

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



**CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA  
MICROCUENCA DEL RÍO COLÓN, DEPARTAMENTO DE LA  
LIBERTAD**

**PRESENTADO POR:**

**ADIEL EDGARDO MOLINA DUARTE**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

**MAESTRO EN GESTIÓN DE RECURSOS HIDROGEOLÓGICOS**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, JUNIO DE 2022**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR:

**MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

SECRETARIO GENERAL:

**MSc. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN 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 HIDROGEOLÓGICOS**

Título:

**CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA  
MICROCUENCA DEL RÍO COLÓN, DEPARTAMENTO DE LA  
LIBERTAD**

Presentado por:

**ADIEL EDGARDO MOLINA DUARTE**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor(a):

**MSc. DAGOBERTO ARÉVALO HERRERA**

SAN SALVADOR, JUNIO DE 2022

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:



**MSc. DAGOBERTO ARÉVALO HERRERA**

## DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso, por darme la sabiduría y perseverancia para iniciar y culminar satisfactoriamente con este nuevo reto en mi vida.

Mis padres Edgardo y Mena, quienes desde el primer momento me han apoyado incondicionalmente en todas las etapas de este proceso de formación personal y profesional.

Mi hermana Hazel, por su apoyo fraternal y sus palabras de aliento en todo momento.

*“La ciencia no es perfecta, con frecuencia se utiliza mal, no es más que una herramienta, pero es la mejor herramienta que tenemos, se corrige a sí misma, está siempre evolucionando y se puede aplicar a todo. Con esta herramienta conquistamos lo imposible”.*

*Carl Sagan*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo (AICS), el Instituto de Geociencias y Georrecursos-Consejo Nacional de Investigación (IGG-CNR) y la coordinación del Programa Agua Futura, por haber auspiciado la tercera cohorte del programa de la Maestría en Gestión de Recursos Hidrogeológicos.

A la Dirección de la Escuela de Posgrados de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura (FIA) de la Universidad de El Salvador (UES), por todas sus gestiones y esfuerzos para el desarrollo a nivel local del programa de la Maestría en Gestión de Recursos Hidrogeológicos.

A la Dra. Tania Torres Rivera, coordinadora del programa de la Maestría en Gestión de Recursos Hidrogeológicos, por su compromiso y dedicación permanente en la ejecución del programa académico de la maestría, así como para solventar de manera oportuna todas las necesidades surgidas por parte del grupo de maestrantes.

Al Mtro. Dagoberto Arévalo, asesor del presente trabajo de investigación, por su dedicación y tiempo en el seguimiento y revisión de los avances del mismo, así como en la orientación para la redacción del documento final.

A la Mtra. Laura Gil y demás personal de la Unidad de Hidrología Subterránea del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), por su apoyo en la realización de las campañas de muestreo fisicoquímico que formaron parte de la investigación, así como en la gestión de acceso a información base del área de estudio.

A los Maestros Mario Guevara, Julio Acosta y César Alvarado, por sus valiosos aportes y sugerencias para el abordaje de los contenidos tratados dentro de la presente investigación.

Al Lic. Rafael Nolasco y Licda. Vanessa Coto, compañeros de maestría y de trabajo en la Gerencia de Investigación Hidrogeológica de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), por su apoyo académico, profesional y personal durante todas las etapas de la presente investigación.

A la Ing. Kenny Bercián, Gerente de Investigación Hidrogeológica de ANDA y al personal técnico y auxiliar a su cargo, por su apoyo en la realización de diferentes actividades de campo comprendidas dentro del plan de trabajo, así como en la gestión y obtención de información bibliográfica contenida en los archivos de la ANDA, necesaria para el desarrollo de la presente investigación.

Al Lic. Ronald Martínez, Licda. Bery Urrutia, y demás compañeros del programa de la Maestría en Gestión de Recursos Hidrogeológicos, con quienes se compartieron experiencias de aprendizaje más allá de lo académico y que han sido fundamentales para el desarrollo personal y profesional de este servidor.

A los directivos de la Asociación de Regantes de Zapotitán (AREZA), los encargados de la Finca El Quequeishque, Ing. José Roberto Duarte, Ing. Bernardo Romero y otras personas de las comunidades, empresas e instituciones que accedieron a brindar información, facilitaron el acceso a sus terrenos o instalaciones y acompañaron en algunas de las etapas de esta investigación.

## RESUMEN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se llevó a cabo en el área delimitada por la microcuenca del Río Colón, la cual se ubica al Noroeste de la ciudad de San Salvador. Esta microcuenca tiene una extensión de 67.55 Km<sup>2</sup>, dentro de los que se incluyen parte de los municipios de Santa Tecla, Colón, San Juan Opico y Ciudad Arce, todos pertenecientes al departamento de La Libertad.

Como parte de los objetivos de esta investigación se estudiaron las características de los recursos hídricos dentro de la microcuenca del Río Colón, se determinaron las características hidroquímicas principales de las fuentes de agua, se indagó sobre la relación entre las aguas superficiales y las aguas subterráneas, se evaluaron tres metodologías para la estimación del balance hídrico dentro de la microcuenca y finalmente se diseñó un modelo hidrogeológico conceptual que representa las características generales del sistema hídrico. Para cumplir con los objetivos planteados fue necesario el análisis de parámetros climáticos (registros de estaciones meteorológicas), litológicos (perfiles y columnas litológicas de pozos), hidrológicos (registros de aforos en ríos), hidrogeológicos (pruebas de bombeo de pozos), geofísicos (perfiles geofísicos de pozos) e hidroquímicos (parámetros fisicoquímicos de fuentes de agua).

El Balance Hídrico aplicado a la microcuenca del Río Colón muestra que la recarga potencial al sistema acuífero es de aproximadamente 29.31 Millones de m<sup>3</sup>/año. Los resultados de los aforos realizados en el cauce del Río Colón muestran que el mismo es principalmente efluente, con respecto al acuífero. Así pues, mediante la evaluación del Balance de masas se determinó que las salidas de la microcuenca son aproximadamente de 53.13 Millones de m<sup>3</sup>/año, dando como resultado un déficit de más del 81% entre las entradas (recarga vertical) y salidas (extracciones y caudal base de ríos) del sistema hídrico.

Los resultados de la caracterización hidroquímica indican que las aguas de los sistemas acuíferos y del cauce principal del río, dentro de la microcuenca del Río Colón, son predominantemente Bicarbonatadas Cálcidas o Magnésicas y en algunos casos Sulfatadas o Cloruradas Cálcidas o Magnésicas. Al mismo tiempo, se observa que las concentraciones iónicas de las aguas difieren considerablemente según su ubicación geográfica, apreciándose una tendencia general de mayor mineralización del acuífero, conforme se descende desde la parte alta hacia la parte baja de la microcuenca. Los resultados obtenidos y las observaciones hechas in-situ permiten inferir que, en algunos casos, a parte de los factores estacionales naturales (cambio de época seca a época lluviosa), también existe un componente antrópico (actividades agrícolas, domésticas, comerciales, industriales, etc.) que puede estar influyendo en la variación de los parámetros fisicoquímicos más importantes del sistema hídrico identificado dentro de la microcuenca.



El modelo hidrogeológico conceptual generado muestra que los acuíferos dentro de la microcuenca del Río Colón están constituidos principalmente por rocas y depósitos de origen volcánico, incluyendo depósitos sedimentarios originados por la meteorización de los materiales volcánicos antes mencionados. Asimismo, se identificó la existencia de dos acuíferos, uno superficial y captado por pozos excavados de poca profundidad y otro más profundo, explotado intensamente por pozos perforados a profundidades superiores a los 200 m. El análisis de las características del acuífero profundo arrojó que el flujo subterráneo se mueve radialmente desde las cotas topográficas más elevadas hacia las más bajas, en estas últimas, la superficie piezométrica puede estar por encima de la superficie topográfica (surgencia).

## CONTENIDO

1.	ALCANCES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1	INTRODUCCIÓN	1
1.2	CONTEXTO	1
1.3	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.4	PREGUNTAS GENERADORAS	3
1.5	OBJETIVOS	3
1.5.1	OBJETIVO GENERAL	3
1.5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.6	JUSTIFICACIÓN	3
1.7	BENEFICIOS ESPERADOS	4
1.8	ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.9	ANTECEDENTES	5
2.	MARCO TEÓRICO	9
2.1	CLIMA	9
2.1.1	REGIONES CLIMÁTICAS	9
2.1.2	PRECIPITACIÓN	9
2.1.3	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL	11
2.2	HIDROLOGÍA	12
2.2.1	EL CICLO HIDROLÓGICO	12
2.2.2	LA CUENCA	13
2.2.3	ESCURRIMIENTO	14
2.3	GEOLOGÍA	18
2.3.1	GEOMORFOLOGÍA	18
2.3.2	UNIDADES GEOLÓGICAS	19
2.4	HIDROGEOLOGÍA	21
2.4.1	UNIDADES HIDROGEOLOGICAS	21
2.4.2	MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA	21
2.5	EL SUELO	23
2.5.1	CARACTERIZACIÓN DE SUELOS	23
2.5.2	USOS DEL SUELO	24
2.6	BALANCE HÍDRICO DE SUELOS	25
2.6.1	METODOLOGÍA DE SCHOSINSKY	26
2.6.2	METODOLOGÍA RAS-FORGAES	30
2.7	HIDROQUÍMICA	32
2.7.1	DIAGRAMAS HIDROQUÍMICOS	33
2.7.2	EXACTITUD DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO	34
2.7.3	EVOLUCIÓN GEOQUÍMICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	35
3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	37
3.1	DESARROLLO DE ACTIVIDADES DE GABINETE	37
3.1.1	UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	37
3.1.2	INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA	38
3.1.3	INFORMACIÓN GEOLÓGICA E HIDROGEOLOGICA	40
3.2	DESARROLLO DE ACTIVIDADES DE CAMPO	41
3.2.1	INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA	41
3.2.2	MUESTREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN FUENTES DE AGUA	42

3.2.3	PRUEBAS DE PERMEABILIDAD	45
3.2.4	AFOROS EN FUENTES DE AGUA	48
4.	RESULTADOS OBTENIDOS	52
4.1	CONDICIONES CLIMÁTICAS DENTRO DE LA MICROCUENCA	52
4.1.1	PRECIPITACIÓN Y ETP	53
4.2	HIDROLOGÍA DE LA MICROCUENCA	54
4.2.1	CARACTERÍSTICAS DE LA MICROCUENCA	54
4.2.2	AFOROS Y ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL	56
4.3	GEOLOGÍA DE LA MICROCUENCA	59
4.3.1	GEOMORFOLOGÍA	59
4.3.2	UNIDADES GEOLÓGICAS	60
4.4	HIDROGEOLOGÍA DE LA MICROCUENCA	62
4.4.1	FORMACIONES HIDROGEOLÓGICAS	62
4.4.2	MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA	62
4.4.3	FUENTES DE AGUA IDENTIFICADAS	63
4.4.4	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DEL ACUÍFERO	66
4.5	EL SUELO DENTRO DE LA MICROCUENCA	72
4.5.1	CARACTERIZACIÓN DE SUELOS	72
4.5.2	USOS DE SUELO	73
4.6	BALANCE HÍDRICO DENTRO DE LA MICROCUENCA	74
4.6.1	RECARGA ACUÍFERA RAS-FORGAES	74
4.6.2	RECARGA ACUÍFERA POTENCIAL (SCHOSINSKY)	75
4.6.3	EVALUACIÓN DE RESULTADOS	82
4.7	CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS DE LA MICROCUENCA	85
4.7.1	RESULTADOS DEL MUESTREO FÍSICOQUÍMICO	85
4.7.2	MÉTODOS GRÁFICOS DE ANÁLISIS	87
4.8	MODELO CONCEPTUAL DEL ACUÍFERO	98
5.	CONCLUSIONES	107
6.	RECOMENDACIONES	112
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
	ANEXOS	117

## ÍNDICE DE FIGURAS Y MAPAS

<b>Figura 2.1.</b> Clasificación climática de ES.	10
<b>Figura 2.2.</b> Distribución de precipitación a nivel nacional.	10
<b>Figura 2.3.</b> Distribución de ETP a nivel nacional.	11
<b>Figura 2.4.</b> El ciclo hidrológico de la cuenca.	12
<b>Figura 2.5.</b> Interacción de los cauces y las aguas subterráneas.	12
<b>Figura 2.6.</b> Esquema de la cuenca hidrográfica.	13
<b>Figura 2.7.</b> Características de una cuenca.	14
<b>Figura 2.8.</b> Clasificación de la edad de la cuenca, según la curva hipsométrica.	14
<b>Figura 2.9.</b> Ejemplo de hidrograma.	15
<b>Figura 2.10.</b> Partes de un hidrograma típico.	16
<b>Figura 2.11.</b> Métodos gráficos de separación de hidrogramas.	17
<b>Figura 2.12.</b> RHH para determinación de caudales.	18
<b>Figura 2.13.</b> Unidades geomorfológicas de ES.	19
<b>Figura 2.14.</b> Mapa Geológico de E.S.	20
<b>Figura 2.15.</b> Mapa Hidrogeológico de E.S.	22
<b>Figura 2.16.</b> MASubs de ES.	23
<b>Figura 2.17.</b> Mapa pedológico de E.S. (1974).	24
<b>Figura 2.18.</b> Usos actuales de suelo en E.S. (2010).	25
<b>Figura 2.19.</b> Mapa de Recarga Potencial de Acuíferos, metodología de Schosinsky.	30
<b>Figura 2.20.</b> Representación del proceso de recarga acuífera.	31
<b>Figura 2.21.</b> Mapa nacional de recarga acuífera, método RAS-FORGAES.	32
<b>Figura 2.22.</b> Ejemplo de Diagrama de Stiff.	33
<b>Figura 2.23.</b> Ejemplo de Diagrama Triangular.	34
<b>Figura 2.24.</b> Ejemplo de Diagrama de Piper.	34
<b>Figura 2.25.</b> Secuencia de Chevotareb.	35
<b>Figura 2.26.</b> Esquema del proceso de evolución hidroquímica a escala regional (Domenico, 1972).	36
<b>Figura 3.1.</b> Fuentes de agua ubicadas dentro de la microcuenca del Río Colón.	42
<b>Figura 3.2.</b> Muestreo de parámetros FQ en fuentes de agua dentro de la microcuenca del Río Colón.	43
<b>Figura 3.3.</b> Cauce medio de Río Colón, se observan desechos sólidos dentro y en las riberas del mismo.	44
<b>Figura 3.4.</b> Izq.: Kit para el ensamble del Permeámetro de Guelph.	46
<b>Figura 3.5.</b> Aforos en el cauce principal del Río Colón.	49
<b>Figura 3.6.</b> Kit del Molinete Electromagnético SEBA Hydrometrie FlowSens.	50
<b>Figura 3.7.</b> Ejemplo de sección transversal modelada en MatLab.	51
<b>Figura 4.1.</b> Perfil longitudinal de elevación del cauce principal, microcuenca del Río Colón.	55
<b>Figura 4.2.</b> Detalle de la curva hipsométrica de la microcuenca del Río Colón.	56
<b>Figura 4.3.</b> Resultado de Aforos, cauce Río Colón.	57
<b>Figura 4.4.</b> Hidrograma del Río Colón.	59
<b>Figura 4.5.</b> PP 9 DRZ, ejemplo de pozo surgente.	69
<b>Figura 4.6.</b> Variaciones piezométricas en pozo de monitoreo, microcuenca Río Colón.	70
<b>Figura 4.7.</b> Comparación de resultados del muestreo de parámetros FQ, Microcuenca Río Colón.	86
<b>Figura 4.8.</b> Concentraciones iones mayoritarios, época seca, Microcuenca Río Colón.	87
<b>Figura 4.9.</b> Diagramas de Stiff de resultados FQ obtenidos, época seca.	88
<b>Figura 4.10.</b> Diagrama de Piper de los resultados obtenidos de los sitios muestreados, época seca.	91
<b>Figura 4.11.</b> Concentraciones iones mayoritarios, época lluviosa, Microcuenca Río Colón.	92
<b>Figura 4.12.</b> Diagramas de Stiff de resultados obtenidos de los sitios muestreados, época lluviosa.	93

<b>Figura 4.13.</b> Diagrama de Piper de los resultados obtenidos de los sitios muestreados, época lluviosa.	97
<b>Figura 4.14.</b> Modelo litológico 3D de la microcuenca del Río Colón.	100
<b>Figura 4.15.</b> Perfil longitudinal, microcuenca del Río Colón.	102
<b>Figura 4.16.</b> Sección microcuenca alta Río Colón.	103
<b>Figura 4.17.</b> Sección microcuenca media Río Colón.	104
<b>Figura 4.18.</b> Sección microcuenca baja Río Colón.	105
<b>Figura 4.19.</b> Representación en 3D del acuífero profundo, microcuenca del Río Colón.	106

