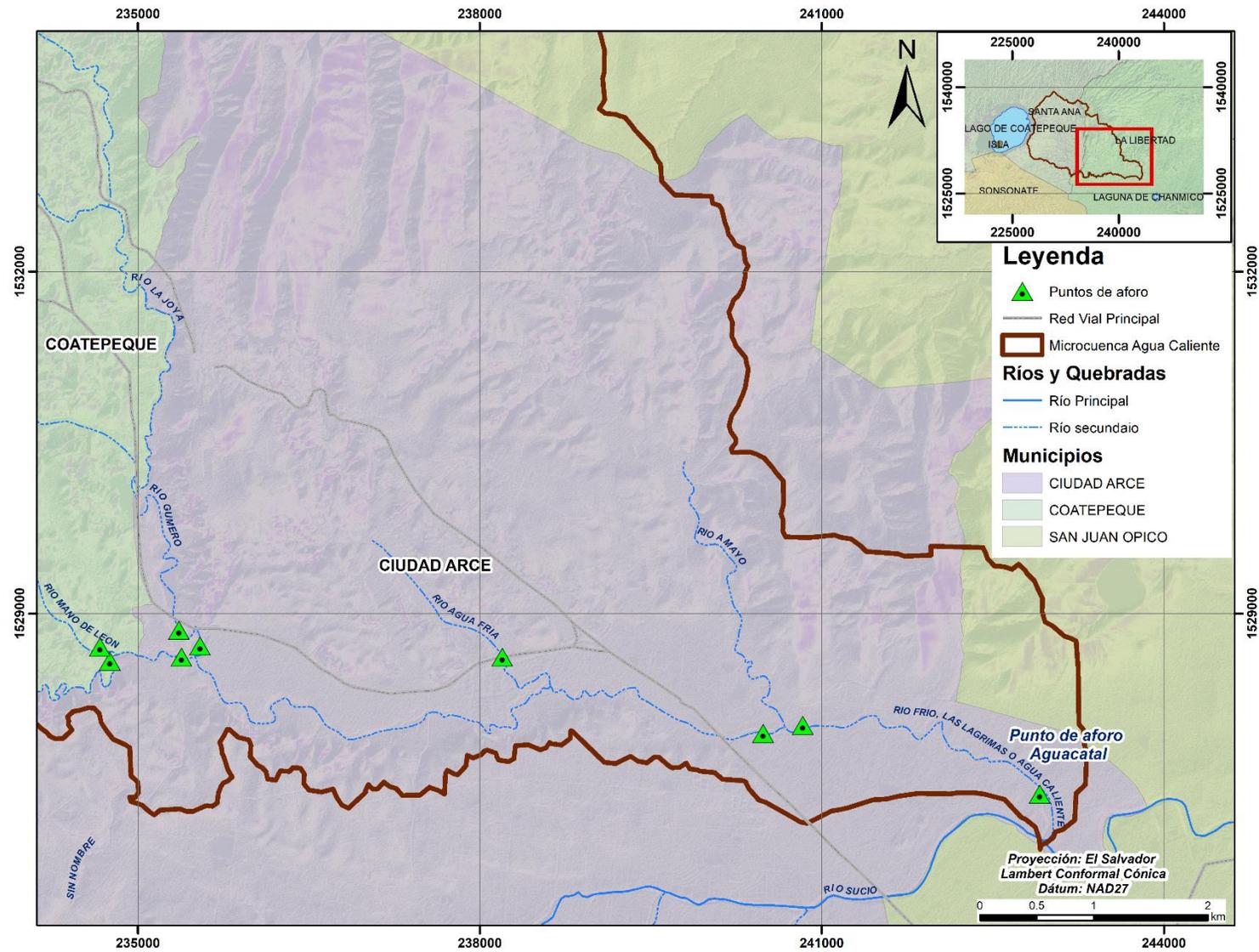


Figura 4.8 Mapa de ubicación de sitios de aforo históricos realizados por el MARN. Fuente: Elaboración propia basado en descripción de ubicación de aforos, base de datos de aforos MARN.

Tabla 4.6 Comparación de caudales medidos con respecto a los estimados por el método de regionalización de caudales según Erazo (2004)

Valor	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Promedio de datos existentes		1.396	1.289	0.952				1.862				2.882
% distribución mensual de caudales	49.55	46.97	44.99	47.87	67.07	123.54	151.7	171.84	218.65	153.68	70.02	54.11
Estimación de caudal medio mensual	0.93	0.88	0.85	0.90	1.26	2.33	2.86	3.24	4.12	2.89	1.32	1.02

En la Tabla 4.6, se observan algunas diferencias apreciables, del caudal estimado respecto al promedio de los caudales medidos. Estas diferencias podrían estar asociadas con la poca cantidad de aforos que se han realizado en este punto, que pueden no ser necesariamente representativos para la microcuenca. Sin embargo, si se observan los resultados para el aforo realizado en abril de 2021, el resultado de caudal obtenido se aproxima mucho al caudal observado ($0.9 \text{ m}^3/\text{s}$ respecto a $0.952 \text{ m}^3/\text{s}$).

4.2.2. Estimación del caudal base

Como es de nuestro interés conocer el caudal base que naturalmente aporta el acuífero al río, en este caso se estimó por medio del método de la pendiente variable, el cual se realiza de manera gráfica, donde la curva del flujo base antes de que se inicie la escorrentía superficial se extrapola hacia adelante hasta alcanzar el tiempo de pico de caudal, y la curva de flujo base después de que ha cesado la escorrentía superficial se extrapola hacia atrás hasta el momento del punto de inflexión en el segmento de recesión; luego se utiliza una línea recta para conectar los extremos de las líneas que se extrapolan (Chow, Maidment, & Mays , 1994).

El análisis gráfico para la estimación del caudal base se muestra en la Figura 4.9, en la cual, la línea amarilla, representa la variación del caudal base en la microcuenca del río Agua Caliente, y la línea azul representa los caudales mensuales promedio, estos datos se muestran en la Tabla 4.7.

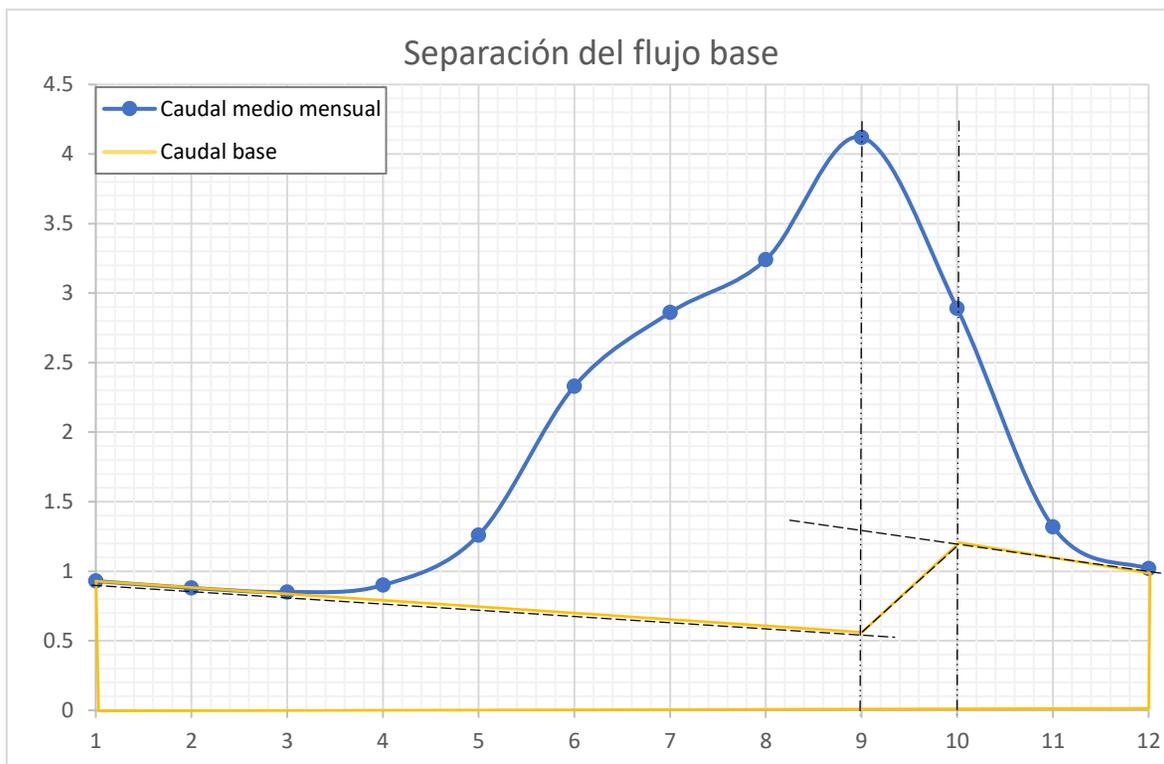


Figura 4.9 Grafico de caudales medios mensuales y caudal base a la salida del río Agua Caliente

Tabla 4.7 Variación de caudal promedio mensual, respecto al caudal base estimado

Valor	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Estimación de caudal medio mensual	0.93	0.88	0.85	0.90	1.26	2.33	2.86	3.24	4.12	2.89	1.32	1.02
Caudal base	0.93	0.88	0.83	0.78	0.73	0.68	0.63	0.58	0.53	1.20	1.10	1.00

El caudal base estimado promedio para todo el año resulta en $0.8225 \text{ m}^3/\text{s}$, que al realizar el cálculo para todo el año se obtiene un volumen de descarga de $25,956,126 \text{ m}^3/\text{año}$; dato que representa la salida o aporte natural del acuífero al río en el balance hídrico.

4.3. BALANCE HÍDRICO

El cálculo del alcance hídrico fue realizado aplicando la metodología de Schosinsky (2006), la cual ha sido sistematizada por El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en una herramienta de ArcGIS (toolbox) que sintetiza las ecuaciones para el cálculo de la recarga potencial establecidos por la metodología de Schosinsky (2006) a través de álgebra de mapas de capas ráster, utilizando los parámetros involucrados para este cálculo. A continuación, se

presentan la información utilizada para el cálculo del balance hídrico que se obtuvo a través de la gestión de información, así como de los resultados de las pruebas de infiltración realizadas en campo.

4.3.1. Precipitación y ETP

La precipitación mensual, así como de evapotranspiración potencial mensual del promedio multianual, la cual ha sido obtenida de la serie de datos de estaciones meteorológicas del MARN de 1965 al 2012, generado por métodos de interpolación los ráster de la distribución espacial de la precipitación y evapotranspiración potencial por cada mes.

La precipitación anual dentro de la microcuenca es en promedio de 1629.10 mm/año , lo que significaría un volumen de $184.08 \text{ mill m}^3/\text{año}$. Los valores de precipitación mínima de dentro de la microcuenca son de 1568.84 mm/año y la precipitación máxima es de 1768.25 mm/año ; El mapa ráster de precipitación acumulada anual se muestra en la Figura 4.10.

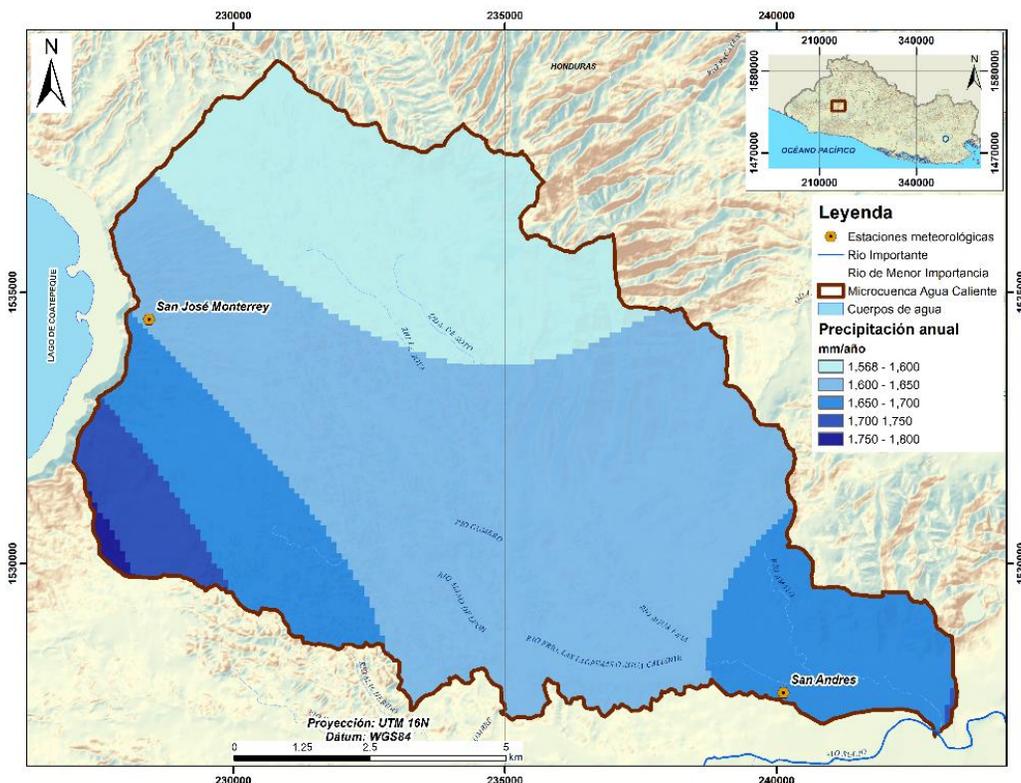


Figura 4.10 Mapa de distribución de la precipitación anual acumulada dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente.

La evapotranspiración potencial anual dentro de la microcuenca es en promedio de 1509.80 mm/año, una mínima de 1309.00 mm/año y máxima de 1646.63 mm/año; El mapa ráster de la evapotranspiración potencial se muestra en la Figura 4.11. Cabe destacar que esta no es la evapotranspiración real, debe ser mucho menor, ya que se calcula a partir diversas variables, incluyendo la evapotranspiración potencial, por lo que pudiera aparentar que los valores de evapotranspiración potencial sean muy elevados, acercándose a los valores de precipitación anual.

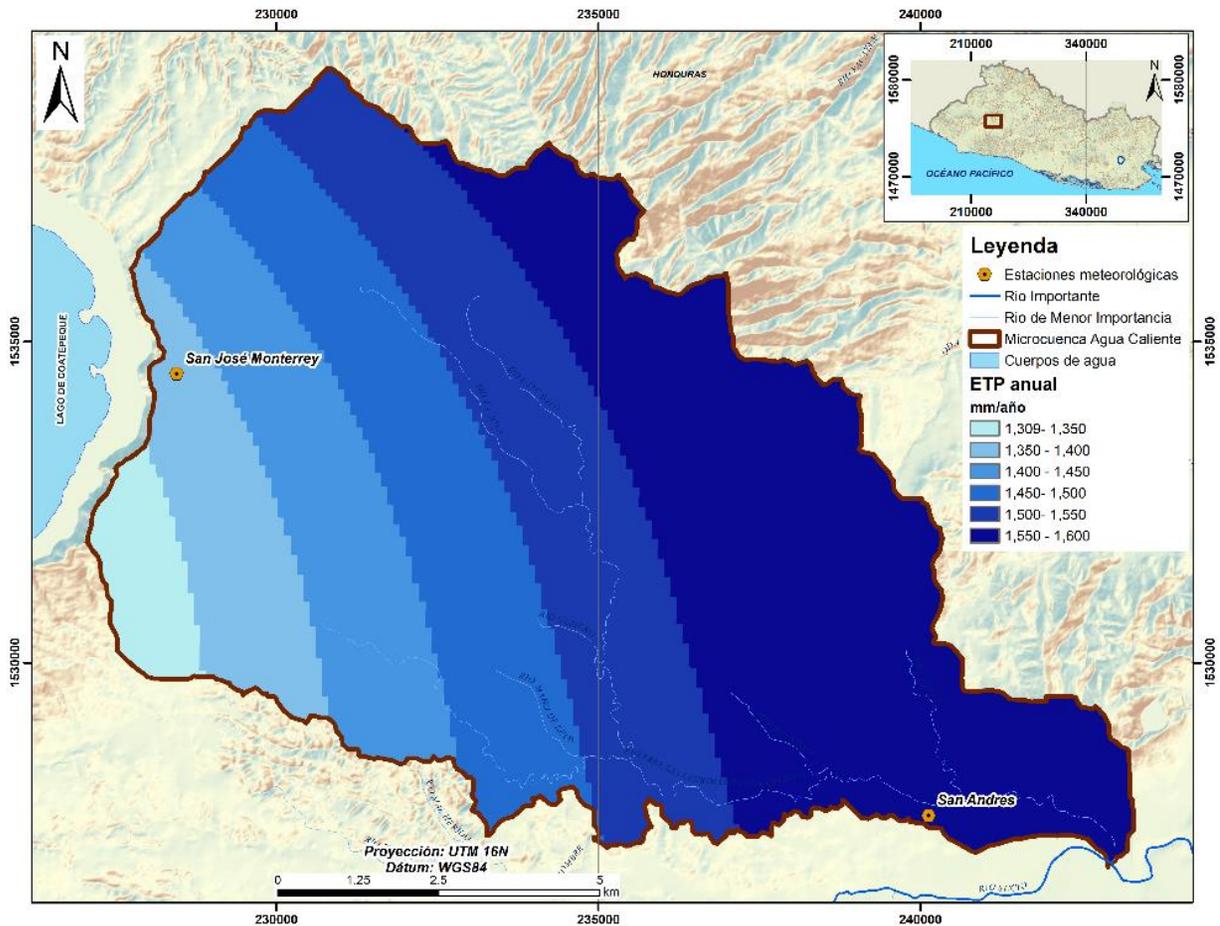


Figura 4.11 Mapa de distribución de la ETP anual acumulada dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente.

Las otras capas ráster necesarias, han sido definidas para el país, teniendo como base, mapas geológicos, de uso de suelo, pendientes entre otros. A partir de esto se han establecido las capas ráster de los coeficientes de infiltración por vegetación y por pendiente, así como los valores de profundidad de raíz, capacidad de campo, punto de marchites permanente y densidad aparente.

4.3.2. Coeficiente de infiltración por textura de suelo (Kfc)

Por ser de interés obtener mayor detalle dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente, el ráster del coeficiente de infiltración por textura de suelo se calculó a partir de los resultados obtenidos de las pruebas de infiltración realizadas en campo dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente.

A partir de los resultados de conductividad hidráulica, se puede determinar el coeficiente de infiltración por textura del suelo Kfc según Schosinsky & Losilla (2000), para dicho cálculo se requieren los valores de conductividad hidráulica o infiltración básica fc (también llamado kfs), a partir del cual se calcula el coeficiente de infiltración por textura de suelo.

Los resultados de las pruebas de infiltración realizadas en campo se muestran en la Tabla 4.8 y las tablas del análisis para dicho cálculo se muestran en el anexo 2. A partir de estos datos se procedió a realizar una interpolación por el método del inverso de la distancia ponderada y en conjunto con el ráster de unidades geológicas se realizó un estadístico zonal para asignar los valores de Kfc en los píxeles del ráster. El mapa ráster resultado de este proceso se muestra en la Figura 4.12, también en dicho mapa puede apreciar los valores de infiltración básica obtenida en milímetros por día de cada prueba de infiltración realizada dentro de la microcuenca del río Agua Caliente.

Tabla 4.8 Resultados de las pruebas de infiltración realizadas dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente

Código	Fecha	Lat.	Long.	Tasa h 5cm [cm/min]	Tasa h10cm [cm/min]	Tasa h12cm [cm/min]	Kfs [cm/min]	Kfs [mm/h]	Kfs [mm/día]
AC-PIGh-01	9/6/2021	13.84642	-89.45764	0.5	1.2	-	0.0314	18.8400	452.1600
AC-PIGh-02	9/6/2021	13.88491	-89.49525	6	6.11	-	0.2481	148.8464	3572.3125
AC-PIGh-03	9/6/2021	13.81640	-89.44637	2.1	1.9	-	0.0831	49.8745	1196.9886
AC-PIGh-04	9/6/2021	13.85757	-89.44302	0.2	0.3	-	0.0098	5.8589	140.6141
AC-PIGh-05	9/6/2021	13.83452	-89.44514	1.5	3.4	-	0.0911	54.6545	1311.7079
AC-PIGh-06	10/6/2021	13.82812	-89.44596	-	0.1	-	0.0031	1.8600	44.6400
AC-PIGh-07	10/6/2021	13.82711	-89.41966	0	0	-	-	-	-
AC-PIGh-08	10/6/2021	13.82722	-89.42060	-	0.1	-	0.0031	1.8631	44.7135
AC-PIGh-09	10/6/2021	13.81692	-89.40289	0.5	0.8	-	0.0252	15.1131	362.7135
AC-PIGh-10	11/6/2021	13.82258	-89.38155	0.1	0.3	-	0.0072	4.3268	103.8421
AC-PIGh-11	11/6/2021	13.85100	-89.48999			0.0067	0.0002	0.1067	2.5612
AC-PIGh-12	11/6/2021	13.80491	-89.39564	0.1	0.1	-	0.0041	2.4637	59.1287

Código	Fecha	Lat.	Long.	Tasa h 5cm [cm/min]	Tasa h10cm [cm/min]	Tasa h12cm [cm/min]	Kfs [cm/min]	Kfs [mm/h]	Kfs [mm/día]
AC-PIGh-13	3/5/2019	13.84061	-89.46250	3.5	4	-	0.1515	90.8870	2181.2870

En la prueba de infiltración AC-PIGh-07, se obtuvieron tasas de infiltración nulas; las cuales se asocian a texturas arcillosas; por lo que se consideró un valor de tabla según Deras Cortez (2003) con un valor de Kfc de 2.55 mm/día en dicho punto.

Cabe destacar que los valores de capacidad de campo (CC), densidad de suelo (DS), punto de marchites permanente (PMP) y humedad inicial de suelo (HSi) se asignaron también con base al ráster de unidad geológicas, utilizando los criterios definidos por Schosinsky (2006).

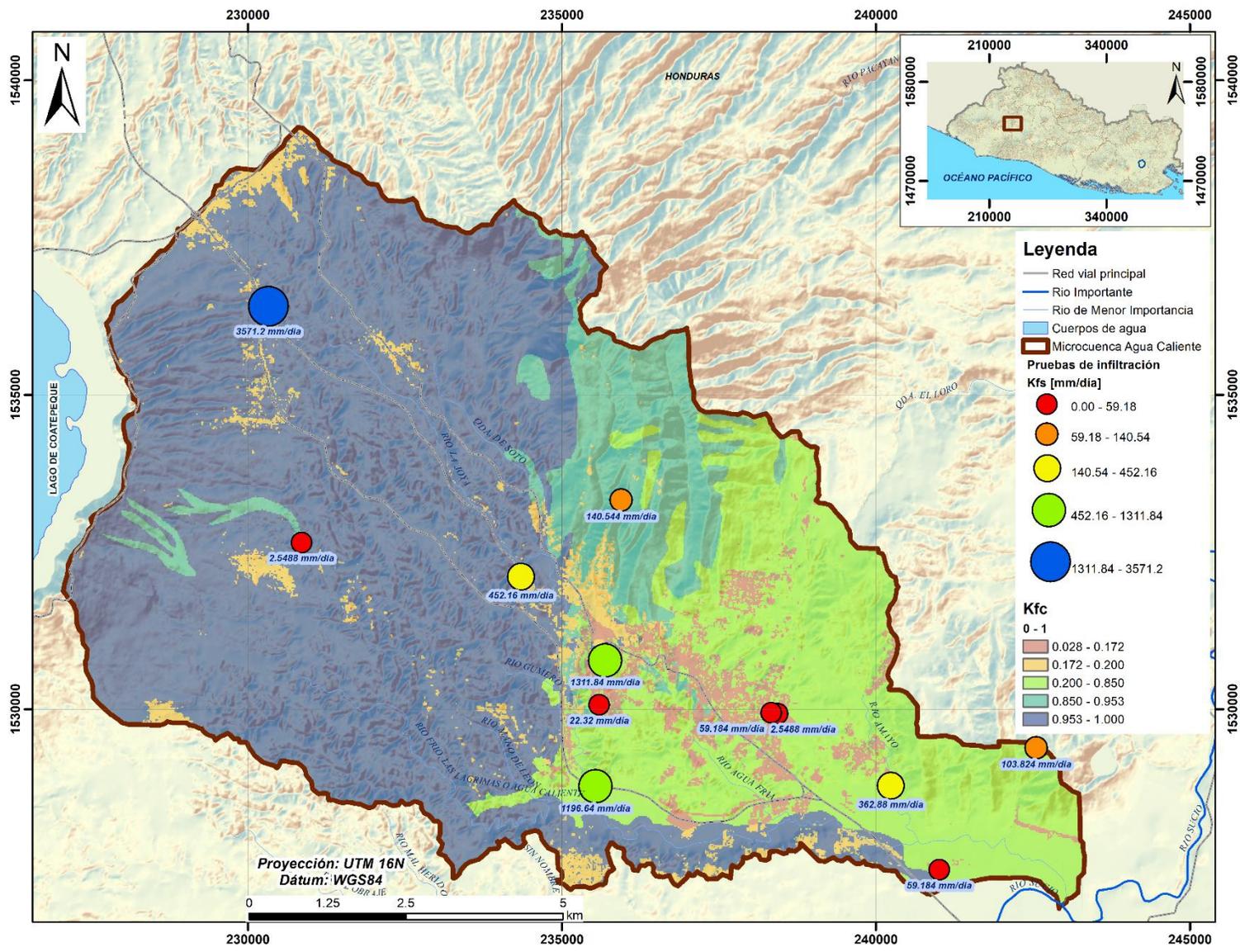


Figura 4.12 Mapa ráster de coeficiente Kfc, generado a partir de los resultados de las pruebas de infiltración

4.3.3. Coeficiente de infiltración por vegetación

Para asignar el coeficiente de infiltración, se emplea el mapa de usos del suelo de El Salvador, del año 2011 (revisado en 2015). Como se mostró en la Tabla 2.4 respecto al coeficiente de infiltración por vegetación; y la Tabla 2.5, referente a la profundidad de raíces, para aplicar la metodología de Schosinsky (2006), se ha asignado según el mapa de uso de suelo los valores que se muestran en la Tabla 4.9, la cual incluye información asignada de la profundidad de raíces, los valores de retención por follaje (**cfo**) y coeficiente de infiltración por vegetación. Cabe mencionar que se modificó el coeficiente de infiltración previamente definido para cafetales y café sin sombra, que tenía asignado un valor de 0.10 y se modificó en el ráster de coeficiente de vegetación por 0.18. El mapa de coeficiente de infiltración por vegetación se muestra en la Figura 4.13.

Tabla 4.9 Coeficiente de infiltración por vegetación y profundidad de raíces adaptada a la cartografía de usos del suelo

Valor ráster	Significado	Kv	Prof. Raíces (mm)	cfo
1	Bosque latifoliado perennifolio maduro	0.20	2,500	0.20
2	Bosque secundario	0.20	2,500	0.20
4	Bosque latifoliado caducifolio maduro	0.20	2,500	0.20
5	Bosque de coníferas	0.20	2,500	0.20
9	Agrícola	0.10	800	0.12
10	Suelo desnudo	0	0	0
11	Agua	0	0	0
12	Granos básicos maíz fríjol	0.10	600	0.12
13	Arroz	0.10	600	0.12
14	Cultivos de frutales	0.10	1,600	0.12
15	Pastos naturales y cultivados	0.18	1,500	0.12
16	Caña de azúcar	0.10	1,200	0.12
17	Hortalizas	0.10	500	0.12
19	Cafetales	0.18	2,500	0.12
99	Café sin sombra	0.18	2,500	0.12
121	Otros cultivos	0.10	800	0.12

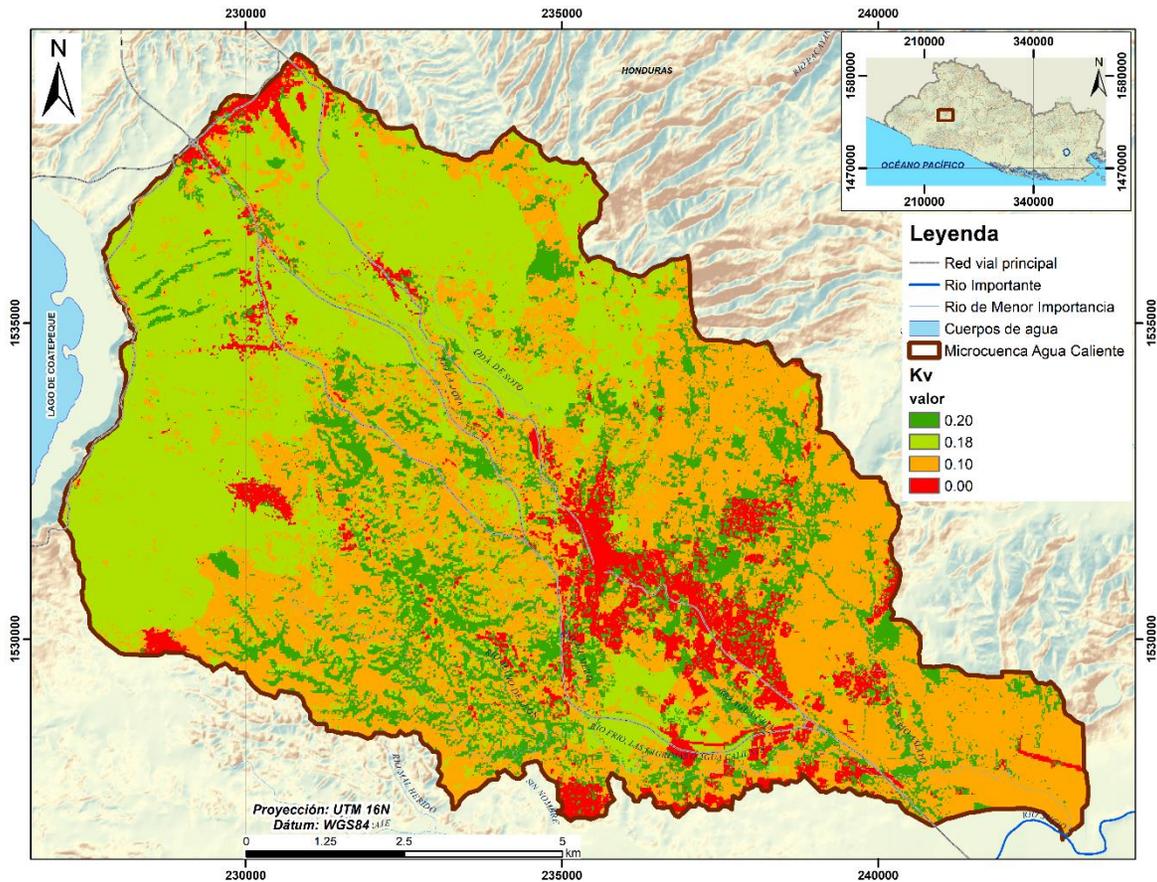


Figura 4.13 Distribución espacial de coeficientes de infiltración asignados con base al mapa de uso de suelo dentro de la microcuenca del río Agua Caliente.

4.3.4. Coeficiente de infiltración por pendientes de suelo

Para determinar el ráster de coeficientes de infiltración por pendiente de suelos, se utilizó el modelo de elevación digital (DEM) con resolución de 10 metros por píxel del MARN, a partir del cual se calculó el porcentaje de pendiente; posteriormente se realizó una selección por rangos de pendientes según se mostró en la Tabla 2.4, asignando para cada rango de pendiente, sus respectivos valores de coeficiente de infiltración por pendiente. el mapa de la distribución espacial para el coeficiente de infiltración por pendiente puede apreciarse en la Figura 4.14.

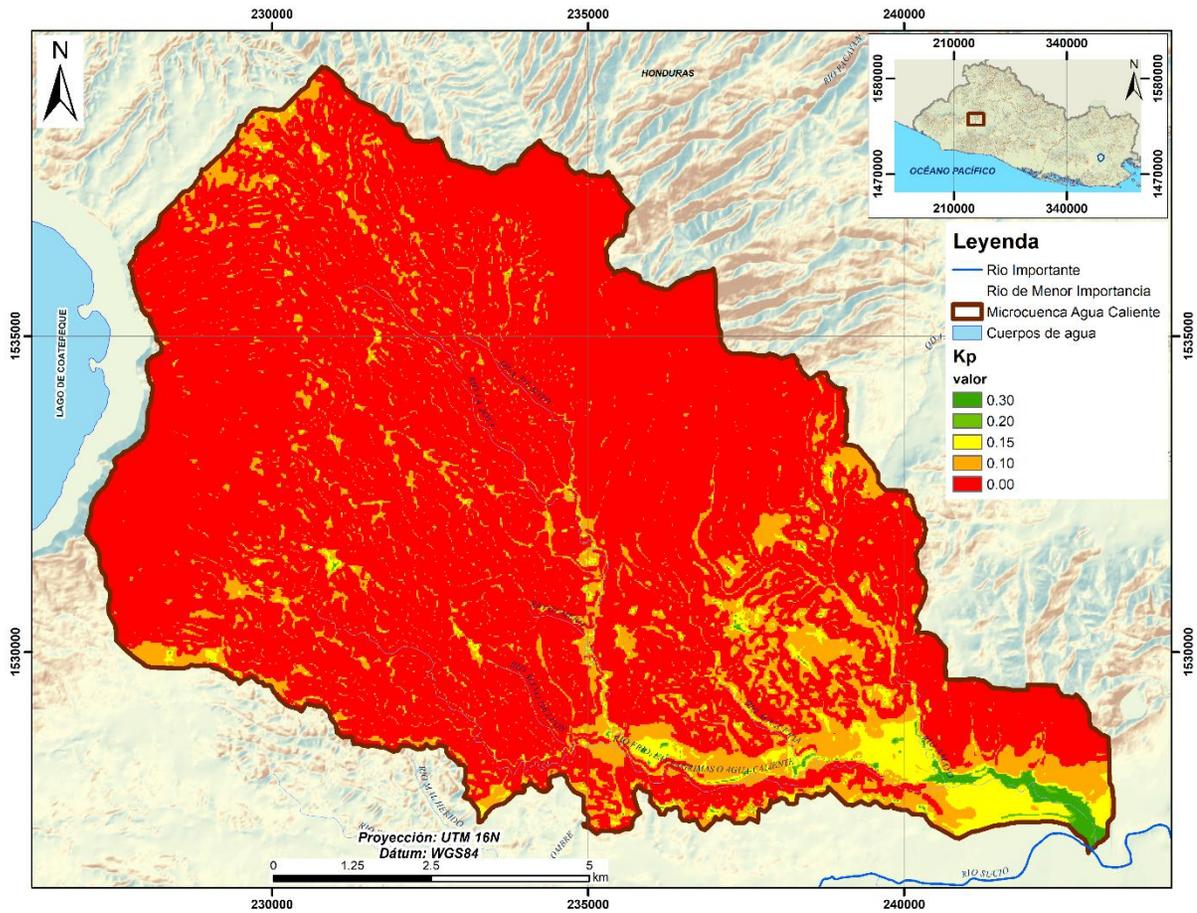


Figura 4.14 Mapa ráster de distribución espacial del coeficiente de infiltración por pendiente del suelo dentro de la microcuenca del río Agua Caliente.

4.3.5. Recarga potencial al acuífero

Al realizar los cálculos se obtiene el ráster de recarga potencial anual mostrado en la Figura 4.15, con rangos de recarga para cada píxel que van desde 0 *milímetros anuales*, hasta los 770 *milímetros anuales*, existiendo algunos valores aislados cercanos a los 962 *milímetros anuales*.

La recarga en promedio para el área de la microcuenca del Río Agua Caliente es de 465.09 *milímetros anuales*; obteniendo valores de volumen anual para esta microcuenca de la siguiente manera:

$$465.09 \frac{\text{mm}}{\text{año}} \times \frac{1\text{m}}{1000\text{mm}} \times 1.13 \times 10^8 \text{m}^2 = 52.55517 \text{mill} \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

A partir del cálculo anterior se puede estimar una recarga potencial de 52.555 millones de metros cúbicos anuales.

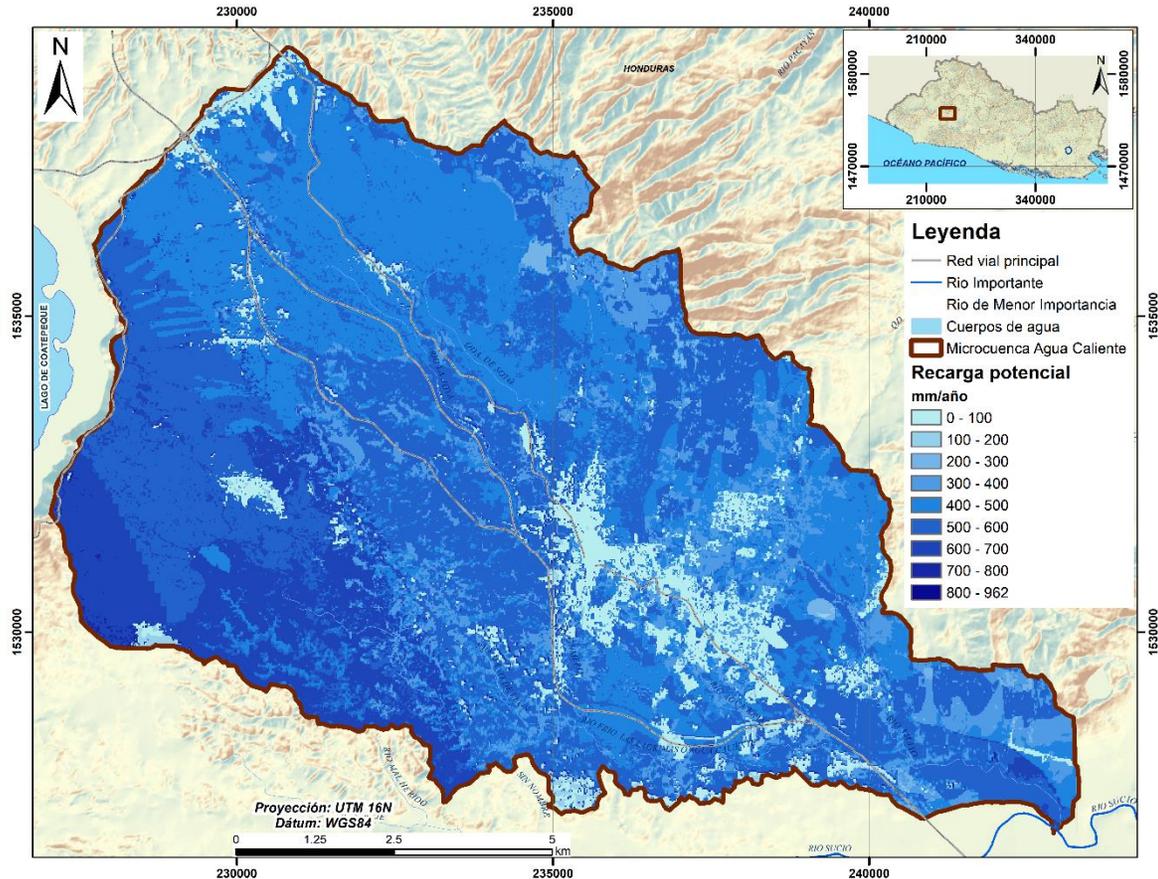


Figura 4.15 Mapa ráster, resultado del cálculo de la recarga potencial al acuífero.

4.4. EXTRACCIONES REPORTADAS EN LA ZONA DE ESTUDIO

Para fundamentar las extracciones se ha tomado como referencia algunos datos de producción para los municipios de Ciudad Arce, Coatepeque y El Congo, considerando que estos son los principales municipios que se abastecen de agua dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente, a pesar que existe la limitante que no toda el agua contabilizada provenga de fuentes dentro de la microcuenca, y desconociendo el consumo que pueda existir por la industria, juntas administradoras de agua entre otros, se estima un consumo de 1.6 millones de metros cúbicos de agua; esto tomando en cuenta únicamente reportes de extracciones realizadas por ANDA (ver Tabla 4.10).

Tabla 4.10 Valores del consumo de agua para el mes de diciembre 2017 en los municipios principales que se encuentran dentro de la microcuenca agua caliente y proyección anual con base al dato registrado para el mes de diciembre (ANDA, 2018)

Municipio	Consumo mensual (m³/mes)	Consumo anual (m³/año)
Ciudad Arce	61,400	736,800
El Congo	47,300	567,600
Coatepeque	25,500	306,000
Total	134200	1,610,400

4.5. VARIACIÓN DE ALMACENAMIENTO EN LAGO DE COATEPEQUE

Uno de los cuerpos de agua más importantes de El Salvador y que se encuentra en las cercanías de la microcuenca del río Agua Caliente es el Lago de Coatepeque, el cual posee una gran capacidad de almacenamiento hídrico. Posee una cuenca cerrada; que drena las aguas hacia sí mismo y el cual de manera superficial no posee una salida que drene sus aguas. Al indagar sobre el comportamiento de la microcuenca del río Agua Caliente, se vuelve de interés conocer la variación del volumen en dicho cuerpo de agua, por lo que se ha gestionado con el MARN, información referente a la variación de niveles en el lago; así como la batimetría de este. En la Figura 4.16 se muestra el mapa de la batimetría del Lago de Coatepeque y topografía de la microcuenca del río Agua Caliente; así como la ubicación de la estación de monitoreo de niveles del MARN, ubicada en el Lago de Coatepeque.

La estación de medición de niveles del MARN se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas Latitud: 13.837595, Longitud: -89.568979, a una elevación aproximada de 739.92 *msnm*.

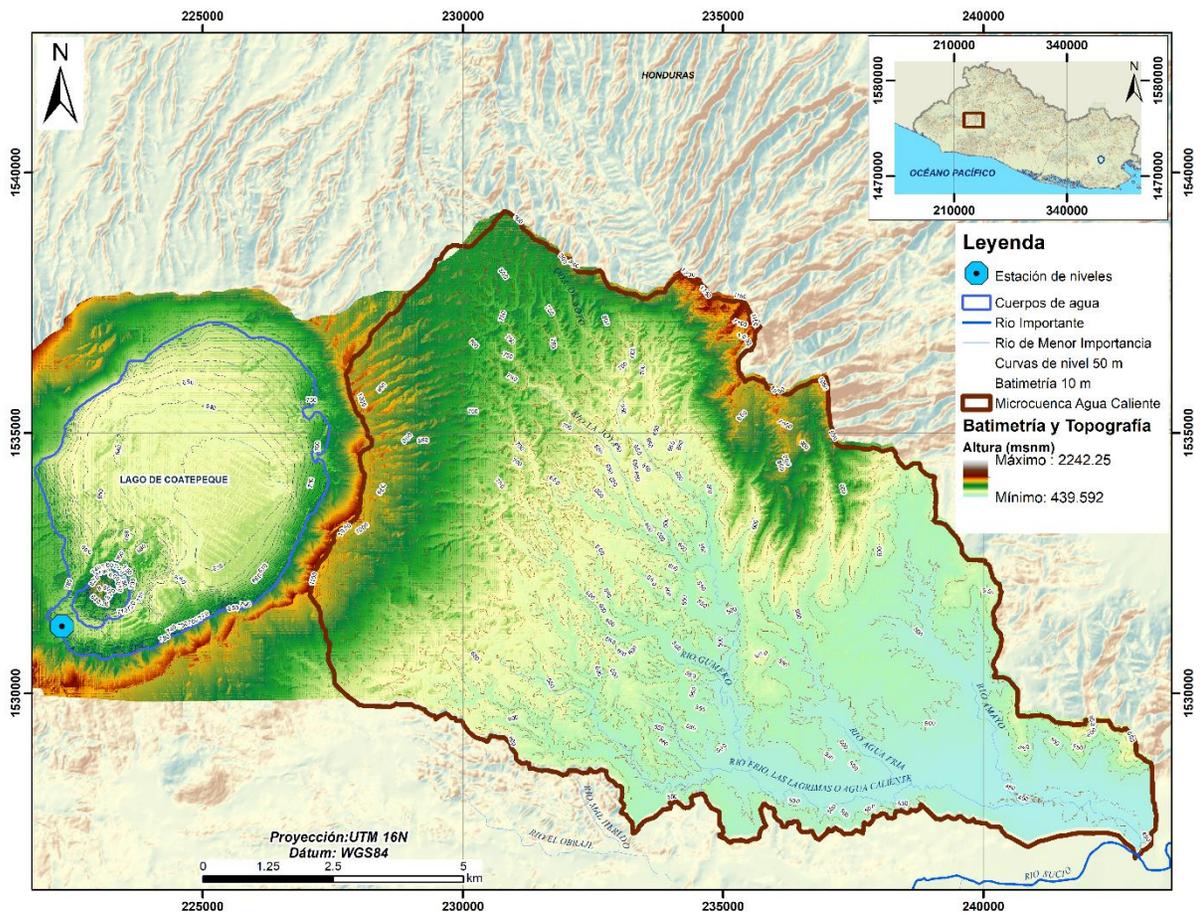


Figura 4.16 Mapa de ubicación de estación de medición de niveles del MARN, batimetría del Lago de Coatepeque y Topografía en la microcuenca del río Agua Caliente.

En el gráfico de la Figura 4.17 se logra observar una estacionalidad anual entre máximos y mínimos de nivel del Lago de Coatepeque registrados en la estación limnimétrica, variación que se asocia a la estacionalidad de las precipitaciones en el país (época seca – época lluviosa).

La estación limnimétrica, cuenta con registros desde octubre de 2012 a diciembre de 2021. El nivel máximo se registra para noviembre de 2014, con un nivel aproximado de 738.6 *msnm*, y el valor mínimo se registra para abril de 2021, con un nivel de 736.49 *msnm*; sin embargo, durante el primer periodo de registro (2012 a 2015) los niveles del lago fueron más altos que para los años posteriores; mostrando una tendencia baja en los niveles desde el 2015 en adelante. Probablemente el inicio del registro de niveles pudo verse influenciado por el aporte excesivo de precipitaciones durante el año 2011, siendo el año en que se registró la tormenta tropical 12E,

la cual rompió el récord histórico de lluvia acumulada en precipitaciones, superando incluso al Huracán Mitch, con 1256 mm de lluvia (MARN, 2011).

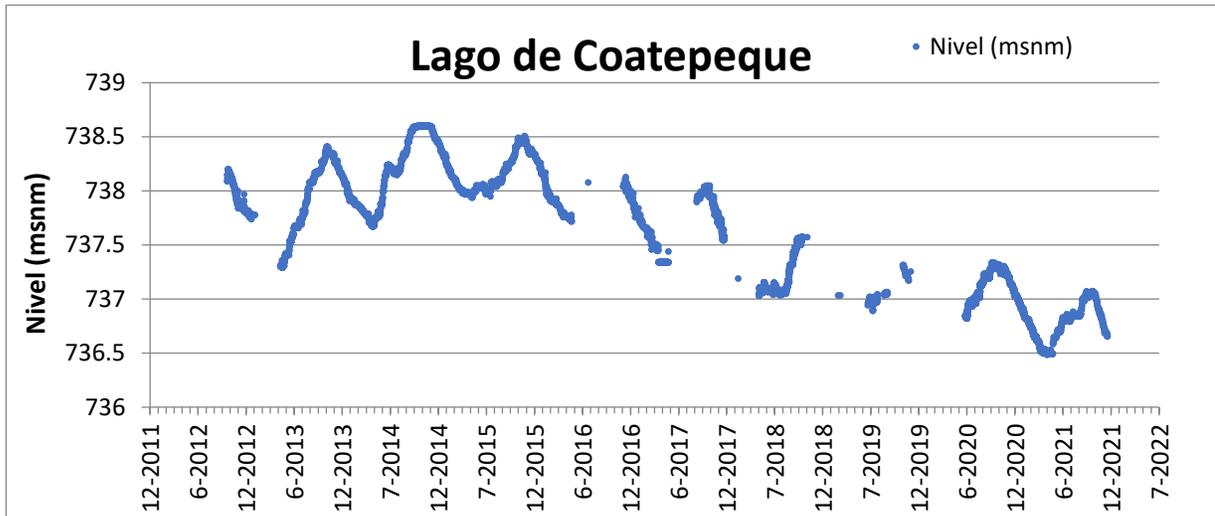


Figura 4.17 Variación de niveles en estación de medición de niveles instalada en el Lago de Coatepeque Fuente: Base de datos MARN.

A partir de análisis del ráster de la batimetría del Lago, se ha estimado el volumen de almacenamiento como de descarga en el Lago de Coatepeque por medio de diferencias en nivel entre máximos y mínimos observados para cada año; los cuales se observan en la Tabla 4.11; de estos, no en todos los años se tiene un registro completo, por lo que se han sombreado en color azul las filas de los años en los que la serie de datos se encuentra completa, entre los que se tienen 2014, 2015 y 2021; sin embargo para 2014, el cambio anual de nivel es mayor que para 2015 y 2021, por lo que se procederá a tomar como variación anual de volumen, el promedio obtenido de los años 2015 y 2021, por ser valores más conservadores, obteniendo una variación de volumen de $0.0176 \text{ km}^3/\text{año}$, lo que equivale a $17,594,277 \text{ m}^3/\text{año}$. Esta descarga anual, se debe tanto a la evaporación del espejo de agua, así como el aporte subterráneo del lago hacia los acuíferos en su perímetro.

Tabla 4.11 Niveles, volumen y área de espejo de agua máximos y mínimos observados para cada año en el registro de niveles del lago.

Año	Fecha-mínimo	Nivel mínimo (msnm)	Volumen mínimo (km^3)	Área del mínimo (km^2)	Fecha máxima	Nivel máximo (msnm)	Volumen máximo (km^3)	Área Máximo (km^2)	Variación anual de nivel (m)	Variación anual de volumen ($km^3/año$)
2012					30/10/2012	738.16	1.4708	24.3322		
2013	16/05/2013	737.31	1.4438	24.2881	7/11/2013	738.39	1.4781	24.3441	1.08	0.03424
2014	29/04/2014	737.67	1.4552	24.3068	10/11/2014	738.60	1.4847	24.3549	0.93	0.02948
2015	12/05/2015	737.98	1.4651	24.3229	23/11/2015	738.51	1.4819	24.3503	0.53	0.01680
2016	19/05/2016	737.72	1.4568	24.3094	9/12/2016	738.11	1.4819	24.3503	0.39	0.02504
2017	15/04/2017	437.34	1.4448	24.2897	25/10/2017	738.02	1.4663	24.3250	0.68	0.02156
2018	02/05/2018	737.03	1.4349	24.2735	31/10/2018	737.57	1.4521	24.3016	0.54	0.01712
2019	08/07/2019	736.89	1.4305	24.2662	30/10/2019	737.31	1.4438	24.2881	0.42	0.01331
2020	29/06/2020	736.82	1.4283	24.2624	03/10/2020	737.33	1.4445	24.2892	0.51	0.01617
2021	30/04/2021	736.48	1.4175	24.2443	10/10/2021	737.06	1.4359	24.2751	0.58	0.01839

4.6. ANÁLISIS DE ISÓTOPOS 2H Y ^{18}O

Para evaluar el origen de las aguas subterráneas se han analizado los isótopos estables de Oxígeno 18 y Deuterio, a muestras de agua lluvia, ubicadas a diferentes elevaciones sobre el nivel del mar. Con lo que se ha calculado el gradiente para dichas concentraciones isotópicas. En este sentido, se cuenta con una base de datos de análisis de isótopos (Oxígeno 18 y Deuterio), para muestras de agua lluvia, tanto histórica, como reciente. De las cuales, dos estaciones se encuentran dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente; y las demás se encuentran a diferentes elevaciones ubicándose en los alrededores de la microcuenca en estudio.

La información general de estas estaciones de muestreo de agua lluvia para análisis de isótopos Oxígeno 18 y Deuterio se muestra en la Tabla 4.12, en la cual se presenta el promedio para ambos parámetros de todos los datos colectados por cada estación, las cuales se encuentran a alturas que van desde los 452.35 *msnm* hasta los 1898 *msnm*. En la Figura 4.18 se puede apreciar la ubicación espacial de cada una de las estaciones de muestreo de agua lluvia. La base de datos de estas estaciones se muestra el anexo 3.

Tabla 4.12 Información general de estaciones totalizadoras de agua lluvia.

Estación	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	Prom. (180‰)	Prom.(2H‰)
San Andrés	13.80532	-89.40398	452.35	-5.23	-31.89
Ciudad Arce	13.82860	-89.44580	561.00	-5.56	-32.95
Ilopango	13.69530	-89.11680	615.00	-5.84	-35.49
UES SS	13.71844	-89.20264	694.00	-5.86	-36.16
MARN SS	13.68770	-89.23150	761.00	-6.90	-44.53
PROCAFE	13.68460	-89.28620	962.00	-7.04	
Los Pinos	13.85473	-89.51991	1073.98	-6.54	-40.78
Boquerón	13.73490	-89.26410	1576.00	-7.69	-49.21
San Blas	13.83680	-89.62660	1898.00	-9.10	-56.43

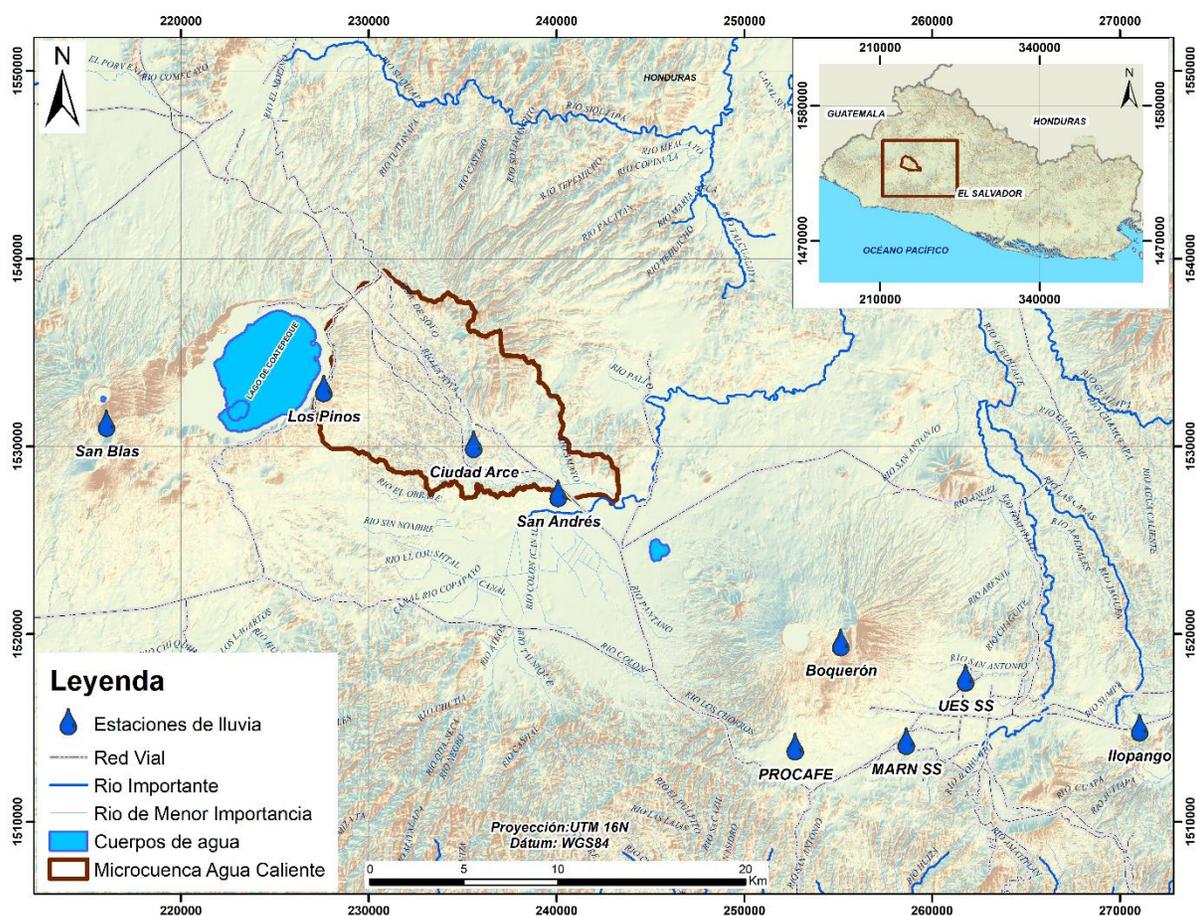


Figura 4.18 Mapa de ubicación de estaciones de muestreo de agua lluvia para análisis de isótopos.

4.6.1. Composición isotópica de la lluvia

La composición isotópica de $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ para el muestreo de agua lluvia colectado nueve estaciones tanto dentro como en los alrededores de la microcuenca del Río Agua Caliente muestran un comportamiento muy similar a la Línea Meteorológica Global (LMG), sin embargo, al obtener la ecuación de la línea de tendencia con estos datos varía un poco tanto la pendiente, como el intercepto en cero. Para la pendiente la diferencia es de 0.0613 respecto a la pendiente de la ecuación de la LMG, mientras que para el intercepto la diferencia es de 0.808, estas diferencias pueden percibirse de manera visual en la Figura 4.19.

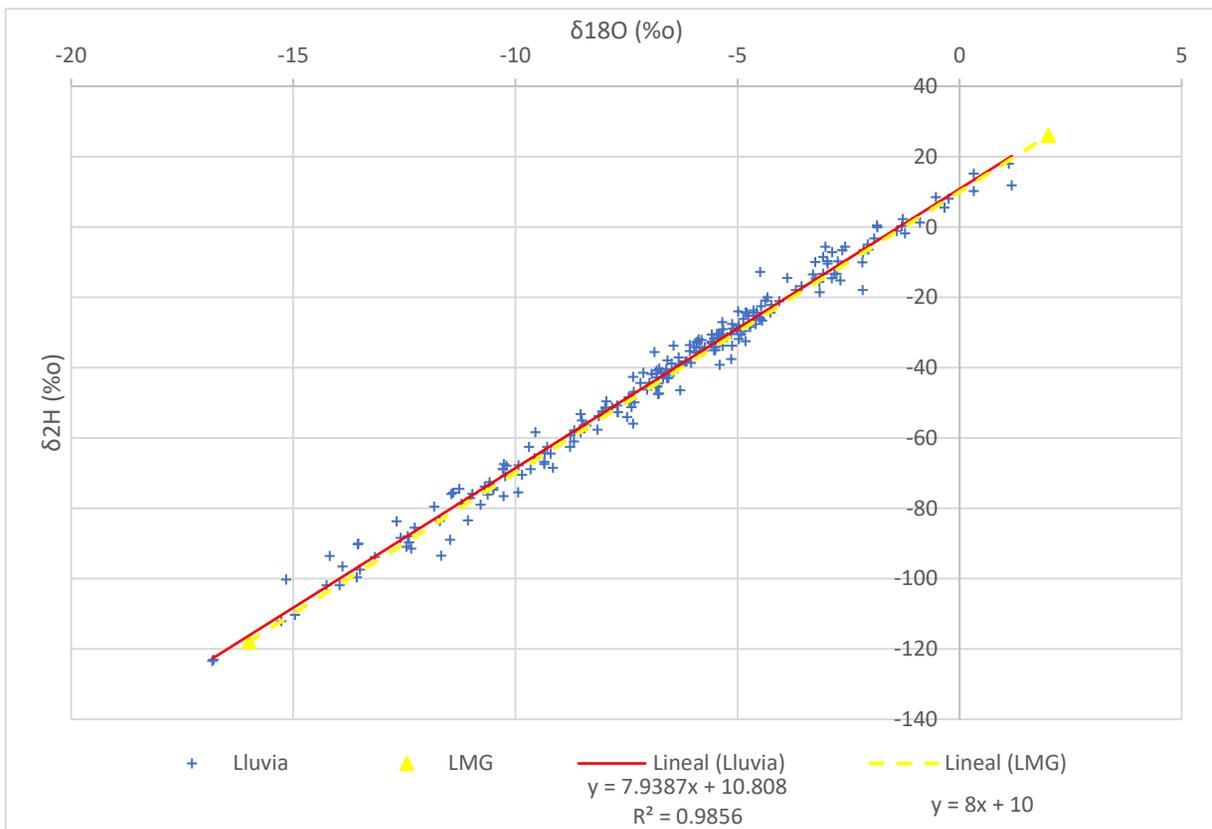


Figura 4.19 Composición isotópica de la precipitación local respecto a la Línea Meteorológica Global

La ecuación 4 muestra la línea meteorológica global, mientras que la ecuación 5 es la resultante del set de datos para la línea meteorológica local.

$$\delta^2H = 8\delta^{18}O + 10 \quad \text{ec. 4}$$

$$\delta^2H = 7.9387\delta^{18}O + 10.808 \quad \text{ec. 5}$$

4.6.2. Composición isotópica del agua subterránea

En el transcurso de esta investigación, se recolectaron una serie de muestras en diversas fuentes de agua subterránea tanto dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente, así como en zonas aledañas. El muestreo se realizó desde marzo de 2019 a octubre de 2021.

Tabla 4.13 Resultados de análisis de ^2H y ^{18}O para las muestras de agua subterránea.

Código	Tipo	Latitud	Longitud	Fecha	O18	H2
ZAP-20a	Excavado	13.83929	-89.45381	11/4/2019	-6.27	-39.86
Ma-Te	Manantial	13.81510	-89.44880	12/11/2019	-4.53	-35.18
ACPP-02	Perforado	13.82860	-89.46080	2/3/2020	-6.02	-40.74
Ma-26	Manantial	13.77740	-89.47950	3/3/2020	-6.54	-45.83
Ma-27	Manantial	13.80080	-89.45700	3/3/2020	-6.49	-44.33
Ma-28	Manantial	13.83920	-89.45240	3/3/2020	-4.91	-40.36
Ma-29	Manantial	13.85050	-89.45590	3/3/2020	-6.25	-41.83
Pe-14	Excavado	13.81560	-89.45360	3/3/2020	-6.29	-39.6
ZAP-20a	Excavado	13.83980	-89.45430	3/3/2020	-6.71	-40.66
Pp-39	Perforado	13.82940	-89.44950	3/3/2020	-7.16	-40.82
Pp-40	Perforado	13.81600	-89.40690	3/3/2020	-6.89	-39.66
JOYA-01	Perforado	13.85153	-89.45539	19/1/2021	-6.54	-43.11
ACPE-01	Excavado	13.85169	-89.47008	12/4/2021	-6.335	-42.25
ANDASA	Perforado	13.81598	-89.40701	12/4/2021	-6.211	-40.77
CAR-01	Perforado	13.80109	-89.45732	12/4/2021	-6.865	-45.78
CAR-02	Perforado	13.80509	-89.43447	12/4/2021	-5.989	-41.52
CAR-03	Perforado	13.80217	-89.42041	12/4/2021	-5.981	-40.36
CAR-04	Perforado	13.80889	-89.40939	12/4/2021	-6.172	-42.12
ZAP-24	Excavado	13.81686	-89.40466	12/4/2021	-4.374	-28.11
ACPE-02	Excavado	13.87380	-89.49445	14/4/2021	-5.718	-37.67
ACPP-01	Perforado	13.82924	-89.44958	14/4/2021	-6.155	-42.06
CAR-05	Perforado	13.80012	-89.39401	14/4/2021	-6.266	-42.78
ZAP-20a	Excavado	13.83929	-89.45381	14/4/2021	-6.097	-39.99
ACPP-02	Perforado	13.82853	-89.46095	21/4/2021	-6.254	-42.05
ACPP-03	Perforado	13.83582	-89.43683	21/4/2021	-6.006	-40.36
ACMA-01	Manantial	13.86968	-89.48391	22/4/2021	-6.121	-39.32
ACMA-02	Manantial	13.85153	-89.45539	22/4/2021	-6.348	-42.42
ACPP-04	Perforado	13.83821	-89.41586	22/4/2021	-6.662	-44.44
ACMA-03	Manantial	13.79414	-89.48138	23/4/2021	-6.266	-39.57
ACMA-04	Manantial	13.84123	-89.44071	23/4/2021	-5.4	-35.13
ACPE-03	Excavado	13.81777	-89.45039	23/4/2021	-5.943	-40.92
ACPE-04	Excavado	13.81478	-89.44830	23/4/2021	-6.164	-42.4

Código	Tipo	Latitud	Longitud	Fecha	O18	H2
ANDASA	Perforado	13.81598	-89.40701	21/10/2021	-6.11	-39.94
CAR-04	Perforado	13.80889	-89.40939	21/10/2021	-6.19	-41.45
ZAP-24	Excavado	13.81686	-89.40466	21/10/2021	-5.01	-31.14
ACPE-01	Excavado	13.85169	-89.47008	27/10/2021	-6.29	-41.71
ACPE-02	Excavado	13.87380	-89.49445	27/10/2021	-5.96	-38.68
ACPE-04A	Excavado	13.81196	-89.45098	27/10/2021	-6.36	-41.69
ACPP-04	Perforado	13.83821	-89.41586	27/10/2021	-6.69	-44.02
ACPP-05	Perforado	13.84298	-89.41469	27/10/2021	-6.8	-44.41

4.6.3. Gradiente isotópico de la precipitación respecto a la elevación

Al realizar el gráfico de la composición isotópica respecto a la altura en metros sobre el nivel del mar, es evidente notar una tendencia o gradiente isotópico. Para lo cual es importante determinar la ecuación que rige este comportamiento, tanto para el Oxígeno 18, como para el Deuterio. Para cada estación de muestreo de agua lluvia, se tienen análisis de isótopos en diferentes fechas, la mayoría de los datos son el análisis de la precipitación mensual totalizada en diferentes meses, sin embargo, existen algunos resultados de muestras de lluvia diaria o inclusive horas, como es el caso de Ciudad Arce, que corresponden a dos muestras de lluvias que fueron colectadas como seguimiento a la tormenta tropical Eta el 9 y 10 de septiembre de 2020 y la estación MARN SS, que son muestras que se colectan de lluvia diaria, es por esto que para Ciudad Arce la dispersión de estos puntos no se aprecia y para MARN SS, la dispersión se amplía incluso más que en las demás estaciones de muestreo mensual de lluvia (ver Figura 4.20 y Figura 4.22).