<b>Mapa 1.1.</b> Ubicación del área de investigación (Satélite).	6
<b>Mapa 3.1.</b> Ubicación del área de investigación.	37
<b>Mapa 3.2.</b> Polígonos de Thiessen de precipitación e Isoyetas con influencia en la microcuenca del Río Colón.	39
<b>Mapa 3.3.</b> Polígonos de Thiessen de ETP con influencia en la microcuenca del Río Colón.	40
<b>Mapa 3.4.</b> Sitios de muestreo FQ, microcuenca del Río Colón.	44
<b>Mapa 3.5.</b> Ubicación de pruebas de permeabilidad representativas de la microcuenca del Río Colón.	48
<b>Mapa 3.6.</b> Ubicación de sitios de aforo en el cauce del Río Colón.	50
<b>Mapa 4.1.</b> Clasificación climática dentro de la microcuenca del Río Colón.	52
<b>Mapa 4.2.</b> Elevaciones dentro de la microcuenca del Río Colón.	55
<b>Mapa 4.3.</b> Distribución de pendientes dentro de la microcuenca del Río Colón.	56
<b>Mapa 4.4.</b> Geología de la microcuenca del Río Colón.	61
<b>Mapa 4.5.</b> Hidrogeología de la microcuenca del Río Colón.	63
<b>Mapa 4.6.</b> Inventario de fuentes de agua dentro de la microcuenca del Río Colón.	66
<b>Mapa 4.7.</b> Isofreáticas y líneas de flujo (Pozos Perforados), microcuenca Río Colón.	69
<b>Mapa 4.8.</b> Isofreáticas y líneas de flujo (Pozos Excavados), microcuenca Río Colón.	72
<b>Mapa 4.9.</b> Pedología de la microcuenca del Río Colón.	73
<b>Mapa 4.10.</b> Usos de suelo dentro de la microcuenca del Río Colón.	74
<b>Mapa 4.11.</b> Recarga acuífera RAS en la microcuenca del Río Colón.	75
<b>Mapa 4.12.</b> Mapa de Recarga Potencial anual (teórico), microcuenca Río Colón.	76
<b>Mapa 4.13.</b> Valores de $K_p$ , microcuenca Río Colón.	77
<b>Mapa 4.14.</b> Valores de $K_v$ , microcuenca Río Colón.	78
<b>Mapa 4.15.</b> Valores de $K_{fc}$ , microcuenca Río Colón.	79
<b>Mapa 4.16.</b> Valores de $C_i$ , microcuenca Río Colón.	80
<b>Mapa 4.17.</b> Recarga Potencial (Schosinsky), microcuenca del Río Colón.	81
<b>Mapa 4.18.</b> Escurrimiento superficial (Schosinsky), microcuenca del Río Colón.	82
<b>Mapa 4.19.</b> Ubicación de resultados FQ obtenidos, época seca, microcuenca del Río Colón.	89
<b>Mapa 4.20.</b> Ubicación de resultados FQ obtenidos, época lluviosa, microcuenca del Río Colón.	94
<b>Mapa 4.21.</b> Ubicación de la traza de perfiles geológicos generados sobre la microcuenca Río Colón.	101

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1.</b> Regiones Climáticas de E.S. (Koppen y Sapper-Lauer).	9
<b>Tabla 2.2.</b> Ecuaciones de Regionalización de Caudales medios anuales y factores de distribución mensual.	17
<b>Tabla 2.3.</b> Formaciones Geológicas de E.S.	20
<b>Tabla 2.4.</b> Unidades hidrogeológicas en E.S.	22
<b>Tabla 2.5.</b> Distribución de superficie según uso de suelo de la república de E.S. (Año 2010).	24
<b>Tabla 2.6.</b> Parámetros necesarios para el cálculo del B.H. (Schosinsky).	26
<b>Tabla 2.7.</b> Índices de Pendientes (Kp) (Schosinsky, 2006).	26
<b>Tabla 2.8.</b> Índices de Vegetación (Kv) (Schosinsky, 2006).	27
<b>Tabla 2.9.</b> Punto de marchitez permanente (PMP), Capacidad de campo (CC) y Densidad de suelo en porcentaje por peso de suelo seco de diferentes texturas de suelos (Schosinsky, 2006).	27
<b>Tabla 2.10.</b> Parámetros calculados por la Hoja electrónica del B.H. (Schosinsky).	28
<b>Tabla 2.11.</b> Error analítico admisible en función de la CE.	35
<b>Tabla 3.1.</b> Sitios de muestreo dentro de la microcuenca del Río Colón.	43
<b>Tabla 3.2.</b> Usos de suelo y miembros geológicos identificados, microcuenca del Río Colón.	46
<b>Tabla 3.3.</b> Detalle de los sitios donde se realizaron ensayos de permeabilidad.	48
<b>Tabla 3.4.</b> Sitios de aforo en el cauce del Río Colón.	49
<b>Tabla 4.1.</b> Est. meteorológicas con registros pluviométricos que influyen en la microcuenca del Río Colón.	53
<b>Tabla 4.2.</b> Est. meteorológicas con registros ETP que influyen en la microcuenca del Río Colón.	53
<b>Tabla 4.3.</b> Registro mensual precipitación, Est. meteorológicas que influyen en la microcuenca del Río Colón.	53
<b>Tabla 4.4.</b> Precipitación media mensual dentro de la microcuenca del Río Colón.	54
<b>Tabla 4.5.</b> Registro mensual ETP, Est. meteorológicas con influencia en la microcuenca del Río Colón.	54
<b>Tabla 4.6.</b> ETP media mensual dentro de la microcuenca del Río Colón.	54
<b>Tabla 4.7.</b> Características fisiográficas de la microcuenca del Río Colón.	55
<b>Tabla 4.8.</b> Resultados de los aforos en el cauce del Río Colón.	57
<b>Tabla 4.9.</b> Resultados de regionalización de caudales para el Río Colón.	58
<b>Tabla 4.10.</b> Caudales medios y caudales base mensuales, estimados para el Río Colón.	59
<b>Tabla 4.11.</b> Principales características hidráulicas del acuífero ESA-06-01 (MASub ESA-06).	63
<b>Tabla 4.12.</b> Inventario de Pozos perforados dentro de la microcuenca del Río Colón.	63
<b>Tabla 4.13.</b> Inventario de Pozos excavados dentro de la microcuenca del Río Colón.	65
<b>Tabla 4.14.</b> Inventario de Manantiales dentro de la microcuenca del Río Colón.	66
<b>Tabla 4.15.</b> Parámetros hidráulicos de pozos perforados dentro de la microcuenca del Río Colón.	67
<b>Tabla 4.16.</b> Distribución de usos de suelo dentro de la microcuenca del Río Colón.	73
<b>Tabla 4.17.</b> Factores de Pendiente (Kp), microcuenca del Río Colón.	76
<b>Tabla 4.18.</b> Factores de Vegetación (Kv) y profundidad de raíz (PR), microcuenca del Río Colón.	77
<b>Tabla 4.19.</b> Factores de Textura de suelo (Kfc) y parámetros DS, CC y PM, microcuenca del Río Colón.	78
<b>Tabla 4.20.</b> Resultados del BH de Schosinsky, microcuenca Río Colón.	80
<b>Tabla 4.21.</b> Comparación de resultados de Recarga Acuífera, microcuenca Río Colón.	82
<b>Tabla 4.22.</b> Balance de masas, microcuenca del Río Colón.	84
<b>Tabla 4.23.</b> Resultados de muestreo FQ dentro de la microcuenca del Río Colón, época seca.	85
<b>Tabla 4.24.</b> Resultados de muestreo FQ dentro de la microcuenca del Río Colón, época lluviosa.	85
<b>Tabla 4.25.</b> Cálculo del Balance Iónico, muestreo época seca.	87
<b>Tabla 4.26.</b> Cálculo del Balance Iónico, muestreo época lluviosa.	92
<b>Tabla 4.27.</b> Clasificación de las muestras analizadas en ambas campañas.	97

## NOMENCLATURAS Y ABREVIATURAS

%	Porcentaje
AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo
AICD	Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo
AMSS	Área Metropolitana de San Salvador
ANDA	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados
ANP	Área Natural Protegida
AREZA	Asociación de Regantes de Zapotitán
BH	Balance Hídrico
BHID	Balance Hídrico Integrado y Dinámico
Ca <sup>2+</sup> , K <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> , Fe <sup>2+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3+</sup>	Cationes: Calcio, Potasio, Magnesio, Sodio, Ferroso, Fosfato
CE	Conductividad Eléctrica
Cl <sup>-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , F <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Aniones: Cloruro, Bicarbonato, Nitrato, Sulfato, Fluoruro, Nitrito
COSUDE	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación
CVSS	Complejo Volcánico de San Salvador
DEM	Modelo de Elevación Digital
DGOA	Dirección General del Observatorio Ambiental
DIGESTYC	Dirección General de Estadísticas y Censos
DO	Demanda de Oxígeno
DRZ	Distrito de Riego de Zapotitán
ENA	Escuela Nacional de Agricultura Roberto Quiñónez
E.S.	El Salvador
Est.	Estación, Estaciones
etc.	Etcétera
ETP	Evapotranspiración Potencial o de Referencia
EV	Exageración Vertical
EYCO	Estrada y Compañía
FCAS	Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento
FQ	Fisicoquímico
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Anión bicarbonato
ISTU	Instituto Salvadoreño de Turismo
IGG-CNR	Instituto de Geociencias y Georrecursos-Consejo Nacional de Investigación
Kg	Kilogramo
Km, Km <sup>2</sup>	Kilómetro, Kilómetro cuadrado
L/s	Litro por segundo
m, m <sup>2</sup> , m <sup>3</sup>	Metro, Metro cuadrado, Metro cúbico
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
MASub	Masa de Agua Subterránea
mg/L	Miligramo por cada litro (medida de concentración)
mol/L	Mol por cada litro (medida de concentración)
NRCS	Natural Resources Conservation Service
pH	Potencial de Hidrógeno
PNGIRH	Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico
RHH	Regiones Hidrológicamente Homogéneas
SEV	Sondeo Eléctrico Vertical
SIG	Sistema de Información Geográfica
SIHI-MARN	Sistema de Información Hídrica del MARN
SNET	Servicio Nacional de Estudios Territoriales
TDS	Sólidos Totales Disueltos
UES	Universidad de El Salvador
USDA	United States Department of Agriculture

# **1. ALCANCES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

Actualmente en El Salvador se enfrentan serios problemas en cuanto al manejo de los recursos hídricos; esto en parte es debido al desconocimiento que se tiene sobre los procesos físicos, hidrogeológicos e hidroquímicos que afectan a dichos recursos a lo largo del territorio nacional. A pesar de que en años recientes se han realizado estudios hidrogeológicos, geofísicos e hidroquímicos en algunas cuencas hidrográficas de interés nacional – por ejemplo, en la cuenca del Río Lempa – aún existen cuencas de mucha importancia para el país, en las cuales no se han realizado estudios relevantes que permitan conocer el estado de los recursos hídricos dentro de ellas, con los cuales se puedan proponer y justificar medidas para el manejo sostenible del recurso hídrico en el tiempo.

En la presente investigación se estudiaron las características de los recursos hídricos dentro de la microcuenca del Río Colón, se determinaron las características hidroquímicas principales de las fuentes de agua, así como la relación entre las aguas superficiales y subterráneas dentro de dicha microcuenca. Finalmente se diseñó un modelo hidrogeológico conceptual que, a partir de la síntesis de toda la información anterior, representa las características del sistema hídrico antes mencionado.

El presente documento está constituido por siete capítulos: El Capítulo 1 contiene en los alcances y el planteamiento del problema de investigación. El Capítulo 2 contiene el marco teórico general, en el que se presenta la información básica de la zona de estudio y se fundamentan los métodos y/o técnicas empleadas para la investigación. El Capítulo 3 describe los diferentes métodos y/o técnicas empleadas para la investigación propiamente dicha. En el Capítulo 4 se describen y analizan los resultados obtenidos producto de la aplicación de los diferentes métodos y/o técnicas empleadas para la investigación. En el Capítulo 5 se presentan las conclusiones de la investigación, mientras que los Capítulos 6 y 7 corresponden a las recomendaciones generadas y las referencias bibliográficas empleadas, respectivamente.

## **1.2 CONTEXTO**

El Salvador es uno de los países más pequeños del continente americano (21,040.79 Km<sup>2</sup>) y al mismo tiempo, uno de los más densamente poblados (273 hab/Km<sup>2</sup>) (DIGESTYC, 2008). La existencia de estos extremos, sumado a otras problemáticas socio-históricas, han provocado que exista una enorme presión en el uso de los recursos naturales en general y del recurso hídrico en particular.



El caso del recurso hídrico, es especialmente paradójico, ya que, a pesar de que los promedios de precipitación anual están por encima de los 1,700 mm, existen amplias zonas a nivel nacional con serias limitantes en cuanto a disponibilidad en cantidad y calidad de agua potable para usos tanto de consumo como productivos. A todo lo anterior, se le suman las falencias históricas en cuanto a gestión técnico-científica y administrativa-legal de los recursos hídricos.

El área de interés para la presente investigación se ubica en los municipios de Santa Tecla, Colón, San Juan Opico y Ciudad Arce, todos pertenecientes al departamento de La Libertad. Se trata de un área geográfica que ha experimentado notables cambios en cuanto a demografía y urbanización en los últimos 20 años, concentrando a la fecha una gran actividad comercial, agropecuaria, industrial y residencial.

El acuífero que subyace el área de interés (microcuenca del Río Colón), forma parte de la subcuenca del Río Sucio. De acuerdo con investigaciones previamente realizadas, se trata de una formación acuífera con muy buenos rendimientos, lo que se evidencia por la gran cantidad de pozos perforados y artesanales que se observan distribuidos dentro de esta subcuenca, especialmente en las cotas topográficas más bajas de la misma. Se ha llegado incluso a proponer, en algunos estudios de factibilidad, que por su cercanía con el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), los acuíferos de este sector puedan servir a futuro como una fuente adicional de suministro de agua potable para este importante núcleo poblacional.

### **1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

En los últimos años el manejo de los recursos hídricos dentro de la microcuenca del Río Colón ha sufrido grandes presiones, debido a que se han venido desarrollando importantes proyectos de infraestructura habitacional, industrial, agrícola, comercial y de conectividad vial. Esta creciente demanda requiere contar con un suministro de agua en cantidad y calidad que sea sostenible en el tiempo.

Se vuelve necesario entonces, realizar una investigación que permita conocer el estado actual de los recursos hídricos dentro de la microcuenca del Río Colón, mediante la evaluación de la mayor cantidad posible de parámetros hidrogeológicos, hidroquímicos y geofísicos, a fin de generar un modelo en el que se vean representadas las características de las fuentes de agua ubicadas dentro de la microcuenca en cuestión y las posibles interacciones entre estas fuentes.

## **1.4 PREGUNTAS GENERADORAS**

- ¿Cuál es la composición hidroquímica de las aguas subterráneas y superficiales dentro de la microcuenca del Río Colón?
- ¿Cómo es la relación entre las entradas y salidas del recurso hídrico dentro de la microcuenca del Río Colón?
- ¿Cuáles son los diferentes tipos de acuíferos presentes en la microcuenca del Río Colón?
- ¿Existe interrelación entre las aguas subterráneas y superficiales dentro de la microcuenca del Río Colón?
- ¿Cuál es el modelo hidrogeológico conceptual que mejor describe el sistema de la microcuenca del Río Colón?

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar las características hidrogeológicas de la microcuenca del Río Colón, mediante el uso de herramientas hidrogeológicas, hidroquímicas y geofísicas que permitan la generación de un modelo conceptual del sistema acuífero.

### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- A.** Realizar una clasificación de las aguas subterráneas y superficiales dentro de la microcuenca del Río Colón, a partir de las características hidroquímicas registradas en fuentes de agua.
- B.** Evaluar la dinámica del ciclo hidrológico dentro de la microcuenca del Río Colón, a partir del diseño de un balance hídrico de suelos.
- C.** Proponer un modelo hidrogeológico conceptual del acuífero ubicado bajo la microcuenca del Río Colón, a partir del análisis de parámetros geofísicos, litológicos e hidrogeológicos.

## **1.6 JUSTIFICACIÓN**

El área urbana y rural del municipio de Colón en el departamento de la Libertad, se encuentra localizada en la microcuenca del Río Colón, la cual se localiza dentro de la subcuenca del Río Sucio. En los últimos años, dentro de esta microcuenca se vienen desarrollando importantes proyectos habitacionales, industriales, agrícolas, comerciales-recreativos y de infraestructura vial; los cuales han producido una transformación notable en los usos de suelo originales de la microcuenca, así como en el grado de aprovechamiento de los recursos hídricos disponibles. A raíz de estos procesos, se tiene que, actualmente

la microcuenca del Río Colón presenta varios problemas medioambientales, tales como: explotación intensiva de fuentes de agua, riesgos por deslizamientos, deforestación, manejo inadecuado de desechos sólidos, manejo inadecuado de agroquímicos en cultivos, contaminación y ausencia de tratamiento de agua para consumo humano, entre otros, afectando directa e indirectamente la calidad de vida de los habitantes de esta microcuenca.