Se ha observado en otros estudios que existe una variación mensual de en las concentraciones isotópicas (Vélez & Rhenals, 2008) que corresponde a un ciclo bimodal con valores de desviación más negativos en periodos húmedos y valores menos negativos en periodos secos, tal sería el caso para El Salvador en el que se identifican dos periodos estacionales denominados época seca y época lluviosa. Por lo que en la Figura 4.20 y Figura 4.22 se aprecia dispersión tanto negativa, como positiva para cada una de las estaciones respecto al promedio isotópico para el Deuterio y el Oxígeno 18.

4.6.3.1. Gradiente isotópico para el Deuterio

Los resultados en la variación de la composición isotópica para el deuterio, obtenidos para cada estación, muestran una variación que vá en disminución conforme al aumento en la elevación en metros sobre el nivel del mar. En la Figura 4.20 se aprecia la tendencia antes descrita, y se han obtenido las ecuaciones de dichas líneas de tendencia, tanto para el conjunto de todos los datos, así como para el promedio por estación.

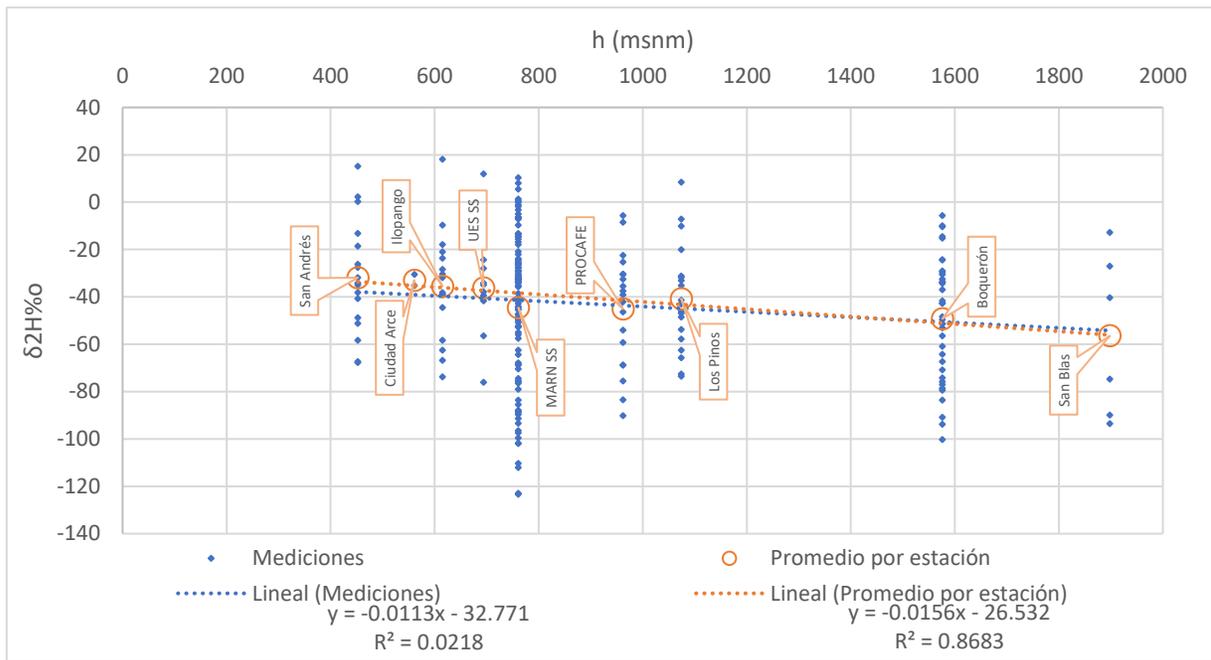


Figura 4.20 Variación en la composición isotópica del Deuterio respecto a la elevación. Línea azul representa la tendencia del conjunto de datos. Línea naranja representa la línea de tendencia del promedio isotópico por cada estación.

La ecuación 6 representa la composición isotópica correspondiente al deuterio con respecto a la cota de elevación en metros sobre el nivel del mar para la línea de tendencia del promedio por cada estación (línea color naranja). Dicho modelo explica el 86.83% de la variancia.

$$\delta^2H\text{‰} = -0.0156h - 26.532 \quad ec. 6$$

A partir del Modelo de elevación digital con resolución de 10 metros, y por medio de la ecuación 6 se ha elaborado el mapa de composición isotópica para el Deuterio (Figura 4.21), con el que se comparan los resultados de las muestras de agua subterránea colectadas dentro y en los alrededores de la microcuenca del Río Agua Caliente.

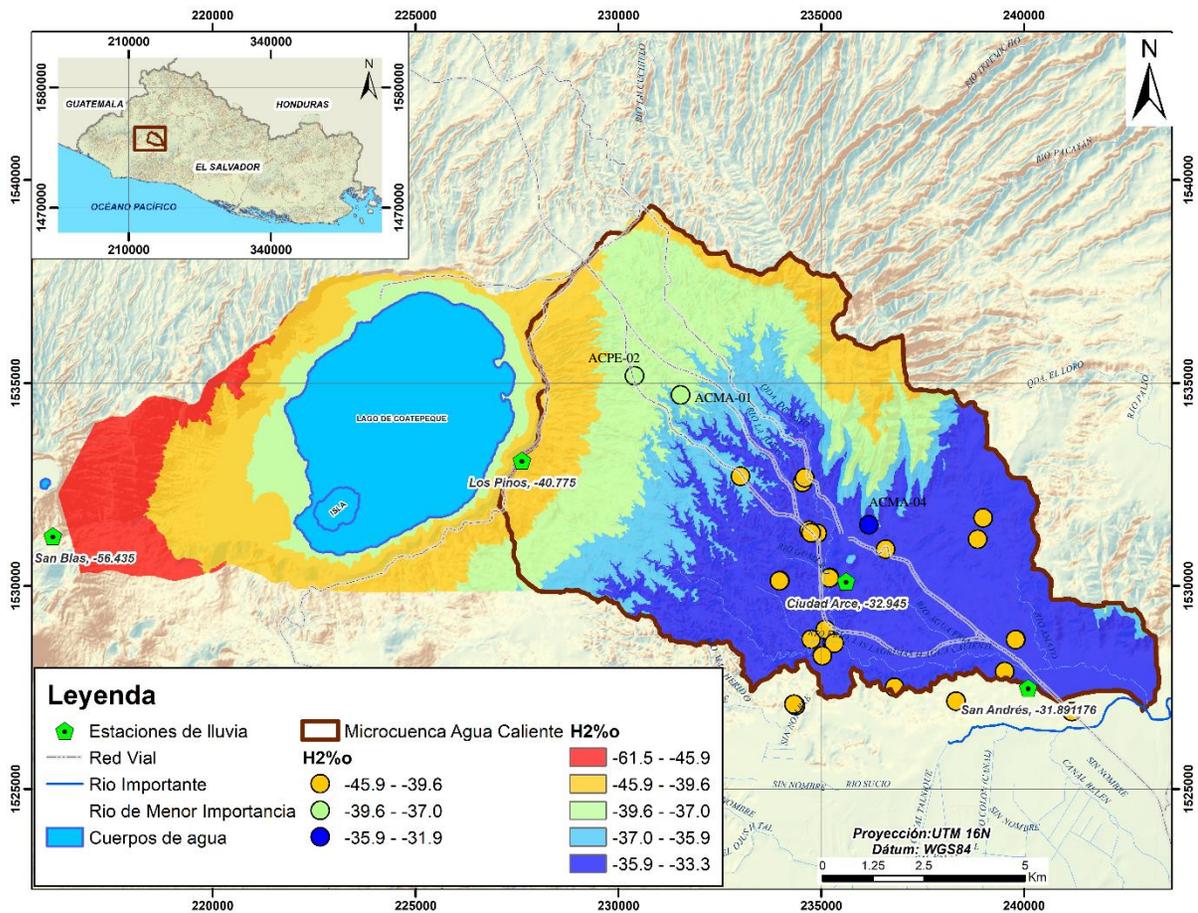


Figura 4.21 Mapa de concentraciones de deuterio, comparado con concentraciones de muestras del agua subterránea.

En la Figura 4.21 se aprecia el mapa de variación espacial en la composición isotópica del deuterio, indicando las áreas posibles de recarga para cada pozo o manantial. Se observa en general que para la mayoría de los pozos y manantiales (puntos de color anaranjado), la recarga ocurre en la parte alta de la microcuenca del río Agua Caliente, desde los 830 *msnm* a los 1215 *msnm* que representaría la cota máxima de la microcuenca. Existe algunos puntos que indican que la recarga es local, tal es el caso de los sitios de muestreo ACPE-02 y ACMA-01 ubicados en la parte media alta de la microcuenca (puntos color verde), los cuales indican que una recarga más local, y el punto ACMA-04 ubicado en la media de la microcuenca (punto color azul), que también indica una recarga local.

4.6.3.2. Gradiente isotópico para el Oxígeno 18

Los resultados en la variación de la composición isotópica correspondiente al Oxígeno 18, obtenidos del promedio por cada estación, muestran una tendencia similar a la del comportamiento para el deuterio, disminuyendo la composición isotópica, con el aumento de elevación en metros sobre el nivel del mar. En la Figura 4.22 se aprecia la tendencia antes descrita, y se han obtenido las ecuaciones de dichas líneas de tendencia, tanto para el conjunto de todos los datos, así como para el promedio por estación.

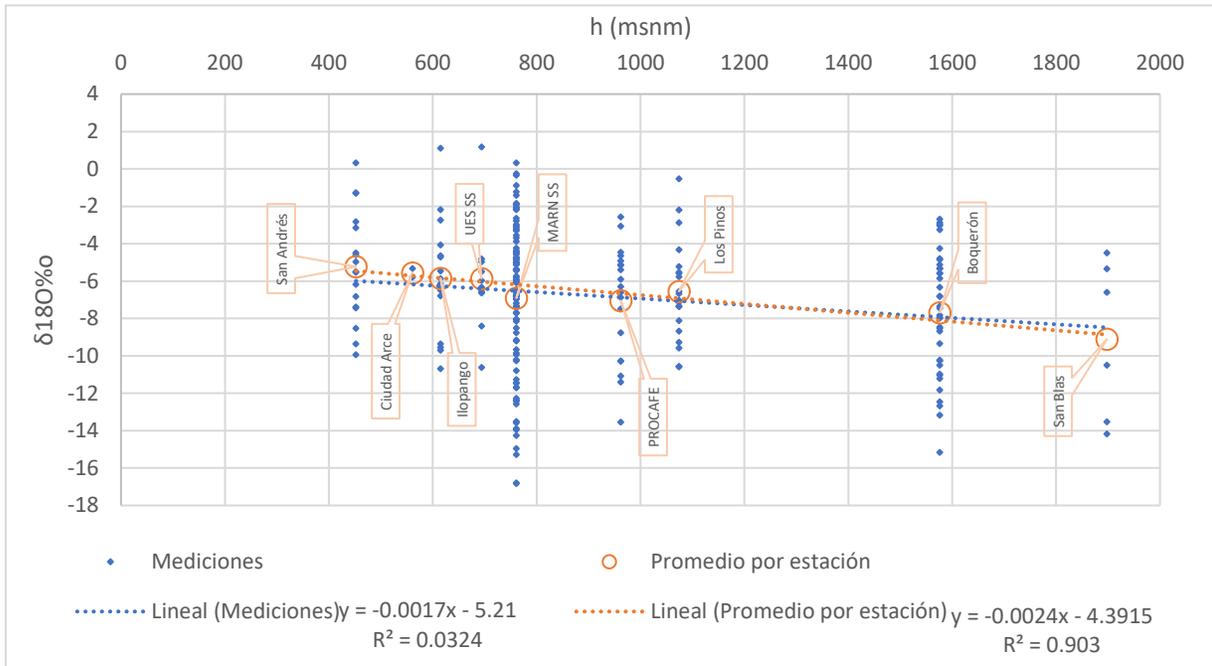


Figura 4.22 Variación en la composición isotópica del Oxígeno 18 respecto a la altura. Línea azul representa la tendencia del conjunto de datos. Línea naranja representa la línea de tendencia del promedio isotópico por cada estación.

La ecuación 7 representa la composición isotópica para el Oxígeno 18 con respecto a la elevación en metros sobre el nivel del mar para la línea de tendencia del promedio por cada estación. Este modelo explica el 90.3% de la varianza.

$$\delta^{18}O\text{‰} = -0.0024h - 4.3915 \quad \text{ec. 7}$$

A partir del Modelo de elevación digital con resolución de 10 metros, y por medio de la ecuación 7 se ha elaborado también el mapa de composición isotópica para el Oxígeno 18 (Figura 4.23),

con el que se comparan los resultados de las muestras de agua subterránea colectadas dentro y en los alrededores de la microcuenca del Río Agua Caliente.

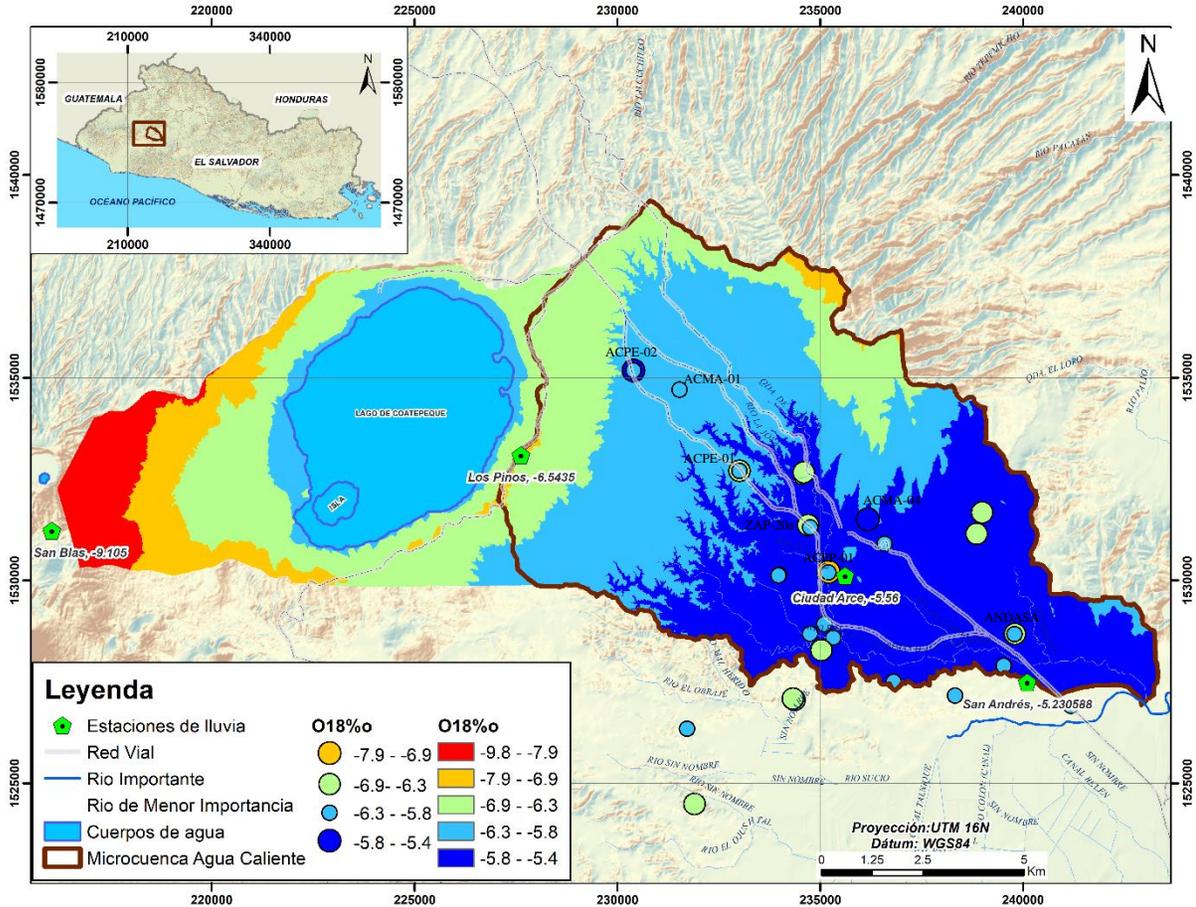


Figura 4.23 Mapa de concentraciones de Oxígeno 18, comparado con concentraciones de muestras del agua subterránea.

Si se observan los puntos en Figura 4.23 respecto a la variación espacial de la composición isotópica del Oxígeno 18, la mayoría de las muestras tienen origen de recarga desde la zona media de la cuenca a la zona alta (puntos con coloración celeste y verde) con elevaciones que van desde los 600 msnm a los 1035 msnm.

Para el punto ACPE-02 en el que se colectaron dos muestras, en una corresponde a recarga local colectada en época lluviosa 2021 y la colectada en época seca 2021 presenta una composición isotópica enriquecida, probablemente debido a evaporación, ya sea en el almacenaje o evaporación en las condiciones naturales del pozo, este dato no parece congruente respecto a la

ubicación y elevación en msnm, sin embargo, ya con el análisis del deuterio se observó que dicho punto corresponde a recarga local. Se confirma nuevamente que el manantial ACMA-04 se trata de recarga local (punto azul ubicado en la parte media de la microcuenca). Por otro lado, los puntos de agua ACPE-02, ACMA-01 y ZAP-20a también poseen concentraciones isotópicas correspondientes a recarga local. Los puntos ACPE-01, ACPP-01, ACPE-02 y ZAP-20a y ANDASA muestran un cambio en la concentración isotópica respecto a la época de muestreo.

4.7. MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

A partir de registros de medición de niveles estáticos, sondeos eléctricos verticales y profundidades de nivel estático inferidas (PF) por medio de la metodología de interpolación Kriging, se procedió a definir las líneas equipotenciales y dirección de flujo. Estos datos (Tabla 4.14) corresponden a informes de pozos, u estudios hidrogeológicos realizados en la zona en diferentes fechas, por lo que son de utilidad meramente para definir la tendencia general de la dirección del flujo subterráneo y las líneas equipotenciales.

Tabla 4.14 Datos utilizados para la interpolación y creación de líneas equipotenciales en la microcuenca del Río Agua Caliente.

Código	X (UTM)	Y (UTM)	h (msnm)	NE (m)	NP (msnm)
PP-01	450845	302138	535.55	24.38	511.17
PP-02	454893	299099	459.85	8.53	451.32
PP-03	455719	298744	454.47	14.02	440.45
PP-04	453373	301219	531.08	28.00	503.08
PP-02	454686	299451	482.00	9.00	473.00
PP-03	455699	298795	455.00	14.00	441.00
PP-04	450236	300649	542.74	52.00	490.74
PP-05	457400	297650	458.63	6.00	452.63
SEV-01	456520	297830	495.00	25.00	470.00
SEV-02	456170	298450	500.00	5.00	495.00
SEV-03	455920	299000	465.00	22.00	443.00
SEV-04	456840	296520	465.00	20.00	445.00
SEV-05	456160	298630	466.00	6.00	460.00
SEV-06	455930	297850	465.00	11.00	454.00
SEV-07	457180	297870	468.00	7.00	461.00
PP-06	456208	298025	468.97	12.70	456.27
PP-07	456744	298208	457.07	15.95	441.12
PP-08	443349	287738	515.00	41.38	473.62

Código	X (UTM)	Y (UTM)	h (msnm)	NE (m)	NP (msnm)
PP-09	452955	298699	465.67	8.70	456.97
PP-10	451388	300656	497.03	8.70	488.33
PP-11	438105	299051	949.66	70.00	879.66
PP-12	462100	307250	518.31	28.27	490.04
PF-01	446385	310963	775.00	41.38	733.62
PF-02	452557	304867	845.22	41.38	803.84

La Figura 4.24, muestra los resultados obtenidos de las líneas equipotenciales, con lo cual se puede identificar una dirección preferencial del flujo subterráneo hacia el sur y sur este, con preferencia de descarga hacia el cauce de Río Agua Caliente. Con líneas equipotenciales más separadas en la zona baja de la microcuenca, lo que implica una disminución de velocidad en el flujo subterráneo en dicha zona con preferencia de descarga acuífera hacia el cauce del río.

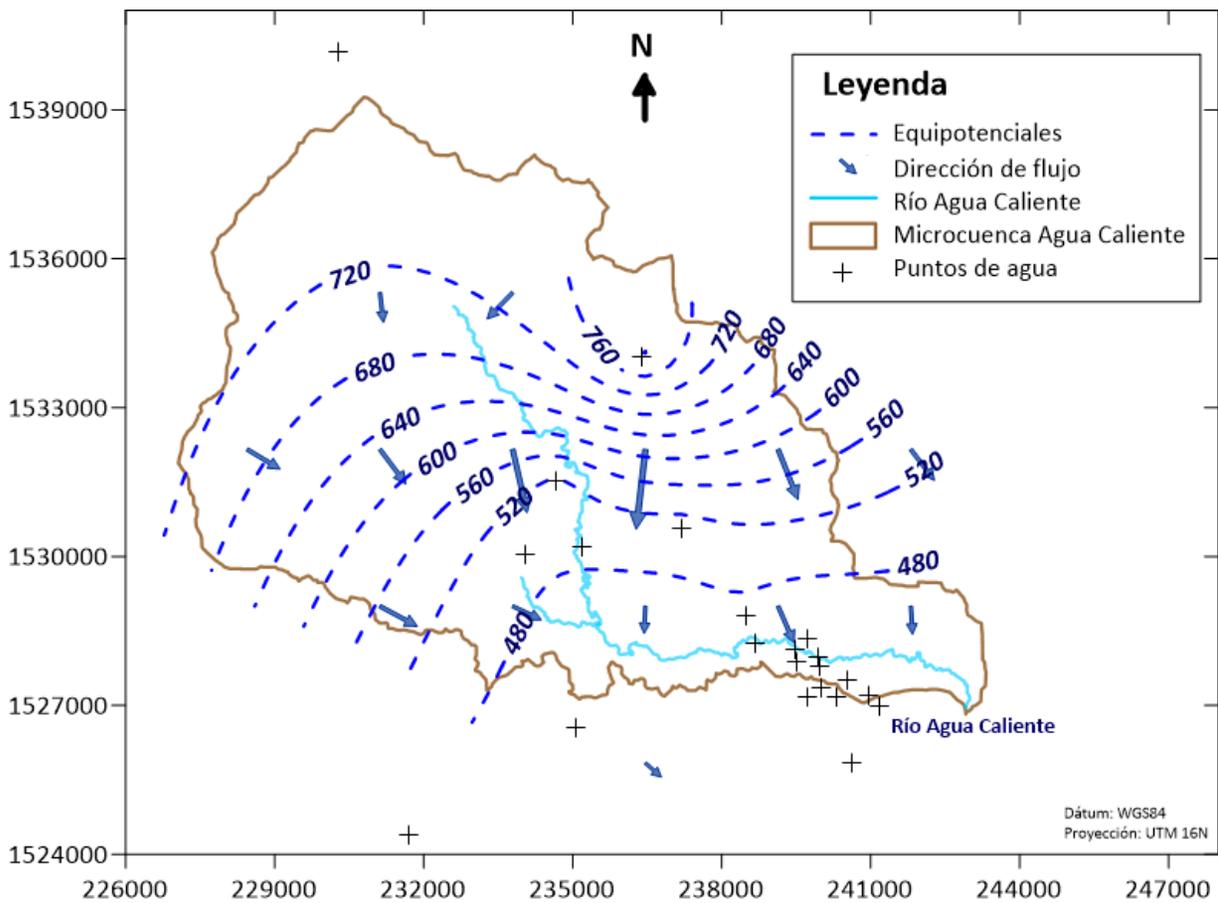


Figura 4.24 Mapa de líneas equipotenciales del acuífero ubicado en la microcuenca del Río Agua Caliente.

Tomando en consideración los diversos resultados tanto de recarga potencial, como del flujo base de río, se puede calcular el almacenamiento o disponibilidad anual del recurso hídrico dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente, el cual está dado de la siguiente manera:

$$S = Entradas - Salidas$$

$$S = Recarga\ potencial - Flujo\ base\ del\ río - extracciones$$

$$S = 52.55 \times 10^6 \frac{m^3}{año} - 25.95 \times 10^6 \frac{m^3}{año} - 1.61 \times 10^6 \frac{m^3}{año} = 24.99 \times 10^6 \frac{m^3}{año}$$

De esta manera se puede decir que la disponibilidad anual de recurso hídrico con base a la recarga potencial en esta microcuenca ronda los 25 millones de metros cúbicos anuales, lo cual representa el 47.57% de la recarga potencial al acuífero. Cabe destacar que el valor utilizado para las extracciones no ha contemplado en su totalidad todas las explotaciones de agua para consumo humano, uso industrial y riego.

En La Figura 4.25 se muestra de manera simplificada un Modelo Conceptual del Acuífero, en el que se describen: 1. La precipitación dentro de la microcuenca del río Agua Caliente, 2. Estimaciones de recarga potencial, 3. Descarga a travez del río (flujo base), 4. Almacenamiento en el acuífero, 5. Extracciones del acuífero que se han logrado inventariar y 5. Variación o descarga anual del Lago de Coatepeque; destacando que esta no necesariamente descarga en su totalidad hacia el acuífero contenido en la microcuenca del río Agua Caliente, si no que puede distribuirse entre todas las cuencas que se ubican alrededor del Lago de Coatepeque.

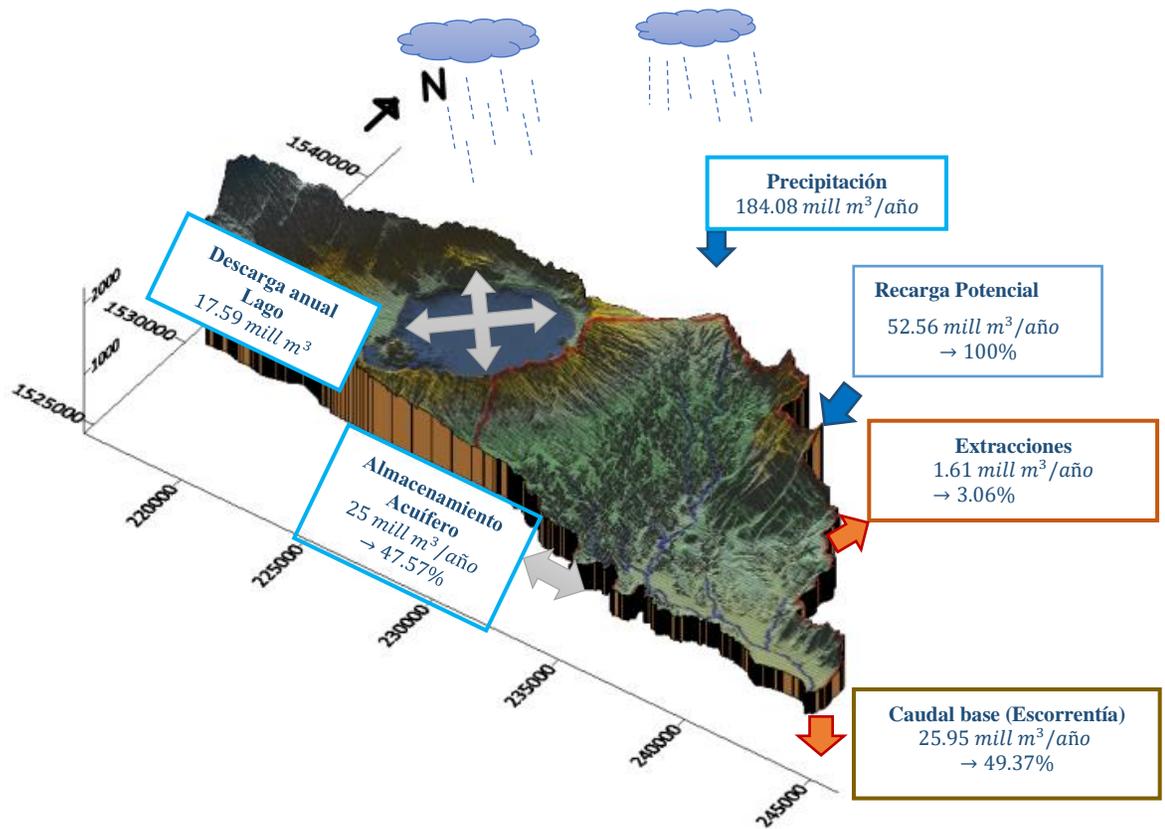


Figura 4.25 Modelo Hidrogeológico Conceptual esquematizado y simplificado de la microcuenca del Río Agua Caliente.

CONCLUSIONES

De acuerdo con el análisis de iones mayoritarios, para las muestras recolectadas, tanto durante época seca, como durante época lluviosa del año 2021, solo el 4.45% de las muestras cumplen con el criterio de % de electroneutralidad-conductividad eléctrica para ser consideradas como confiables o admisibles para caracterizar el agua, por lo que los resultados de esta caracterización geoquímica deben tomarse con mucha reserva.

Durante época seca el 87% de las muestras analizadas son de tipo bicarbonatadas, con el 48% de tipo bicarbonatada cálcica y el 39% de tipo bicarbonatada sódica; el 9% corresponde a agua de tipo sulfatada cálcica y el 4% es de tipo clorurada cálcica. Del total de parámetros analizados 15 de 23 muestras no cumplen con al menos un parámetro del RTS 13.02.01:14 para poder ser considerada como apta para el consumo humano.

Durante época lluviosa el 92% de las muestras son de tipo bicarbonatadas, con 57% de tipo bicarbonatada cálcica y 22% de tipo bicarbonatada sódica; el 13% corresponde a agua de tipo bicarbonatada magnésica y el 4% a agua de tipo clorurada sódica. Del total de parámetros analizados, 13 de 23 muestras no cumplen con al menos un parámetro del RTS 13.02.01:14 para poder ser considerada como apta para consumo humano.

Dentro del área contenida en la microcuenca del Río Agua Caliente se tiene un promedio de precipitación de 1629.1 mm/anales; lo que equivale a 184.08 millones de metros cúbicos de lluvia anual.

A través del análisis de variación de niveles en conjunto con la batimetría del Lago de Coatepeque, se ha estimado que la variación de volumen de agua dentro del Lago ronda los 17.59 millones de metros cúbicos anuales, volumen que podría distribuirse entre descarga a los acuíferos en los alrededores del lago y evaporación.

Se ha estimado una recarga potencial por la metodología de Schosinsky de 52.56 millones de metros cúbicos anuales, una descarga de caudal base del río de 25.95 millones de metros cúbicos anuales por medio del análisis de aforos, y una extracción de 1.61 millones de metros cúbicos anuales, lo que implica un almacenamiento en el acuífero de 25 millones de metros cúbicos

anuales, lo que represente el 47.57% de la recarga potencial estimada; cabe destacar que este almacenamiento en el acuífero podría variar, debido a que este análisis no ha logrado cuantificar las extracciones de agua subterránea en su totalidad dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente.

A partir del análisis de los isótopos Deuterio y Oxígeno 18, con base a información de estaciones de monitoreo de lluvia dentro y en las inmediaciones de la microcuenca del Río Agua Caliente, se ha determinado la ecuación para la línea meteórica local como: $\delta^2H = 7.9387\delta^{18}O + 10.808$.

A través del análisis del isótopo de deuterio, se ha identificado las principales zonas de recarga acuífera entre los 830msnm y los 1215msnm; mientras que el análisis del isótopo Oxígeno 18, ha identificado las principales zonas de recarga acuífera entre los 600msnm y los 1035msnm. Por lo que se puede concluir que las principales zonas de recarga dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente se encuentran entre los 600msnm y los 1215msnm.

La dirección preferencial de flujo del agua subterránea dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente es en dirección sureste, con una disminución de velocidad en las zonas más bajas de la microcuenca, que es donde existe mayor probabilidad de afloramiento de manantiales.

RECOMENDACIONES

Se recomienda establecer como zonas prioritarias de protección del acuífero dentro de la microcuenca del Río Agua caliente entre los 600msnm y los 1215msnm, intensificando las medidas de mitigación a la contaminación del acuífero requeridas para la industrias y desarrollos urbanísticos.

Establecer un inventario y monitoreo de los volúmenes de agua subterránea extraídos dentro de la microcuenca del Río Agua Caliente, incluyendo juntas de agua potable, ANDA, Riego, Industrias y Turismo, para identificar si la explotación del acuífero se está realizando de manera sostenible y garantizar así el abastecimiento de agua a futuro, así como establecer los límites de volumen a extraer dentro de la microcuenca.

Para minimizar el error en el balance iónico (% de electroneutralidad) se sugiere el filtrado de las muestras de agua durante la recolección en campo con filtros de $0.45 \mu m$, para preservar mejor las muestras previo al análisis en laboratorio. Es importante solicitar al laboratorio mayor control e incluir medios de verificación como el uso de blancos. Si se siguen percibiendo errores altos en el balance iónico, siendo estos para investigaciones enfocadas netamente a la hidrogeoquímica o estudios profesionales debe considerarse cambiar de laboratorio y repetir nuevamente los muestreos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado Batres, C. A. (2015). *Modelo conceptual de la parte oeste de la cuenca del Río Suquiapa, Santa Ana, El Salvador*. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio: Tesis de maestría, Universidad de Costa Rica.
- ANDA. (2018). *Boletín estadístico 2017*. San Salvador: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados.
- ANDA-FIAS-COSUDE. (Septiembre de 2008). Cuadrante A1 y B1 del Mapa hidrogeológico de El Salvador. *Mapa hidrogeológico de El Salvador*. San Salvador, San Salvador, El Salvador.
- Asamblea Legislativa de El Salvador. (23 de noviembre de 1970). Ley de Riego y Avenamiento.
- Barrera Calderón, M. L. (2010). *Caracterización hidrogeoquímica e isotópica de áreas de recarga en el acuífero de San Salvador*. San Salvador: Universidad de El Salvador.
- Baxter, S. (1984). *Léxico estratigráfico de El Salvador*. San Salvador: Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL).
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Hidrología Aplicada*. Santafé de Bogotá: McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A. .