Por todas las razones antes mencionadas, se justifica el estudio de las características hidrogeológicas de los recursos hídricos dentro de la microcuenca del Río Colón, ya que a partir de los resultados obtenidos se determinarán las características hidroquímicas principales de las fuentes de agua; además, se establecerá si existe una relación entre las aguas superficiales y las aguas subterráneas dentro de la zona de estudio. Para así finalmente diseñar un modelo hidrogeológico que, sintetizando toda la información anterior, represente las características del sistema hídrico antes mencionado.

## **1.7 BENEFICIOS ESPERADOS**

Mediante el desarrollo de esta investigación se pretende generar productos que sirvan como línea base para conceptualizar mejor el área de la microcuenca del Río Colón, de manera que a partir de estos productos sea posible proponer medidas destinadas a un manejo adecuado de los recursos hídricos (superficiales y subterráneos) dentro de esta microcuenca. Los productos que se espera generar se engloban dentro de los siguientes aspectos:

- Base de datos actualizada de fuentes de agua ubicadas en la microcuenca del Río Colón y cálculo del volumen de explotación dentro de la misma.
- Registro actualizado de las condiciones hidrometeorológicas existentes dentro de la microcuenca del Río Colón.
- Clasificación hidroquímica de las fuentes de agua superficiales y subterráneas dentro de la microcuenca del Río Colón.
- Balance hídrico de suelos actualizado, dentro de la microcuenca del Río Colón.
- Modelo hidrogeológico conceptual del acuífero bajo la microcuenca del Río Colón.

## **1.8 ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN**

**A. GEOGRÁFICOS (EXPLORATORIOS):** La investigación se realizó en la microcuenca del Río Colón, área geográfica en la cual no existen antecedentes de estudios detallados acerca de la calidad

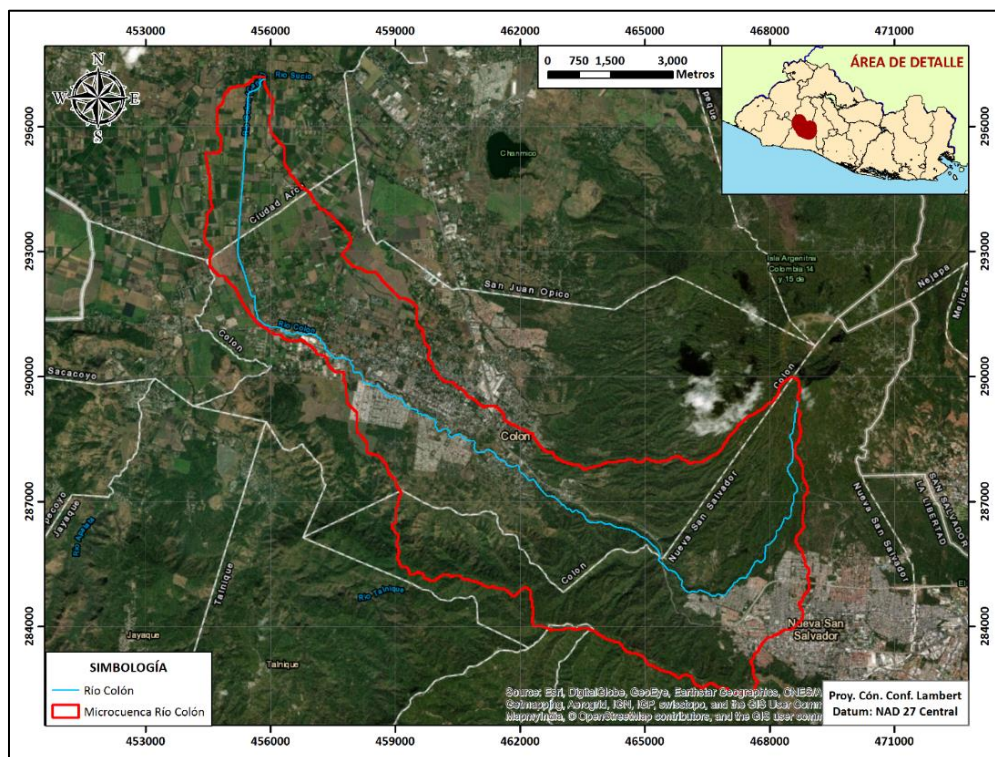
de agua, tanto de las fuentes superficiales como de los acuíferos bajo el subsuelo (ver **Mapa 1.1** y **Mapa 3.1**).

- B. PARAMÉTRICOS (CORRELACIONALES):** Se midieron y analizaron algunos parámetros fisicoquímicos en fuentes de agua superficiales y subterráneas, que permitieron clasificar el tipo de agua de las distintas fuentes muestreadas dentro de la microcuenca del Río Colón. Al mismo tiempo, se han correlacionado los resultados de estudios geofísicos, geológicos, hidrogeológicos y registros de parámetros hidráulicos de pozos, ya existentes (ver **Mapa 4.4**, **Mapa 4.5** y **Mapa 4.6**).
- C. TEMPORALES:** Se realizó una campaña de aforos (Abril) y dos campañas de muestreo de agua (Abril y Octubre), en una (1) fuente de agua superficial (cauce del Río Colón) y seis (6) fuentes subterráneas (pozos profundos) ubicadas dentro de la microcuenca del Río Colón, en las cuales se midieron y analizaron algunos parámetros fisicoquímicos principales de las mismas.
- D. DESCRIPTIVOS:** Se diseñó un modelo hidrogeológico conceptual del acuífero ubicado dentro de la microcuenca del Río Colón, para evaluar las características y el comportamiento del mismo.
- E. SOCIOECONÓMICOS:** La consideración de los resultados de esta investigación en los planes de ordenamiento territorial y desarrollo para la microcuenca del Río Colón, permitirá que las diferentes actividades productivas presentes y futuras que se realizan dentro de esta región, sean sostenibles en el tiempo. Se estima que la población que reside dentro de la microcuenca del Río Colón, es de unos 91,673 habitantes (DIGESTYC, 2008) (Alcaldía Municipal de Santa Tecla, s.f.).

## **1.9 ANTECEDENTES**

El área urbana y rural del municipio de Colón en el departamento de la Libertad, se encuentra localizada en la microcuenca del Río Colón, la cual se localiza dentro de la subcuenca del Río Sucio. En los últimos años, dentro de esta microcuenca se vienen desarrollando importantes proyectos habitacionales, industriales, agrícolas, comerciales-recreativos y de infraestructura vial; lo cuales han producido una transformación notable en los usos de suelo originales de la microcuenca, así como en el grado de aprovechamiento de los recursos hídricos disponibles (ver **Mapa 1.1**).

De acuerdo con la *Propuesta de Descontaminación del Canal principal de los ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa* (MARN (SNET), 2002) hasta el año 2002, el Río Colón poseía una carga contaminante de 946.86 Kg/día, que constituía en ese momento el 22% de la carga contaminante aportada hacia el Río Sucio.



**Mapa 1.1.** Ubicación del área de investigación (Satélite).

Aunque a la fecha no existen estudios hidrogeológicos enfocados en la microcuenca del Río Colón, ha sido posible encontrar información relevante de la misma, dentro de los estudios de diversa índole realizados en la subcuenca del Río Sucio. Algunos de estos estudios e informes técnicos se detallan a continuación:

- *“Estudio Hidrogeológico Proyecto Complejo Lourdes”* (ECO Ingenieros S.A. de C.V., 1996): Informe de consultoría técnica donde se recopila información respecto a las características físicas de la microcuenca del Río Colón, caudales de estiaje para el periodo 1991 - 1992, descargas de industrias al cauce del río, condiciones climáticas, geología, hidrogeología, hidroquímica, inventario de fuentes de agua y resultados de prospección geofísica dentro de la microcuenca.
- *“Propuesta de Descontaminación del Canal principal de los ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa”* (MARN (SNET), 2002): Informe técnico donde se recopila información respecto a la calidad del agua de varios ríos ubicados dentro de la subcuenca del Río Sucio, incluyendo información general sobre la carga contaminante del Río Colón.
- *“Evaluación del efecto agrícola sobre la calidad del agua del Río Sucio”* (Armero Durán, 2003): Trabajo de investigación donde se evalúa la calidad de las aguas superficiales en distintos sitios muestreados en los ríos ubicados dentro de la subcuenca del Río Sucio.

- *“Estudio de Prospección Geoeléctrica con el método SEV en la Escuela Nacional de Agricultura Roberto Quiñónez (E.N.A.) Depto. de La Libertad”* (ANDA, 2004): Informe técnico donde se recopilan los resultados de una campaña de prospección geofísica realizada dentro de los terrenos de la E.N.A., incluyendo información sobre geología y perfiles litológicos de pozos perforados dentro del área de estudio.
- *Gestión e Implementación de la Red de Monitoreo de Aguas Subterráneas en el AMSS y Valle de Zapotitán* (Chávez Matal & Pastora Flores, 2007): Trabajo de investigación donde se detallan las características de los pozos perforados pertenecientes a la red de monitoreo subterráneo del Valle de Zapotitán y los resultados de dicho monitoreo (nivel estático, calidad de agua y mapas de isofreáticas).
- *“Estudio Hidrogeológico de la zona donde proyectan construirse las Instalaciones Industriales de Inversiones Tunari”* (EYCO S.A. de C.V., 2007): Informe de consultoría técnica donde se recopila información respecto a las características físicas de la microcuenca del Río Colón, condiciones climáticas, geología, hidrogeología, hidroquímica, inventario de fuentes de agua y resultados de prospección geofísica dentro de la microcuenca.
- *“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”* (Guevara Retana, 2011): Trabajo de investigación donde se recopila información respecto a inventario de pozos, registros de estaciones meteorológicas, parámetros geofísicos y perfiles geológicos de pozos dentro de la subcuenca del Río Sucio, algunos de los cuales se ubican dentro de la microcuenca del Río Colón.
- *“Estudio Hidrogeológico Generación de Energía Eléctrica por Gasificación Colón”* (Castellanos, 2013): Informe de consultoría técnica donde se recopila información respecto a las características físicas de la microcuenca del Río Colón, condiciones climáticas, geología, hidrogeología, hidroquímica e inventario de fuentes de agua dentro de la microcuenca.
- *“Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de E.S., con énfasis en Zonas Prioritarias. (Anexo 08. Calidad de las Aguas)”* (FCAS-MARN, 2015): Informe de consultoría técnica donde se incluye información respecto a la calidad del agua en cuerpos de agua superficiales y fuentes de aguas subterráneas ubicadas dentro de la microcuenca del Río Colón.
- *“Superación de Observaciones MARN Proyecto Livsmart Américas, Municipio de Colón, Departamento de La Libertad”* (J.R. Duarte S.A. de C.V., 2017): Informe de consultoría técnica donde se recopila información respecto a las características físicas de la microcuenca del Río Colón, condiciones climáticas, geología, hidrogeología, hidroquímica, inventario de fuentes de agua y balance hídrico dentro de la microcuenca.

- *“Caracterización Hidrogeológica del Acuífero Poroso en la Zona del Distrito de Riego de Zapotitán”* (Martínez Estrada, 2018): Trabajo de investigación donde se realiza una caracterización del acuífero poroso en la zona del Distrito de Riego de Zapotitán (DRZ), ubicado en la zona alta de la subcuenca del Río Sucio, a partir de la correlación de parámetros geofísicos, inventario de pozos, permeabilidad, registros de estaciones meteorológicas y los registros de pozos de monitoreo a lo largo del tiempo, concluyendo con la elaboración de un modelo hidrogeológico conceptual preliminar del acuífero poroso.

Se debe mencionar, además, que se han revisado algunos informes finales de perforación de pozos ubicados dentro de la microcuenca del Río Colón, los cuales contienen información sobre las características físicas (diseño) e hidráulicas (parámetros hidráulicos) de los mismos.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 CLIMA

De acuerdo con el Balance Hídrico Integrado y Dinámico (BHID) (MARN, 2006), El Salvador se localiza entre los trópicos de Cáncer y Capricornio, en el cinturón climático tropical, presentando condiciones térmicas similares a lo largo del año, con variaciones diurnas y nocturnas más importantes que las variaciones mensuales.

#### 2.1.1 REGIONES CLIMÁTICAS

La orografía juega un papel clave en la definición de las regiones climáticas de El Salvador. De acuerdo con la clasificación de Koppen y Sapper-Lauer, se distinguen cuatro regiones climáticas en el país (MARN, 2006) (ver **Tabla 2.1**):

*Tabla 2.1. Regiones Climáticas de E.S. (Koppen y Sapper-Lauer).*

Elevación (msnm)	Clasificación Koppen	Clasificación Sapper-Lauer
0 - 800	Sabanas Tropicales Calientes	Tierra Caliente
800 - 1,200	Sabanas Tropicales Calurosas	Tierra Templada
1,200 - 1,800	Clima Tropical de las Alturas	
1,800 - 2,700		Tierra Fría

En el Mapa de Clasificación Climática de El Salvador (FCAS-MARN, 2015), se aprecia que el clima predominante en la mayor parte del país, es de tipo sabana tropical caliente (**Figura 2.1**).

#### 2.1.2 PRECIPITACIÓN

Los resultados del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador con énfasis en Zonas Prioritarias (PNGIRH) (FCAS-MARN, 2015) muestran que, para el periodo comprendido entre los años 1965 - 2012, la precipitación promedio multianual es de 1,785 mm/año, (ver **Figura 2.2**).

De acuerdo con el BHID (MARN, 2006), la precipitación se distribuye irregularmente tanto espacial como temporalmente. Temporalmente se distinguen dos épocas climáticas bien diferenciadas, la época seca (noviembre-abril) y la época lluviosa (mayo-octubre). El mes más lluvioso es septiembre, seguido por el mes de junio. Espacialmente se observan diferencias en la distribución de la lluvia, debido a los factores orográficos y climáticos que las originan. A nivel anual, las precipitaciones se distribuyen de la siguiente manera (MARN, 2006):

- >2,000 mm en las zonas altas (Cordillera Fronteriza, Cadena Volcánica, Cadena Costera)
- 1,500 - 1,900 mm en los valles interiores (Depresión Central)



- 1,300 - 1,500 mm en la zona sur oriental y noroccidental del país (Corredor Seco).

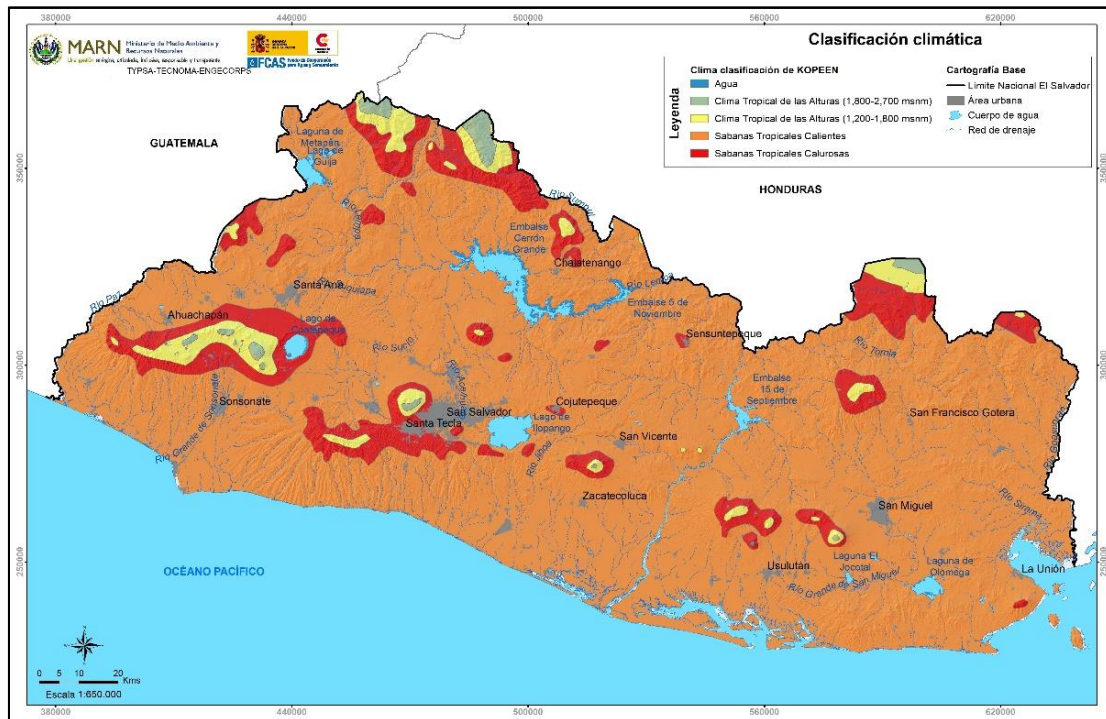


Figura 2.1. Clasificación climática de ES.