- Coto Domínguez , N. V. (2017). *Caracterización Hidrogeológica y Geoquímica del Acuífero Costero de La Península de San Juan del Gozo, Municipios de Jiquilisco y Puerto El Triunfo, Departamento de Usulután*. San Salvador: Universidad de El Salvador .
- Custodio, E., & Llamas, M. R. (1983). *Hidrología Subterránea*. Barcelona: Omega.
- Dengo, G. (1968). *Estructura Geológica, Historia Tectónica y Morfología de América Central*. Mexico D. F.
- Deras Cortez, J. R. (2003). *Guía Técnica: Uso de Riegos*. San Salvador: CENTA.
- Déraz Cortéz, J. R. (2003). *Guía técnica de riegos*. San Salvador: Centro Nacional de Tecnologías Agropecuarias (CENTA).
- Erazo, A. M. (2004). *Regionalización de caudales máximos y medios en El Salvador*. San Salvador: SNET.
- Geotérmica Italiana. (1992). *Desarrollo de los recursos Geotérmicos del área Centro Occidental de El Salvador*. Pisa: CEL.
- GFA Consulting Group, FORGAES & SNET. (2005). *Investigaciones Hidrogeológicas, Hidrológicas y Hidroquímicas en el Lago de Coatepeque*. San Salvador.
- Gonfiantini, R., & Hut, G. (1987). *Hidrología y Ciencias de la Tierra: Isótopos en el terreno. OIEA Técnicas nucleares para el desarrollo, Boletín 2*.
- Grassi, C. (1976). *Resumen de propiedades físicas del suelo, métodos de riego*. Mérida, Venezuela: CIDIAT.
- Guevara, J. M. (2011). *Modelación numérica de flujo del acuífero El Playón, comprendido entre el Cabtón Sito del Niño y el campo de pozos de San Juan Opico administrado por ANDA*. San Salvador.
- Healy, R. W., & Cook, P. G. (2002). *Using groundwater levels to estimate recharge*. Hydrogeology Journal.

- Hernández , E. W. (2004). *Características geotécnicas y vulcanológicas de las tefras de Tierra Blanca Joven de Ilopango, El Salvador*. San Salvador: Universidad Politécnica de El Salvador.
- MARN. (17 de Octubre de 2011). *Depresión Tropical 12 E rompe récord histórico de lluvia acumulada*. Obtenido de SNET: <http://www.snet.gob.sv/ver/comunicacion+social/noticias+y+temas+de+interes/noticias/ano+2011/depresion+tropical+12+e+rompe+record+historico+de+lluvia+acumulada/>
- MARN. (2017). *Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador, con énfasis en zonas prioritarias*. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Martínez Estrada, R. E. (2018). *Caractreización hidrogeológica del acuífero poroso en la zona del Distrito de Riego de Zapotitán*. San Salvador: Universidad de El Salvador.
- Mata, R., & Puiguriguer, M. (2000). El Salvador. El "País de las Hamacas". Los Riesgos Geológicos: El ejemplo de los grandes deslizamientos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (8.3), 261-269.
- Melgar Vides, A. Y. (2019). *MODELO LITOLÓGICO Y COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LOS NIVELES ESTÁTICOS EN POZOS DE MONITOREO EN EL SECTOR DE NEJAPA-APOPA, DPTO. DE SAN SALVADOR, EL SALVADOR*. San Salvador: Universidad de El Salvador.
- Ministerio de Economía, Dirección General de Estadísticas y Censos . (2007). *VI Censo de Población y V de Vivienda* . Sam Salvador.
- Ministerio de Obras Públicas. (1961). *Anales del Servicio Geológico Nacional de El Salvador. Boletín No. 4*.
- Mook, W. G. (2001). *Environmental Isotopes in the Hydrológica Cycle*. Vienna: International Atomic Energy Agency.

- OIEA. (2019). El Agua. *Boletín del OIEA, Abril*.
- OIEA/GNIP. (2014). Guía para el muestreo de la precipitación. Organismo Internacional de Energía Atómica.
- Pedrazzi, D., Sunye, I., Aguirre, G., Costa, A., Smith, V. C., Poret, M., . . . Gutiérrez, E. (2019). The Ilopango Tierra Blanca Joven (TBJ) eruption, El Salvador: Volcano-stratigraphy and physical characterization of the major Holocene event of Central America. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 81-102.
- Plata, B. A. (1996). *Generalidades sobre isótopos estables del agua*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Schosinsky, G. (2006). Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos. *Revista Geológica de América Central*, 13-30.
- Schosinsky, G. (2006). Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos. *Revista Geológica de América Central*, 34-35(0256-7024), 13-30.
- Schosinsky, G., & Losilla, M. (2000). *Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual*. San José: Revista Geológica de América Central.
- Schosinsky, G., & Losilla, M. (2000). Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual. *Revista geológica de América Central*(23), 43-55.
- SNET. (2005). *BALANCE HÍDRICO INTEGRADO Y DINAMICO EN EL SALVADOR COMPONENTE EVALUACION DE RECURSOS HIDRICOS*. San Salvador: Servicio Nacional de Estudios Territoriales.
- Tarback, E. J., & Lutgens, F. K. (2005). *Ciencias de La Tierra*. Madrid: Pearson Education S. A.
- Vélez, M. V., & Rhenals, R. L. (2008). Determinación de la recarga con isótopos ambientales en los acuíferos de Santa Fé de Antioquía. *Boletín de Ciencias de la Tierra* (24).

Weber, H. S., Hammerschmidt, W., & Salvador, D. G. (1978). *Mapa geológico de la República de El Salvador/América Central =: Geologische Karte der Republik El Salvador/Mittelamerika*. Deutsche Geologische Mission in El Salvador. El Salvador: Deutsche Geologische Mission in El Salvador.

White, W. M. (2013). *Geochemistry*. New York: Wiley-Blackwell.

Wiesemann, G. (1975). *Remarks on the Geologic Structure of the Republic of El Salvador*. Central América: Mitt. Geol. Paläont. Inst. Univ. Hamburg.

Williams, H., & Meyer Abich, H. (1954). Historia volcánica del Lago de Coatepeque (El Salvador) y sus alrededores. *Comunicaciones-Universidad de El Salvador*, 3, 107 - 122.

ANEXO 1.

RESULTADOS DE LABORATORIO



DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0178
 Identificación de la Muestra : ZAP-22
 Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
 Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
 Fecha de toma de muestras : 13/04/2021
 Fecha de Recepción en Laboratorio : 13/04/2021
 Fecha de Inicio de Análisis : 14/04/2021
 Fecha de Finalización de Análisis : 15/04/2021
 Fecha de Generación de Reporte : 29/04/2021
 Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
 Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
 Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
 Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	13/04/2021	
HORA	1:30 p.m.	
Temperatura de la Muestra	28.7	°C
pH	6.60	Unidades
Conductividad Eléctrica	548	µS/cm
Salinidad	0.02	0/00
TDS	275	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.03, 20.8°C	±0.41	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	568.55	±5.73	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.32	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	157.85	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	157.85	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.11	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	57.030	±0.291	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	12.94	±0.18	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	222.77	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.31	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.22	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.006	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	19.560	±0.092	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	22.86	±0.01	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	10.060	±0.049	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	109.11	±0.31	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	279.10	±2.83	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	37.32	±0.13	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	33	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.021000	±0.014400	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater
 Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado en www.marn.gob.sv
 Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Lic. Regina Cortez
 Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
 (Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gob.sv





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0159
Identificación de la Muestra : ZAP-03A
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 12/04/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 12/04/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 13/04/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 15/04/2021
Fecha de Generación de Reporte : 29/04/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	12/04/2021	
HORA	8:20 a.m.	
Temperatura de la Muestra	24.8	°C
pH	6.38	Unidades
Conductividad Eléctrica	780	µS/cm
Salinidad	0.03	0/00
TDS	390	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	6.765, 21.7°C	±0.39	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	806.65	±0.64	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.444	±0.001	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	213.56	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	213.56	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.74	±0.01	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	27.670	±0.508	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	20.91	±0.29	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500C ⁻ B
18	Dureza Total	141.12	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.76	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.73	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.001	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	17.520	±0.278	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.001	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	28.26	±0.10	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	5.930	±0.045	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	79.26	±0.67	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	395.75	±0.35	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	46.740	±0.597	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	75	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.070000	±0.012800	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gub.sv
Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio



Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador
Teléfono (503) 2132-6276



DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0160
Identificación de la Muestra : ZAP-24
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 12/04/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 12/04/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 13/04/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 15/04/2021
Fecha de Generación de Reporte : 29/04/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	12/04/2021	
HORA	8:55 a.m.	
Temperatura de la Muestra	26.2	°C
pH	7.21	Unidades
Conductividad Eléctrica	437	µS/cm
Salinidad	0.02	0/00
TDS	218	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.55, 21.3°C	±0.44	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	458.00	±0.71	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.270	±0.000	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	153.21	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	153.21	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.50	±0.01	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	43.310	±0.469	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	1.99	±0.03	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	197.67	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.31	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.79	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.005	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	21.780	±0.260	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.001	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	4.61	±0.11	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	16.810	±0.241	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	76.84	±0.41	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	224.90	±0.28	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	17.970	±0.260	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	26	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.009500	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv
Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Lic. Regina Cortez

Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, Edificio MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador
Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0161
Identificación de la Muestra : CAR-04
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 12/04/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 12/04/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 13/04/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 15/04/2021
Fecha de Generación de Reporte : 29/04/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	12/04/2021	
HORA	9:40 a.m.	
Temperatura de la Muestra	28.8	°C
pH	6.64	Unidades
Conductividad Eléctrica	393	µS/cm
Salinidad	0.01	0/00
TDS	196	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.3, 21.7°C	±0.42	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	400.70	±0.71	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.243	±0.001	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	95.18	±3.28	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	95.18	±3.28	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.50	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	36.660	±0.121	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	9.46	±0.13	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	147.22	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.25	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.24	±0.01	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.001	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	13.550	±0.100	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.001	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	18.46	±0.04	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	3.268	±0.023	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	103.52	±0.23	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	196.85	±0.35	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	29.890	±0.325	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	14	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.008000	±0.000620	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gub.sv
Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio



Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificio MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador
Teléfono (503) 2132-6276



DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0162
Identificación de la Muestra : CAR-03
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 12/04/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 12/04/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 13/04/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 15/04/2021
Fecha de Generación de Reporte : 29/04/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	12/04/2021	
HORA	10:15 a.m.	
Temperatura de la Muestra	27.6	°C
pH	6.55	Unidades
Conductividad Eléctrica	338	µS/cm
Salinidad	0.01	0/00
TDS	170	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	6.97, 21.2°C	±0.40	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	352.80	±0.42	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.219	±0.000	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	46.43	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	46.43	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.50	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	35.910	±0.807	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	5.97	±0.08	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	134.44	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.21	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.14	±0.01	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.002	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	10.900	±0.179	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	24.70	±0.23	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	4.804	±0.105	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	110.24	±0.96	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	173.35	±0.21	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	27.430	±0.500	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	38	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.009300	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gub.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Lic. Regina Cortez

Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0163
Identificación de la Muestra : CAR-02
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 12/04/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 12/04/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 13/04/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 15/04/2021
Fecha de Generación de Reporte : 29/04/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	12/04/2021	
HORA	11.15 a.m.	
Temperatura de la Muestra	28.1	°C
pH	6.85	Unidades
Conductividad Eléctrica	545	µS/cm
Salinidad	0.02	0/00
TDS	274	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.32, 21.7°C	±0.42	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	561.10	±0.57	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.321	±0.000	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	139.28	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	139.28	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	1.39	±0.01	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	40.110	±0.409	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	35.35	±0.49	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	261.48	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.28	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.36	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.002	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	39.230	±0.473	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	8.80	±0.04	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	14.640	±0.162	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	97.15	±0.44	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	275.40	±0.28	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	82.490	±1.130	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	24	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.108000	±0.013100	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gub.sv
Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Lic. Regina Cortez

Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0164
Identificación de la Muestra : CAR-01
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 12/04/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 12/04/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 13/04/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 15/04/2021
Fecha de Generación de Reporte : 29/04/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	12/04/2021	
HORA	11:50 a.m.	
Temperatura de la Muestra	27.9	°C
pH	6.72	Unidades
Conductividad Eléctrica	846	µS/cm
Salinidad	0.04	0/00
TDS	421	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.11, 21.5°C	±0.41	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	876.45	±4.17	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.479	±0.002	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	213.56	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	213.56	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.39	±0.01	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	21.280	±0.186	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	69.70	±0.98	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	104.28	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.41	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.48	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.002	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	12.440	±0.145	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	6.60	±0.04	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	4.064	±0.045	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	102.80	±0.44	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	429.95	±2.05	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	29.030	±0.531	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	59	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.025000	±0.000800	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Lic. Regina Cortez

Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0165
Identificación de la Muestra : ACPe-01
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 12/04/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 12/04/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 13/04/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 15/04/2021
Fecha de Generación de Reporte : 29/04/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	12/04/2021	
HORA	1:50 a.m.	
Temperatura de la Muestra	27.7	°C
pH	6.70	Unidades
Conductividad Eléctrica	300	µS/cm
Salinidad	0.01	0/00
TDS	151	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.21, 21.7°C	±0.42	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	341.20	±0.42	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.214	±0.001	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	76.60	±3.28	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	76.60	±3.28	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.24	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	22.060	±0.298	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	8.96	±0.13	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	92.03	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.25	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.40	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.002	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	8.991	±0.096	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	26.04	±0.10	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	3.953	±0.039	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	110.56	±0.56	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	167.65	±0.21	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	23.690	±0.119	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	13	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.010000	±0.000710	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0187
Identificación de la Muestra : ZAP-23A
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 14/04/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 14/04/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 15/04/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 19/04/2021
Fecha de Generación de Reporte : 03/05/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	14/04/2021	
HORA	9:45	
Temperatura de la Muestra	26.5	°C
pH	6.30	Unidades
Conductividad Eléctrica	333	µS/cm
Salinidad	0.01	0/00
TDS	167	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	6.88, 22.1°C	±0.40	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	352.90	±0.14	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.22	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	83.57	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	83.57	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.09	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	39.270	±0.506	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	2.49	±0.03	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	143.28	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.21	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.15	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.169	±0.003	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	11.010	±0.153	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	30.29	±0.04	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	5.040	±0.081	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	114.50	±0.76	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	173.45	±0.07	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	17.42	±0.265	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	23	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.012000	±0.001110	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado en el certificado de acreditación.
Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador
Teléfono (503) 2132-6276





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0188
Identificación de la Muestra : ACPE-02
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 14/04/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 14/04/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 15/04/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 19/04/2021
Fecha de Generación de Reporte : 03/05/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	14/04/2021	
HORA	11:10 a.m.	
Temperatura de la Muestra	25.8	°C
pH	6.58	Unidades
Conductividad Eléctrica	331	µS/cm
Salinidad	0.01	0/00
TDS	160	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.15, 22.1°C	±0.41	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	374.30	±0.00	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.23	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	83.57	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	83.57	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.32	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	32.950	±0.505	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	15.18	±0.21	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	120.05	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.15	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.75	±0.01	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	1.166	±0.008	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	9.198	±0.127	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	0.033	±0.011	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	<1.33	±0.01	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	11.520	±0.139	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	94.67	±0.70	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	183.90	±0.00	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	26.560	±0.365	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	22	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.000000	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.observatorio.gob.sv
Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificio MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador
Teléfono (503) 2132-6276





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0189
Identificación de la Muestra : ZAP-20A
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 14/04/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 14/04/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 15/04/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 19/04/2021
Fecha de Generación de Reporte : 03/05/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	14/04/2021	
HORA	12:20 p.m.	
Temperatura de la Muestra	27.2	°C
pH	6.24	Unidades
Conductividad Eléctrica	358	µS/cm
Salinidad	0.01	0/00
TDS	181	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	6.695, 21.9°C	±0.39	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	380.95	±0.21	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.23	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	23.21	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	23.21	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.08	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	32.430	±0.252	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	41.82	±0.59	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	114.44	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.20	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.62	±0.01	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.001	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	8.148	±0.062	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	21.16	±0.07	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	6.862	±0.069	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	118.37	±0.47	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	187.15	±0.07	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	24.180	±0.320	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	38	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.001530	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gub.gv.sv
Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador
Teléfono (503) 2132-6276





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0190
Identificación de la Muestra : ACP-01
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 14/04/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 14/04/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 15/04/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 19/04/2021
Fecha de Generación de Reporte : 03/05/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	14/04/2021	
HORA	12:50 a.m.	
Temperatura de la Muestra	29.8	°C
pH	6.79	Unidades
Conductividad Eléctrica	471	µS/cm
Salinidad	0.02	0/00
TDS	235	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.28, 21.9°C	±0.42	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	476.95	±0.07	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.28	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	157.85	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	157.85	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.64	±0.01	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	25.940	±0.662	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	44.81	±0.63	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	117.71	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.29	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.21	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.003	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	12.880	±0.323	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	1.58	±0.04	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	9.518	±0.305	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	113.09	±1.32	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	234.20	±0.00	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	50.440	±1.712	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	10	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.037000	±0.013500	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0191
Identificación de la Muestra : CAR-05
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 14/04/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 14/04/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 15/04/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 19/04/2021
Fecha de Generación de Reporte : 03/05/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	14/04/2021	
HORA	1:20 p.m.	
Temperatura de la Muestra	35.2	°C
pH	7.43	Unidades
Conductividad Eléctrica	1937	µS/cm
Salinidad	0.09	0/00
TDS	964	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.67, 21.9°C	±0.44	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	1904.50	±3.54	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	1.01	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	533.91	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	533.91	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	4.27	±0.04	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	73.730	±0.499	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	199.13	±2.79	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	349.64	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.33	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.95	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.496	±0.001	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	40.270	±0.021	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.002	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	<1.33	±0.09	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	37.010	±0.424	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	131.87	±0.37	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	933.70	±1.56	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	272.600	±1.620	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	<7	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.057000	±0.023400	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv
Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador
Teléfono (503) 2132-6276





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0244
Identificación de la Muestra : ACPP-04
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 22/04/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 22/04/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 23/04/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 29/04/2021
Fecha de Generación de Reporte : 12/05/2021
Responsable de Toma de Muestra : Ronald Martínez
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	22/04/2021	
HORA	8:55 a.m.	
Temperatura de la Muestra	29.3	°C
pH	7.27	Unidades
Conductividad Eléctrica	26.9	µS/cm
Salinidad	0.01	0/00
TDS	135	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.96, 21°C	±0.46	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	271.80	±0.42	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.18	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	95.18	±3.28	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	95.18	±3.28	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.2	±0	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	30.400	±0.217	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	0.66	±0.01	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	132.83	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.25	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.15	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.058	±0.002	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	13.850	±0.149	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	2.16	±0.04	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	7.773	±0.063	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	121.96	±0.46	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	133.65	±0.21	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	22.650	±0.264	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	<7	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.028700	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado en www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Lic. Regina Cortez

Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN

(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv



DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0243
 Identificación de la Muestra : ACMA-02
 Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
 Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
 Fecha de toma de muestras : 22/04/2021
 Fecha de Recepción en Laboratorio : 22/04/2021
 Fecha de Inicio de Análisis : 23/04/2021
 Fecha de Finalización de Análisis : 29/04/2021
 Fecha de Generación de Reporte : 12/05/2021
 Responsable de Toma de Muestra : Ronald Martínez
 Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
 Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
 Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	22/04/2021	
HORA	7:35 a.m.	
Temperatura de la Muestra	25.7	°C
pH	6.61	Unidades
Conductividad Eléctrica	351	µS/cm
Salinidad	0.01	0/00
TDS	175	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.32, 21°C	±0.42	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	366.65	±0.92	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.23	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	78.93	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	78.93	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.46	±0	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	35.280	±0.553	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	4.73	±0.07	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	155.79	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.25	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.33	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.058	±0.003	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	16.470	±0.294	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	22.89	±0.14	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	6.921	±0.094	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	110.2	±0.91	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	180.15	±0.49	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	32.790	±0.626	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	17	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.024700	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Lic. Regina Cortez

Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv



DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0242
Identificación de la Muestra : ACMA-01
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 22/04/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 22/04/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 23/04/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 29/04/2021
Fecha de Generación de Reporte : 12/05/2021
Responsable de Toma de Muestra : Ronald Martínez
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	22/04/2021	
HORA	6:40 a.m.	
Temperatura de la Muestra	24.9	°C
pH	6.31	Unidades
Conductividad Eléctrica	342	µS/cm
Salinidad	0.01	0/00
TDS	171	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.085, 20.6°C	±0.41	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	364.00	±1.56	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.22	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	37.14	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	37.14	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.53	±0.02	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	50.090	±0.713	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	6.47	±0.09	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	184.06	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.23	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.37	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.229	±0.013	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	14.360	±0.180	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	0.013	±0.001	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	31.25	±0.06	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	12.300	±0.091	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	111.87	±0.62	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	178.60	±0.42	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	18.710	±0.252	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	37	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.008200	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Lic. Regina Cortez

Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0231
Identificación de la Muestra : ACPP-02
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 21/04/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 21/04/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 22/04/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 29/04/2021
Fecha de Generación de Reporte : 12/05/2021
Responsable de Toma de Muestra : Ronald Martínez
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	21/04/2021	
HORA	8:25 a.m.	
Temperatura de la Muestra	26.4	°C
pH	6.72	Unidades
Conductividad Eléctrica	433	µS/cm
Salinidad	0.02	0/00
TDS	216	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.455, 21.5°C	±0.43	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	442.55	±0.49	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.26	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	99.82	±3.28	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	99.82	±3.28	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	1.08	±0.02	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	27.370	±0.183	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	29.87	±0.42	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	130	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.31	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.62	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.135	±0.011	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	15.000	±0.070	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	17.50	±0.01	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	6.575	±0.024	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	104.49	±0.19	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	217.35	±0.21	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	51.630	±0.607	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	17	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.110000	±0.030600	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado en www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspensivos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Lic. Regina Cortez

Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0232
Identificación de la Muestra : ACP-03
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 21/04/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 21/04/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 22/04/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 29/04/2021
Fecha de Generación de Reporte : 12/05/2021
Responsable de Toma de Muestra : Ronald Martínez
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	21/04/2021	
HORA	9:00 a.m.	
Temperatura de la Muestra	26.5	°C
pH	6.22	Unidades
Conductividad Eléctrica	502	µS/cm
Salinidad	0.02	0/00
TDS	251	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	6.85, 21.5°C	±0.40	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	524.95	±1.06	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.30	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	109.10	±3.28	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	109.10	±3.28	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.33	±0.01	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	56.720	±0.651	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	31.36	±0.44	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	215	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.23	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.03	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.058	±0.002	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	17.860	±0.231	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	33.46	±0.02	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	10.930	±0.187	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	110.33	±0.66	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	257.75	±0.49	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	36.880	±0.569	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	33	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.020000	±0.010300	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspensivos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Lic. Regina Cortez

Coordinadora del Laboratorio



Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv



DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0251
Identificación de la Muestra : ACMA-04
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 23/04/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 23/04/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 26/04/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 29/04/2021
Fecha de Generación de Reporte : 12/05/2021
Responsable de Toma de Muestra : Ronald Martínez
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	23/04/2021	
HORA	1:40 p.m.	
Temperatura de la Muestra	26.1	°C
pH	6.70	Unidades
Conductividad Eléctrica	231	µS/cm
Salinidad	0.01	0/00
TDS	116	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.13, 16.4°C	±0.41	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	259.85	±0.21	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.17	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	67.32	±3.28	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	67.32	±3.28	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.39	±0	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	31.640	±0.267	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	< 0.62	±0.01	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	115.17	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.34	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.90	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.344	±0.002	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	8.804	±0.069	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	0.154	±0.001	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	5.26	±0.06	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	5.537	±0.051	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	103.2	±0.38	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	127.85	±0.07	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	15.740	±0.269	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	35	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.029600	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Lic. Regina Cortez

Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0250
Identificación de la Muestra : ACPE-04
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 23/04/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 23/04/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 26/04/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 29/04/2021
Fecha de Generación de Reporte : 12/05/2021
Responsable de Toma de Muestra : Ronald Martínez
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	23/04/2021	
HORA	1:00 p.m.	
Temperatura de la Muestra	28.2	°C
pH	6.54	Unidades
Conductividad Eléctrica	886	µS/cm
Salinidad	0.04	0/00
TDS	431	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	6.93, 15.4°C	±0.40	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	957.00	±1.98	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.51	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	188.03	±3.28	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	188.03	±3.28	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	2.28	±0	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	59.890	±0.424	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	2.93	±0.04	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	324.82	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.06	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.22	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.045	±0.001	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	42.630	±0.393	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	13.13	±0.10	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	18.540	±0.299	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	112.66	±0.21	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	469.40	±0.99	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	104.600	±2.310	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	47	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.248000	±0.026300	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado en www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Lic. Regina Cortez

Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv



DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0249
Identificación de la Muestra : ACPE-03
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 23/04/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 23/04/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 26/04/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 29/04/2021
Fecha de Generación de Reporte : 12/05/2021
Responsable de Toma de Muestra : Ronald Martínez
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	23/04/2021	
HORA	12:15 p.m.	
Temperatura de la Muestra	24.2	°C
pH	6.54	Unidades
Conductividad Eléctrica	418	µS/cm
Salinidad	0.02	0/00
TDS	209	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	6.755, 15°C	±0.39	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	438.80	±3.39	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.26	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	81.25	±3.28	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	81.25	±3.28	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.9	±0	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	35.700	±0.501	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	10.37	±0.15	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	154.45	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.05	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.27	±0.01	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.143	±0.001	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	15.890	±0.117	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	22.02	±0.21	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	7.161	±0.093	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	123.89	±0.47	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	215.50	±1.70	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	48.790	±0.786	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	24	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.063000	±0.012400	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado en www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

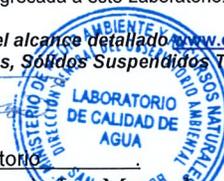
Lic. Regina Cortez

Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0248
Identificación de la Muestra : ACMA-03
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 23/04/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 23/04/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 26/04/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 29/04/2021
Fecha de Generación de Reporte : 12/05/2021
Responsable de Toma de Muestra : Ronald Martínez
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de Pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	23/04/2021	
HORA	9:50 a.m.	
Temperatura de la Muestra	22.7	°C
pH	7.20	Unidades
Conductividad Eléctrica	130	µS/cm
Salinidad	0.00	0/00
TDS	65	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.44, 13.9°C	±0.43	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	131.90	±0.57	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.11	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	18.57	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	18.57	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.4	±0	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	9.042	±0.079	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	0.83	±0.01	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	36.11	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.14	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	2.03	±0.01	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.073	±0.002	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	3.294	±0.024	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	<1.33	±0.01	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	3.756	±0.022	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	76.97	±0.28	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	65.15	±0.28	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	18.950	±0.209	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	<7	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.015800	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado en www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

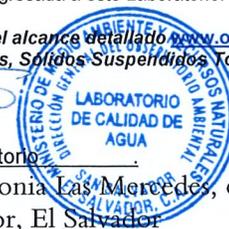
Lic. Regina Cortez

Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0510
 Identificación de la Muestra : ZAP-17A
 Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
 Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
 Fecha de toma de muestras : 19/10/2021
 Fecha de Recepción en Laboratorio : 19/10/2021
 Fecha de Inicio de Análisis : 19/10/2021
 Fecha de Finalización de Análisis : 03/11/2021
 Fecha de Generación de Reporte : 10/11/2021
 Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
 Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
 Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
 Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	19/10/2021	
HORA	11:45 a.m.	
pH	6.01	Unidades
Temperatura de la Muestra	27.4	°C
TDS	1003	mg/l
Conductividad Eléctrica	501	µS/cm
Salinidad	0.05	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.035, 14.9°C	±0.41	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	1099, 16°C	±15.39	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.59	±0.002	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	332.09	±3.19	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	332.09	±3.19	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.21	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	97.930	±2.072	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	59.15	±0.83	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	391.51	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.64	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	4.86	±0.02	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	1.728	±0.029	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	35.770	±0.603	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	1.854	±0.031	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	8.61	±0.08	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	35.320	±0.556	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	92.76	±0.63	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	539.00	±2.69	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	76.880	±1.089	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	137	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.028000	±0.012200	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable

NR: No Realizado

SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa-gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPSO 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio

LABORATORIO
DE CALIDAD DE
AGUA

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv



DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0511
Identificación de la Muestra : ZAP-03A
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 19/10/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 19/10/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 19/10/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 03/11/2021
Fecha de Generación de Reporte : 10/11/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	19/10/2021	
HORA	1:00 p.m.	
pH	5.94	Unidades
Temperatura de la Muestra	27.6	°C
TDS	810	mg/l
Conductividad Eléctrica	405	µS/cm
Salinidad	0.04	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	6.99, 15.4°C	±0.41	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	869.45, 16.1°C	±12.17	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.47	±0.000	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	232.69	±3.19	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	232.69	±3.19	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.24	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	71.110	±0.087	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	44.36	±0.62	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	367.38	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.74	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	<0.02	±0.12	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.000	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	46.170	±0.042	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	87.73	±6.53	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	14.460	±0.015	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	86.79	±0.04	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	426.55	±0.35	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	36.560	±0.106	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	85	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.021000	±0.010500	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable

NR: No Realizado

SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPSC 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv



DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0509
Identificación de la Muestra : ZAP-22
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 19/10/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 19/10/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 19/10/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 03/11/2021
Fecha de Generación de Reporte : 10/11/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	19/10/2021	
HORA	11:00 a.m.	
pH	5.98	Unidades
Temperatura de la Muestra	27.6	°C
TDS	527	mg/l
Conductividad Eléctrica	264	µS/cm
Salinidad	0.02	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.01, 14.5°C	±0.41	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	567.7, 15.5°C	±7.95	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.32	±0.000	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	160.40	±3.19	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	160.40	±3.19	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.20	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	52.990	±0.508	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	23.66	±0.33	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	204.34	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.27	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	<0.02	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.000	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	17.530	±0.145	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	31.76	±0.07	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	8.775	±0.103	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	90.58	±0.39	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	278.70	±0.14	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	33.260	±0.417	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	47	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.017000	±0.002600	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPC 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN

(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv



DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0535
Identificación de la Muestra : ZAP-23 A
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 21/10/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 21/10/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 21/10/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 04/11/2021
Fecha de Generación de Reporte : 11/11/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	21/10/2021	
HORA	1:25 p.m.	
pH	5.60	Unidades
Temperatura de la Muestra	27.2	°C
TDS	293	mg/l
Conductividad Eléctrica	146	µS/cm
Salinidad	0.01	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	6.81, 17.7°C	±0.39	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	342.6, 19.2°C	±4.80	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.21	±0.001	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	47.44	±3.19	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	47.44	±3.19	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.02	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	34.260	±0.822	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	28.84	±0.40	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	115.61	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.29	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	<0.02	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.002	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	7.323	±0.190	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	35.75	±1.82	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	5.811	±0.111	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	113.90	±1.42	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	168.40	±0.14	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	20.110	±0.553	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	27	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.015000	±0.007700	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPSC 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, Edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0534
Identificación de la Muestra : ZAP-20 A
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 21/10/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 21/10/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 21/10/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 04/11/2021
Fecha de Generación de Reporte : 11/11/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	21/10/2021	
HORA	12:15 p.m.	
pH	5.68	Unidades
Temperatura de la Muestra	28.2	°C
TDS	248	mg/l
Conductividad Eléctrica	149	µS/cm
Salinidad	0.01	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	6.915, 18.4°C	±0.40	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	314.1, 18.7°C	±4.40	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.20	±0.000	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	97.14	±3.19	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	97.14	±3.19	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.04	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	40.080	±0.073	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	2.46	±0.03	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	142.62	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.26	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	<0.02	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.000	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	10.360	±0.038	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	33.83	±0.42	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	4.438	±0.038	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	102.37	±0.04	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	154.40	±0.14	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	14.610	±0.016	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	20	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.003000	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable

NR: No Realizado

SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPC 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio



Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv



DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0533
Identificación de la Muestra : CAR-01
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 21/10/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 21/10/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 21/10/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 04/11/2021
Fecha de Generación de Reporte : 11/11/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	21/10/2021	
HORA	11:45 a.m.	
pH	6.29	Unidades
Temperatura de la Muestra	28.3	°C
TDS	781	mg/l
Conductividad Eléctrica	390	µS/cm
Salinidad	0.03	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.42, 19.1°C	±0.43	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	815.15, 18.8°C	±11.41	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.45	±0.000	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	234.95	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	234.95	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	1.28	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	48.490	±0.314	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	70.24	±0.98	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	283.09	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.48	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.07	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.001	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	39.400	±0.207	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	7.46	±0.04	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	13.440	±0.093	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	90.26	±0.21	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	399.95	±0.07	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	72.620	±0.526	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	47	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.125000	±0.001600	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable

NR: No Realizado

SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPSC 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez

Coordinadora del Laboratorio



Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv



DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0532
Identificación de la Muestra : CAR-02
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 21/10/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 21/10/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 21/10/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 04/11/2021
Fecha de Generación de Reporte : 11/11/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	21/10/2021	
HORA	11:10 a.m.	
pH	6.21	Unidades
Temperatura de la Muestra	28.3	°C
TDS	484	mg/l
Conductividad Eléctrica	242	µS/cm
Salinidad	0.02	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.385, 17.1°C	±0.43	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	507.45, 18.8°C	±7.10	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.29	±0.001	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	119.73	±3.19	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	119.73	±3.19	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.15	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	67.660	±0.032	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	16.51	±0.23	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	239.87	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.41	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	3.26	±0.05	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.001	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	17.270	±0.023	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	87.77	±0.00	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	15.520	±0.060	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	63.05	±0.01	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	249.15	±0.35	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	16.090	±0.019	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	36	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.004000	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gub.ve
Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez
Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPSC 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0531
Identificación de la Muestra : CAR-03
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 21/10/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 21/10/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 21/10/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 04/11/2021
Fecha de Generación de Reporte : 11/11/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	21/10/2021	
HORA	10:40 a.m.	
pH	6.45	Unidades
Temperatura de la Muestra	29.0	°C
TDS	829	mg/l
Conductividad Eléctrica	415	µS/cm
Salinidad	0.04	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.57, 17.3°C	±0.44	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	892.85, 18.2°C	±12.50	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.49	±0.000	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	228.17	±3.19	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	228.17	±3.19	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	3.08	±0.04	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	35.100	±0.608	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	592.25	±8.29	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	186.69	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.48	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.50	±0.08	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.001	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	24.090	±0.261	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	0.166	±0.008	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	2.35	±0.45	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	19.800	±0.313	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	93.25	±0.52	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	438.00	±0.42	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	126.000	±1.350	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	36	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.074000	±0.010700	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable

NR: No Realizado

SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPC 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio



Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv



DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0530
Identificación de la Muestra : CAR-04
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 21/10/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 21/10/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 21/10/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 04/11/2021
Fecha de Generación de Reporte : 11/11/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	21/10/2021	
HORA	9:45	
pH	6.07	Unidades
Temperatura de la Muestra	29.3	°C
TDS	394	mg/l
Conductividad Eléctrica	199	µS/cm
Salinidad	0.01	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.42, 16.8°C	±0.43	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	373.65, 17.6°C	±5.23	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.23	±0.000	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	142.32	±3.19	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	142.32	±3.19	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.21	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	44.720	±2.101	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	11.09	±0.16	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	169.84	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.23	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.14	±0.04	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.136	±0.001	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	14.160	±0.525	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	26.05	±0.18	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	2.899	±0.158	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	98.90	±1.60	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	183.60	±0.14	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	27.210	±0.970	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	14	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.011800	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable

NR: No Realizado

SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPSC 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0529
Identificación de la Muestra : ZAP-24
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 21/10/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 21/10/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 21/10/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 04/11/2021
Fecha de Generación de Reporte : 11/11/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	21/10/2021	
HORA	9:20 a.m.	
pH	6.22	Unidades
Temperatura de la Muestra	28.2	°C
TDS	440	mg/l
Conductividad Eléctrica	220	µS/cm
Salinidad	0.02	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.52, 17.1°C	±0.44	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	453.6, 17.8°C	±6.35	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.27	±0.001	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	194.28	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	194.28	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.15	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	55.950	±0.779	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	3.94	±0.06	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	242.33	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.33	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.09	±0.02	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.001	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	24.970	±0.429	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	13.36	±0.80	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	16.830	±0.339	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	77.04	±0.64	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	222.75	±0.35	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	17.240	±0.323	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	26	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.011000	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable

NR: No Realizado

SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPSC 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio



Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv



DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0528
Identificación de la Muestra : CAR-05
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 21/10/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 21/10/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 21/10/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 04/11/2021
Fecha de Generación de Reporte : 11/11/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	21/10/2021	
HORA	8:55 a.m.	
pH	6.58	Unidades
Temperatura de la Muestra	35.6	°C
TDS	1773	mg/l
Conductividad Eléctrica	882	µS/cm
Salinidad	0.08	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.96, 16.7°C	±0.46	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	1789.5, 17.7°C	±25.05	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.95	±0.003	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	596.40	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	596.40	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	5.22	±0.03	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	89.330	±1.365	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	234.14	±3.28	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	400.29	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.35	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.16	±0.02	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.643	±0.009	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	43.120	±1.362	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	0.055	±0.004	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	<1.33	±0.40	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	34.850	±0.025	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	133.88	±0.18	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	877.30	±2.40	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	261.900	±7.140	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	<7	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.067000	±0.007700	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable

NR: No Realizado

SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPSC 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez

Coordinadora del Laboratorio



Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv



DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0551
Identificación de la Muestra : ACPP-03
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 25/10/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 26/10/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 26/10/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 04/11/2021
Fecha de Generación de Reporte : 11/11/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	25/10/2021	
HORA	9:40 a.m.	
pH	5.65	Unidades
Temperatura de la Muestra	26.9	°C
TDS	239	mg/l
Conductividad Eléctrica	478	µS/cm
Salinidad	0.02	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	6.76, 16.5°C	±0.39	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	512.95, 17.1°C	±7.18	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.30	±0.001	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	131.03	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	131.03	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	<0.02	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	69.120	±0.515	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	30.31	±0.42	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	246.56	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.25	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	<0.02	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.001	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	18.010	±0.148	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	24.85	±0.00	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	10.250	±0.106	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	108.19	±0.45	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	251.80	±1.13	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	33.320	±0.317	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	33	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.011000	±0.002900	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPC 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez

Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, Edificios MARN

(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0550
Identificación de la Muestra : ACMA-02
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 25/10/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 26/10/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 26/10/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 04/11/2021
Fecha de Generación de Reporte : 11/11/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	25/10/2021	
HORA	9:15 a.m.	
pH	5.98	Unidades
Temperatura de la Muestra	26.8	°C
TDS	166	mg/l
Conductividad Eléctrica	333	µS/cm
Salinidad	0.01	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.13, 16.7°C	±0.41	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	359.65, 17.1°C	±5.04	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.22	±0.001	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	112.95	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	112.95	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.15	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	38.280	±0.896	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	13.56	±0.19	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	158.58	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.27	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.27	±0.04	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.001	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	15.330	±0.328	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.001	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	16.29	±0.00	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	6.088	±0.076	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	101.75	±0.81	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	176.70	±0.57	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	28.570	±0.509	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	16	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.012000	±0.003800	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPC 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0549
 Identificación de la Muestra : ACP-01
 Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
 Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
 Fecha de toma de muestras : 25/10/2021
 Fecha de Recepción en Laboratorio : 26/10/2021
 Fecha de Inicio de Análisis : 26/10/2021
 Fecha de Finalización de Análisis : 04/11/2021
 Fecha de Generación de Reporte : 11/11/2021
 Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
 Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
 Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
 Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	25/10/2021	
HORA	8:30 a.m.	
pH	6.06	Unidades
Temperatura de la Muestra	29.2	°C
TDS	229	mg/l
Conductividad Eléctrica	452	µS/cm
Salinidad	0.02	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.19, 16°C	±0.42	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	473.55, 16.3°C	±6.63	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.28	±0.000	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	137.80	±3.19	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	137.80	±3.19	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.68	±0.01	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	40.290	±0.741	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	44.36	±0.62	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	163.80	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.33	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.22	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.000	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	15.380	±0.215	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	1.67	±0.01	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	9.457	±0.196	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	116.04	±1.05	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	232.55	±0.21	mg/l	---	Electrométrico
44	Sodio	48.010	±0.938	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	9	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.016000	±0.000500	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPSC 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio



Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes edificios MARN

(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv



DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0548
Identificación de la Muestra : ACP-02
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 25/10/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 26/10/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 26/10/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 04/11/2021
Fecha de Generación de Reporte : 11/11/2021
Responsable de Toma de Muestra : Antonio Medina
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	25/10/2021	
HORA	7:55 a.m.	
pH	6.32	Unidades
Temperatura de la Muestra	27.3	°C
TDS	202	mg/l
Conductividad Eléctrica	404	µS/cm
Salinidad	0.02	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.145, 16.7°C	±0.41	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	429.55, 16.6°C	±6.01	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.25	±0.000	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	128.77	±3.19	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	128.77	±3.19	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.60	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	32.260	±0.096	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	28.34	±0.40	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	141.09	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.42	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.17	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.016	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	14.730	±0.110	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	12.85	±0.02	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	5.866	±0.098	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	100.33	±0.66	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	211.00	±0.14	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	45.830	±0.504	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	17	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.081000	±0.010800	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable
Notas:

NR: No Realizado

SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv
Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez
Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPSC 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio



Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv



DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0574
Identificación de la Muestra : ACP-05
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 27/10/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 27/10/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 27/10/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 29/11/2021
Fecha de Generación de Reporte : 29/11/2021
Responsable de Toma de Muestra : Ronald Martínez
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	27/10/2021	
HORA	11:45	
pH	6.41	Unidades
Temperatura de la Muestra	29.7	°C
TDS	134	mg/l
Conductividad Eléctrica	269	µS/cm
Salinidad	0.01	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.595, 17.7°C	±0.44	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	286.9, 17.9°C	±4.02	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.19	±0.001	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	121.99	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	121.99	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	<0.02	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	34.870	±0.012	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	2.96	±0.04	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	140.28	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.23	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	<0.02	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.002	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	12.950	±0.019	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	1.35	±0.01	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	7.803	±0.069	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	111.35	±0.02	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	141.05	±0.07	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	22.330	±0.017	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	<7	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.013000	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.rich.sv
Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez
Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPSC 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv



DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0573
Identificación de la Muestra : ACP-04
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 27/10/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 27/10/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 27/10/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 29/11/2021
Fecha de Generación de Reporte : 29/11/2021
Responsable de Toma de Muestra : Ronald Martínez
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	27/10/2021	
HORA	11:05	
pH	6.35	Unidades
Temperatura de la Muestra	28.8	°C
TDS	129	mg/l
Conductividad Eléctrica	258	µS/cm
Salinidad	0.01	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.47, 17.8°C	±0.43	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	276.25, 17.8°C	±3.87	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.18	±0.000	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	126.51	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	126.51	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	<0.02	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	34.140	±0.190	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	2.96	±0.04	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	138.87	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.25	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.13	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.002	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	13.050	±0.079	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	1.76	±0.04	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	6.879	±0.064	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	110.48	±0.20	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	135.85	±0.07	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	19.900	±0.056	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	<7	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.000500	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPSC 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0572
Identificación de la Muestra : ACPE-04 a
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 27/10/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 27/10/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 27/10/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 29/11/2021
Fecha de Generación de Reporte : 29/11/2021
Responsable de Toma de Muestra : Ronald Martínez
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	27/10/2021	
HORA	10:15	
pH	5.55	Unidades
Temperatura de la Muestra	26.8	°C
TDS	86	mg/l
Conductividad Eléctrica	173	µS/cm
Salinidad	0	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	6.745, 18°C	±0.39	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	193.5, 18.1°C	±2.71	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.14	±0.000	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	85.85	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	85.85	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	<0.02	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	27.650	±0.232	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	1.48	±0.02	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	94.76	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.21	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.09	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.002	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	6.264	±0.004	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	4.87	±0.01	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	5.537	±0.001	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	114.07	±0.06	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	95.33	±0.01	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	13.980	±0.015	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	19	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.000800	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPSC 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio



Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv



DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0571
Identificación de la Muestra : ACPE-03
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 27/10/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 27/10/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 27/10/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 29/11/2021
Fecha de Generación de Reporte : 29/11/2021
Responsable de Toma de Muestra : Ronald Martínez
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	27/10/2021	
HORA	09:40	
pH	5.71	Unidades
Temperatura de la Muestra	28.9	°C
TDS	163	mg/l
Conductividad Eléctrica	326	µS/cm
Salinidad	0.01	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	6.97, 17.2°C	±0.40	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	345.15, 17.5°C	±4.83	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.21	±0.000	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	99.40	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	99.40	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.18	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	39.450	±0.131	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	16.76	±0.23	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	156.32	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.24	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	<0.02	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.001	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	14.070	±0.040	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	15.14	±0.00	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	4.728	±0.034	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	115.18	±0.02	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	169.60	±0.14	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	28.290	±0.114	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	66	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.029000	±0.010100	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable

NR: No Realizado

SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02-16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPC 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio



Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv



DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0570
Identificación de la Muestra : ACPE-01
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 27/10/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 27/10/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 27/10/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 29/11/2021
Fecha de Generación de Reporte : 29/11/2021
Responsable de Toma de Muestra : Ronald Martínez
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	27/10/2021	
HORA	09:00	
pH	6.04	Unidades
Temperatura de la Muestra	25.1	°C
TDS	150	mg/l
Conductividad Eléctrica	301	µS/cm
Salinidad	0.01	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.245, 17.6°C	±0.42	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	333.6, 17.6°C	±4.67	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.21	±0.000	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	112.95	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	112.95	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.11	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	35.110	±0.379	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	10.84	±0.15	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	151.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.26	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	<0.02	±0.00	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.002	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	15.410	±0.104	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	25.19	±0.00	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	3.744	±0.006	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	101.92	±0.18	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	164.05	±0.07	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	27.770	±0.124	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	19	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.016000	±0.004800	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPSC 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez
Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0569
Identificación de la Muestra : ACPE-02
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 27/10/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 27/10/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 27/10/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 29/11/2021
Fecha de Generación de Reporte : 29/11/2021
Responsable de Toma de Muestra : Ronald Martínez
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	27/10/2021	
HORA	08:30	
pH	5.85	Unidades
Temperatura de la Muestra	24.9	°C
TDS	158	mg/l
Conductividad Eléctrica	315	µS/cm
Salinidad	0.01	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	6.93, 17.3°C	±0.40	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	352.75, 17.1°C	±4.94	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.22	±0.001	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	99.40	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	99.40	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.33	±0.01	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	51.660	±0.732	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	27.85	±0.39	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	173.37	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.03	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	4.07	±0.03	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.000	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	10.810	±0.146	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	0.688	±0.011	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	14.26	±0.11	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	2.048	±0.017	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	73.59	±0.44	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	173.35	±0.07	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	18.590	±0.235	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	11	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.000800	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPSC 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez

Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv





DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0560
Identificación de la Muestra : ACMA-03
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 26/10/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 26/10/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 26/10/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 29/11/2021
Fecha de Generación de Reporte : 29/11/2021
Responsable de Toma de Muestra : Ronald Martínez
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	26/10/2021	
HORA	11:50	
pH	6.33	Unidades
Temperatura de la Muestra	26.6	°C
TDS	55	mg/l
Conductividad Eléctrica	110	µS/cm
Salinidad	0	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.495, 17.1°C	±0.43	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	118, 17.8°C	±1.65	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.11	±0.000	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	40.66	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	40.66	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	<0.02	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	82.280	±1.936	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	4.44	±0.06	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	317.37	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.53	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	2.05	±0.01	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.002	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	27.240	±0.504	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	2.75	±0.31	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	7.253	±0.098	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	107.61	±0.91	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	58.32	±0.01	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	22.490	±0.408	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	<7	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.007700	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv.

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPSO 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez

Coordinadora del Laboratorio



Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv



DIRECCION GENERAL DEL OBSERVATORIO DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
AREA DE ANALISIS FISICOQUIMICO-ABSORCION ATOMICA
INFORME DE RESULTADOS EN MUESTRAS DE AGUA

Pag. 1/1

Número de Referencia : 21-0558
Identificación de la Muestra : ACMA-04
Solicitante : Hidrogeología /Laura Gil
Dirección : Kilómetro 5 ½, Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Instalaciones ISTA, San Salvador
Fecha de toma de muestras : 26/10/2021
Fecha de Recepción en Laboratorio : 26/10/2021
Fecha de Inicio de Análisis : 26/10/2021
Fecha de Finalización de Análisis : 29/11/2021
Fecha de Generación de Reporte : 29/11/2021
Responsable de Toma de Muestra : Ronald Martínez
Tipo de Muestra (Subterránea, Superficial) : Agua Subterránea
Procedencia (Pozo, Río, Lago, Agua Residual, etc): Agua de pozo
Observaciones y Apariencia de la Muestra :

PARAMETROS DE CAMPO REPORTADOS

		Expresado como
FECHA	26/10/2021	
HORA	09:25	
pH	6.10	Unidades
Temperatura de la Muestra	26.40	°C
TDS	100	mg/l
Conductividad Eléctrica	201	µS/cm
Salinidad	0.01	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	6.805, 17.2°C	±0.39	Unidades	0.10	SMWW 4500-H ⁺
4	Conductividad Eléctrica	207.3, 17.8°C	±2.90	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.15	±0.001	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	58.74	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	58.74	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	<0.02	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	28.300	±0.121	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO ₃	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	0.99	±0.01	mg/l Cl ⁻	0.62	SMWW 4500Cl ⁻ B
18	Dureza Total	93.77	±0.00	mg/l CaCO ₃	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.16	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	1.26	±0.01	mg/l PO ₄	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.001	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	5.630	±0.055	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.001	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	10.63	±1.51	mg/l NO ₃	1.33	HACH 8039
31	Potasio	4.214	±0.037	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	97.77	±0.07	mg/l SiO ₂	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	102.10	±0.71	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	18.200	±0.025	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	36	±0	mg/l SO ₄	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.003900	mg/l As	0.000177	SMWW 3500-As

Abreviaturas: ND: No Detectable NR: No Realizado SMEWW: Standard Methods for Examination of water and Wastewater

Notas:

- Este informe de Resultados de análisis no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calidad de Aguas.
- Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra ingresada a este Laboratorio.
- El Laboratorio no realiza muestreo

Laboratorio de ensayo acreditado por el OSA con registro No. LEA-02:16 para el alcance detallado www.osa.gob.sv

Ensayos Acreditados: DBO₅, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPC 02. El laboratorio no se hace responsable por desvíos en los resultados si las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lic. Regina Cortez

Coordinadora del Laboratorio

Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Avenida y Colonia Las Mercedes, edificios MARN
(Instalaciones ISTA) San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 2132-6276

www.marn.gov.sv



ANEXO 2.

ANÁLISIS DE PRUEBAS DE INFILTRACIÓN CON LA HOJA DEL PERMEÁMETRO DE GUELPH

AC-PIGh-01

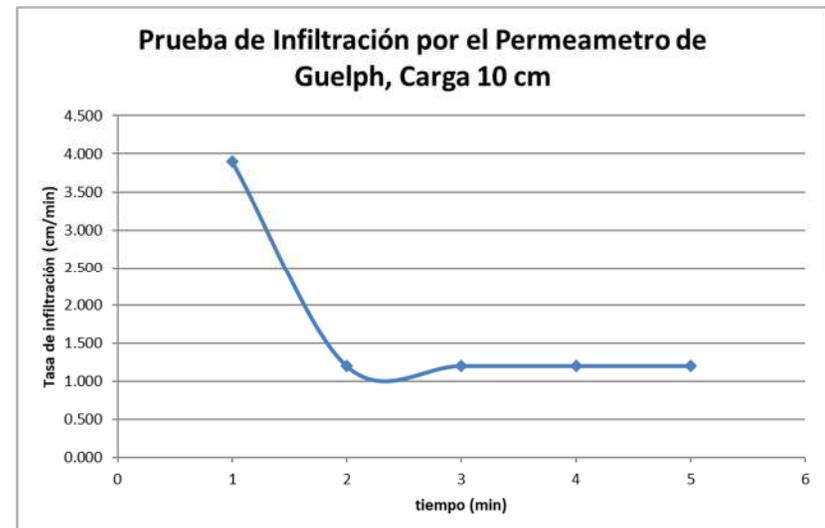
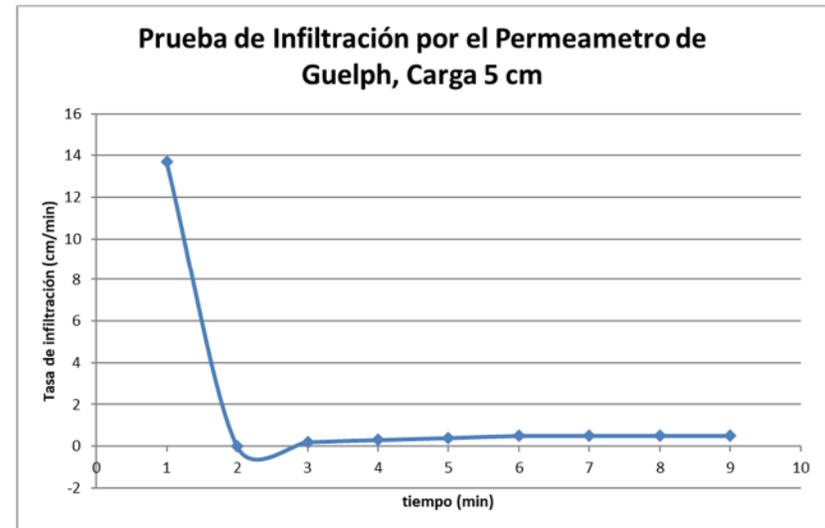
Datos de campo

Carga $h = 5\text{cm}$

t (min)	dt	h (cm)	dh	dh/dt (cm/min)
0		0		
1	1	13.7	13.7	13.700
2	1	13.7	0	0.000
3	1	13.9	0.2	0.200
4	1	14.2	0.3	0.300
5	1	14.6	0.4	0.400
6	1	15.1	0.5	0.500
7	1	15.6	0.5	0.500
8	1	16.1	0.5	0.500
9	1	16.6	0.5	0.500

Carga $h = 10\text{cm}$

t (min)	dt	h (cm)	dh	dh/dt (cm/min)
1	1	20.5	3.9	3.900
2	1	21.7	1.2	1.200
3	1	22.9	1.2	1.200
4	1	24.1	1.2	1.200
5	1	25.3	1.2	1.200



AC-PIGH-01

Hoja de Cálculo Permeámetro de Guelph

SOILMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

Input
Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**
Enter water Head Height ("H" in cm): **5**
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.5000**

Res Type: 35.22
H: 5
a: 4
H/a: 1.25
a²: 0.12
C1: 0.01
C2: 0.04
C3: 0.12
C4: 0.36
C5: 0.855
R: 0.500
Q: 0.294
phi: 3.142

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$
C = 0.655146
Q = 0.2935
 $K_{fs} = 4.26E-04 \text{ cm/sec}$
2.55E-02 cm/min
4.26E-06 m/sec
1.01E-02 inch/min
1.68E-04 inch/sec
 $\Phi_m = 3.55E-03 \text{ cm}^2/\text{min}$

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**
Enter water Head Height ("H" in cm): **10**
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

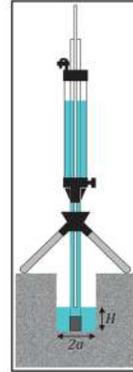
Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **1.2000**

Res Type: 35.22
H: 10
a: 4
H/a: 2.5
a²: 0.12
C1: 0.01
C2: 0.04
C3: 0.12
C4: 0.36
C5: 0.855
R: 1.200
Q: 0.7044
phi: 3.1415

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$
C = 1.062635
Q = 0.7044
 $K_{fs} = 6.21E-04 \text{ cm/sec}$
3.73E-02 cm/min
6.21E-06 m/sec
1.47E-02 inch/min
2.44E-04 inch/sec
 $\Phi_m = 5.18E-03 \text{ cm}^2/\text{min}$

Average

$K_{fs} = 5.28E-04 \text{ cm/sec}$
3.14E-02 cm/min
5.23E-06 m/s
1.34E-02 inch/min
2.06E-04 inch/sec
 $\Phi_m = 4.36E-03 \text{ cm}^2/\text{min}$



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**
Enter the first water Head Height ("H1" in cm): **5**
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): **10**
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): **0.5000**
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **1.2000**

Res Type: 35.22
H1/a: 1.25
H2/a: 2.5
C1: 0.01
C2: 0.04
C3: 0.12
C4: 0.36
C5: 0.855
R1: 0.500
R2: 1.200
Q-Denominator: 1508.506

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$
C = -1.0265
 $K_{fs} = 1.21E-03 \text{ cm/sec}$
7.24E-02 cm/min
1.21E-05 m/sec
2.85E-02 inch/min
4.76E-04 inch/sec
 $\Phi_m = -1.18E-03 \text{ cm}^2/\text{min}$
 $\Theta_1 = 0.65 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$
 $\Theta_2 = 0.4 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$
Sorptivity = #N/NUM! (cm min^{-0.5})
Single Head Average Sorptivity = 0.0467 (cm min^{-0.5})

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H₁ is the first water head height (cm), H₂ is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and a* is macroscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C₁ needs to be calculated while for two-head method, C₁ and C₂ are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^* (cm ⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.081 + 0.121(H_1/a)} \right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)} \right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)} \right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$

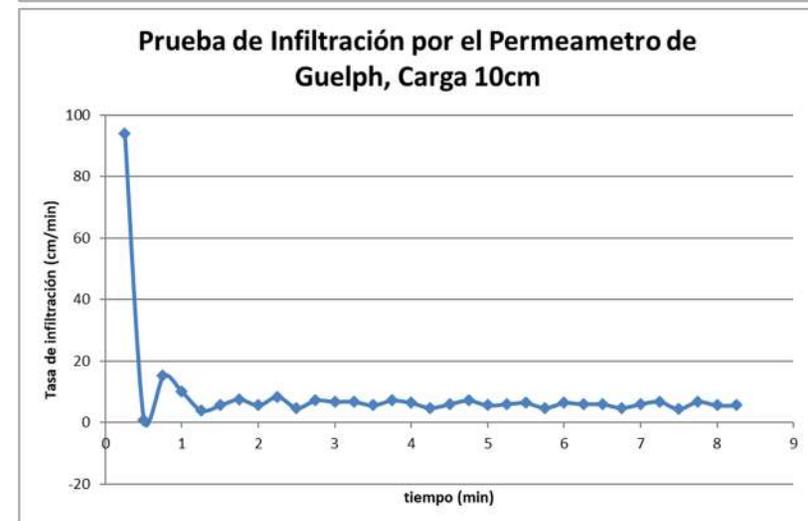
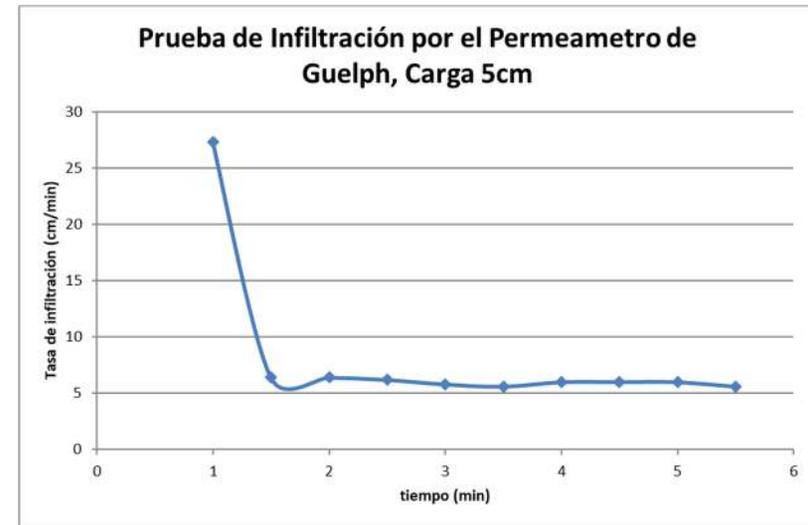
Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where P is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H₁ is the first head of water established in borehole (cm), H₂ is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{a} \right)}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^2 + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $K_{fs} = G_2 Q_2 - G_1 Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_1}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_2^2 + a^2 C_2) C_2}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $\Phi_m = G_3 Q_1 - G_4 Q_2$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	

AC-PIGh-02

Datos de campo

t (min)	dt	h (cm)	dh	dh/dt	
0.00		0			Carga 5 cm
1.00	1	27.3	27.3	27.3	
1.50	0.5	30.5	3.2	6.4	
2.00	0.5	33.7	3.2	6.4	
2.50	0.5	36.8	3.1	6.2	
3.00	0.5	39.7	2.9	5.8	
3.50	0.5	42.5	2.8	5.6	
4.00	0.5	45.5	3	6	
4.50	0.5	48.5	3	6	
5.00	0.5	51.5	3	6	
5.50	0.5	54.3	2.8	5.6	
			Promedio	6	
0.00		0			Carga 10cm
0.25	0.25	23.5	23.5	94	
0.50	0.25	23.7	0.2	0.8	
0.75	0.25	27.5	3.8	15.2	
1.00	0.25	30	2.5	10	
1.25	0.25	31	1	4	
1.50	0.25	32.4	1.4	5.6	
1.75	0.25	34.3	1.9	7.6	
2.00	0.25	35.7	1.4	5.6	
2.25	0.25	37.8	2.1	8.4	
2.50	0.25	39	1.2	4.8	
2.75	0.25	40.8	1.8	7.2	
3.00	0.25	42.5	1.7	6.8	
3.25	0.25	44.2	1.7	6.8	
3.50	0.25	45.6	1.4	5.6	
3.75	0.25	47.4	1.8	7.2	
4.00	0.25	49	1.6	6.4	
4.25	0.25	50.2	1.2	4.8	
4.50	0.25	51.7	1.5	6	
4.75	0.25	53.5	1.8	7.2	
5.00	0.25	54.9	1.4	5.6	
5.25	0.25	56.4	1.5	6	
5.50	0.25	58	1.6	6.4	
5.75	0.25	59.2	1.2	4.8	
6.00	0.25	60.8	1.6	6.4	
6.25	0.25	62.3	1.5	6	
6.50	0.25	63.8	1.5	6	
6.75	0.25	65	1.2	4.8	
7.00	0.25	66.5	1.5	6	
7.25	0.25	68.2	1.7	6.8	
7.50	0.25	69.3	1.1	4.4	
7.75	0.25	71	1.7	6.8	
8.00	0.25	72.4	1.4	5.6	
8.25	0.25	73.8	1.4	5.6	
			Promedio	6.11428571	



AC-PIGH-02

Hoja de Cálculo Permeámetro de Guelph



Input
Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**
Enter water Head Height ("H" in cm): **5**
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **6.0000**

Res Type: 35.22
H: 5
a: 4
H/a: 1.25
a*: 0.12
C: 0.655146
Q: 3.522
K_{fs}: 5.11E-09 cm/sec
3.06E-01 cm/min
5.11E-05 m/sec
C: 0.655
R: 6.000
Q: 3.522
pi: 3.142

α* = **0.12** cm⁻¹
C = **0.655146**
Q = **3.522**
K_{fs} = **5.11E-09** cm/sec
3.06E-01 cm/min
5.11E-05 m/sec
C = **0.655**
R = **6.000**
Q = **3.522**
pi = **3.142**
Φ_m = **4.26E-02** cm²/min

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**
Enter water Head Height ("H" in cm): **10**
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **6.1100**

Res Type: 35.22
H: 10
a: 4
H/a: 2.5
a*: 0.12
C: 1.062625
Q: 3.58657
K_{fs}: 8.16E-09 cm/sec
3.90E-01 cm/min
3.16E-05 m/sec
C: 1.062625
R: 6.110
Q: 3.58657
pi: 3.1415

α* = **0.12** cm⁻¹
C = **1.062625**
Q = **3.58657**
K_{fs} = **8.16E-09** cm/sec
3.90E-01 cm/min
3.16E-05 m/sec
C = **1.062625**
R = **6.110**
Q = **3.58657**
pi = **3.1415**
Φ_m = **2.64E-02** cm²/min

Average

K_{fs} = **4.13E-09** cm/sec
2.48E-01 cm/min
4.13E-05 m/s
0.77E-02 inch/min
1.63E-03 inch/sec
Φ_m = **3.45E-02** cm²/min

Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**
Enter the first water Head Height ("H1" in cm): **5**
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): **10**
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): **6.0000**
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **6.1100**

Res Type: 35.22
H1/a: 1.25
H2/a: 2.5
C1: 0.61 0.67798
C2: 0.01 1.023588
C1: 0.04 0.70033
C2: 0.04 1.094678
C1: 0.12 0.655146
C2: 0.12 1.062625
C1: 0.36 0.655146
C2: 0.36 1.062625
G-Denominator: 1508.530

α* = **0.12** cm⁻¹
C = **-0.0297**
Q₁ = **3.522**
Q₂ = **3.58657**
C₁ = **0.65514572**
C₂ = **1.06262483**
G₁ = **0.004343009**
G₂ = **0.003522108**
G₃ = **0.047122084**
G₄ = **0.021302533**
K_{fs} = **-2.66E-05** cm/sec
-1.60E-01 cm/min
-2.66E-05 m/sec
-6.29E-02 inch/min
-1.05E-03 inch/sec
Φ_m = **8.96E-02** cm²/min
Θ_{fs} = **0.65** cm³/cm³
Θ₁ = **0.4** cm³/cm³
Sorptivity = **0.2116** (cm min^{-0.5})
Single Head Average Sorptivity = **0.1313** (cm min^{-0.5})