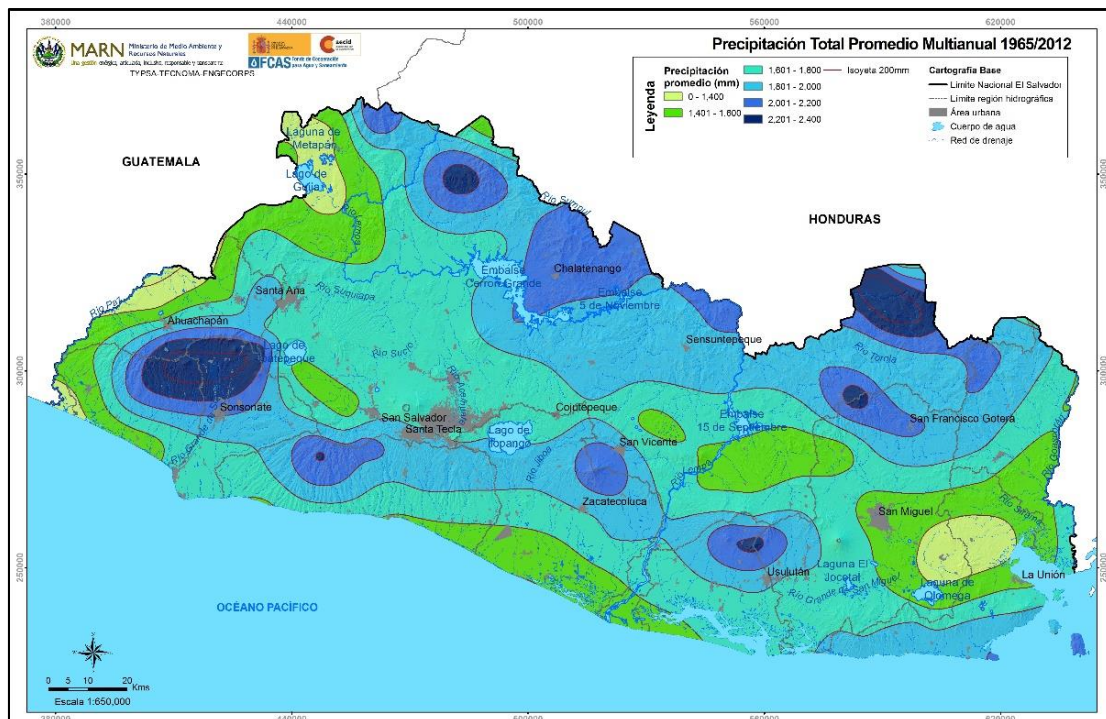


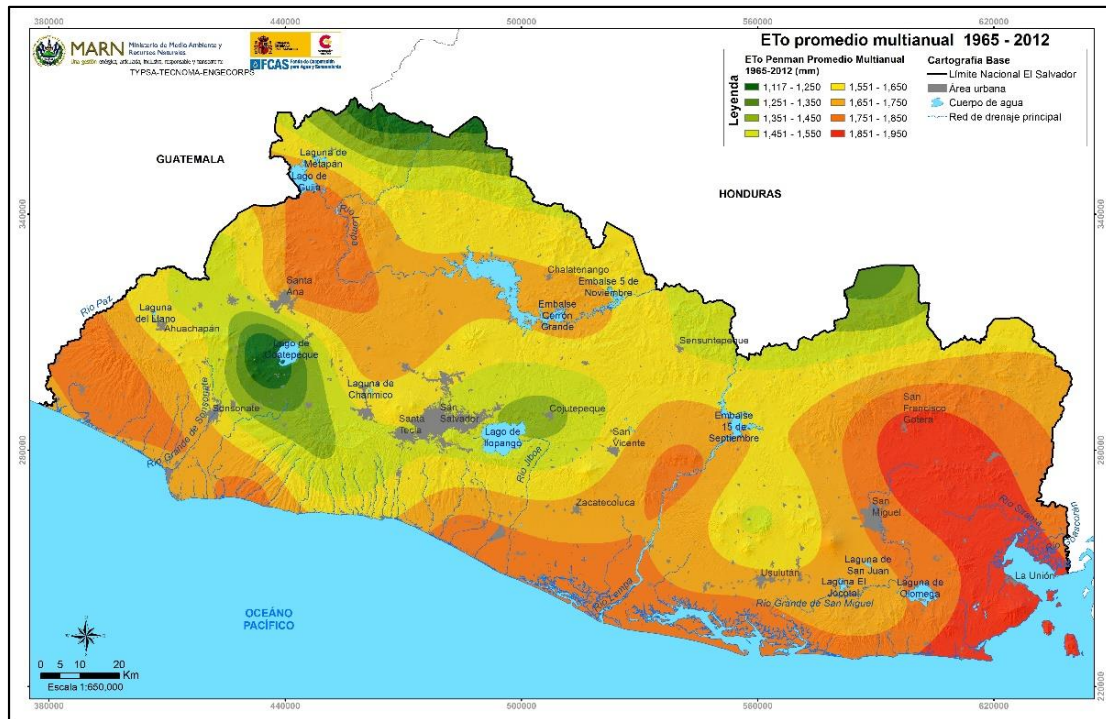
Figura 2.2. Distribución de precipitación a nivel nacional.

### 2.1.3 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

Los resultados del PNGIRH (FCAS-MARN, 2015) muestran que, para el periodo comprendido entre los años 1965 - 2012, en El Salvador la Evapotranspiración Potencial (ETP) total anual promedio aproximada es de 1,682 mm/año, (ver **Figura 2.3**).

En el BHID (MARN, 2006) se detalla que la ETP, no presenta una diferenciación tan marcada en su variación a nivel mensual como en el caso de la precipitación. Temporalmente, la mayor incidencia de ETP ocurre en los meses de abril y marzo, en los cuales se registran valores del orden de 180 - 200 mm en las zonas oriental, suroccidental y noroccidental; mientras que las zonas que presentan menores valores son las zonas ubicadas en altura (Cadenas Volcánicas y Cordillera Fronteriza). El mes donde se registra la menor ETP es diciembre, fluctuando entre 120 - 140 mm en la mayor parte del país, con valores menores de 80 - 100 mm en las zonas montañosas. A nivel anual, los valores de ETP fluctúan de la siguiente manera (MARN, 2006):

- 1,250 - 1,550 mm en las zonas altas.
- 1,750 - 2,050 mm en las zonas bajas de oriente, sur occidente, noroccidente y la zona costera.



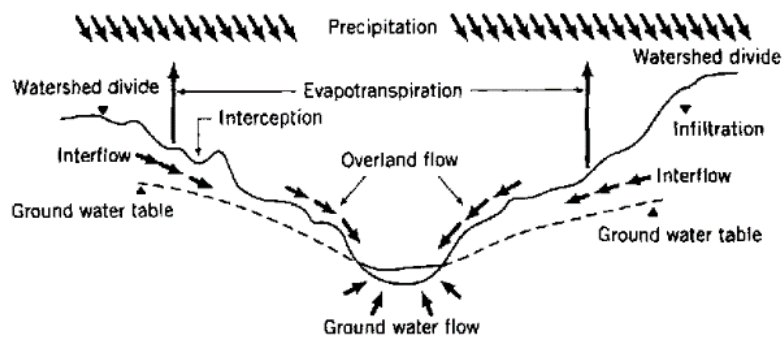
*Figura 2.3. Distribución de ETP a nivel nacional.*

## 2.2 HIDROLOGÍA

### 2.2.1 EL CICLO HIDROLÓGICO

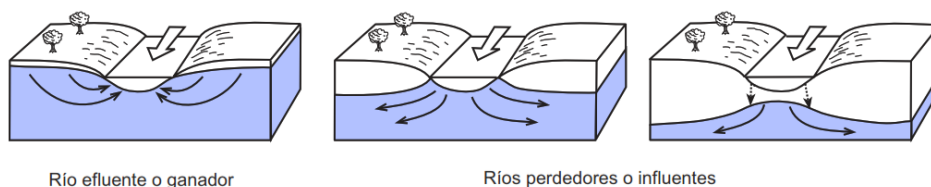
Se denomina Ciclo Hidrológico al movimiento general del agua, ascendente por evaporación y descendente tanto por las precipitaciones como por la escorrentía superficial y subterránea (Sánchez San Román, 2017).

Una forma de visualizar este ciclo es representando las entradas y salidas de humedad a escala de cuenca (ver **Figura 2.4**), donde la precipitación se toma como entrada y la evaporación, la transpiración (evapotranspiración) y la escorrentía de los arroyos son las salidas. El componente de la escorrentía de los arroyos, denominado flujo superficial, puede verse incrementado por el interflujo, un proceso que opera por debajo de la superficie, pero por encima de la zona en la que las rocas están saturadas de agua y por el flujo de base, un componente directo de la descarga a los arroyos desde la parte saturada del sistema. La infiltración del agua en el subsuelo es la fuente última del interflujo y de la recarga de las aguas subterráneas (Domenico & Schwartz , 1998).



*Figura 2.4. El ciclo hidrológico de la cuenca.*

Como se aprecia en la **Figura 2.4**, el ciclo hidrológico implica una relación entre aguas superficiales y subterráneas, a través de la salida de estas últimas hacia los cauces (ríos, quebradas, manantiales, etc.). No obstante, la afluencia de agua subterránea a los cauces no siempre se produce y el sentido del flujo puede ser inverso, es decir, del río al acuífero. Así, se puede hablar de ríos efluentes e influentes (o ganadores y perdedores) (Sánchez San Román, 2017) (ver **Figura 2.5**).



*Figura 2.5. Interacción de los cauces y las aguas subterráneas.*

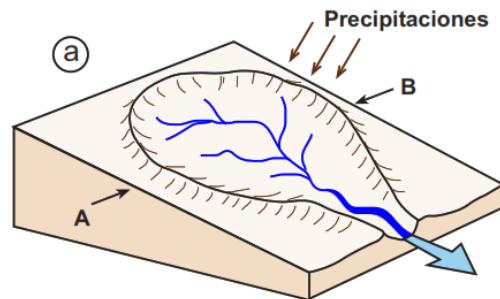
En ausencia de precipitaciones sobre una cuenca, el cauce de un río puede continuar llevando agua por las siguientes causas (Sánchez San Román, 2017):

- Nieve o hielo que se están fundiendo
- Almacenamiento superficial: lagos, embalses
- Almacenamiento subterráneo: Acuíferos.

### 2.2.2 LA CUENCA

En un sentido amplio, una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida (Aparicio Mijares, 1992).

La Cuenca Hidrográfica es la definida por la topografía, mientras que la Cuenca Hidrogeológica engloba también a las aguas subterráneas. La cuenca hidrográfica coincide con la cuenca hidrogeológica cuando no existen trasvases apreciables de aguas subterráneas entre cuencas, es decir, que las divisorias topográficas constituyen divisorias de la escorrentía superficial y subterránea (Sánchez San Román, 2017) (ver **Figura 2.6**).



*Figura 2.6. Esquema de la cuenca hidrográfica.*

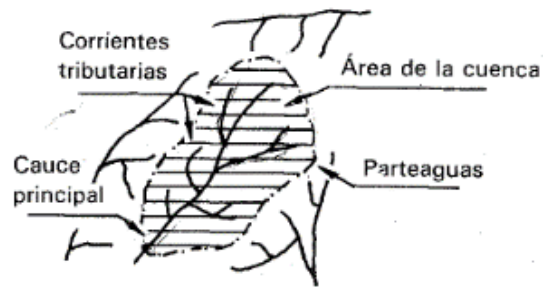
En virtud del tamaño y ramificación de la red de drenaje, se establece la siguiente clasificación de las cuencas:

- **Cuenca:** Sistema integrado por varias subcuencas o microcuencas.
- **Subcuenca:** Conjunto de microcuencas que drenan a un cauce principal con caudal fluctuante pero permanente.
- **Microcuenca:** Área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una subcuenca.
- **Quebrada:** Área en la que su drenaje escurre hacia la corriente principal de una microcuenca.

Algunas características de las cuencas y los cauces son (Aparicio Mijares, 1992) (**Figura 2.7**):

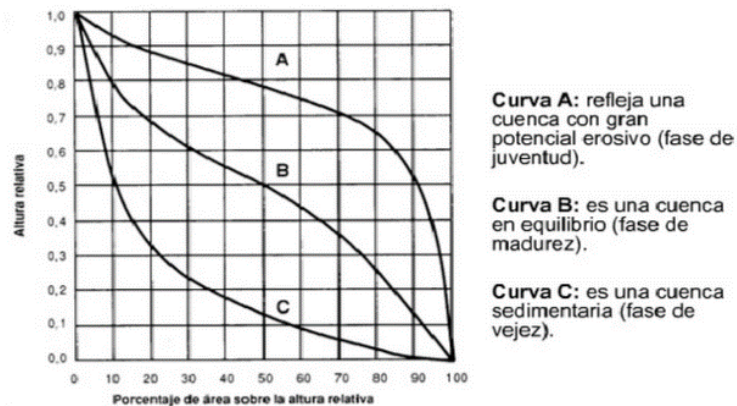
- **Parteaguas:** Línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que sirve como separación entre cuencas vecinas.

- **Área de la cuenca:** Superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas.
- **Corriente principal:** Cauce de mayor longitud que pasa por la salida de la cuenca hidrológica.



*Figura 2.7. Características de una cuenca.*

- **Pendiente de la cuenca:** Indicador del grado de respuesta de una cuenca a una tormenta, teniendo una importancia directa en relación con la magnitud de las crecidas.
- **Curva hipsométrica:** Representación gráfica del relieve de la cuenca, relaciona el valor de la elevación (cota) en el eje vertical y el valor del área acumulada en el eje horizontal. Su forma puede asociarse con la edad o etapa de desarrollo de la cuenca (ver **Figura 2.8**).



*Figura 2.8. Clasificación de la edad de la cuenca, según la curva hipsométrica.*

### 2.2.3 ESCURRIMIENTO

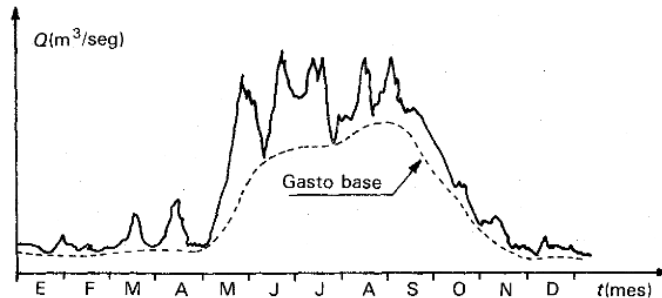
De acuerdo con Aparicio Mijares (1992), cuando la precipitación alcanza la superficie del suelo, se infiltra hasta que las capas superiores del mismo se saturan. Posteriormente, se comienzan a llenar las depresiones del terreno y al mismo tiempo el agua comienza a escurrir sobre su superficie. Este escurrimiento, llamado *flujo en la superficie del terreno*, se produce mientras el agua no llegue a cauces bien definidos (que no desaparecen entre dos tormentas sucesivas). En su trayectoria hacia el cauce más próximo, el agua que fluye sobre el terreno se sigue infiltrando, e incluso se evapora en

pequeñas cantidades. Una vez que llega a un cauce bien definido se convierte en *escurrimiento en corrientes*.

La combinación del flujo sobre el terreno y el escurrimiento en corrientes, conforman el *escurrimiento superficial*. La parte del agua infiltrada que escurre cerca de la superficie del suelo y más o menos paralelamente a él se denomina *escurrimiento subsuperficial*; mientras que la parte que se infiltra hasta niveles inferiores al freático, se denomina *escurrimiento subterráneo* (Aparicio Mijares, 1992).

De los tres tipos de escurrimiento antes mencionados, el superficial es el que llega más rápido hasta la salida de la cuenca, estando relacionado directamente con una tormenta particular, por lo que se dice que proviene de la precipitación efectiva y que constituye el *escurrimiento directo*. Por otra parte, el escurrimiento subterráneo es el que más lentamente alcanza la salida de la cuenca y debido a que se produce bajo el nivel freático, es el único que alimenta a las corrientes cuando no hay precipitación, por lo cual se dice que forma el *escurrimiento base* (Aparicio Mijares, 1992).

La representación gráfica del caudal que pasa de manera continua, durante un periodo de tiempo, por una sección transversal de un río se denomina *Hidrograma* (Aparicio Mijares, 1992) (ver **Figura 2.9**).

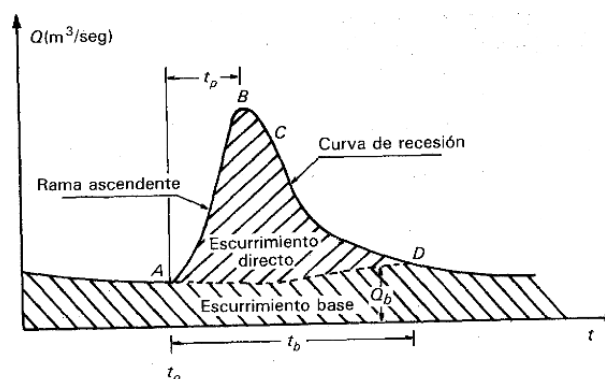


**Figura 2.9.** Ejemplo de hidrograma.

Si en un hidrograma la escala del tiempo se amplía, de manera que se pueda observar el escurrimiento producido por una sola tormenta, se tiene un gráfico como el mostrado en la **Figura 2.10**. Aunque la forma particular de un hidrograma varía, dependiendo de las características de las cuencas y las tormentas analizadas, en general se distinguen las siguientes partes constituyentes del mismo (Aparicio Mijares, 1992) (**Figura 2.10**):

- **Punto de levantamiento (A):** puede producirse durante o después de que ocurre la tormenta, cuando el agua proveniente de la misma llega a la salida de la cuenca. Depende de varios factores (tamaño de cuenca, sistema de drenaje y suelo, intensidad y duración de lluvia, etc.).
- **Pico (B):** caudal máximo que se produce por la tormenta.