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H₁ is the first water head height (cm), H₂ is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and a* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C₁ needs to be calculated while for two-head method, C₁ and C₂ are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α*(cm ⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)} \right)^{0.472}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)} \right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)} \right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$

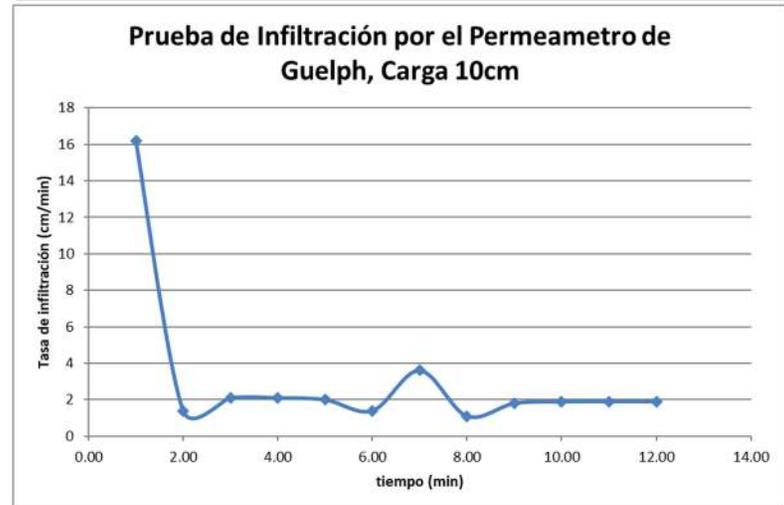
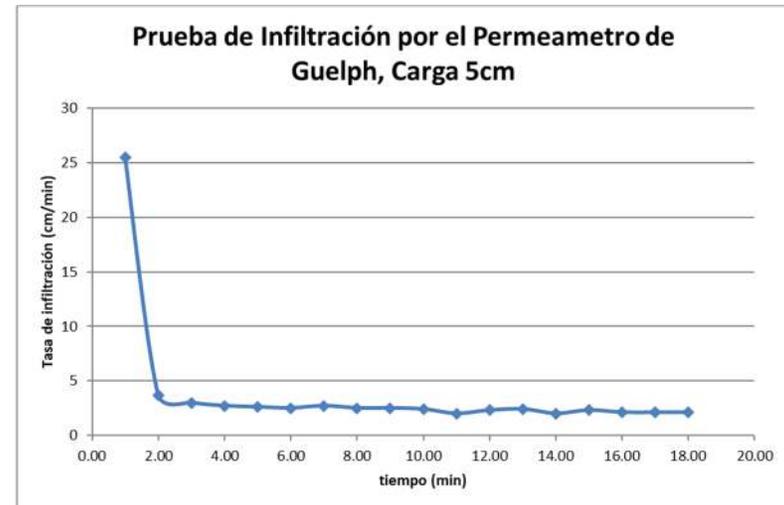
Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matrix flux potential (cm²/s), a* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H₁ is the first head of water established in borehole (cm), H₂ is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	Q ₁ = R ₁ × 35.22	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{a} \right)}$
One Head, Inner Reservoir	Q ₁ = R ₁ × 2.16	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^2 + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	Q ₁ = R ₁ × 35.22 Q ₂ = R ₂ × 35.22	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $K_{fs} = G_2 Q_2 - G_1 Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_1}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$
Two Head, Inner Reservoir	Q ₁ = R ₁ × 2.16 Q ₂ = R ₂ × 2.16	$G_4 = \frac{(2H_2^2 + a^2 C_2) C_2}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $\Phi_m = G_3 Q_1 - G_4 Q_2$

AC-PIGh-03

Datos de campo

t (min)	dt	h (cm)	dh	dh/dt	Carga 5 cm
0.00		0			
1.00	1	25.5	25.5	25.5	
2.00	1	29.2	3.7	3.7	
3.00	1	32.2	3	3	
4.00	1	34.9	2.7	2.7	
5.00	1	37.5	2.6	2.6	
6.00	1	40	2.5	2.5	
7.00	1	42.7	2.7	2.7	
8.00	1	45.2	2.5	2.5	
9.00	1	47.7	2.5	2.5	
10.00	1	50.1	2.4	2.4	
11.00	1	52.1	2	2	
12.00	1	54.4	2.3	2.3	
13.00	1	56.8	2.4	2.4	
14.00	1	58.8	2	2	
15.00	1	61.1	2.3	2.3	
16.00	1	63.2	2.1	2.1	
17.00	1	65.3	2.1	2.1	
18.00	1	67.4	2.1	2.1	
			Promedio	2.1	
0.00		0			
1.00	1	16.2	16.2	16.2	
2.00	1	17.6	1.4	1.4	
3.00	1	19.7	2.1	2.1	
4.00	1	21.8	2.1	2.1	
5.00	1	23.8	2	2	
6.00	1	25.2	1.4	1.4	
7.00	1	28.8	3.6	3.6	
8.00	1	29.9	1.1	1.1	
9.00	1	31.7	1.8	1.8	
10.00	1	33.6	1.9	1.9	
11.00	1	35.5	1.9	1.9	
12.00	1	37.4	1.9	1.9	
			Promedio	1.9	



AC-PIGH-03

Hoja de Cálculo Permeámetro de Guelph



Input
Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**

Enter water Head Height ("H" in cm): **5**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **2.1000**

Res Type: 35.22
H: 5
a: 4
H/a: 1.25
a*: 0.12
C0.01: 0.67728
C0.04: 0.7
C0.12: 0.655
C0.36: 0.655
C: 0.655
R: 2.100
Q: 1.233
pi: 3.142

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$

$C = 0.655146$
 $Q = 1.2327$

$K_f = 1.79E-03 \text{ cm/sec}$
 $1.07E-01 \text{ cm/min}$
 $1.79E-05 \text{ m/sec}$
 $4.22E-02 \text{ inch/min}$
 $7.04E-04 \text{ inch/sec}$

$\Phi_m = 1.49E-02 \text{ cm}^2/\text{min}$

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**

Enter water Head Height ("H" in cm): **10**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **1.9000**

Res Type: 35.22
H: 10
a: 4
H/a: 2.5
a*: 0.12
C0.01: 1.032588
C0.04: 1.084678
C0.12: 1.062625
C0.36: 1.062625
C: 1.062625
R: 1.900
Q: 1.1153
pi: 3.1415

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$

$C = 1.062625$
 $Q = 1.1153$

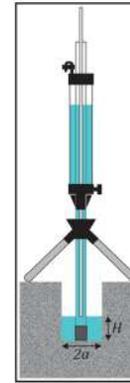
$K_f = 9.83E-04 \text{ cm/sec}$
 $5.90E-02 \text{ cm/min}$
 $9.83E-06 \text{ m/sec}$
 $2.32E-02 \text{ inch/min}$
 $3.87E-04 \text{ inch/sec}$

$\Phi_m = 8.19E-03 \text{ cm}^2/\text{min}$

Average

$K_f = 1.99E-03 \text{ cm/sec}$
 $8.31E-02 \text{ cm/min}$
 $1.39E-05 \text{ m/s}$
 $3.27E-02 \text{ inch/min}$
 $5.45E-04 \text{ inch/sec}$

$\Phi_m = 1.15E-02 \text{ cm}^2/\text{min}$



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): **5**

Enter the second water Head Height ("H2" in cm): **10**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): **2.1000**
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **1.9000**

Res Type: 35.22
H1/a: 1.25
H2/a: 2.5
C1-0.01: 0.67728
C2-0.01: 1.032588
C2-0.04: 0.70033
C2-0.04: 1.084678
C2-0.12: 1.065146
C2-0.12: 1.062625
C2-0.36: 1.065146
C2-0.36: 1.062625
G-Denominator: 1508.506

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$

$C = 1.062625$
 $Q = 1.1153$

$K_f = -1.43E-03 \text{ cm/sec}$
 $-8.55E-02 \text{ cm/min}$
 $-1.43E-05 \text{ m/sec}$
 $-3.37E-02 \text{ inch/min}$
 $-5.61E-04 \text{ inch/sec}$

$\Phi_m = 3.43E-02 \text{ cm}^2/\text{min}$

$\Theta_2 = 0.65 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$
 $\Theta_1 = 0.4 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$

Sortivity = **0.1310** (cm min^{-0.5})
Single Head Average Sortivity = **0.0760** (cm min^{-0.5})

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H₁ is the first water head height (cm), H₂ is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and a* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C needs to be calculated while for two-head method, C₁ and C₂ are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^* (cm ⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)} \right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)} \right)^{0.685}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)} \right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$

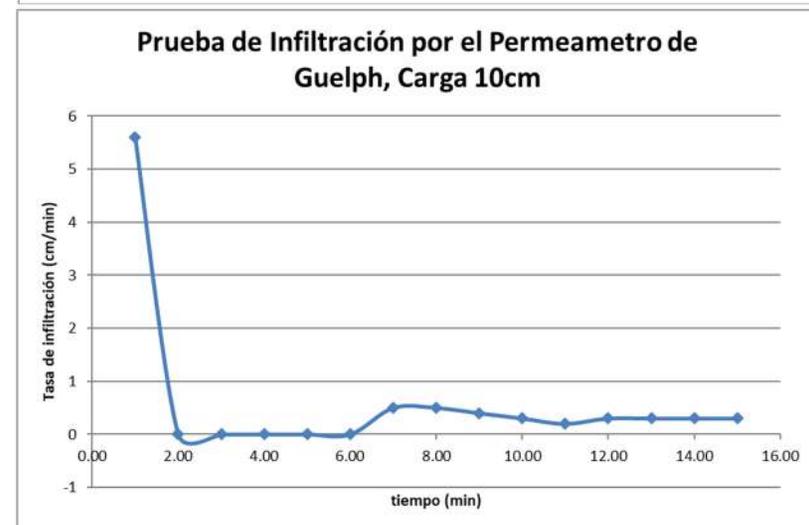
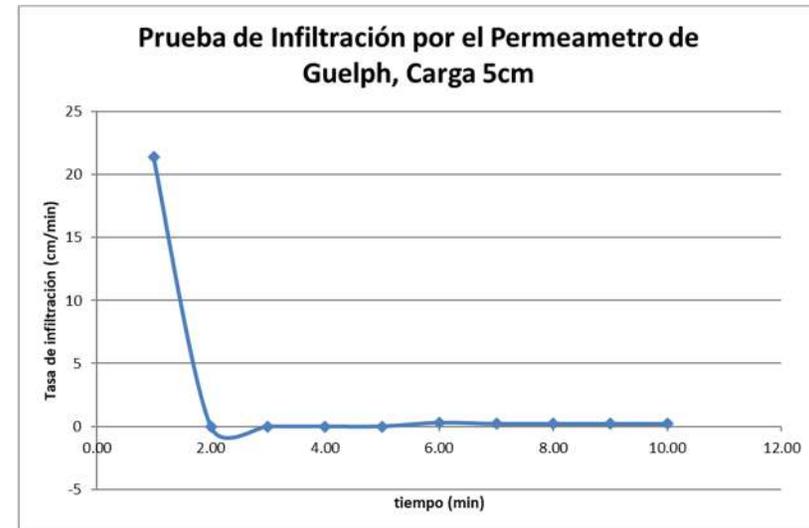
Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_f is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a* is Microscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H₁ is the first head of water established in borehole (cm), H₂ is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{f2} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{a^*} \right)}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1) a^* + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $K_{f2} = G_2 Q_2 - G_1 Q_1$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$G_3 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_1}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_2^2 + a^2 C_2) C_2}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $\Phi_m = G_3 Q_1 - G_4 Q_2$

AC-PIGh-04

Datos de campo

t (min)	dt	h (cm)	dh	dh/dt	Carga 5 cm
0.00		0			
1.00	1	21.4	21.4	21.4	
2.00	1	21.4	0	0	
3.00	1	21.4	0	0	
4.00	1	21.4	0	0	
5.00	1	21.4	0	0	
6.00	1	21.7	0.3	0.3	
7.00	1	21.9	0.2	0.2	
8.00	1	22.1	0.2	0.2	
9.00	1	22.3	0.2	0.2	
10.00	1	22.5	0.2	0.2	
			Promedio	0.2	
0.00		22.5			
1.00	1	28.1	5.6	5.6	
2.00	1	28.1	0	0	
3.00	1	28.1	0	0	Carga 10cm
4.00	1	28.1	0	0	
5.00	1	28.1	0	0	
6.00	1	28.1	0	0	
7.00	1	28.6	0.5	0.5	
8.00	1	29.1	0.5	0.5	
9.00	1	29.5	0.4	0.4	
10.00	1	29.8	0.3	0.3	
11.00	1	30	0.2	0.2	
12.00	1	30.3	0.3	0.3	
13.00	1	30.6	0.3	0.3	
14.00	1	30.9	0.3	0.3	
15.00	1	31.2	0.3	0.3	
			Promedio	0.3	



AC-PIGH-04

Hoja de Cálculo Permeámetro de Guelph



Input
Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
 (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**
 Enter water Head Height ("H" in cm): **5**
 Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.2000**

Res Type: 35.22
 H: 5
 a: 4
 H/a: 1.25
 a*: 0.12
 C0.01: 0.677
 C0.04: 0.7
 C0.12: 0.655
 C0.36: 0.655
 C: 0.655
 B: 0.200
 Q: 0.117
 pi: 3.142

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$
 $C = 0.655146$
 $Q = 0.1174$

$K_{fs} = 1.70E-04 \text{ cm/sec}$
 $1.02E-02 \text{ cm/min}$
 $1.70E-06 \text{ m/sec}$
 $4.02E-03 \text{ inch/min}$
 $6.70E-05 \text{ inch/sec}$

$\Phi_m = 1.42E-03 \text{ cm}^2/\text{min}$

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
 (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**
 Enter water Head Height ("H" in cm): **10**
 Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.3000**

Res Type: 35.22
 H: 10
 a: 4
 H/a: 2.5
 a*: 0.12
 C0.01: 1.057588
 C0.04: 1.084678
 C0.12: 1.063625
 C0.36: 1.063625
 C: 1.063625
 B: 0.300
 Q: 0.1761
 pi: 3.1415

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$
 $C = 1.062625$
 $Q = 0.1761$

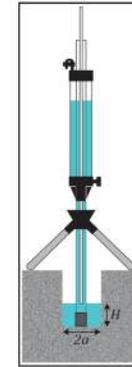
$K_{fs} = 1.55E-04 \text{ cm/sec}$
 $9.32E-03 \text{ cm/min}$
 $1.55E-06 \text{ m/sec}$
 $3.67E-03 \text{ inch/min}$
 $6.11E-05 \text{ inch/sec}$

$\Phi_m = 1.29E-03 \text{ cm}^2/\text{min}$

Average

$K_{fs} = 1.63E-04 \text{ cm/sec}$
 $9.76E-03 \text{ cm/min}$
 $1.63E-06 \text{ m/sec}$
 $3.94E-03 \text{ inch/min}$
 $6.41E-05 \text{ inch/sec}$

$\Phi_m = 1.36E-03 \text{ cm}^2/\text{min}$



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
 (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**
 Enter the first water Head Height ("H1" in cm): **5**
 Enter the second water Head Height ("H2" in cm): **10**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): **0.2000**
 Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **0.3000**

Res Type: 35.22
 H1/a: 1.25
 H2/a: 2.5
 C1-0.01: 0.67728
 C2-0.01: 1.037588
 C1-0.04: 0.70033
 C2-0.04: 1.084678
 C1-0.12: 0.655146
 C2-0.12: 1.063625
 C1-0.36: 0.655146
 C2-0.36: 1.063625
 C Denominator: 3508.506

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$
 $C = 0.6620$

$Q_1 = 0.1174$
 $Q_2 = 0.1761$
 $C_1 = 0.65514572$
 $C_2 = 1.062624582$
 $G_1 = 0.004343009$
 $G_2 = 0.008522108$
 $G_3 = 0.047122084$
 $G_4 = 0.021302533$

$K_{fs} = 1.10E-04 \text{ cm/sec}$
 $6.62E-03 \text{ cm/min}$
 $1.10E-06 \text{ m/sec}$
 $2.61E-03 \text{ inch/min}$
 $4.35E-05 \text{ inch/sec}$

$\Phi_m = 1.78E-03 \text{ cm}^2/\text{min}$

$\Theta_B = 0.65 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$
 $\Theta_I = 0.4 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$

Sorptivity = **0.0298** (cm min^{-0.5})
 Single Head Average Sorptivity = **0.0260** (cm min^{-0.5})

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H₁ is the first water head height (cm), H₂ is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and a* is macroscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C₁ needs to be calculated while for two-head method, C₁ and C₂ are calculated (Zhang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^* (cm ⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)} \right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)} \right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)} \right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$

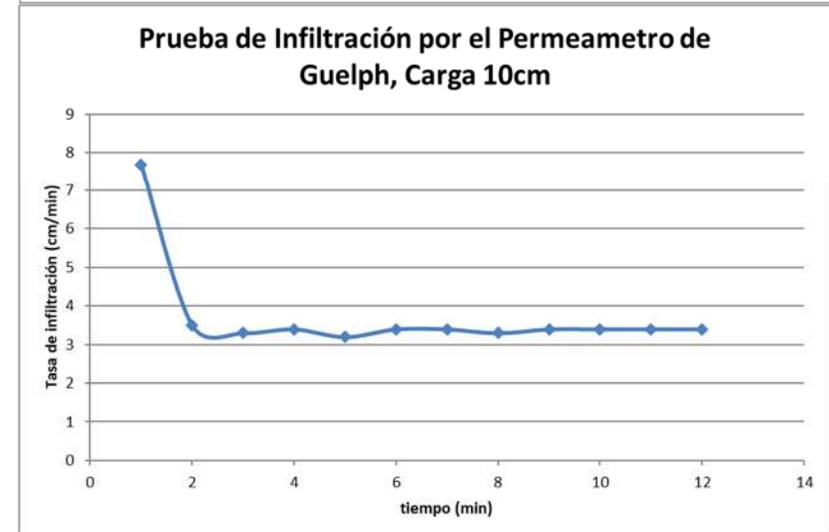
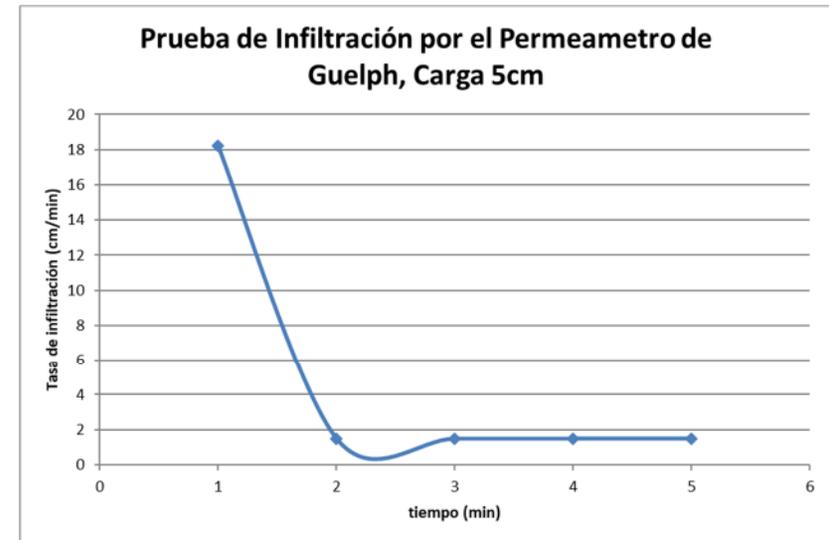
Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H₁ is the first head of water established in borehole (cm), H₂ is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{a} \right)}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1) a^* + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $K_{fs} = G_2 Q_2 - G_1 Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_1}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_2}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $\Phi_m = G_2 Q_1 - G_4 Q_2$

AC-PIGh-05

Datos de campo

t (min)	dt	h (cm)	dh	dh/dt	Carga 5 cm
0.00		0			
1.00	1	18.2	18.2	18.2	
2.00	1	19.7	1.5	1.5	
3.00	1	21.2	1.5	1.5	
4.00	1	22.7	1.5	1.5	
5.00	1	24.2	1.5	1.5	
			Promedio	1.5	
0.00		24.2			
1.00	1	31.9	7.7	7.7	
2.00	1	35.4	3.5	3.5	
3.00	1	38.7	3.3	3.3	Carga 10cm
4.00	1	42.1	3.4	3.4	
5.00	1	45.3	3.2	3.2	
6.00	1	48.7	3.4	3.4	
7.00	1	52.1	3.4	3.4	
8.00	1	55.4	3.3	3.3	
9.00	1	58.8	3.4	3.4	
10.00	1	62.2	3.4	3.4	
11.00	1	65.6	3.4	3.4	
12.00	1	69	3.4	3.4	
			Promedio	3.4	



AC-PIGH-05

Hoja de Cálculo Permeámetro de Guelph



Input
Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**

Enter water Head Height ("H" in cm): **5**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **1.5000**

Res Type: 35.22
H: 5
a: 4
H/a: 1.25
a²: 0.12
C: 0.655146
Q: 0.8805
K_{fs}: 1.28E-03 cm/sec
7.66E-02 cm/min
1.28E-05 m/sec
3.02E-04 inch/min
5.03E-04 inch/sec
Φ_m: 1.06E-02 cm²/min

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**

Enter water Head Height ("H" in cm): **10**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **3.4000**

Res Type: 35.22
H: 10
a: 4
H/a: 2.5
a²: 0.12
C: 1.062625
Q: 1.9958
K_{fs}: 1.76E-03 cm/sec
1.06E-01 cm/min
1.76E-05 m/sec
4.16E-02 inch/min
6.93E-04 inch/sec
Φ_m: 1.47E-02 cm²/min

Average

K_{fs}: **1.52E-03 cm/sec**
9.11E-02 cm/min
1.52E-05 m/sec
3.59E-02 inch/min
5.48E-04 inch/sec

Φ_m: **1.27E-02 cm²/min**

Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): **5**

Enter the second water Head Height ("H2" in cm): **10**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): **1.5000**

Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **3.4000**

Res Type: 35.22
H1/a: 1.25
H2/a: 2.5
C1-0.01: 0.67728
C2-0.01: 1.032588
C1-0.04: 0.70333
C2-0.04: 1.094678
C1-0.12: 0.655146
C2-0.12: 1.062625
C1-0.36: 0.655146
C2-0.36: 1.062625
G-Denominator: 1308.506

α^{*}: **0.12 cm⁻¹**

Q: **-3.1284**

Q₁: **0.8805**

Q₂: **1.9958**

C₁: **0.65514572**

C₂: **1.062624582**

G₁: **0.004949009**

G₂: **0.005522108**

G₃: **0.047122084**

G₄: **0.021302533**

K_{fs}: **3.21E-03 cm/sec**
1.92E-01 cm/min
3.21E-05 m/sec
7.57E-02 inch/min
1.26E-02 inch/sec

Φ_m: **-1.02E-03 cm²/min**

Θ₁: **0.65 cm²/cm²**

Θ₂: **0.4 cm²/cm²**

Sorptivity = $\frac{\Theta(NUM)}{\Theta(DENUM)}$ (cm min^{-1/2})
Single Head Average Sorptivity = **0.0795 (cm min^{-1/2})**

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H₁ is the first water head height (cm), H₂ is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α^{*} is macroscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C₁ needs to be calculated while for two-head method, C₁ and C₂ are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α [*] (cm ⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)} \right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)} \right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)} \right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$

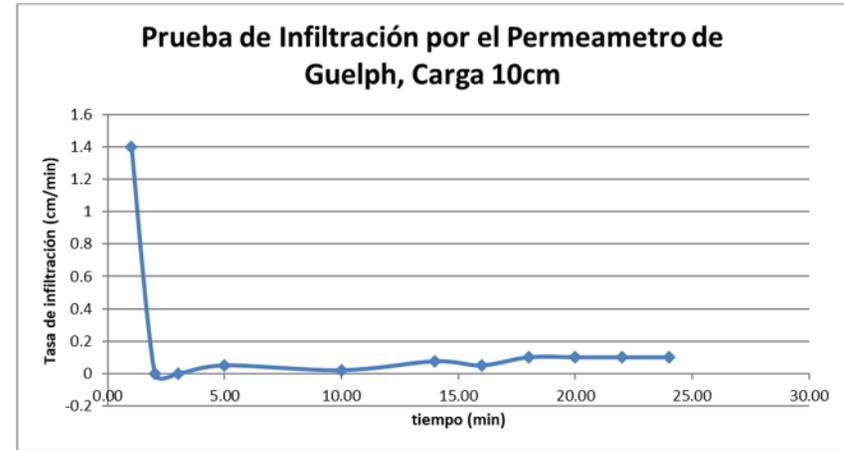
Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matrix flux potential (cm²/s), α^{*} is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H₁ is the first head of water established in borehole (cm), H₂ is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	Q ₁ = R̄ ₁ × 35.22	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{a}\right)}$
One Head, Inner Reservoir	Q ₁ = R̄ ₁ × 2.16	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	Q ₁ = R̄ ₁ × 35.22 Q ₂ = R̄ ₂ × 35.22	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_1 - H_2 C_1))}$ $G_2 = \frac{H_2 C_2}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_1 - H_2 C_1))}$ $K_{fs} = G_2 Q_2 - G_1 Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_1}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_1 - H_2 C_1))}$
Two Head, Inner Reservoir	Q ₁ = R̄ ₁ × 2.16 Q ₂ = R̄ ₂ × 2.16	$G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_2}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_1 - H_2 C_1))}$ $\Phi_m = G_3 Q_2 - G_4 Q_1$

AC-PIGh-06

Datos de campo

t (min)	dt	h (cm)	dh	dh/dt	Carga 5 cm
0.00		0			
1.00	1	18.7	18.7	18.7	
2.00	1	18.7	0	0	
3.00	1	18.7	0	0	
4.00	1	18.7	0	0	
5.00	1	18.7	0	0	
6.00	1	18.7	0	0	
7.00	1	18.7	0	0	
8.00	1	18.7	0	0	
9.00	1	18.7	0	0	
10.00	1	18.7	0	0	
11.00	1	18.7	0	0	
12.00	1	18.7	0	0	
13.00	1	18.7	0	0	
14.00	1	18.7	0	0	
15.00	1	18.7	0	0	
16.00	1	18.7	0	0	
			Promedio	0	
0.00		18.7			
1.00	1	20.1	1.4	1.4	
2.00	1	20.1	0	0	
3.00	1	20.1	0	0	Carga 10cm
5.00	2	20.2	0.1	0.05	
10.00	5	20.3	0.1	0.02	
14.00	4	20.6	0.3	0.075	
16.00	2	20.7	0.1	0.05	
18.00	2	20.9	0.2	0.1	
20.00	2	21.1	0.2	0.1	
22.00	2	21.3	0.2	0.1	
24.00	2	21.5	0.2	0.1	
			Promedio	0.1	



AC-PIGH-06

Hoja de Cálculo Permeámetro de Guelph



Input
Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**

Enter water Head Height ("H" in cm): **5**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.0000**

Res Type: 35.22
H: 5
a: 4
H/a: 1.25
a*: 0.12
C: 0.655146
Q: 0
C0.01: 0.6778
C0.04: 0.7
C0.12: 0.655
C0.36: 0.655
C: 0.655
R: 0.000
Q: 0
pi: 3.142

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^2$
 $C = 0.655146$
 $Q = 0$
 $K_{fs} = 0.00E+00 \text{ cm/sec}$
 $0.00E+00 \text{ cm/min}$
 $0.00E+00 \text{ m/sec}$
 $0.00E+00 \text{ inch/min}$
 $0.00E+00 \text{ inch/sec}$
 $\Phi_{in} = 0.00E+00 \text{ cm}^2/\text{min}$

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**

Enter water Head Height ("H" in cm): **10**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.1000**

Res Type: 35.22
H: 10
a: 4
H/a: 2.5
a*: 0.12
C: 1.062625
Q: 0.0587
C0.01: 1.032588
C0.04: 1.084678
C0.12: 1.062625
C0.36: 1.062625
C: 1.062625
R: 0.300
Q: 0.0587
pi: 3.1415

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^2$
 $C = 1.062625$
 $Q = 0.0587$
 $K_{fs} = 5.18E-05 \text{ cm/sec}$
 $3.11E-03 \text{ cm/min}$
 $5.18E-07 \text{ m/sec}$
 $1.22E-03 \text{ inch/min}$
 $2.04E-05 \text{ inch/sec}$
 $\Phi_{in} = 4.31E-04 \text{ cm}^2/\text{min}$

Average

$K_{fs} = 2.59E-05 \text{ cm/sec}$
 $1.55E-03 \text{ cm/min}$
 $2.59E-07 \text{ m/s}$
 $6.11E-04 \text{ inch/min}$
 $1.02E-05 \text{ inch/sec}$

$\Phi_{in} = 2.16E-04 \text{ cm}^2/\text{min}$

Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): **5**

Enter the second water Head Height ("H2" in cm): **10**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): **0.0000**
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **0.1000**

Res Type: 35.22
H1/a: 1.25
H2/a: 2.5
C1-0.01: 0.67728
C1-0.01: 1.032588
C1-0.04: 0.70033
C1-0.04: 1.084678
C1-0.12: 0.655146
C1-0.12: 1.062625
C1-0.36: 0.655146
C1-0.36: 1.062625
G-Denominator: 1508.506

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^2$
 $C = -0.1653$
 $Q_1 = 0$
 $Q_2 = 0.0587$
 $C_1 = 0.65514572$
 $C_2 = 1.062624582$
 $G_1 = 0.004843009$
 $G_2 = 0.003522108$
 $G_3 = 0.047122084$
 $G_4 = 0.021902533$
 $K_{fs} = 2.07E-04 \text{ cm/sec}$
 $1.24E-02 \text{ cm/min}$
 $2.07E-06 \text{ m/sec}$
 $4.88E-03 \text{ inch/min}$
 $8.14E-05 \text{ inch/sec}$
 $\Phi_{in} = -1.25E-03 \text{ cm}^2/\text{min}$
 $\Theta_{fs} = 0.65 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$
 $\Theta_s = 0.4 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$
Sorptivity = $\frac{RN(\text{NUM})}{\text{Single Head Average Sorptivity}} = 0.0104 \text{ (cm min}^{-0.5}\text{)}$

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H₁ is the first water head height (cm), H₂ is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and α* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C₁ needs to be calculated while for two-head method, C₁ and C₂ are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α*(cm ²)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.081 + 0.121(H_1/a)} \right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured, may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)} \right)^{0.683}$
		$C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)} \right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.714}$
		$C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.714}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.714}$
		$C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.714}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_{in} is Soil matric flux potential (cm²/s), α* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H₁ is the first head of water established in borehole (cm), H₂ is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{a} \right)}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$\Phi_{in} = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^4 + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$
	$Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$K_{fs} = G_2 Q_2 - G_1 Q_1$
	$Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$G_3 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_2) C_1}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$G_4 = \frac{(2H_2^2 + a^2 C_1) C_2}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$
	$Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$\Phi_{in} = G_3 Q_1 - G_4 Q_2$

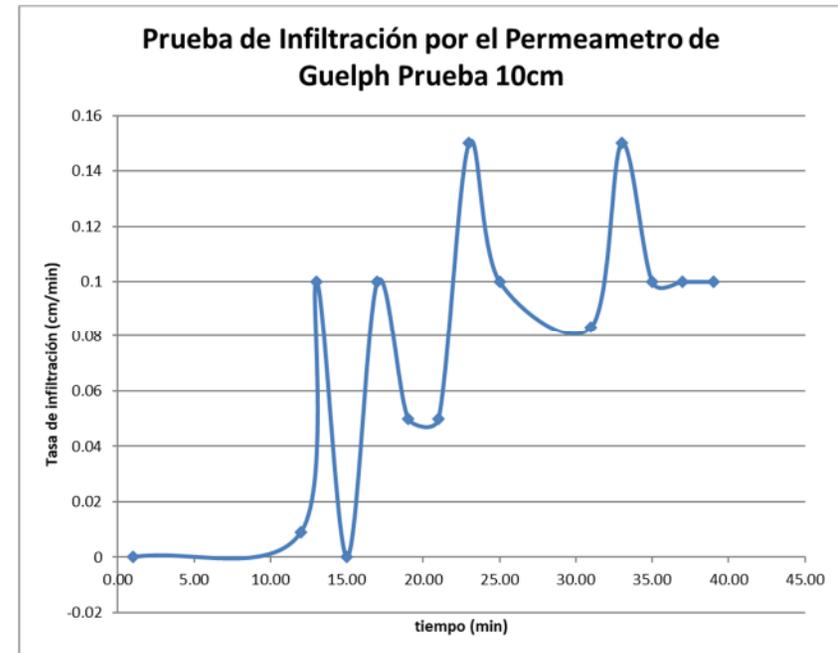
AC-PIGh-07

Tasa de infiltración Nula

AC-PIGh-08

Datos de campo

t (min)	dt	h (cm)	dh	dh/dt	Carga 10 cm
0.00		0			
1.00	1	22.4	22.4	0	
12.00	11	22.5	0.1	0.00909091	
13.00	1	22.6	0.1	0.1	
15.00	2	22.6	0	0	
17.00	2	22.8	0.2	0.1	
19.00	2	22.9	0.1	0.05	
21.00	2	23	0.1	0.05	
23.00	2	23.3	0.3	0.15	
25.00	2	23.5	0.2	0.1	
31.00	6	24	0.5	0.08333333	
33.00	2	24.3	0.3	0.15	
35.00	2	24.5	0.2	0.1	
37.00	2	24.7	0.2	0.1	
39.00	2	24.9	0.2	0.1	
			Promedio	0.09583333	



AC-PIGH-08

Hoja de Cálculo Permeámetro de Guelph



Input
Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**

Enter water Head Height ("H" in cm): **5**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.0000**

Res Type: 35.22
H: 5
a: 4
H/a: 1.25
a*: 0.12
C: 0.655146
Q: 0

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^4$

$K_{fs} = 0.00E+00 \text{ cm/sec}$
 $0.00E+00 \text{ cm/min}$
 $0.00E+00 \text{ m/sec}$
 $0.00E+00 \text{ inch/min}$
 $0.00E+00 \text{ inch/sec}$

$\Phi_m = 0.00E+00 \text{ cm}^2/\text{min}$

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**

Enter water Head Height ("H" in cm): **10**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.1000**

Res Type: 35.22
H: 10
a: 4
H/a: 2.5
a*: 0.12
C: 1.062625
Q: 0.0587

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^4$

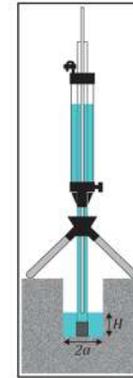
$K_{fs} = 5.18E-05 \text{ cm/sec}$
 $3.11E-03 \text{ cm/min}$
 $5.18E-07 \text{ m/sec}$
 $1.22E-03 \text{ inch/min}$
 $2.04E-03 \text{ inch/sec}$

$\Phi_m = 4.31E-04 \text{ cm}^2/\text{min}$

Average

$K_{fs} = 2.59E-05 \text{ cm/sec}$
 $1.55E-03 \text{ cm/min}$
 $2.59E-07 \text{ m/s}$
 $6.11E-04 \text{ inch/min}$
 $1.02E-05 \text{ inch/sec}$

$\Phi_m = 2.16E-04 \text{ cm}^2/\text{min}$



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): **5**

Enter the second water Head Height ("H2" in cm): **10**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): **0.0000**

Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **0.1000**

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^4$

$C = -0.1653$

$Q_1 = 0$

$Q_2 = 0.0587$

$C_1 = 0.65514572$

$C_2 = 1.062624582$

$G_1 = 0.004343009$

$G_2 = 0.009522108$

$G_3 = 0.047122084$

$G_4 = 0.021302533$

$K_{fs} = 2.07E-04 \text{ cm/sec}$
 $1.24E-02 \text{ cm/min}$
 $2.07E-06 \text{ m/sec}$
 $4.88E-03 \text{ inch/min}$
 $8.14E-05 \text{ inch/sec}$

$\Phi_m = -1.25E-03 \text{ cm}^2/\text{min}$

$\Theta_{fs} = 0.65 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$

$\Theta_l = 0.6 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$

Sorptivity = #N/NUM! (cm min^{-1/2})

Single Head Average Sorptivity = 0.0104 (cm min^{-1/2})

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H₁ is the first water head height (cm), H₂ is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and a* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C₁ needs to be calculated while for two-head method, C₁ and C₂ are calculated (Zsig et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α^* (cm ⁴)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)} \right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)} \right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)} \right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$

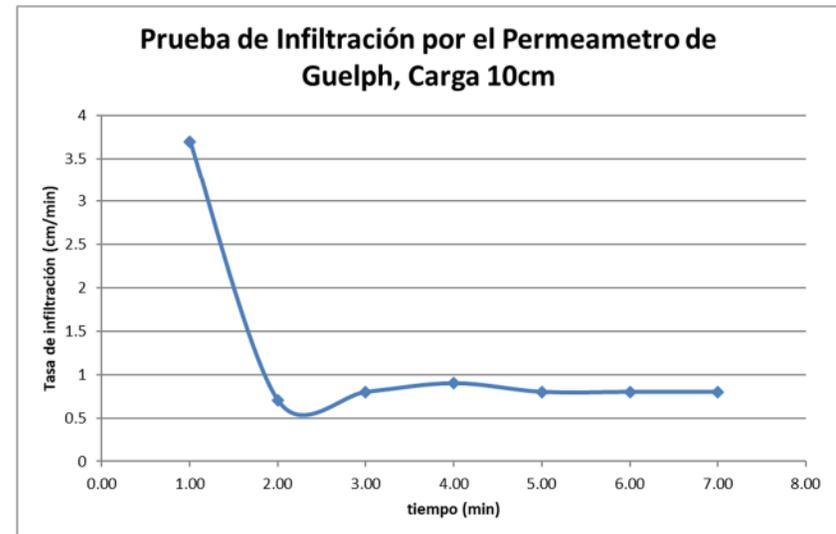
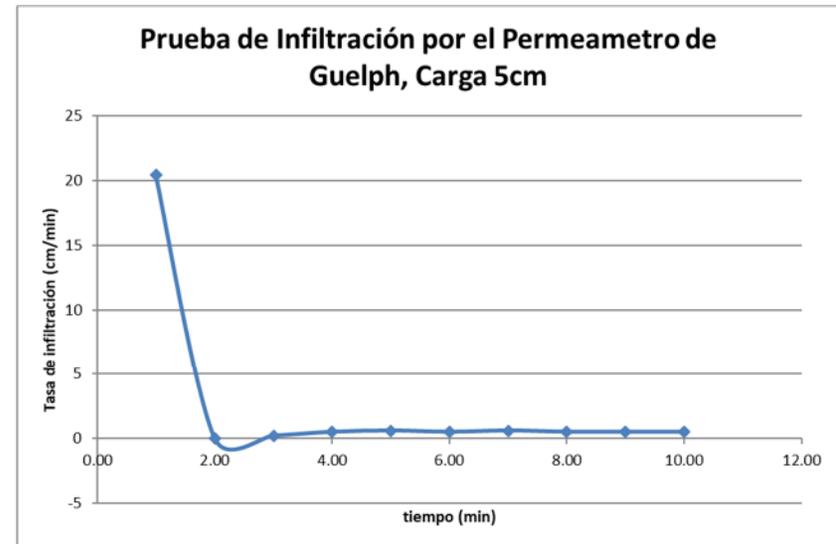
Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matrix flux potential (cm³/s), a* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H₁ is the first head of water established in borehole (cm), H₂ is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{a} \right)}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1) a^* + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_2 H_1 (H_1 - H_2) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $K_{fs} = G_2 Q_2 - G_1 Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_1}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$G_4 = \frac{(2H_2^2 + a^2 C_2) C_2}{2\pi(2H_2 H_1 (H_1 - H_2) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $\Phi_m = G_2 Q_1 - G_4 Q_2$

AC-PIGh-09

Datos de campo

t (min)	dt	h (cm)	dh	dh/dt	Carga 5 cm
0.00		0			
1.00	1	20.4	20.4	20.4	
2.00	1	20.4	0	0	
3.00	1	20.6	0.2	0.2	
4.00	1	21.1	0.5	0.5	
5.00	1	21.7	0.6	0.6	
6.00	1	22.2	0.5	0.5	
7.00	1	22.8	0.6	0.6	
8.00	1	23.3	0.5	0.5	
9.00	1	23.8	0.5	0.5	
10.00	1	24.3	0.5	0.5	
			Promedio	0.5	
0.00		24.3			
1.00	1	28	3.7	3.7	Carga 10cm
2.00	1	28.7	0.7	0.7	
3.00	1	29.5	0.8	0.8	
4.00	1	30.4	0.9	0.9	
5.00	1	31.2	0.8	0.8	
6.00	1	32	0.8	0.8	
7.00	1	32.8	0.8	0.8	
			Promedio	0.8	



AC-PIGH-09

Hoja de Cálculo Permeámetro de Guelph

SOILMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

Input
Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**
Enter water Head Height ("H" in cm): **5**
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.8000**

Res Type: 35.22
H: 5
a: 4
H/a: 1.25
a*: 0.12
C: 0.655146
Q: 0.2935

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$
 $C = 0.655146$
 $Q = 0.2935$
 $K_{fs} = 4.26E-04 \text{ cm/sec}$
 $2.58E-02 \text{ cm/min}$
 $4.26E-06 \text{ m/sec}$
 $1.01E-02 \text{ inch/min}$
 $1.63E-04 \text{ inch/sec}$
 $\Phi_m = 3.55E-03 \text{ cm}^2/\text{min}$

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**
Enter water Head Height ("H" in cm): **10**
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

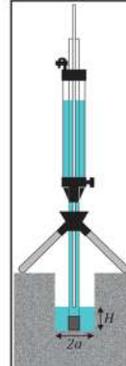
Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.8000**

Res Type: 35.22
H: 10
a: 4
H/a: 2.5
a*: 0.12
C: 1.063625
Q: 0.4696

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$
 $C = 1.063625$
 $Q = 0.4696$
 $K_{fs} = 4.14E-04 \text{ cm/sec}$
 $2.48E-02 \text{ cm/min}$
 $4.14E-06 \text{ m/sec}$
 $9.78E-03 \text{ inch/min}$
 $1.63E-04 \text{ inch/sec}$
 $\Phi_m = 3.45E-03 \text{ cm}^2/\text{min}$

Average

$K_{fs} = 4.26E-04 \text{ cm/sec}$
 $2.58E-02 \text{ cm/min}$
 $4.26E-06 \text{ m/sec}$
 $9.98E-03 \text{ inch/min}$
 $1.63E-04 \text{ inch/sec}$
 $\Phi_m = 3.50E-03 \text{ cm}^2/\text{min}$



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): **5**
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): **10**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): **0.5000**
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **0.8000**

Res Type: 35.22
H1/a: 1.25
H2/a: 2.5
C1: 0.011, 1.023388
C2: 0.04, 0.70053
C3: 0.04, 1.094678
C4: 0.12, 1.655146
C5: 0.12, 1.655146
C6: 0.36, 1.063625
G-Denominator: 1508.500

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$
 $C_1 = 0.0991$
 $Q_1 = 0.2935$
 $Q_2 = 0.4696$
 $C_1 = 0.65514572$
 $C_2 = 1.062624582$
 $G_1 = 0.004343009$
 $G_2 = 0.009522108$
 $G_3 = 0.047122084$
 $G_4 = 0.021302533$
 $K_{fs} = 3.79E-04 \text{ cm/sec}$
 $2.28E-02 \text{ cm/min}$
 $3.79E-06 \text{ m/sec}$
 $8.96E-03 \text{ inch/min}$
 $1.40E-04 \text{ inch/sec}$
 $\Phi_m = 3.83E-03 \text{ cm}^2/\text{min}$
 $\Theta_{fs} = 0.65 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$
 $\Theta_s = 0.4 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$
Sorptivity = **0.0437 (cm min^{-0.5})**
Single Head Average Sorptivity = **0.0418 (cm min^{-0.5})**

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H₁ is the first water head height (cm), H₂ is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and a* is microscopic capillary length factor which is denoted according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C needs to be calculated while for two-head method, C₁ and C₂ are calculated. (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*(\text{cm}^{-1})$	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)} \right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)} \right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)} \right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$

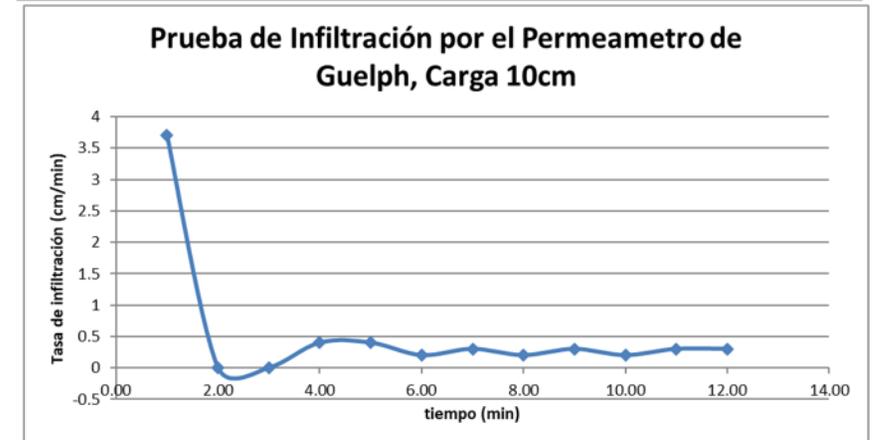
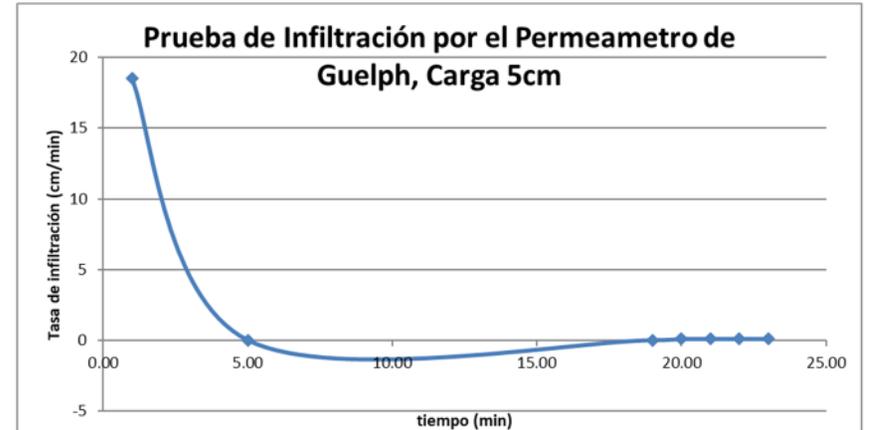
Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H₁ is the first head of water established in borehole (cm), H₂ is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{a} \right)}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1) a^* + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $K_{fs} = G_2 Q_2 - G_1 Q_1$ $G_1 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_1}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_2 = \frac{(2H_2^2 + a^2 C_2) C_2}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_1}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $\Phi_m = G_3 Q_1 - G_4 Q_2$

AC-PIGh-10

Datos de campo

t (min)	dt	h (cm)	dh	dh/dt	Carga 5 cm
0.00		0			
1.00	1	18.5	18.5	18.5	
5.00	4	18.6	0.1	0.025	
19.00	14	18.8	0.2	0.01428571	
20.00	1	18.9	0.1	0.1	
21.00	1	19	0.1	0.1	
22.00	1	19.1	0.1	0.1	
23.00	1	19.2	0.1	0.1	
			Promedio	0.1	
0.00		19.2			
1.00	1	22.9	3.7	3.7	Carga 10cm
2.00	1	22.9	0	0	
3.00	1	22.9	0	0	
4.00	1	23.3	0.4	0.4	
5.00	1	23.7	0.4	0.4	
6.00	1	23.9	0.2	0.2	
7.00	1	24.2	0.3	0.3	
8.00	1	24.4	0.2	0.2	
9.00	1	24.7	0.3	0.3	
10.00	1	24.9	0.2	0.2	
11.00	1	25.2	0.3	0.3	
12.00	1	25.5	0.3	0.3	
13.00	1	25.8	0.3	0.3	
			Promedio	0.3	



AC-PIGH-10

Hoja de Cálculo Permeámetro de Guelph



Input
Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**

Enter water Head Height ("H" in cm): **5**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.1000**

Res Type: 35.22
H: 5
a: 4
H/a: 1.25
a*: 0.12
C0.01: 0.6778
C0.04: 0.3
C0.12: 0.695
C0.36: 0.695
C: 0.695
R: 0.100
Q: 0.059
pH: 3.142

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$

$C = 0.655146$

$Q = 0.0587$

$K_{fs} = 8.51E-05 \text{ cm/sec}$
 $5.11E-03 \text{ cm/min}$
 $8.51E-07 \text{ m/sec}$
 $2.01E-05 \text{ inch/min}$
 $3.95E-05 \text{ inch/sec}$

$\Phi_m = 7.09E-04 \text{ cm}^2/\text{min}$

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**

Enter water Head Height ("H" in cm): **10**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.3000**

Res Type: 35.22
H: 10
a: 4
H/a: 2.5
a*: 0.12
C0.01: 1.032588
C0.04: 1.084678
C0.12: 1.062625
C0.36: 1.062625
C: 1.062625
R: 0.300
Q: 0.1761
pH: 3.1415

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$

$C = 1.062625$

$Q = 0.1761$

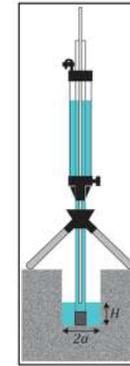
$K_{fs} = 1.55E-04 \text{ cm/sec}$
 $9.32E-03 \text{ cm/min}$
 $1.55E-06 \text{ m/sec}$
 $3.67E-05 \text{ inch/min}$
 $6.11E-05 \text{ inch/sec}$

$\Phi_m = 1.29E-03 \text{ cm}^2/\text{min}$

Average

$K_{fs} = 1.20E-04 \text{ cm/sec}$
 $7.21E-03 \text{ cm/min}$
 $1.20E-06 \text{ m/s}$
 $2.84E-05 \text{ inch/min}$
 $4.73E-05 \text{ inch/sec}$

$\Phi_m = 1.00E-03 \text{ cm}^2/\text{min}$



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): **5**

Enter the second water Head Height ("H2" in cm): **10**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): **0.1000**

Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **0.3000**

Res Type: 35.22
H1/a: 1.25
H2/a: 2.5
C1-0.01: 0.6778
C1-0.04: 0.3
C1-0.12: 0.695
C1-0.36: 0.695
C2-0.01: 1.032588
C2-0.04: 1.084678
C2-0.12: 1.062625
C2-0.36: 1.062625
G Denominator: 1508.506

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$

$\alpha = -0.3708$

$Q_1 = 0.0587$

$Q_2 = 0.1761$

$C_1 = 0.6551472$

$C_2 = 1.06262582$

$G_1 = 0.004843009$

$G_2 = 0.003522108$

$G_3 = 0.047122084$

$G_4 = 0.021302533$

$K_{fs} = 3.65E-04 \text{ cm/sec}$
 $2.19E-02 \text{ cm/min}$
 $3.65E-06 \text{ m/sec}$
 $8.63E-03 \text{ inch/min}$
 $1.44E-04 \text{ inch/sec}$

$\Phi_m = -9.95E-04 \text{ cm}^2/\text{min}$

$\Theta_1 = 0.65 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$

$\Theta_2 = 0.4 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$

Sorptivity = $\frac{\Phi_m \text{ (NUM)}}{\alpha \text{ (DEN)}} \text{ (cm min}^{-0.5}\text{)}$

Single Head Average Sorptivity = $0.0224 \text{ (cm min}^{-0.5}\text{)}$

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H₁ is the first water head height (cm), H₂ is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and a* is macroscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C₁ needs to be calculated while for two-head method, C₁ and C₂ are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^* (\text{cm}^{-1})$	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)} \right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured, may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)} \right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)} \right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), H₁ is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a* is Macroscopic capillary length parameter (From Table 2), a is Borehole radius (cm), H₁ is the first head of water established in borehole (cm), H₂ is the second head of water established in borehole (cm) and C₁ is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{a^*} \right)}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $K_{fs} = G_2 Q_2 - G_1 Q_1$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2 C_2) C_1}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_2}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $\Phi_m = G_3 Q_1 - G_4 Q_2$

AC-PIGh-11

Datos de campo

t (min)	dt	h (cm)	dh	dh/dt	
0.00		0			Carga 5 cm
1.00	1	15.7	15.7	15.7	
20.00	19	15.7	0	0	
			Promedio		
20.00		15.7			Carga 10cm
21.00	1	16.3	0.6	0.6	
24.00	3	16.3	0	0	
24.00		16.3	0		Carga 12 cm
25.00	1	16.6	0.3	0.3	
40.00	15	16.7	0.1	0.00666667	
55.00	15	16.8	0.1	0.00666667	
			Promedio	0.00666667	



AC-PIGH-11

Hoja de Cálculo Permeámetro de Guelph



Input
Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**
Enter water Head Height ("H" in cm): **5**
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.0000**

Res Type: 35.22
H: 5
a: 4
H/a: 1.25
a*: 0.12
C0.01: 0.677
C0.04: 0.7
C0.12: 0.655
C0.36: 0.655
C: 0.655146
R: 0.000
Q: 0
pi: 3.142

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$
 $C = 0.655146$
 $Q = 0$
 $K_{fs} = 0.00E+00 \text{ cm/sec}$
 $0.00E+00 \text{ cm/min}$
 $0.00E+00 \text{ m/sec}$
 $0.00E+00 \text{ inch/min}$
 $0.00E+00 \text{ inch/sec}$
 $\Phi_m = 0.00E+00 \text{ cm}^2/\text{min}$

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**
Enter water Head Height ("H" in cm): **12**
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.0067**

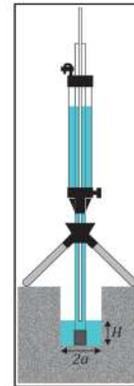
Res Type: 35.22
H: 12
a: 4
H/a: 3
a*: 0.12
C0.01: 1.147682
C0.04: 1.211608
C0.12: 1.20101
C0.36: 1.20101
C: 1.20101
R: 0.007
Q: 0.003933
pi: 3.1415

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$
 $C = 1.20101$
 $Q = 0.003933$
 $K_{fs} = 2.96E-06 \text{ cm/sec}$
 $1.78E-04 \text{ cm/min}$
 $2.96E-06 \text{ m/sec}$
 $7.00E-05 \text{ inch/min}$
 $1.17E-06 \text{ inch/sec}$
 $\Phi_m = 2.47E-05 \text{ cm}^2/\text{min}$

Average

$K_{fs} = 1.48E-06 \text{ cm/sec}$
 $8.89E-05 \text{ cm/min}$
 $1.48E-08 \text{ m/s}$
 $3.50E-05 \text{ inch/min}$
 $5.84E-07 \text{ inch/sec}$

$\Phi_m = 1.24E-05 \text{ cm}^2/\text{min}$



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): **5**
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): **12**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): **0.0000**
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **0.0067**

Res Type: 35.22
H1/a: 1.25
H2/a: 3
C1-0.01: 0.67728
C1-0.04: 0.70033
C1-0.12: 0.655146
C1-0.36: 0.655146
C2-0.12: 1.20101
C2-0.36: 1.20101
G-Denominator: 2545.535

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$
 $\alpha = -0.1653$
 $Q_1 = 0$
 $Q_2 = 0.0039329$
 $C_1 = 0.65514572$
 $C_2 = 1.201009639$
 $G_1 = 0.003088447$
 $G_2 = 0.002399052$
 $G_3 = 0.039534197$
 $G_4 = 0.014268095$
 $K_{fs} = 9.28E-06 \text{ cm/sec}$
 $5.57E-04 \text{ cm/min}$
 $9.28E-08 \text{ m/sec}$
 $2.19E-04 \text{ inch/min}$
 $3.65E-06 \text{ inch/sec}$
 $\Phi_m = -5.61E-05 \text{ cm}^2/\text{min}$
 $\Theta_{fs} = 0.65 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$
 $\Theta_i = 0.4 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$
Sorptivity = $\sqrt{R[N]/NUM}$ (cm min^{-0.5})
Single Head Average Sorptivity = **0.0025** (cm min^{-0.5})

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H₁ is the first water head height (cm), H₂ is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and a* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C₁ needs to be calculated while for two-head method, C₁ and C₂ are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*(\text{cm}^{-1})$	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)} \right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)} \right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)} \right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$

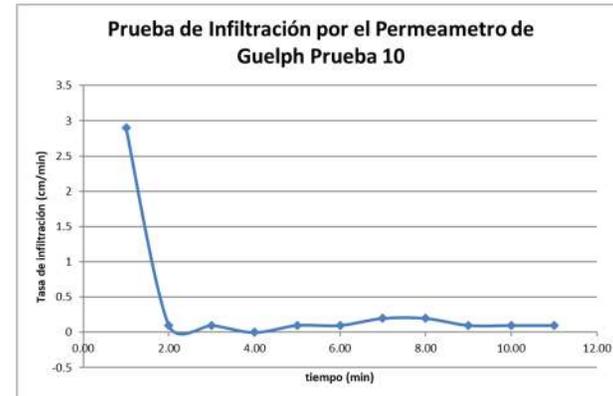
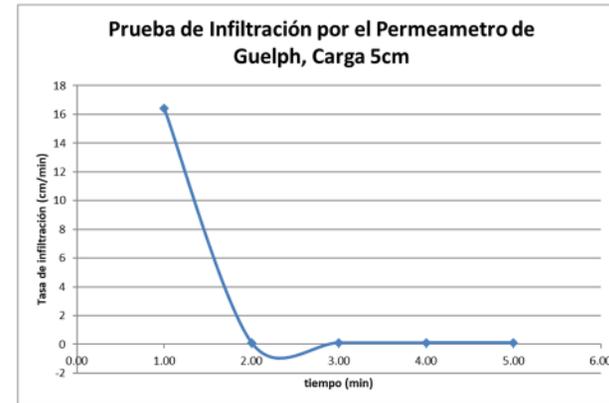
Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matrix flux potential (cm²/s), a* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H₁ is the first head of water established in borehole (cm), H₂ is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (From Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = R_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{a} \right)}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = R_1 \times 2.16$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = R_1 \times 35.22$ $Q_2 = R_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1 H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_2 = \frac{H_2 C_2}{\pi(2H_1 H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $K_{fs} = G_2 Q_2 - G_1 Q_1$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = R_1 \times 2.16$ $Q_2 = R_2 \times 2.16$	$G_3 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_1}{2\pi(2H_1 H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_2}{2\pi(2H_1 H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $\Phi_m = G_3 Q_1 - G_4 Q_2$

AC-PIGh-12

Datos de campo

t (min)	dt	h (cm)	dh	dh/dt	
0.00		0			Carga 5 cm
1.00	1	16.4	16.4	16.4	
2.00	1	16.5	0.1	0.1	
3.00	1	16.6	0.1	0.1	
4.00	1	16.7	0.1	0.1	
5.00	1	16.8	0.1	0.1	
			Promedio	0.1	
0.00		16.8			Carga 10cm
1.00	1	19.7	2.9	2.9	
2.00	1	19.8	0.1	0.1	
3.00	1	19.9	0.1	0.1	
4.00	1	19.9	0	0	
5.00	1	20	0.1	0.1	
6.00	1	20.1	0.1	0.1	
7.00	1	20.3	0.2	0.2	
8.00	1	20.5	0.2	0.2	
9.00	1	20.6	0.1	0.1	
10.00	1	20.7	0.1	0.1	
11.00	1	20.8	0.1	0.1	
			Promedio	0.1	



AC-PIGH-12

Hoja de Cálculo Permeámetro de Guelph



Input
Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**
Enter water Head Height ("H" in cm): **5**
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.1000**

Res Type: 35.22
H: 5
a: 4
H/a: 1.25
a*: 0.112
C: 0.655146
Q: 0.0587
K_s: 8.51E-05 cm/sec
5.11E-03 cm/min
8.51E-07 m/sec
2.01E-03 inch/min
3.95E-05 inch/sec
Φ_m: 7.09E-04 cm²/min

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**
Enter water Head Height ("H" in cm): **10**
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

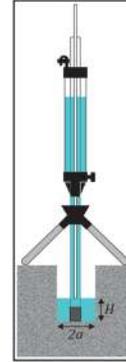
1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.1000**

Res Type: 35.22
H: 10
a: 4
H/a: 2.5
a*: 0.112
C: 1.062625
Q: 0.0587
K_s: 5.18E-03 cm/sec
3.11E-03 cm/min
5.18E-07 m/sec
1.22E-03 inch/min
2.04E-05 inch/sec
Φ_m: 4.31E-04 cm²/min

Average

K_s: 6.84E-05 cm/sec
4.11E-03 cm/min
6.84E-07 m/s
1.62E-03 inch/min
2.60E-05 inch/sec
Φ_m: 5.70E-04 cm²/min



Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**
Enter the first water Head Height ("H1" in cm): **5**
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): **10**
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): **0.1000**
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **0.1000**

Res Type: 35.22
H1/a: 1.25
H2/a: 2.5
C1-0.01: 0.67728
C1-0.02: 1.027588
C1-0.04: 0.70333
C1-0.04: 1.084678
C1-0.12: 0.855146
C1-0.12: 1.062625
C1-0.36: 0.855146
C1-0.36: 1.062625
G-Denominator: 1508.506

α* = **0.12** cm⁻¹
C = **-0.0318**
Q₁ = **0.0587**
Q₂ = **0.0587**
C₁ = **0.65514572**
C₂ = **1.06262488**
G₁ = **0.004343009**
G₂ = **0.009522108**
G₃ = **0.047122084**
G₄ = **0.021302538**
K_s: **-4.82E-05** cm/sec
-2.89E-03 cm/min
-4.82E-07 m/sec
-1.14E-03 inch/min
-1.90E-05 inch/sec
Φ_m: **1.52E-03** cm²/min
Θ_h: **0.65** cm³/cm³
Θ_v: **0.4** cm³/cm³
Sorptivity = **0.0275** (cm min^{-0.5})
Single Head Average Sorptivity = **0.0169** (cm min^{-0.5})

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H₁ is the first water head height (cm), H₂ is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and a* is macroscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C₁ needs to be calculated while for two-head method, C₁ and C₂ are calculated (Zeng et al., 1995).