- **Punto de inflexión (C):** aproximadamente cuando termina el flujo sobre el terreno, de este punto en adelante, el resto de agua en la cuenca escurre por canales y como escurrimiento subterráneo.
- **Final del escurrimiento directo (D):** a partir de este punto el escurrimiento es solamente subterráneo. Suele ser el punto de mayor curvatura de la curva de recesión.
- **Tiempo de pico ( $t_p$ ):** tiempo transcurrido desde el punto de levantamiento hasta el pico del hidrograma.
- **Tiempo base ( $t_b$ ):** tiempo transcurrido desde el punto de levantamiento hasta el punto final del escurrimiento directo. Tiempo que dura el escurrimiento directo.
- **Rama ascendente:** desde el punto de levantamiento hasta el pico.
- **Rama descendente o curva de recesión:** desde el pico hasta el final del escurrimiento directo. Tomada a partir del punto de inflexión, es una curva de vaciado de la cuenca.



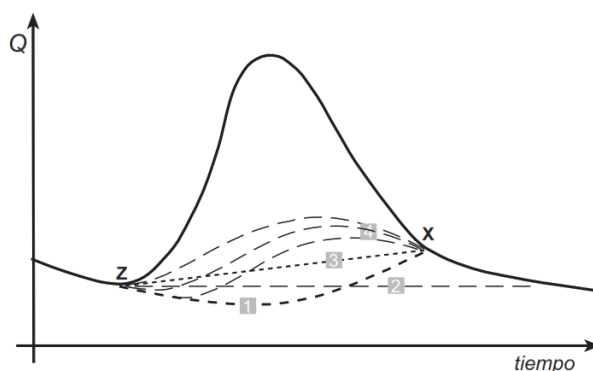
**Figura 2.10.** Partes de un hidrograma típico.

El área bajo el hidrograma,  $\int_{t_0}^t Q dt$ , representa el volumen total escurrido; mientras que el área bajo el hidrograma y arriba de la línea de separación entre caudal base y directo,  $\int_{t_0}^t (Q - Q_b) dt$ , es el volumen de escurrimiento directo (Aparicio Mijares, 1992).

A partir de un hidrograma como el mostrado en la **Figura 2.10**, es posible diferenciar el escurrimiento directo y el escurrimiento base, lo que se conoce como *separación de los componentes del hidrograma*. Sánchez San Román (2017), plantea que este proceso puede llevarse a cabo gráficamente y propone los siguientes métodos para llevar a cabo esta tarea (ver **Figura 2.11**):

1. Prolongar la curva de agotamiento desde el punto Z, previa a la crecida, hasta la vertical de la punta del hidrograma y luego se continúa la curva de modo ascendente hasta el punto X, donde se supone que se encuentra el comienzo de la curva de agotamiento posterior a la crecida.
2. Trazar una línea horizontal desde el comienzo de la crecida. Válido para una evaluación aproximada o cuando el tiempo de crecida es pequeño.

3. Trazar una recta desde el comienzo hasta el final de la crecida (Z-X). Aproximación en la que en muchos casos el error es aceptable.
4. Los trazos agrupados en esta opción pueden ser adecuados en cuencas con una rápida respuesta de la escorrentía básica tras el comienzo de la precipitación, probablemente por la poca profundidad de la superficie freática.



**Figura 2.11.** Métodos gráficos de separación de hidrogramas.

Una vez realizada la separación de escorrentías (directa y subterránea), se pueden conocer los volúmenes que le corresponden a ambas, a partir de la estimación de las áreas comprendidas bajo las curvas de cada una. Esto puede realizarse gráficamente (planimetría de la superficie comprendida bajo la curva) o analíticamente (calcular la integral de la ecuación que se ajusta a la curva).

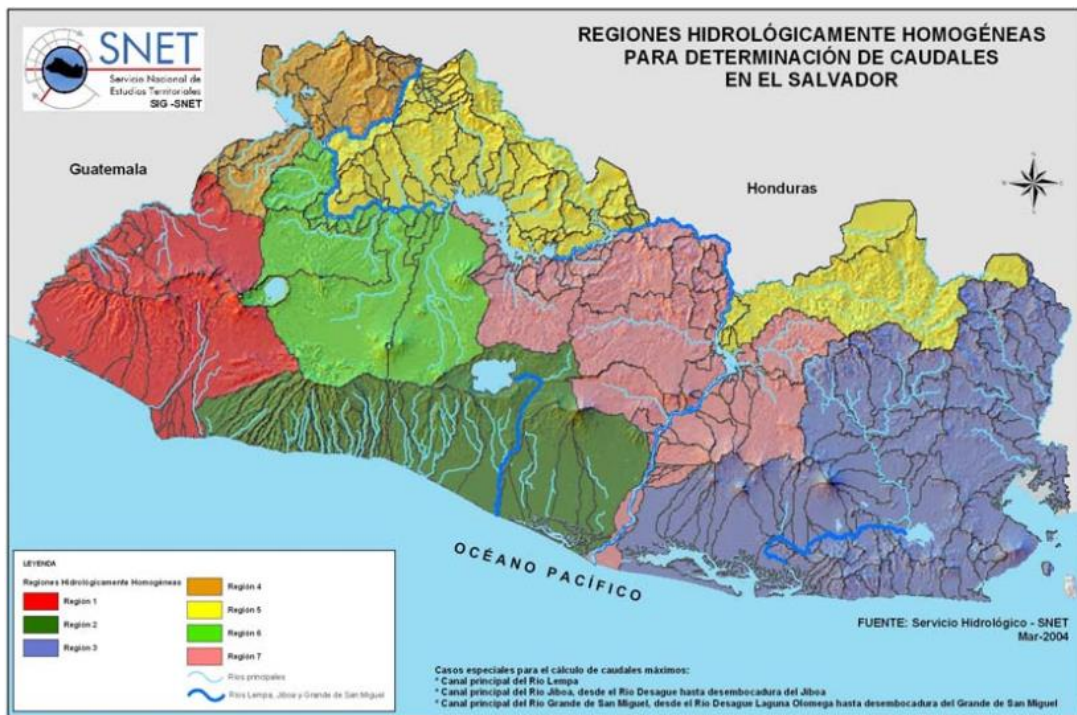
En el caso particular de El Salvador, en el BHID (MARN, 2006), se desarrolló la regionalización de caudales medios y máximos a nivel nacional, estableciéndose relaciones entre estos caudales, el área de la cuenca aportante y factores de distribución mensual para caudales medios de acuerdo a Regiones Hidrológicamente Homogéneas (RHH), previamente definidas. En la **Tabla 2.2** se presentan las ecuaciones para la estimación de caudales medios anuales, de acuerdo a las RHH definidas en la **Figura 2.12** y sus factores de distribución mensual.

**Tabla 2.2.** Ecuaciones de Regionalización de Caudales medios anuales y factores de distribución mensual.

Región	CPA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	$0.0127*A + 1.4954$	0.397	0.361	0.352	0.411	0.701	1.436	1.347	1.603	2.35	1.893	0.721	0.429
2	$0.0103*A + 0.4433$	0.278	0.216	0.197	0.196	0.363	1.031	1.175	1.898	2.985	2.441	0.788	0.389
3	$0.0151*A + 0.4752$	0.156	0.117	0.104	0.13	0.511	1.658	1.052	1.315	3.089	2.982	0.651	0.234
4	$0.0109*A + 0.545$	0.127	0.121	0.116	0.129	0.374	1.879	1.68	1.963	2.951	2.096	0.373	0.192
5	$0.0304*A - 0.3231$	0.113	0.084	0.079	0.115	0.4	1.874	1.516	1.815	3.24	2.1	0.444	0.166
6	$2E-06*A + 0.0156*A + 0.0944$	0.496	0.47	0.45	0.479	0.671	1.235	1.517	1.718	2.186	1.537	0.7	0.541
7	$-0.00001*A^2 + 0.0214*A - 0.2529$	0.273	0.237	0.226	0.251	0.421	1.471	1.303	1.646	2.97	2.201	0.67	0.331
8	$0.0176*A - 10.123$	0.381	0.333	0.312	0.291	0.429	1.418	1.549	1.615	2.483	2.121	0.601	0.466



Donde:  $A = \text{Área de la cuenca en Km}^2$   
 $CPA = \text{Caudal Promedio anual en m}^3/\text{s}$



*Figura 2.12. RHH para determinación de caudales.*

## 2.3 GEOLOGÍA

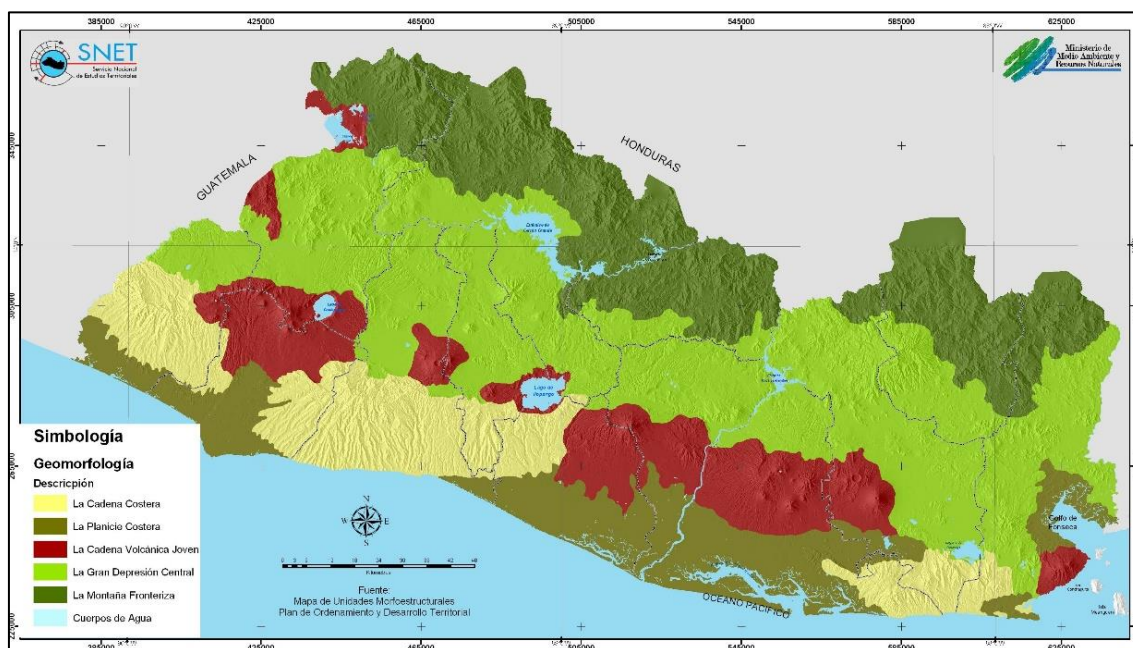
### 2.3.1 GEOMORFOLOGÍA

El relieve actual del territorio salvadoreño es producto tanto de los movimientos orogénicos como de la actividad volcánica. Estos procesos han dado origen a la diversidad de unidades geomorfológicas del país. Alrededor del 13% del total del territorio, está conformado por planicies costeras, el 49% por áreas montañosas, y el 38% consiste en zonas de relieves bajos, pequeñas lomas y valles (MARN, 2006).

Las principales regiones geomorfológicas del territorio salvadoreño son las siguientes (MARN, 2006) (ver **Figura 2.13**):

- **Planicie Costera:** Se extiende entre la Cadena Costera y el Océano Pacífico. Caracterizada por su relieve llano con un declive medio del 1%.
- **Cadena Costera:** Alineaciones montañosas de origen volcánico, paralelas al litoral, separadas por planicies aluviales y drenadas por importantes cursos fluviales de carácter perenne y temporal.

- **Cadena Volcánica Reciente:** Parte de la cordillera volcánica centroamericana, paralela a la costa del Océano Pacífico, considerada como una de las cordilleras volcánicas más activas del mundo.
- **Cordillera Fronteriza:** Situada al norte del país, en la frontera con Honduras. Abarca el área norte de los departamentos de Santa Ana, Chalatenango, Cabañas, Morazán, San Miguel y La Unión.
- **Depresión Central:** Depresión que cruza todo el país (oeste-este) en forma de mesetas bajas muy diseccionadas y valles relativamente planos interrumpidos por edificios volcánicos extintos.



*Figura 2.13. Unidades geomorfológicas de ES.*

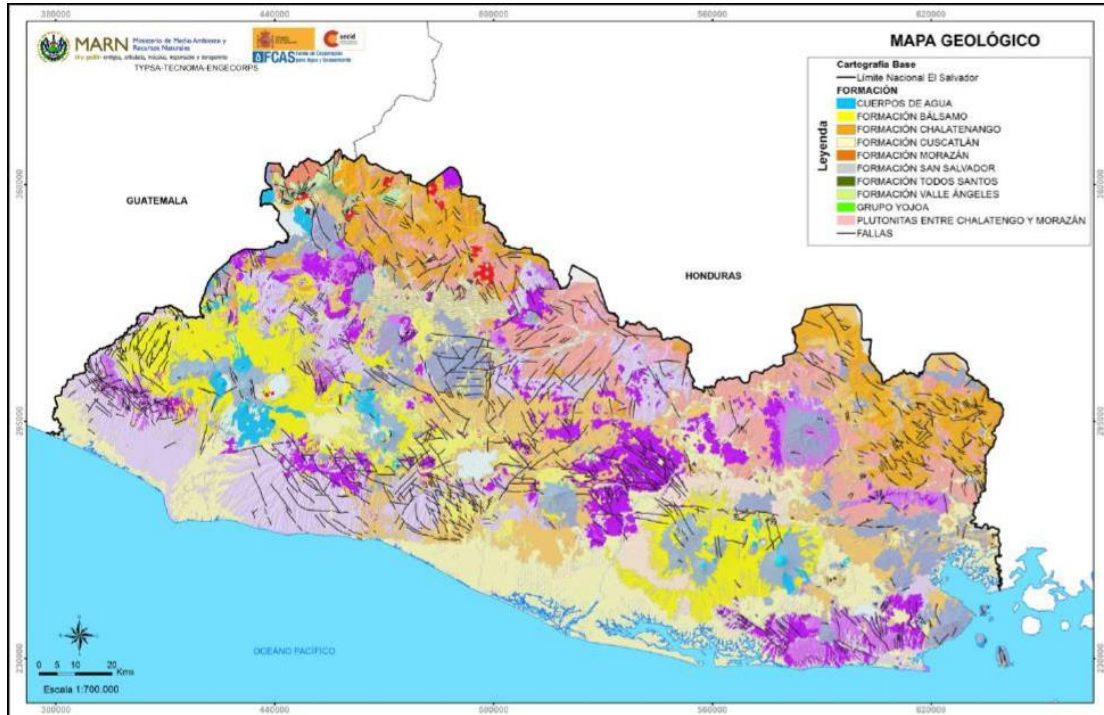
### 2.3.2 UNIDADES GEOLÓGICAS

La geología de El Salvador es relativamente reciente, considerando que una cuarta parte del territorio nacional data del Pleistoceno y tres cuartas partes están cubiertas por rocas del Terciario, predominando las de época pliocénica (Torrecilla Macho & Ramírez Lucendo, s.f.).

Aunque existen terrenos más antiguos de edad cretácica y origen sedimentario marino, estos solamente cubren un 5% del territorio salvadoreño; las demás rocas, con pocas excepciones, están originadas por fenómenos volcánicos. En algunos sitios se pueden encontrar rocas intrusivas que pertenecen a la época miocénica (Terciario) (Torrecilla Macho & Ramírez Lucendo, s.f.).

El Mapa Geológico de El Salvador fue elaborado por la Misión Geológica Alemana en E.S. en colaboración con el Centro de Investigaciones Geotécnicas, durante los años 1967 - 1971 y publicado

finalmente en 1978 (ver **Figura 2.14**). Baxter (1984) en su *Léxico Estratigráfico de El Salvador*, hace un desglose de las formaciones geológicas clasificadas en dicho mapa, agrupándolas de la siguiente manera (ver **Tabla 2.3**):



*Figura 2.14. Mapa Geológico de E.S.*

*Tabla 2.3. Formaciones Geológicas de E.S.*

<b>CRONOLOGÍA</b>	<b>FORMACIÓN</b>	<b>MIEMBROS GEOLÓGICOS</b>
<b>Unidades Volcánicas Terciarias-Cuaternarias</b>	San Salvador	s1, s2, s3'a, s3'b, s4, s5'a, s5'b, s5'c, Q'f
	Cuscatlán	c1, c2, c3
	Bálsamo	b1, b2, b3
	Chalatenango	ch1, ch2
	Morazán	m1'a, m1'b, m2'a, m2'b
<b>Unidades Sedimentarias Mesozoicas-Terciarias</b>	Grupo Valle de Ángeles	va
	Grupo Yojoa	yo
	Todos Santos-Metapán	ts'm, ts

Los materiales más antiguos identificados se ubican al noroeste del país y pertenecen a los denominados Estratos de Metapán, que incluyen al Grupo Yojoa, Formaciones Valle de Ángeles y Todos Santos. Desde el Terciario Inferior predomina en el territorio nacional un abundante vulcanismo terrestre con numerosos centros de erupción. Paralela a toda la frontera norte del país se dispone una franja de materiales pertenecientes tanto a las Formaciones Morazán (Oligoceno) y

Chalatenango (Mioceno), como a plutonitas extruidas en un periodo de tiempo comprendido entre la deposición de las dos formaciones anteriores (ver **Figura 2.14**) (FCAS-MARN, 2015).

## **2.4 HIDROGEOLOGÍA**

La hidrogeología estudia las interrelaciones entre los materiales y procesos geológicos con el agua. La fisiografía, la geología superficial y la topografía de una cuenca de drenaje, así como la vegetación, influyen en la relación entre las precipitaciones sobre la cuenca y el agua que drena de ella (Fetter, 2001).

### **2.4.1 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS**

Una unidad hidrogeológica es un conjunto de formaciones geológicas cuyo funcionamiento hidrogeológico se considera conjuntamente y dentro de la cual puede haber uno o varios acuíferos. Al estar conectados, estos acuíferos se consideran como una unidad, de manera que su funcionamiento (entradas, salidas, balance) debe estudiarse de un modo conjunto (Sánchez San Román, 2017).

La descripción completa de las unidades hidrogeológicas identificadas en el territorio nacional se encuentra en el Mapa Hidrogeológico de El Salvador, elaborado mediante un convenio entre la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) y la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) entre los años 1998 - 2008 y publicado en 2008 (FCAS-MARN, 2015) (ver **Figura 2.15**). De acuerdo con este mapa, las diferentes unidades hidrogeológicas presentes en el territorio salvadoreño son las siguientes (ver **Tabla 2.4**):

### **2.4.2 MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA**

En el PNGIRH (FCAS-MARN, 2015), se detalla que la unidad de trabajo básica para el desarrollo del mismo es el acuífero, definido como una o más formaciones geológicas capaces de contener un volumen apreciable de agua y de transmitirlo con cierta facilidad. Se considera además que, la superficie acuífera del país equivale a 9,611.88 Km<sup>2</sup>, aproximadamente el 46.34% de la extensión del mismo.

Estos acuíferos pueden reunirse en grupos, atendiendo a su comportamiento hidrogeológico (litología, flujo subterráneo, hidroquímica, etc.), a estos grupos se les ha denominado Masas de Agua Subterránea (MASub). Como resultado de esta delimitación, se han obtenido 72 acuíferos agrupados en un total de 21 MASub (FCAS-MARN, 2015) (ver **Figura 2.16**).

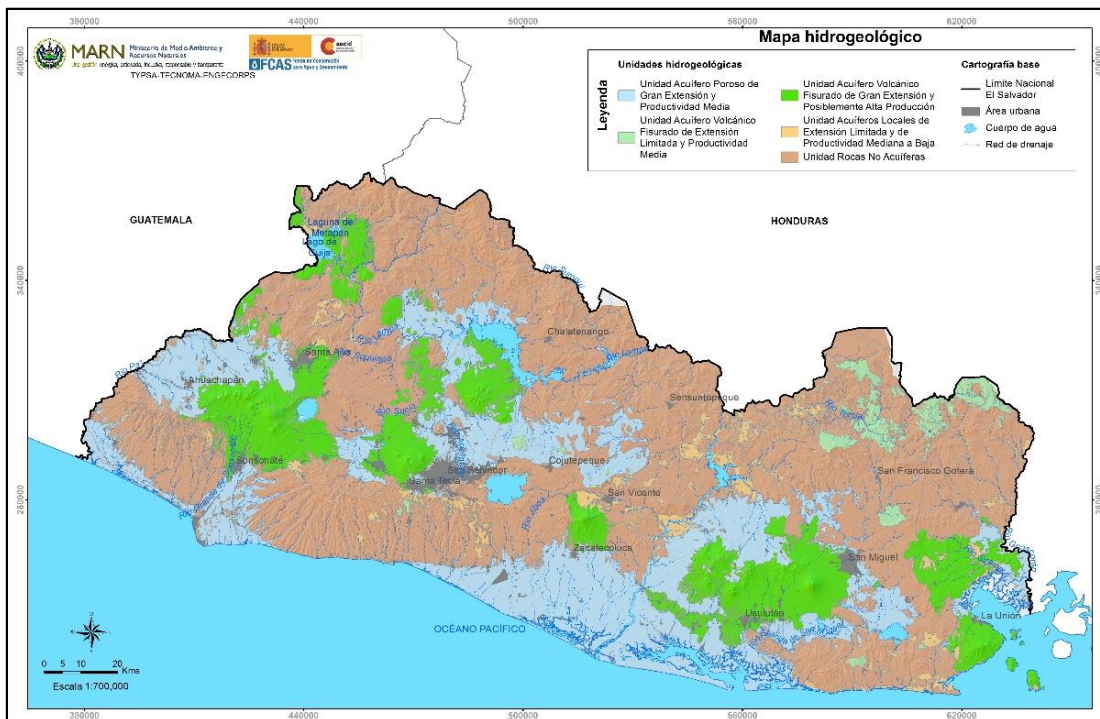


Figura 2.15. Mapa Hidrogeológico de E.S.

Tabla 2.4. Unidades hidrogeológicas en E.S.

UNIDAD	LITOLOGÍA
<b>Acuífero Volcánico Fisurado de Gran Extensión y Posiblemente Alta Producción</b>	Principalmente, rocas volcánicas andesíticas y basálticas, con intercalaciones de materiales piroclásticos.
<b>Acuífero Volcánico Fisurado de Extensión Limitada y Productividad Media</b>	Principalmente, rocas volcánicas andesíticas y basálticas, con intercalaciones de materiales piroclásticos.
<b>Acuífero Poroso de Gran Extensión y Productividad Media</b>	Piroclastos aglomerados y retrabajados (pómez, lapilli, tobas)
<b>Acuíferos Locales de Extensión Limitada y de Productividad Mediana a Baja</b>	Sedimentos aluviales (arenas, gravas, etc.) que han sufrido procesos de transporte.
<b>Acuíferos Locales Generados por Sistemas de Fallas</b>	Principalmente, rocas volcánicas andesíticas y basálticas, con intercalaciones de materiales piroclásticos.
<b>Rocas No Acuíferas</b>	Flujos macizos de lavas, intercalados con tobas aglomeradas y brechosas, y lahares cementados

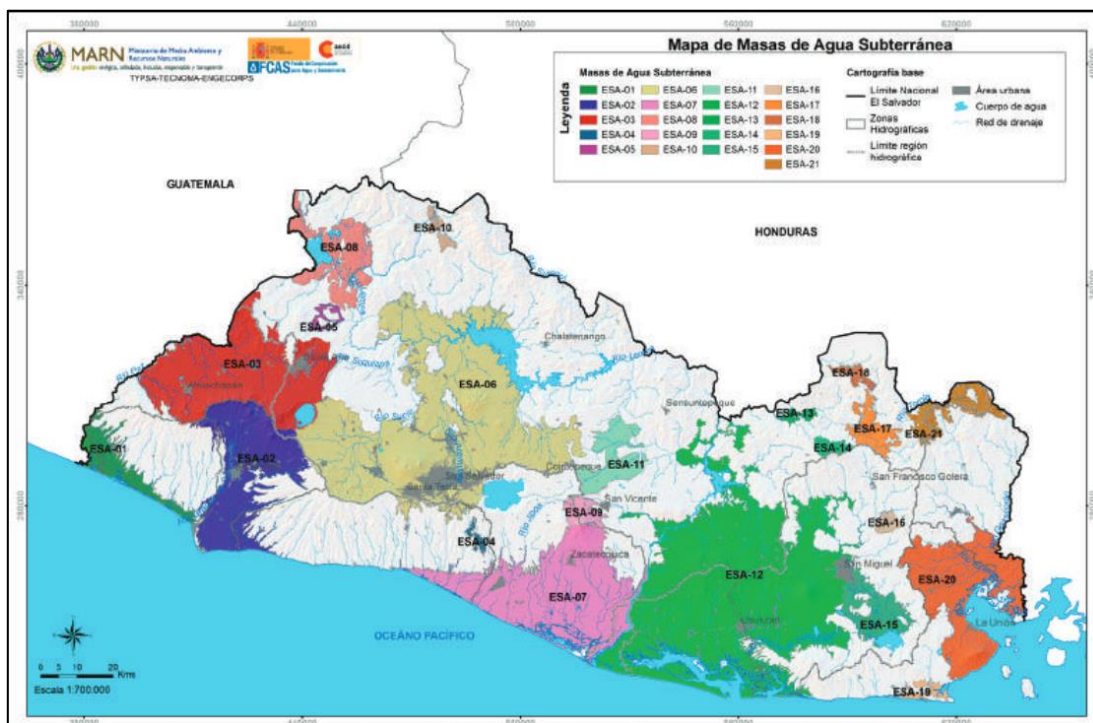


Figura 2.16. MASubs de ES.

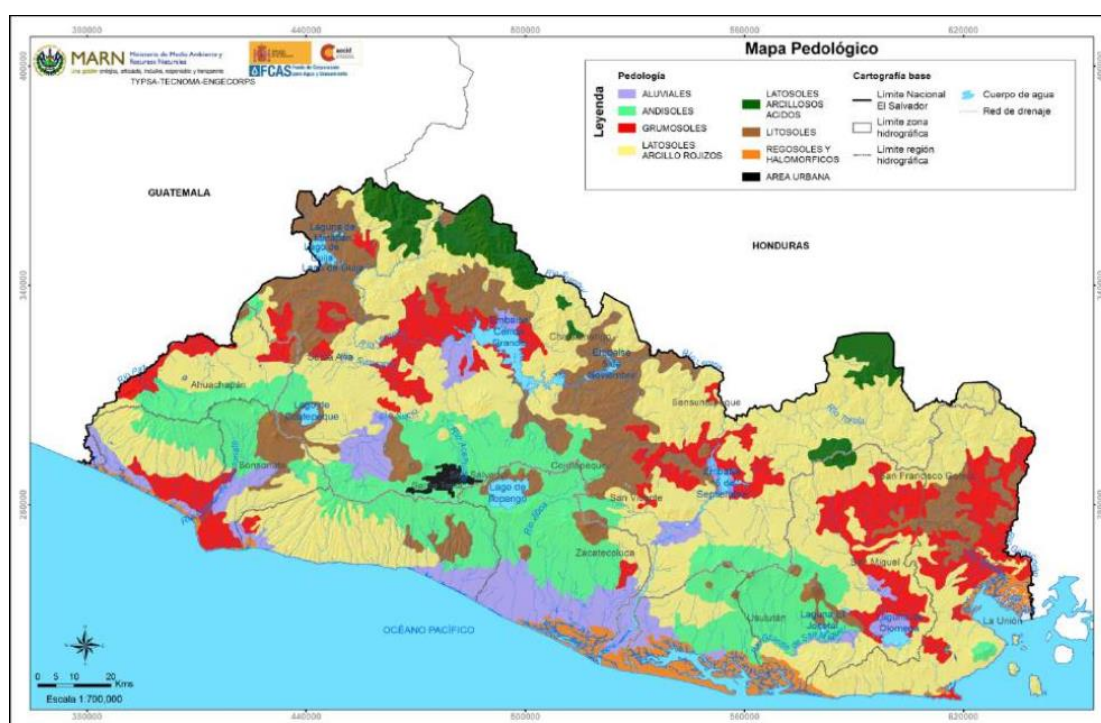
## 2.5 EL SUELO

### 2.5.1 CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

En el Mapa Pedológico de El Salvador (MAG-UES, 1974), citado en el el PNGIRH (FCAS-MARN, 2015), se identifican los siguientes tipos de suelo a nivel nacional (ver **Figura 2.17**):

- **Aluviales:** Constituidos por materiales sedimentados en entornos fluviales y lacustres, en valles interiores y en áreas próximas a la costa. Suelos jóvenes de textura y coloración variable, desarrollados en terrenos poco inclinados o llanos. Poseen una muy baja capacidad de drenaje.
- **Andisoles:** Originados a partir de depósitos volcánicos finos (cenizas), pueden depositarse sobre zonas llanas o montañosas (pendiente variable). Sus texturas van de franco-limosas a franco-arenosas finas. Con gran capacidad de retención de agua, aunque también son permeables.
- **Grumosoles:** Compuestos principalmente por arcillas. Dispuestos normalmente de forma horizontal o con escasa inclinación. Suelos potentes de baja permeabilidad.
- **Latosoles arcillo - rojizos:** Suelos arcillosos desarrollados en superficies onduladas o en terrenos montañosos. Sus texturas varían entre franco-arcillosas, arcillosas y muy pedregosas en afloramientos de materiales duros (lavas o materiales volcánicos endurecidos). Muy permeables si presentan cobertura vegetal adecuada.

- **Latosoles arcillosos ácidos:** Suelos similares a los anteriores, pero de mayor edad y acidez. Se desarrollan en zonas de pendientes relativamente importantes.
- **Litosoles:** Desarrollados en zonas de pendientes elevadas, escarpes y sobre afloramientos rocosos (lavas o materiales volcánicos endurecidos). Su granulometría es muy variable (arcillas, limos, arenas, gravas y hasta pedregosos).
- **Regosoles y halomórficos:** Los regosoles se originan sobre materiales sueltos, alterados y de granulometría fina, con poco desarrollo. Los halomórficos poseen cantidades significativas de sodio. Ambos se encuentran en zonas llanas litorales y de manglares, con baja capacidad de drenaje.



*Figura 2.17. Mapa pedológico de E.S. (1974).*

## 2.5.2 USOS DEL SUELO

En el Mapa de Uso de Suelo de El Salvador Corine Land Cover 2010 (MAG-UES, 2010) se identifican los siguientes usos de suelo en el territorio nacional (ver **Tabla 2.5** y **Figura 2.18**):

*Tabla 2.5. Distribución de superficie según uso de suelo de la república de E.S. (Año 2010).*

Clasificación	Área cobertura (Km <sup>2</sup> )	Distribución (%)
Árboles frutales	43.16	0.30
Cobertura Forestal	4,779.57	33.65
Granos básicos	5,189.99	36.54

Clasificación	Área cobertura (Km <sup>2</sup> )	Distribución (%)
Pastos	2,203.27	15.51
Tejido urbano	884.29	6.23
Vegetación arbustiva baja	307.94	2.17
Vegetación Herbácea Natural	794.83	5.60
<b>TOTAL</b>	<b>14,203.06</b>	<b>100</b>

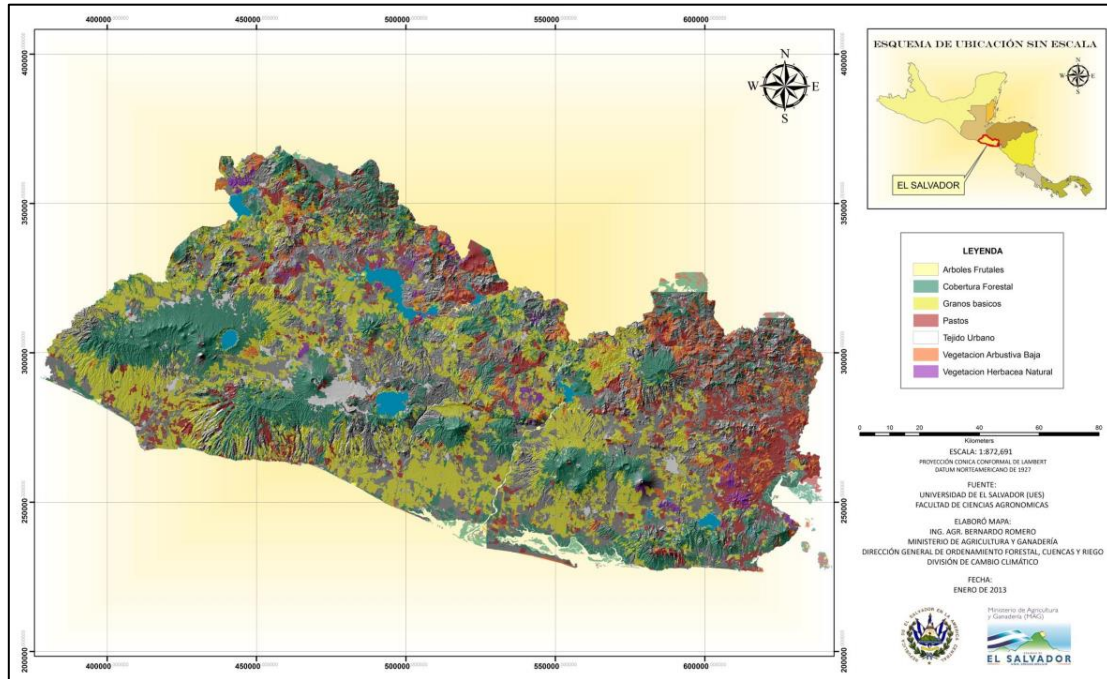


Figura 2.18. Usos actuales de suelo en E.S. (2010).