Soil Texture-Structure Category	α*(cm ⁻¹)	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.081 + 0.121(H_1/a)} \right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured, may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)} \right)^{0.681}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)} \right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.714}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.714}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.714}$ $C_2 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.714}$

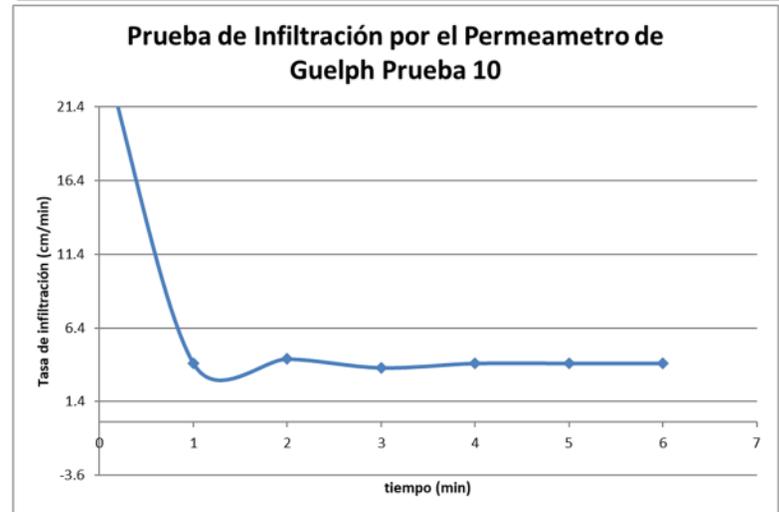
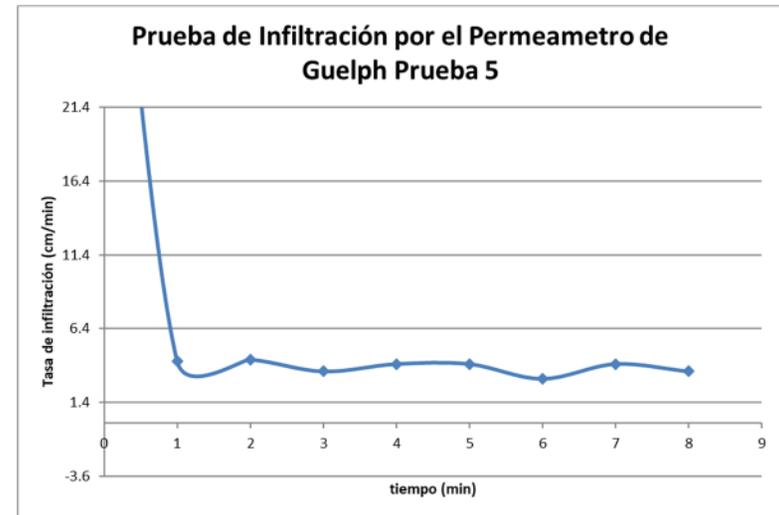
Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_s is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matrix flux potential (cm²/s), a* is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H₁ is the first head of water established in borehole (cm), H₂ is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape Factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	Q ₁ = R ₁ × 35.22	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{a^*} \right)}$
One Head, Inner Reservoir	Q ₁ = R ₁ × 2.16	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	Q ₁ = R ₁ × 35.22 Q ₂ = R ₂ × 35.22	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $K_{fs} = G_2 Q_2 - G_1 Q_1$ $G_2 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_2) C_1}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$
Two Head, Inner Reservoir	Q ₁ = R ₁ × 2.16 Q ₂ = R ₂ × 2.16	$G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_2}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $\Phi_m = G_2 Q_1 - G_4 Q_2$

AC-PIGh-13

Datos de campo

t (min)	dt	h (cm)	dh	dh/dt	
0		0			Carga 5 cm
1	1	45	45	45	
2	1	49.2	4.2	4.2	
3	1	53.5	4.3	4.3	
4	1	57	3.5	3.5	
5	1	61	4	4	
6	1	65	4	4	
7	1	68	3	3	
8	1	72	4	4	
9	1	75.5	3.5	3.5	
			Promedio	3.5	
0.00		0			Carga 10cm
1.00	1	26.1	26.1	26.1	
2.00	1	30.1	4	4	
3.00	1	34.4	4.3	4.3	
4.00	1	38.1	3.7	3.7	
5.00	1	42.1	4	4	
6.00	1	46.1	4	4	
7.00	1	50.1	4	4	
			Promedio	4	



AC-PIGH-13

Hoja de Cálculo Permeámetro de Guelph



Input
Result

Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**
Enter water Head Height ("H" in cm): **5**
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **3.5000**

Res Type: 35.22
H: 5
a: 4
H/a: 1.25
a²: 0.12
C1: 0.67728
C2: 0.7
C3: 0.65546
C4: 0.65546
C5: 0.65546
C6: 0.65546
C7: 0.65546
C8: 0.65546
C9: 0.65546
C10: 0.65546
C11: 0.65546
C12: 0.65546
C13: 0.65546
C14: 0.65546
C15: 0.65546
C16: 0.65546
C17: 0.65546
C18: 0.65546
C19: 0.65546
C20: 0.65546
C21: 0.65546
C22: 0.65546
C23: 0.65546
C24: 0.65546
C25: 0.65546
C26: 0.65546
C27: 0.65546
C28: 0.65546
C29: 0.65546
C30: 0.65546
C31: 0.65546
C32: 0.65546
C33: 0.65546
C34: 0.65546
C35: 0.65546
C36: 0.65546
C37: 0.65546
C38: 0.65546
C39: 0.65546
C40: 0.65546
C41: 0.65546
C42: 0.65546
C43: 0.65546
C44: 0.65546
C45: 0.65546
C46: 0.65546
C47: 0.65546
C48: 0.65546
C49: 0.65546
C50: 0.65546
C51: 0.65546
C52: 0.65546
C53: 0.65546
C54: 0.65546
C55: 0.65546
C56: 0.65546
C57: 0.65546
C58: 0.65546
C59: 0.65546
C60: 0.65546
C61: 0.65546
C62: 0.65546
C63: 0.65546
C64: 0.65546
C65: 0.65546
C66: 0.65546
C67: 0.65546
C68: 0.65546
C69: 0.65546
C70: 0.65546
C71: 0.65546
C72: 0.65546
C73: 0.65546
C74: 0.65546
C75: 0.65546
C76: 0.65546
C77: 0.65546
C78: 0.65546
C79: 0.65546
C80: 0.65546
C81: 0.65546
C82: 0.65546
C83: 0.65546
C84: 0.65546
C85: 0.65546
C86: 0.65546
C87: 0.65546
C88: 0.65546
C89: 0.65546
C90: 0.65546
C91: 0.65546
C92: 0.65546
C93: 0.65546
C94: 0.65546
C95: 0.65546
C96: 0.65546
C97: 0.65546
C98: 0.65546
C99: 0.65546
C100: 0.65546

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^2$
 $C = 0.655146$
 $Q = 2.0545$
 $K_{fs} = 2.98E-03 \text{ cm/sec}$
 $1.79E-01 \text{ cm/min}$
 $2.98E-05 \text{ m/sec}$
 $7.04E-02 \text{ inch/min}$
 $1.17E-03 \text{ inch/sec}$
 $\Phi_m = 2.48E-02 \text{ cm}^2/\text{min}$

Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**
Enter water Head Height ("H" in cm): **10**
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **4.0000**

Res Type: 35.22
H: 10
a: 4
H/a: 2.5
a²: 0.12
C1: 1.02288
C2: 1.084678
C3: 1.062025
C4: 1.062025
C5: 1.062025
C6: 1.062025
C7: 1.062025
C8: 1.062025
C9: 1.062025
C10: 1.062025
C11: 1.062025
C12: 1.062025
C13: 1.062025
C14: 1.062025
C15: 1.062025
C16: 1.062025
C17: 1.062025
C18: 1.062025
C19: 1.062025
C20: 1.062025
C21: 1.062025
C22: 1.062025
C23: 1.062025
C24: 1.062025
C25: 1.062025
C26: 1.062025
C27: 1.062025
C28: 1.062025
C29: 1.062025
C30: 1.062025
C31: 1.062025
C32: 1.062025
C33: 1.062025
C34: 1.062025
C35: 1.062025
C36: 1.062025
C37: 1.062025
C38: 1.062025
C39: 1.062025
C40: 1.062025
C41: 1.062025
C42: 1.062025
C43: 1.062025
C44: 1.062025
C45: 1.062025
C46: 1.062025
C47: 1.062025
C48: 1.062025
C49: 1.062025
C50: 1.062025
C51: 1.062025
C52: 1.062025
C53: 1.062025
C54: 1.062025
C55: 1.062025
C56: 1.062025
C57: 1.062025
C58: 1.062025
C59: 1.062025
C60: 1.062025
C61: 1.062025
C62: 1.062025
C63: 1.062025
C64: 1.062025
C65: 1.062025
C66: 1.062025
C67: 1.062025
C68: 1.062025
C69: 1.062025
C70: 1.062025
C71: 1.062025
C72: 1.062025
C73: 1.062025
C74: 1.062025
C75: 1.062025
C76: 1.062025
C77: 1.062025
C78: 1.062025
C79: 1.062025
C80: 1.062025
C81: 1.062025
C82: 1.062025
C83: 1.062025
C84: 1.062025
C85: 1.062025
C86: 1.062025
C87: 1.062025
C88: 1.062025
C89: 1.062025
C90: 1.062025
C91: 1.062025
C92: 1.062025
C93: 1.062025
C94: 1.062025
C95: 1.062025
C96: 1.062025
C97: 1.062025
C98: 1.062025
C99: 1.062025
C100: 1.062025

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^2$
 $C = 1.062625$
 $Q = 2.948$
 $K_{fs} = 2.07E-03 \text{ cm/sec}$
 $1.24E-01 \text{ cm/min}$
 $2.07E-05 \text{ m/sec}$
 $4.89E-02 \text{ inch/min}$
 $8.15E-04 \text{ inch/sec}$
 $\Phi_m = 1.73E-02 \text{ cm}^2/\text{min}$

Average

$K_{fs} = 2.52E-03 \text{ cm/sec}$
 $1.51E-01 \text{ cm/min}$
 $2.52E-05 \text{ m/s}$
 $5.96E-02 \text{ inch/min}$
 $9.94E-04 \text{ inch/sec}$
 $\Phi_m = 2.10E-02 \text{ cm}^2/\text{min}$

Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm²
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**
Enter the first water Head Height ("H1" in cm): **5**
Enter the second water Head Height ("H2" in cm): **10**
Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **4**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **3**

1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.
4. Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): **3.5000**
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **4.0000**

Res Type: 35.22
H1/a: 1.25
H2/a: 2.5
C1: 0.01: 0.67728
C2: 0.01: 1.02288
C3: 0.04: 0.70333
C4: 0.04: 1.084678
C5: 0.12: 0.65546
C6: 0.12: 1.062025
C7: 0.36: 0.65546
C8: 0.36: 1.062025
G-Denominator: 1508.506

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^2$
 $C = 0.65514672$
 $Q_1 = 2.0545$
 $Q_2 = 2.948$
 $C_1 = 0.00443099$
 $G_2 = 0.009522108$
 $G_3 = 0.047122084$
 $G_4 = 0.021302533$
 $K_{fs} = -6.53E-04 \text{ cm/sec}$
 $-3.92E-02 \text{ cm/min}$
 $-6.53E-06 \text{ m/sec}$
 $-1.54E-02 \text{ inch/min}$
 $-2.57E-04 \text{ inch/sec}$
 $\Phi_m = 4.68E-02 \text{ cm}^2/\text{min}$
 $\Theta_1 = 0.65 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$
 $\Theta_2 = 0.4 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$
Sorptivity = **0.1530 (cm min^{-0.5})**
Single Head Average Sorptivity = **0.1026 (cm min^{-0.5})**

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H₁ is the first water head height (cm), H₂ is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and a* is microscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C₁ needs to be calculated while for two-head method, C₁ and C₂ are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*(\text{cm}^2)$	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)} \right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)} \right)^{0.683}$ $C_2 = \left(\frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)} \right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.754}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left(\frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left(\frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.754}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s), K_{fs} is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ_m is Soil matric flux potential (cm²/s), a^* is Macroscopic capillary length parameter (From Table 2), a is Borehole radius (cm), H₁ is the first head of water established in borehole (cm), H₂ is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (From Table 2).

One Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{a} \right)}$
One Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1)a^* + 2\pi H_1}$
Two Head, Combined Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $K_{fs} = G_2 Q_2 - G_1 Q_1$ $G_3 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_1}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$
Two Head, Inner Reservoir	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_2}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $\Phi_m = G_3 Q_1 - G_4 Q_2$

ANEXO 3.

TABLA DE DATOS DE ISÓTOPOS DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS
CONSIDERADAS PARA EL ANÁLISIS

ANEXO 3

TABLA DE DATOS DE ISÓTOPOS DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS CONSIDERADAS PARA EL ANÁLISIS

Código	Propietario	Fecha de muestra	Latitud	Longitud	h (msmm)	Tipo de muestra	180‰	2H ‰	Dexcess
EI-01	San Blas	27-Sep-2019	13.8368	-89.6266	1898	Lluvia	-6.6	-40.44	12.36
EI-01	San Blas	30-Oct-2019	13.8368	-89.6266	1898	Lluvia	-10.49	-74.71	9.21
EI-01	San Blas	29-Nov-2019	13.8368	-89.6266	1898	Lluvia	-5.34	-27.11	15.61
EI-01	San Blas	29-Jan-2020	13.8368	-89.6266	1898	Lluvia	-4.49	-12.8	23.12
EI-01	San Blas	3-Jun-2020	13.8368	-89.6266	1898	Lluvia	-14.18	-93.55	19.89
EI-01	San Blas	30-Jun-2020	13.8368	-89.6266	1898	Lluvia	-13.53	-90	18.24
San Andrés	MARN	15-may-2006	13.8053	-89.4040	452.35	Lluvia	-3.15	-18.58	6.62
San Andrés	MARN	15-jun-2006	13.8053	-89.4040	452.35	Lluvia	-9.35	-67.42	7.38
San Andrés	MARN	15-aug-2006	13.8053	-89.4040	452.35	Lluvia	-4.59	-27.66	9.06
San Andrés	MARN	15-sep-2006	13.8053	-89.4040	452.35	Lluvia	-5.53	-35	9.24
San Andrés	MARN	15-oct-2006	13.8053	-89.4040	452.35	Lluvia	-8.53	-58.4	9.84
San Andrés	MARN	15-nov-2006	13.8053	-89.4040	452.35	Lluvia	-2.82	-13.3	9.26
San Andrés	MARN	15-dic-2006	13.8053	-89.4040	452.35	Lluvia	-7.43	-48.8	10.64
San Andrés	MARN	15-mar-2007	13.8053	-89.4040	452.35	Lluvia	-1.3	0.2	10.6
San Andrés	MARN	15-abr-2007	13.8053	-89.4040	452.35	Lluvia	-1.28	2.2	12.44
San Andrés	MARN	15-may-2007	13.8053	-89.4040	452.35	Lluvia	-6.82	-40.8	13.76
San Andrés	MARN	15-jun-2007	13.8053	-89.4040	452.35	Lluvia	-4.97	-31.9	7.86
San Andrés	MARN	15-jul-2007	13.8053	-89.4040	452.35	Lluvia	-4.49	-26.3	9.62
San Andrés	MARN	15-aug-2007	13.8053	-89.4040	452.35	Lluvia	-6.17	-38.3	11.06
San Andrés	MARN	15-oct-2007	13.8053	-89.4040	452.35	Lluvia	-9.93	-67.8	11.64
San Andrés	MARN	15-mar-2008	13.8053	-89.4040	452.35	Lluvia	0.32	15.13	12.57
San Andrés	MARN	15-jun-2008	13.8053	-89.4040	452.35	Lluvia	-5.5	-34.2	9.8
San Andrés	MARN	15-sep-2008	13.8053	-89.4040	452.35	Lluvia	-7.38	-51.22	7.82
1EI-16	Ciudad Arce	9-nov-2020	13.8286	-89.4458	561	Lluvia	-5.33	-30.58	12.06
2EI-16	Ciudad Arce	10-nov-2020	13.8286	-89.4458	561	Lluvia	-5.79	-35.31	11.01
EI-09	EI-Ilopango	27-Sep-2019	13.6953	-89.1168	615.00	Lluvia	-4.71	-28.48	9.2
EI-09	EI-Ilopango	31-Oct-2019	13.6953	-89.1168	615.00	Lluvia	-9.35	-66.81	7.99
EI-09	EI-Ilopango	29-Nov-2019	13.6953	-89.1168	615.00	Lluvia	-5.46	-30.43	13.25
EI-09	EI-Ilopango	30-Jan-2020	13.6953	-89.1168	615.00	Lluvia	1.11	18	9.12
EI-09	EI-Ilopango	3-Jun-2020	13.6953	-89.1168	615.00	Lluvia	-9.55	-58.35	18.05
EI-09	EI-Ilopango	1-Jul-2020	13.6953	-89.1168	615.00	Lluvia	-9.69	-62.53	14.99
EI-09	EI-Ilopango	28-Jul-2020	13.6953	-89.1168	615.00	Lluvia	-6.48	-38.86	12.98
EI-09	EI-Ilopango	27-Aug-2020	13.6953	-89.1168	615.00	Lluvia	-6.78	-44.54	9.7
EI-09	Ilopango	28-Sep-2020	13.6953	-89.1168	615.00	Lluvia	-4.64	-23.7	13.42
EI-09	Ilopango	28-Oct-2020	13.6953	-89.1168	615.00	Lluvia	-5.87	-31.95	15.01
EI-09	Ilopango	30-Nov-2020	13.6953	-89.1168	615.00	Lluvia	-10.69	-73.85	11.67
EI-09	EI-Ilopango	4-May-2021	13.6953	-89.1168	615.00	Lluvia	-2.737	-9.77	12.126

Código	Propietario	Fecha de muestra	Latitud	Longitud	h (msmm)	Tipo de muestra	180%o	2H %o	Dexcess
EI-09	EI-Ilopango	31-May-2021	13.6953	-89.1168	615.00	Lluvia	-4.057	-21.1	11.356
EI-09	EI-Ilopango	28-Jun-2021	13.6953	-89.1168	615.00	Lluvia	-6.145	-38.22	10.94
EI-09	EI-Ilopango	26-Jul-2021	13.6953	-89.1168	615.00	Lluvia	-2.177	-17.99	-0.574
EI-09	EI-Ilopango	25-Aug-2021	13.6953	-89.1168	615.00	Lluvia	-6.283	-39.21	11.054
EI-11	UES-SS	28-Oct-2020	13.718441	-89.202636	694.00	Lluvia	-6.57	-37.92	14.64
EI-11	UES-SS	30-Nov-2020	13.718441	-89.202636	694.00	Lluvia	-10.62	-76.11	8.85
EI-11	UES-SS	4-May-2021	13.718441	-89.202636	694.00	Lluvia	1.177	11.81	2.394
EI-11	UES-SS	31-May-2021	13.718441	-89.202636	694.00	Lluvia	-4.969	-28.01	11.742
EI-11	UES-SS	28-Jun-2021	13.718441	-89.202636	694.00	Lluvia	-8.398	-56.5	10.684
EI-11	UES-SS	26-Jul-2021	13.718441	-89.202636	694.00	Lluvia	-5.498	-35.05	8.934
EI-11	UES-SS	25-Aug-2021	13.718441	-89.202636	694.00	Lluvia	-6.637	-41.76	11.336
EI-11	UES-SS	28-Jul-2020	13.718441	-89.202636	694.00	Lluvia	-4.82	-24.35	14.21
EI-11	UES-SS	27-Aug-2020	13.718441	-89.202636	694.00	Lluvia	-6.32	-39.49	11.07
2EI-11	UES-SS	28-Sep-2020	13.718441	-89.202636	694.00	Lluvia	-5.97	-34.26	13.5
EI-15	MARN-SS	15-Aug-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-5.38	-31.52	11.52
EI-15	MARN-SS	19-Aug-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-4.75	-25.14	12.86
EI-15	MARN-SS	20-Aug-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-4.99	-29.53	10.39
EI-15	MARN-SS	21-Aug-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-6.07	-35.29	13.27
EI-15	MARN-SS	22-Aug-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-10.2	-67.88	13.72
EI-15	MARN-SS	23-Aug-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-14.96	-110.3	9.37
EI-15	MARN-SS	24-Aug-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-12.39	-89.68	9.44
EI-15	MARN-SS	26-Aug-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-8.04	-52.48	11.84
EI-15	MARN-SS	27-Aug-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-11.26	-74.49	15.59
EI-15	MARN-SS	28-Aug-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-11.7	-83.65	9.95
EI-15	MARN-SS	1-Sep-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	0.32	10.23	7.67
EI-15	MARN-SS	2-Sep-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-3.3	-13.49	12.91
EI-15	MARN-SS	4-Sep-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-2.98	-9.75	14.09
EI-15	MARN-SS	5-Sep-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-7.18	-44.33	13.11
EI-15	MARN-SS	12-Sep-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-6.8	-45.37	9.03
EI-15	MARN-SS	15-Sep-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-6.83	-45.49	9.15
EI-15	MARN-SS	17-Sep-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-4.82	-32.52	6.04
EI-15	MARN-SS	20-Sep-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-2.77	-13.34	8.82
EI-15	MARN-SS	23-Sep-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-2.05	-6.44	9.96
EI-15	MARN-SS	24-Sep-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-0.89	1.26	8.38
EI-15	MARN-SS	25-Sep-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-7.7	-52.64	8.96
EI-15	MARN-SS	26-Sep-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-9.15	-68.49	4.71
EI-15	MARN-SS	27-Sep-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-6.77	-47.38	6.78
EI-15	MARN-SS	29-Sep-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-4.73	-27.8	10.04
EI-15	MARN-SS	30-Sep-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-6.07	-33.59	14.97
EI-15	MARN-SS	1-Oct-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-4.37	-20.94	14.02

Código	Propietario	Fecha de muestra	Latitud	Longitud	h (msmm)	Tipo de muestra	180%o	2H %o	Dexcess
EI-15	MARN-SS	2-Oct-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-3.88	-14.47	16.57
EI-15	MARN-SS	8-Oct-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-5.93	-35.75	11.69
EI-15	MARN-SS	10-Oct-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-6.98	-44.39	11.45
EI-15	MARN-SS	12-Oct-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-5.42	-30.6	12.76
EI-15	MARN-SS	14-Oct-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-5.37	-30.58	12.38
EI-15	MARN-SS	16-Oct-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-6.44	-33.77	17.75
EI-15	MARN-SS	21-Oct-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-5.42	-31.52	11.84
EI-15	MARN-SS	24-Oct-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-4.98	-24.02	15.82
EI-15	MARN-SS	26-Oct-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-6.93	-41.82	13.62
EI-15	MARN-SS	27-Oct-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-4.24	-22.16	11.76
EI-15	MARN-SS	28-Oct-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-8.03	-52.49	11.75
EI-15	MARN-SS	29-Oct-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-11.44	-75.89	15.63
EI-15	MARN-SS	30-Oct-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-14.25	-101.9	12.07
EI-15	MARN-SS	5-Nov-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-11.47	-88.92	2.84
EI-15	MARN-SS	5-Nov-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-16.79	-123	11.28
EI-15	MARN-SS	5-Nov-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-16.82	-123.5	11.11
EI-15	MARN-SS	5-Nov-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-13.57	-99.65	8.91
EI-15	MARN-SS	5-Nov-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-13.5	-97.48	10.52
EI-15	MARN-SS	6-Nov-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-12.58	-88.45	12.19
EI-15	MARN-SS	10-Nov-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-6.76	-40.27	13.81
EI-15	MARN-SS	18-Nov-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-11.67	-93.44	-0.08
EI-15	MARN-SS	19-Nov-2020	13.6877	-89.2315	761.00	Lluvia	-15.27	-112.1	10.03
EI-15	MARN-SS	7-May-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-5.919	-32.84	14.512
EI-15	MARN-SS	15-May-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-5.089	-28.85	11.862
EI-15	MARN-SS	23-May-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-3.244	-14.72	11.232
EI-15	MARN-SS	24-May-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-1.226	-1.87	7.938
EI-15	MARN-SS	26-May-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-5.736	-34.22	11.668
EI-15	MARN-SS	1-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-3.554	-16.84	11.592
EI-15	MARN-SS	2-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-1.853	-0.11	14.714
EI-15	MARN-SS	3-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-1.922	-3.3	12.076
EI-15	MARN-SS	4-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-2.64	-6.62	14.5
EI-15	MARN-SS	5-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-0.338	5.48	8.184
EI-15	MARN-SS	8-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-7.431	-49.44	10.008
EI-15	MARN-SS	9-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-6.44	-41.32	10.2
EI-15	MARN-SS	10-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-12.266	-85.54	12.588
EI-15	MARN-SS	12-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-8.765	-62.56	7.56
EI-15	MARN-SS	13-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-9.845	-70.49	8.27
EI-15	MARN-SS	14-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-12.345	-91.46	7.3
EI-15	MARN-SS	15-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-7.689	-52.72	8.792
EI-15	MARN-SS	16-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-13.952	-101.9	9.736

Código	Propietario	Fecha de muestra	Latitud	Longitud	h (msmm)	Tipo de muestra	180%o	2H %o	Dexcess
EI-15	MARN-SS	17-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-9.658	-68.88	8.384
EI-15	MARN-SS	20-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-8.147	-57.62	7.556
EI-15	MARN-SS	21-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-7.345	-55.98	2.78
EI-15	MARN-SS	22-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-6.04	-38.62	9.7
EI-15	MARN-SS	23-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-10.265	-76.52	5.6
EI-15	MARN-SS	24-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-9.938	-75.46	4.044
EI-15	MARN-SS	25-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-4.494	-25.83	10.122
EI-15	MARN-SS	26-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-5.806	-32.17	14.278
EI-15	MARN-SS	27-Jun-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-4.869	-26.17	12.782
EI-15	MARN-SS	5-Jul-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-4.443	-26.66	8.884
EI-15	MARN-SS	6-Jul-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-6.789	-47.49	6.822
EI-15	MARN-SS	11-Jul-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-0.247	8.03	10.006
EI-15	MARN-SS	12-Jul-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-3.154	-15.62	9.612
EI-15	MARN-SS	13-Jul-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-10.783	-79.01	7.254
EI-15	MARN-SS	14-Jul-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-6.579	-42.97	9.662
EI-15	MARN-SS	17-Jul-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-2.175	-7.26	10.14
EI-15	MARN-SS	26-Jul-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-1.855	0.41	15.25
EI-15	MARN-SS	28-Jul-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-1.416	-1.1	10.228
EI-15	MARN-SS	9-Aug-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-3.685	-17.94	11.54
EI-15	MARN-SS	14-Aug-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-2.158	-6.54	10.724
EI-15	MARN-SS	15-Aug-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-2.068	-5	11.544
EI-15	MARN-SS	19-Aug-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-5.375	-32.52	10.48
EI-15	MARN-SS	23-Aug-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-8.502	-55.04	12.976
EI-15	MARN-SS	24-Aug-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-7.704	-50.81	10.822
EI-15	MARN-SS	30-Aug-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-3.065	-13.32	11.2
EI-15	MARN-SS	3-Sep-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-12.421	-88	11.368
EI-15	MARN-SS	10-Sep-2021	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-5.024	-29.06	11.132
EI-15	MARN-SS	1-Jun-2020	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-13.89	-96.55	14.57
EI-15	MARN-SS	5-Jul-2020	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-5.38	-32.55	10.49
EI-15	MARN-SS	4-Aug-2020	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-5.12	-27.66	13.3
EI-15	MARN-SS	6-Aug-2020	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-4.57	-24.37	12.19
EI-15	MARN-SS	7-Aug-2020	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-6.71	-41.25	12.43
EI-15	MARN-SS	8-Aug-2020	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-9.2	-64.47	9.13
EI-15	MARN-SS	9-Aug-2020	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-7.32	-49.92	8.64
EI-15	MARN-SS	11-Aug-2020	13.6877	-89.2314	761.00	Lluvia	-7.38	-48.53	10.51
EI-07	PROCAFE	30-Aug-2019	13.6846	-89.2862	962.00	Lluvia	-4.92	-30.56	8.8
EI-07	PROCAFE	27-Sep-2019	13.6846	-89.2862	962.00	Lluvia	-7.48	-54.03	5.81
EI-07	PROCAFE	31-Oct-2019	13.6846	-89.2862	962.00	Lluvia	-10.28	-68.85	13.39
EI-07	PROCAFE	31-Oct-2019	13.6846	-89.2862	962.00	Lluvia	-10.28	-68.85	13.39
EI-07	PROCAFE	29-Nov-2019	13.6846	-89.2862	962	Lluvia	-4.64	-25.31	11.81

Código	Propietario	Fecha de muestra	Latitud	Longitud	h (msmm)	Tipo de muestra	180%o	2H %o	Dexcess
EI-07	PROCAFE	30-Jan-2020	13.6846	-89.2862	962.00	Lluvia	-6.87	-35.61	19.35
EI-07	PROCAFE	5-May-2020	13.6846	-89.2862	962.00	Lluvia	-3.07	-8.57	15.99
EI-07	PROCAFE	3-Jun-2020	13.6846	-89.2862	962.00	Lluvia	-13.55	-90.2	18.2
EI-07	PROCAFE	1-Jul-2020	13.6846	-89.2862	962.00	Lluvia	-11.4	-75.56	15.64
EI-07	PROCAFE	28-Jul-2020	13.6846	-89.2862	962.00	Lluvia	-5.9	-32.64	14.56
EI-07	PROCAFE	27-Aug-2020	13.6846	-89.2862	962.00	Lluvia	-6.29	-46.46	3.86
EI-07	PROCAFE	28-Sep-2020	13.6846	-89.2862	962.00	Lluvia	-5.14	-37.56	3.56
EI-07	PROCAFE	28-Oct-2020	13.6846	-89.2862	962.00	Lluvia	-5.4	-39.16	4.04
EI-07	PROCAFE	30-Nov-2020	13.6846	-89.2862	962.00	Lluvia	-11.07	-83.48	5.08
EI-07	PROCAFE	4-May-2021	13.6846	-89.2862	962.00	Lluvia	-2.572	-5.68	14.896
EI-07	PROCAFE	31-May-2021	13.6846	-89.2862	962.00	Lluvia	-4.463	-22.56	13.144
EI-07	PROCAFE	28-Jun-2021	13.6846	-89.2862	962.00	Lluvia	-8.757	-59.26	10.796
EI-07	PROCAFE	26-Jul-2021	13.6846	-89.2862	962.00	Lluvia	-5.144	-30.49	10.662
EI-07	PROCAFE	30-Aug-2021	13.6846	-89.2862	962.00	Lluvia	-6.598	-42.09	10.694
Coatepeque	Los Pinos	15-May-2006	13.854728	-89.519913	1073.98	Lluvia	-4.32	-20.04	14.52
Coatepeque	Los Pinos	15-Jun-2006	13.854728	-89.519913	1073.98	Lluvia	-10.57	-73.53	11.03
Coatepeque	Los Pinos	15-Aug-2006	13.854728	-89.519913	1073.98	Lluvia	-5.53	-31.82	12.42
Coatepeque	Los Pinos	15-Sep-2006	13.854728	-89.519913	1073.98	Lluvia	-5.58	-33.1	11.54
Coatepeque	Los Pinos	15-Oct-2006	13.854728	-89.519913	1073.98	Lluvia	-8.12	-53.8	11.16
Coatepeque	Los Pinos	15-Nov-2006	13.854728	-89.519913	1073.98	Lluvia	-7.12	-41.5	15.46
Coatepeque	Los Pinos	15-Mar-2007	13.854728	-89.519913	1073.98	Lluvia	-2.19	-10.1	7.42
Coatepeque	Los Pinos	15-Apr-2007	13.854728	-89.519913	1073.98	Lluvia	-2.87	-7.2	15.76
Coatepeque	Los Pinos	15-May-2007	13.854728	-89.519913	1073.98	Lluvia	-8.67	-57.8	11.56
Coatepeque	Los Pinos	15-Jun-2007	13.854728	-89.519913	1073.98	Lluvia	-6.55	-42.9	9.5
Coatepeque	Los Pinos	15-Jul-2007	13.854728	-89.519913	1073.98	Lluvia	-5.23	-31.3	10.54
Coatepeque	Los Pinos	15-Aug-2007	13.854728	-89.519913	1073.98	Lluvia	-6.67	-42.9	10.46
Coatepeque	Los Pinos	15-Sep-2007	13.854728	-89.519913	1073.98	Lluvia	-7.33	-46.9	11.74
Coatepeque	Los Pinos	15-Oct-2007	13.854728	-89.519913	1073.98	Lluvia	-9.28	-62.5	11.74
Coatepeque	Los Pinos	15-Feb-2008	13.854728	-89.519913	1073.98	Lluvia	-0.53	8.43	12.67
Coatepeque	Los Pinos	15-Jun-2008	13.854728	-89.519913	1073.98	Lluvia	-7.37	-48.59	10.37
Coatepeque	Los Pinos	15-Jul-2008	13.854728	-89.519913	1073.98	Lluvia	-9.57	-65.76	10.8
Coatepeque	Los Pinos	15-Aug-2008	13.854728	-89.519913	1073.98	Lluvia	-5.76	-35.3	10.78
Coatepeque	Los Pinos	15-Sep-2008	13.854728	-89.519913	1073.98	Lluvia	-7.03	-46.3	9.94
Coatepeque	Los Pinos	15-Oct-2008	13.854728	-89.519913	1073.98	Lluvia	-10.58	-72.59	12.05
EI-08	BOQUERÓN	5-May-2019	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-3.02	-5.68	18.48
EI-08	BOQUERÓN	30-Aug-2019	13.7348	-89.264	1576.00	Lluvia	-5.33	-33.74	8.9
EI-08	BOQUERÓN	27-Sep-2019	13.7348	-89.264	1576.00	Lluvia	-8.68	-60.99	8.45
EI-08	BOQUERÓN	31-Oct-2019	13.7348	-89.2641	1576.00	Lluvia	-11.83	-79.51	15.13
EI-08	BOQUERÓN	29-Nov-2019	13.7348	-89.264	1576.00	Lluvia	-4.79	-24.41	13.91
EI-08	BOQUERÓN	3-Jun-2020	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-15.16	-100.3	20.98

Código	Propietario	Fecha de muestra	Latitud	Longitud	h (msmm)	Tipo de muestra	180%o	2H %o	Dexcess
EI-08	BOQUERÓN	1-Jul-2020	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-12.67	-83.67	17.69
EI-08	BOQUERÓN	28-Jul-2020	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-7.35	-42.67	16.13
EI-08	BOQUERÓN	27-Aug-2020	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-5.12	-33.77	7.19
2EI-08	BOQUERÓN	28-Sep-2020	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-4.85	-29.6	9.2
3EI-08	BOQUERÓN	28-Oct-2020	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-6.81	-42.74	11.74
EI-08	BOQUERÓN	30-Nov-2020	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-12.45	-90.94	8.66
EI-08	BOQUERÓN	4-May-2021	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-2.872	-14.64	8.336
EI-08	BOQUERÓN	31-May-2021	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-4.26	-24.33	9.75
EI-08	BOQUERÓN	28-Jun-2021	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-9.337	-64.35	10.346
EI-08	BOQUERÓN	26-Jul-2021	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-5.583	-32.58	12.084
EI-08	BOQUERÓN	30-Aug-2021	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-6.82	-41.66	12.9
EI-08	BOQUERÓN	15-Jun-2006	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-10.49	-74.18	9.74
EI-08	BOQUERÓN	15-Aug-2006	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-6.32	-37.09	13.47
EI-08	BOQUERÓN	15-Sep-2006	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-10.26	-67.4	14.68
EI-08	BOQUERÓN	15-Nov-2006	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-5.58	-30.6	14.04
EI-08	BOQUERÓN	15-Dec-2006	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-8.46	-56.5	11.18
EI-08	BOQUERÓN	15-Mar-2007	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-2.97	-10.4	13.36
EI-08	BOQUERÓN	15-Apr-2007	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-3.25	-10	16
EI-08	BOQUERÓN	15-May-2007	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-8.53	-53.2	15.04
EI-08	BOQUERÓN	15-Jun-2007	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-5.85	-34.3	12.5
EI-08	BOQUERÓN	15-Jul-2007	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-5.32	-29.1	13.46
EI-08	BOQUERÓN	15-Aug-2007	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-7.98	-51.4	12.44
EI-08	BOQUERÓN	15-Sep-2007	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-7.95	-49.6	14
EI-08	BOQUERÓN	15-Oct-2007	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-10.97	-75.9	11.86
EI-08	BOQUERÓN	15-Feb-2008	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-2.68	-15.2	6.24
EI-08	BOQUERÓN	15-Jun-2008	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-7.45	-48.45	11.15
EI-08	BOQUERÓN	15-Jul-2008	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-11.02	-77.1	11.06
EI-08	BOQUERÓN	15-Aug-2008	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-7.82	-51.34	11.22
EI-08	BOQUERÓN	15-Sep-2008	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-11.21	-78.71	10.97
EI-08	BOQUERÓN	15-Oct-2008	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-13.16	-93.8	11.48
EI-08	BOQUERÓN	15-Nov-2008	13.7349	-89.2641	1576.00	Lluvia	-10.23	-70.9	10.94