## 2.6 BALANCE HÍDRICO DE SUELOS

El Balance Hídrico (BH) representa la evaluación de las variables que intervienen en los cambios de almacenamiento del acuífero dadas por las entradas y salidas del sistema. Las entradas se reconocen como recargas, las cuales dependen de diferentes factores del ciclo hidrológico (evapotranspiración, precipitación, infiltración, características y usos del suelo y pendientes del terreno) (Gil Urrutia, 2007).

Además, el BH sirve como diagnóstico de las condiciones reales del recurso hídrico en un área en particular, permitiendo tomar medidas, establecer lineamientos y estrategias para su protección y utilización de una manera integrada, garantizando su disponibilidad en cantidad y calidad a lo largo del tiempo.



## 2.6.1 METODOLOGÍA DE SCHOSINSKY

Una manera de determinar las recargas por precipitación hacia el sistema acuífero, consiste en calcular la infiltración según la lluvia mensual, utilizando el método propuesto por Schosinsky & Losilla (2000), mediante la **Ecuación 1**:

$$I = (1 - K_i) * C_i * P = 0.88 * (K_p + K_v + K_{fc}) * P$$

**Ecuación 1.**

Donde:  $I$  = Infiltración (mm/mes).  
 $K_i = 0.12$  = Fracción interceptada por el follaje.  
 $(1 - K_i) = 0.88$ .  
 $C_i$  = Coeficiente de infiltración (adimensional).  
 $K_p, K_v, K_{fc}$  = Factores de infiltración por pendiente, vegetación y textura de suelo.  
 $P$  = precipitación (mm/mes).

De la **Ecuación 1**, se deduce que la metodología de Schosinsky evalúa la infiltración mensual a partir de la precipitación y parámetros de las condiciones del terreno. A partir de esos parámetros, se estima la recarga potencial hacia el sistema acuífero mediante un balance hídrico de suelos (ver **Tabla 2.6**).

**Tabla 2.6.** Parámetros necesarios para el cálculo del B.H. (Schosinsky).

Nombre del parámetro	Simbología	Nombre del parámetro	Simbología
Conductividad Hidráulica	fc [mm/d]	Profundidad de Raíces	PR (mm)
Factor por pendiente	Kp [0.01%]	Capacidad de Campo	CC [%]
Factor por vegetación	Kv [0.01%]	Punto de Marchitez	PM [%]
Factor por textura de suelo	Kfc [0.01%]	Precipitación media	P [mm/mes]
Densidad de Suelo	DS (g/cm <sup>3</sup> ):	Evapotranspiración potencial media	ETP [mm/mes]

A continuación, se detallan algunos de los factores descritos en la **Tabla 2.6**:

- a) **Factor por pendiente (Kp):** Schosinsky (2006) establece los siguientes rangos de variación de este parámetro (ver **Tabla 2.7**).

**Tabla 2.7.** Índices de Pendientes (Kp) (Schosinsky, 2006).

Tipo de Pendiente	Rangos de Pendiente	Valor Kp
Muy plana	0.02% - 0.06%	0.30
Plana	0.3% - 0.4%	0.20
Algo plana	1% - 2%	0.15
Promedio	2% - 7%	0.10
Fuerte	Mayor de 7%	0.06

- b) **Factor por vegetación (Kv):** Schosinsky (2006) asigna índices que corresponden con la fracción de la precipitación que infiltra por el efecto de la cobertura vegetal (ver **Tabla 2.8**).

**Tabla 2.8. Índices de Vegetación (Kv) (Schosinsky, 2006).**

Cobertura vegetal	Valor Kv	Cobertura vegetal	Valor Kv
Cobertura con zacate <50%	0.09	Bosques	0.20
Terrenos cultivados	0.10	Cobertura con zacate >75%	0.21
Cobertura con pastizal	0.18		

- c) **Factor de infiltración por textura del suelo (Kfc):** fracción de la precipitación que infiltra debido a la textura del suelo. Se calcula a partir de la **Ecuación 2** (Schosinsky G. , 2006).

$$Kfc = 0.267 * \ln(fc) - 0.000154 * fc - 0.723$$

*Ecuación 2.*

Donde:  $fc$  = Infiltración básica del suelo, obtenido a partir de pruebas de permeabilidad.

De acuerdo con Schosinsky (2006), para aplicar esta ecuación,  $fc$  debe encontrarse entre 16 - 1568 mm/día. Si  $fc < 16$  mm/día, se aplica la **Ecuación 3** (Schosinsky G. , 2006):

$$Kfc = \frac{0.00148 * fc}{16}$$

*Ecuación 3.*

Mientras que si  $fc > 1568$  mm/día, entonces  $Kfc = 1$  (Schosinsky G. , 2006).

Para Schosinsky (2006), el valor  $fc$  corresponde a la permeabilidad del suelo saturado en los primeros 30 cm de profundidad, por considerar que este es el espesor que está en contacto directo con el agua de lluvia.

- d) **Capacidad de campo, densidad y punto de marchitez del suelo y profundidad de raíces:**

Estos parámetros se obtienen a partir de análisis en laboratorio de muestras de suelo. En caso de no contar con estos resultados, Schosinsky (2006) propone el uso de los valores mostrados en la **Tabla 2.9**.

**Tabla 2.9. Punto de marchitez permanente (PMP), Capacidad de campo (CC) y Densidad de suelo en porcentaje por peso de suelo seco de diferentes texturas de suelos (Schosinsky, 2006).**

Textura de suelo	Porcentaje por peso de suelo seco		
	PMP (%)	CC (%)	DS (g/cm3)
Arenoso	2 - 6	6 - 12	1.55 - 1.80
Franco-arenoso	4 - 8	10 - 18	1.40 - 1.60
Franco	8 - 12	18 - 26	1.35 - 1.50
Franco-arcilloso	11 - 15	23 - 31	1.30 - 1.40
Arcillo-arenoso	13 - 17	27 - 31	1.25 - 1.35
Arcilloso	15 - 19	31 - 39	1.20 - 1.30

Para el uso de esta metodología se debe conocer la profundidad aproximada de las raíces extractoras de agua, en la zona donde se ha de realizar el balance; es decir, el balance se realiza

en un prisma rectangular, que tiene en la cara superior un cuadrado de 1 m de lado y una profundidad igual a la de las raíces con capacidad de absorción del agua en el suelo. Schosinsky (2006) propone algunos valores típicos, los cuales también se pueden consultar en otras fuentes relacionadas con temáticas agrológicas, tales como USDA-NRCS (2016).

Para desarrollar su metodología, Schosinsky (2006) ha diseñado una hoja de cálculo en Microsoft Excel®, en la cual se ingresan los parámetros descritos en la **Tabla 2.6**. A partir de esos datos de entrada, la hoja electrónica calcula otro grupo de valores (ver **Tabla 2.10**), utilizando ecuaciones que en algunos casos están condicionadas a rangos numéricos para que las mismas puedan cumplirse (ver **Ecuación 2** y **Ecuación 3**):

**Tabla 2.10.** Parámetros calculados por la Hoja electrónica del B.H. (Schosinsky).

Nombre del parámetro	Simbología	Nombre del parámetro	Simbología
Factor estimado con base a la prueba de infiltración (fc)	Kfc [mm/d]	Humedad inicial de suelo	HSi [mm]
Coefficiente de infiltración (Kp+Kv+Kfc)	Ci [0.01%]	Humedad Disponible	HD [mm]
Rango de Agua Disponible	(CC-PM)	Retención de lluvia	Ret. [mm]
Factor de ETP por cierre de estomas (antes que ocurra ETR)	C1	Humedad de Suelo final	HSf [mm]
Factor de ETP por cierre de estomas (después que ocurre ETR)	C2	Déficit de Capacidad de Campo	DCC [mm]
Precipitación que infiltra	Pi [mm]	Recarga Potencial	RP [mm]
Escorrentía superficial	ESC [mm]	Necesidad de Riego	NR [mm]
Evapotranspiración Real	ETR [mm]		

A continuación, se detallan algunos de los factores descritos en la **Tabla 2.10**:

- a) **Infiltración pluvial mensual (Pi)**: Para su cálculo se consideran factores como la Precipitación mensual, la Retención pluvial mensual en el follaje y el Coeficiente de infiltración. El resultado viene dado por la **Ecuación 4** (Schosinsky G. , 2006):

$$P_i = (C_i) * (P - Ret)$$

**Ecuación 4.**

Donde:  $P_i$  = Precipitación que infiltra mensualmente al suelo [mm/mes].  
 $C_i$  = Coeficiente de infiltración [adimensional].  
 $P$  = Precipitación mensual [mm/mes] (dato meteorológico).  
 $Ret$  = Retención de lluvia mensual por follaje [mm/mes].

En ningún caso se aceptará que  $C_i > 1$ , si se obtiene este resultado, se considera que  $C_i = 1$  (Schosinsky G. , 2006).

- b) **Escorrentía superficial (ESC):** La escorrentía superficial generada por la lluvia mensual, corresponde a la precipitación mensual menos la retención de lluvia en el follaje menos la infiltración. Este parámetro se calcula mediante la **Ecuación 5** (Schosinsky G. , 2006):

$$ESC = P - Ret - P_i$$

*Ecuación 5.*

Donde:  $ESC$  = Escorrentía superficial en mm/mes.

$P$  = Precipitación en mm/mes (dato meteorológico).

$Ret$  = Retención de lluvia mensual por follaje en mm/mes (ecuación 1).

$P_i$  = Precipitación que infiltra mensualmente al suelo en mm/mes (ecuación 4).

- c) **Recarga potencial al acuífero (Rp):** Para Schosinsky (2006), la recarga al acuífero se produce cuando, después que el suelo alcanza la capacidad de campo y se satisface la evapotranspiración de las plantas, existe un excedente que alcanza el nivel freático y que termina recargando a los acuíferos. Este parámetro se calcula mediante la **Ecuación 6** (Schosinsky G. , 2006).

$$Rp = P_i + HSi - HSf - ETR$$

*Ecuación 6.*

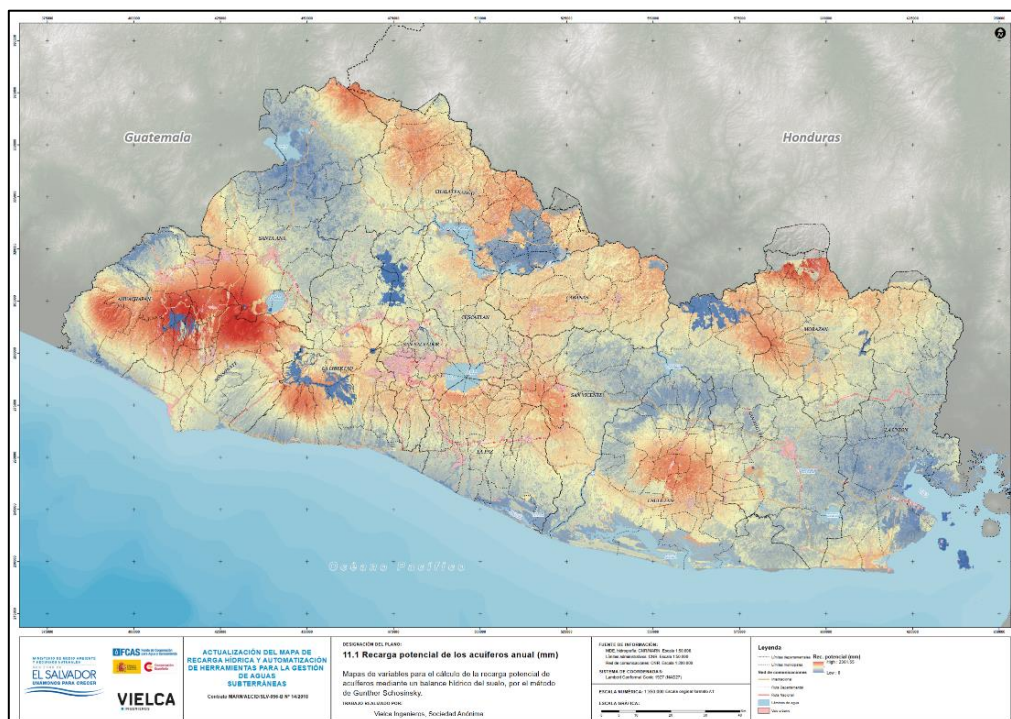
Donde:  $Rp$  = Recarga potencial mensual [mm/mes].

$P_i$  = Precipitación que infiltra [mm/mes].

$HSf$  = Humedad del suelo al final del mes [mm].

$ETR$  = Evapotranspiración Real [mm/mes].

En el año 2018, como parte del contrato MARN/AECID/SLV-056-B No. 14/2018 “Actualización del Mapa de Recarga Hídrica y automatización de herramientas para la gestión de Aguas Subterráneas” se publicó el Mapa de Recarga Potencial Acuífera anual (mm) (VIELCA Ingenieros S.A. de C.V., s.f.), diseñado a partir de la aplicación de la metodología del BH Schosinsky. En dicho mapa se pueden apreciar las zonas con mayor potencial de recarga acuífera en el territorio nacional (colores rojizos) (ver **Figura 2.19**).



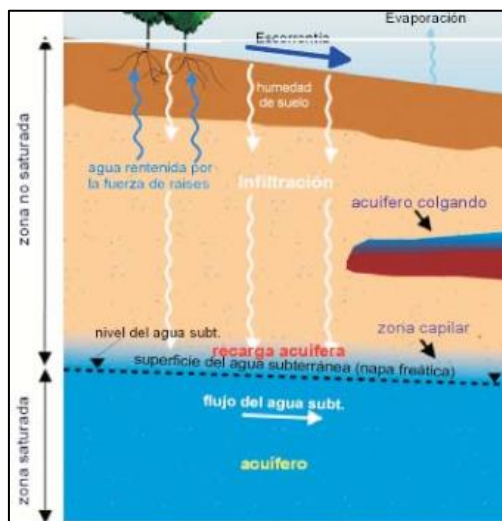
*Figura 2.19. Mapa de Recarga Potencial de Acuíferos, metodología de Schosinsky.*

## 2.6.2 METODOLOGÍA RAS-FORGAES

Junker (2006) entiende la recarga acuífera como la infiltración del agua superficial que pasa la zona no saturada del subsuelo y llega a la zona saturada de agua subterránea en el acuífero. Para este autor, algunos de los criterios más importantes que influyen en la recarga acuífera son (ver **Figura 2.20**):

- Precipitación
- Evaporación/Transpiración
- Geología, Sistema de Fallas
- Subsuelo, Textura del substrato
- Vegetación
- Uso de Suelo
- Topografía, Pendientes/Escurrentía
- Profundidad hacia el acuífero

Junker (2006) propone el método RAS como un procedimiento teórico que permite, mediante cálculos sencillos a partir de información base (geología, datos climáticos, topografía, vegetación, clase y uso de suelos etc.), estimar el valor de la recarga acuífera subterránea en un área determinada. Al tratarse de un método teórico y simplificado, no toma en cuenta procesos complejos como los flujos laterales y circulantes en la zona no saturada y las actividades antropogénicas (bombeos, drenajes superficiales, diques, presas artificiales, etc.).



**Figura 2.20.** Representación del proceso de recarga acuífera.

El método RAS toma como base algunos principios de la ecuación de infiltración de Schosinsky & Losilla (2000). La ecuación final para el cálculo de la recarga acuífera viene dada de la siguiente manera (Junker, 2006) (**Ecuación 7.**):

$$R = BC * C$$

**Ecuación 7.**

Donde:  $R$  = Recarga acuífera.  
 $BC$  = Balance climático.  
 $C$  = Coeficiente de infiltración.

El Balance climático ( $BC$ ) permite obtener la información de la cantidad de agua que está disponible en la zona de interés y se calcula mediante la siguiente expresión (Junker, 2006) (**Ecuación 8.**):

$$BC = P - ETR$$

**Ecuación 8.**

Donde:  $P$  = Precipitación (mm).  
 $ETR$  = Evapotranspiración Real.

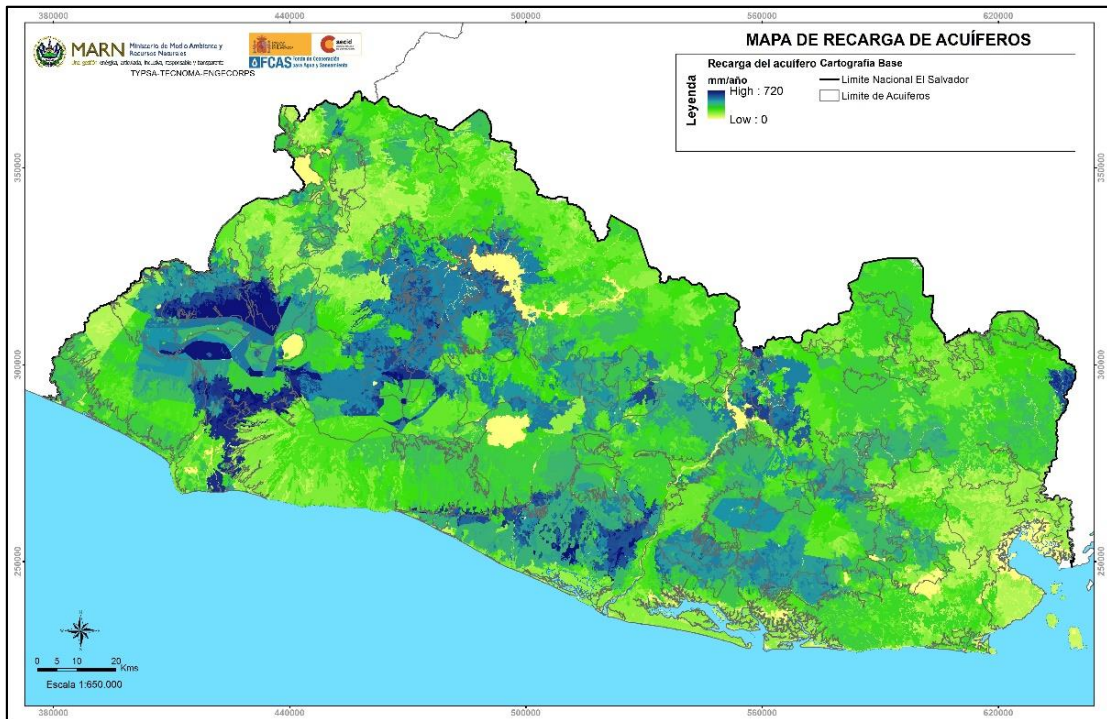
El coeficiente de infiltración, se calcula de la siguiente manera (Junker, 2006) (**Ecuación 9.**):

$$C = Kfc + Kp + Kv$$

**Ecuación 9.**

Donde:  $Kfc$  = Coeficiente de tipo del suelo.  
 $Kp$  = Coeficiente de pendiente.  
 $Kv$  = Coeficiente de uso del suelo.

Con base en las ecuaciones y razonamientos antes mencionados, se ha diseñado un mapa de la recarga de acuíferos en El Salvador, con valores cuantitativos de ésta en mm/año (Junker, 2006) (ver **Figura 2.21.**).



*Figura 2.21. Mapa nacional de recarga acuífera, método RAS-FORGAES.*

A partir de los resultados de esta metodología, se ha determinado el mayor volumen de recarga ocurre en el sector del Área Natural Protegida (ANP) Complejo El Playón, que comprende el Complejo Volcánico de San Salvador (CVSS), con un valor de 720 mm/año (6.1 Millones m<sup>3</sup>/año), mientras que los sectores con la menor recarga acuífera (50 - 200 mm/año) se encuentran a un costado de la zona costera de La Unión, al Norte del departamento San Miguel, hacia el Norte de Santa Ana y en el límite entre la frontera con Guatemala y el municipio de Tacuba (Junker, 2006).

## 2.7 HIDROQUÍMICA

La hidroquímica es la rama de la hidrogeología que estudia los procesos que controlan la composición química de las aguas, es decir, la calidad de las mismas. La calidad del agua influye en el uso de este recurso, puede cambiar durante el periodo de tiempo en el que se da la explotación de la misma o puede verse afectada por las actividades humanas.

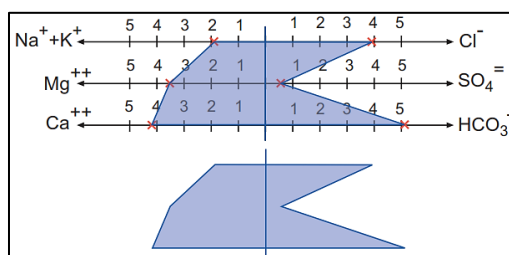
Los análisis químicos de las aguas superficiales y subterráneas, aportan mucha información respecto a la evolución de las mismas. Al considerar conjuntamente muchos análisis de una zona, se pueden extraer conclusiones acerca del flujo regional (Sánchez San Román, 2017).

Un análisis químico estándar del agua comprenderá como mínimo valores de Temperatura, Conductividad Eléctrica (CE), pH, los cuatro cationes ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) y cuatro aniones principales ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) (Appelo & Postma, 2005).

### 2.7.1 DIAGRAMAS HIDROQUÍMICOS

Algunos métodos gráficos que permiten mostrar la composición química del agua subterránea son:

- a) **Diagrama de Stiff:** Polígonos que se sitúan sobre un mapa, mostrando la distribución geográfica de la composición de las aguas. En su forma más sencilla se forman con tres ejes paralelos hacia la izquierda (cationes) y otros tres hacia la derecha (aniones) (ver **Figura 2.22**). La distancia entre ejes horizontales es arbitraria, mientras que la escala horizontal depende de la salinidad de las aguas de la región estudiada. La longitud y escala se establecen a partir del análisis de concentraciones más elevadas. Se sitúan las concentraciones en cada uno de los seis ejes (en mEq/L) y después se unen formando un polígono (Sánchez San Román, 2017).



*Figura 2.22. Ejemplo de Diagrama de Stiff.*

- b) **Diagramas Triangulares:** Representan la proporción de tres componentes en la composición de una sustancia, donde la suma de ellos representa el 100% de la composición considerada. Se utiliza un triángulo para los cationes principales y otro para los aniones. Un vértice representa el 100% de ese componente, mientras que los puntos que contengan 0% de ese componente están en el lado opuesto al vértice correspondiente (ver **Figura 2.23**). (Sánchez San Román, 2017).
- c) **Diagrama de Piper- Hill- Langellier:** Formados por dos triángulos, con un rombo que recoge la información de ambos. En uno de los triángulos se representan los cationes y en el otro los aniones principales (ver **Figura 2.24**). Cada análisis queda representado por tres puntos (los dos triángulos y el rombo). Se parte de la concentración en mEq/L de cada ion, y es preciso calcular los porcentajes de un modo similar al del diagrama triangular, considerando separadamente:

$$\Sigma \text{ cationes} = 100 \text{ (para el triángulo izquierdo)}$$

$$\Sigma \text{ aniones} = 100 \text{ (para el triángulo derecho)}. \text{ (Sánchez San Román, 2017).}$$



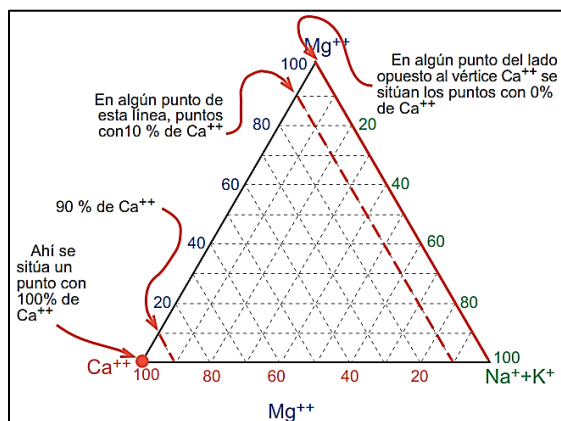


Figura 2.23. Ejemplo de Diagrama Triangular.

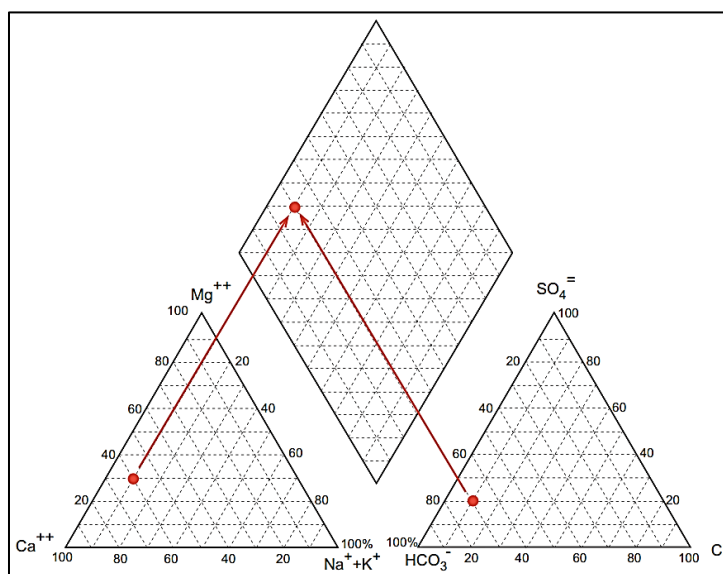


Figura 2.24. Ejemplo de Diagrama de Piper.

## 2.7.2 EXACTITUD DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO

Appelo & Postma (2005), en general, distinguen dos tipos de errores en los análisis químicos:

- De precisión o estadísticos: por fluctuaciones en el procedimiento analítico.
- De exactitud o sistemáticos: por procedimientos defectuosos o interferencias durante el análisis.

La precisión del análisis para los iones principales puede estimarse a partir del Balance Iónico o Eléctrico (ver **Ecuación 10**), el cual se debe cumplir la condición de electroneutralidad, es decir, que la suma de las cargas positivas y negativas en el agua debe ser igual (Appelo & Postma, 2005):

$$\text{Error} = \frac{\sum \text{aniones} - \sum \text{cationes}}{\sum \text{aniones} + \sum \text{cationes}} * 100$$

*Ecuación 10.*

En la **Ecuación 10** los cationes y aniones deben estar expresados en mEq/L, con su respectivo signo de carga. Las sumas de cationes incluyen  $\text{Na}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Ca}^{2+}$ , y de aniones  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{NO}_3^-$ . Suelen admitirse errores <10% en aguas poco salinas y <1 o 2% en aguas con más de 1000 mg/L (Appelo & Postma, 2005).

En la práctica siempre ocurre una diferencia entre ambas sumatorias, debido a los errores acumulados de cada una de las determinaciones individuales y a no tener en cuenta las contribuciones iónicas menores. Una diferencia muy importante, sólo puede deberse a cantidades anormales de iones minoritarios o a un error grave de análisis (Custodio & Llamas, 1983).

Para Custodio & Llamas (1983), existe una relación entre la CE y el error admisible al momento de calcular el balance iónico, tal como se muestra en la **Tabla 2.11**.

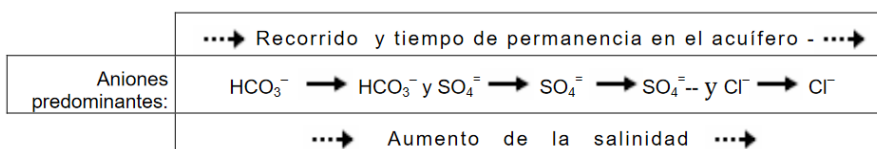
**Tabla 2.11.** Error analítico admisible en función de la CE.

CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	50	200	500	2000	>2000
Error Admisible(%)	30	10	8	4	4

### 2.7.3 EVOLUCIÓN GEOQUÍMICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

La composición química de las aguas subterráneas aporta información valiosa sobre el comportamiento hidrogeológico regional. Desde que el agua alcanza la superficie freática hasta que regresa al exterior a través de un río, manantial o pozo, pueden transcurrir días o miles de años y el recorrido puede ser corto o de varios kilómetros. Por tanto, la evolución química del agua dependerá de los minerales con los que entre en contacto y del tiempo de duración del mismo. Como norma general, a mayor tiempo de permanencia en el terreno, mayor será la salinidad del agua (Sánchez San Román, 2017).

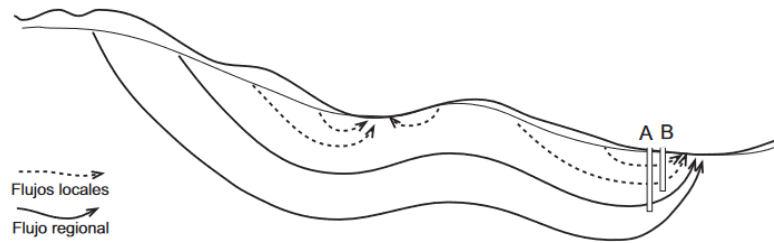
Aunque las reacciones y procesos químicos que se desarrollan son muy variados, es común observar que las aguas subterráneas con menor tiempo de permanencia en el subsuelo son principalmente bicarbonatadas, después predomina el sulfato y las aguas más salinas son cloruradas. Esta evolución se denomina *Secuencia de Chevotareb* (Sánchez San Román, 2017) (ver **Figura 2.25**).



**Figura 2.25.** Secuencia de Chevotareb.

Para Sánchez San Román (2017), la secuencia de Chevotareb plantea la evolución geoquímica del agua subterránea como un proceso lineal. No obstante, al analizar estos procesos a una escala

regional, este autor sugiere seguir el esquema trazado por Domenico (1972), que propone un esquema que distingue tres zonas representativas, en función de la profundidad (ver **Figura 2.26**).



**Figura 2.26.** Esquema del proceso de evolución hidroquímica a escala regional (Domenico, 1972).

En la **Figura 2.26**, se pueden distinguir al menos 3 zonas:

- **Zona superior:** Flujo activo, generalmente con recorridos cortos y tiempos de permanencia de años o decenas de años. Con aguas bicarbonatadas y poco salinas.
- **Zona intermedia:** Flujo menos activo, recorridos más largos y tiempos de permanencia de cientos a miles de años. Con aguas más salinas y el sulfato como anión predominante.
- **Zona inferior:** Flujo muy lento, cuando no estancado, largos recorridos y tiempos de miles a millones de años. La salinidad es elevada y el agua es clorurada.

Este planteamiento explica que, en una misma área, pueden extraerse aguas de composiciones muy distintas, aunque la litología sea relativamente homogénea. Por ejemplo, en la **Figura 2.26**, el pozo A capta un flujo regional mientras que el pozo B intercepta un flujo local, de modo que su química puede ser muy diferente (Sánchez San Román, 2017).

### 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

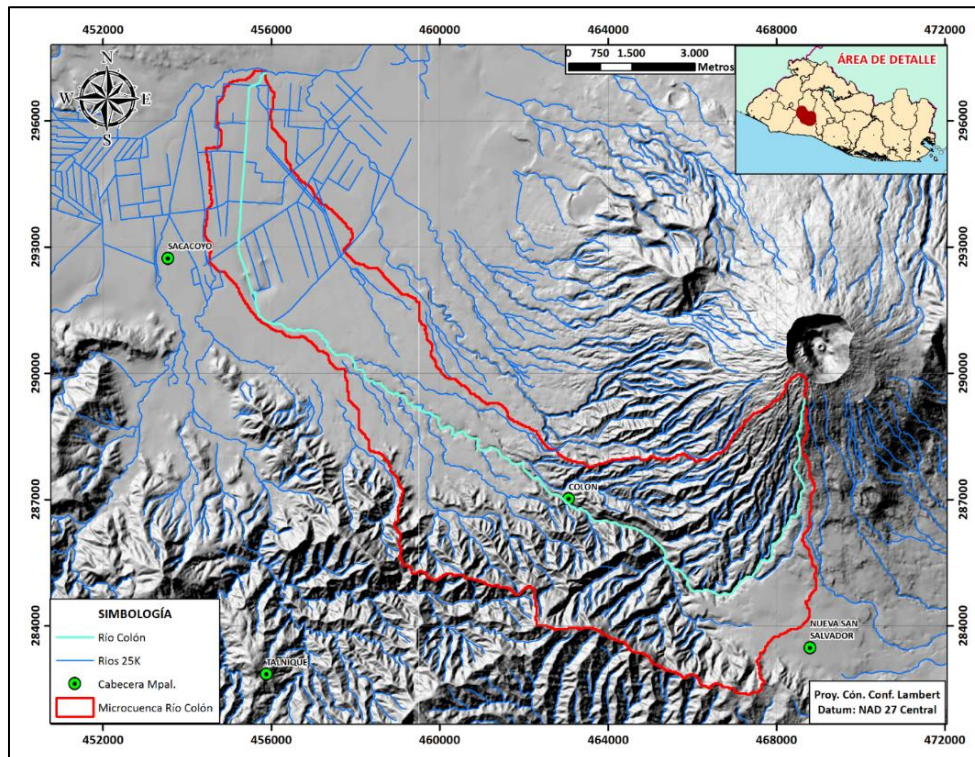
En el presente capítulo, se detalla la metodología empleada para llevar a cabo la investigación. Las actividades realizadas para cumplir con los objetivos planteados se agrupan dentro de dos categorías:

- a) Actividades de gabinete.
- b) Actividades de campo.

#### 3.1 DESARROLLO DE ACTIVIDADES DE GABINETE

##### 3.1.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

A partir de los mapas topográficos de El Salvador escala 1: 25,000, del Modelo de Elevación Digital (DEM) con resolución 10 x 10 y de imágenes satelitales de Google Earth, se pudo delimitar el área de interés, comprendida por la microcuenca del Río Colón. Esta microcuenca se extiende entre los municipios de Santa Tecla, Colón, San Juan Opico y Ciudad Arce, todos pertenecientes al departamento de La Libertad, en la zona central de El Salvador. Esta microcuenca forma parte de la Subcuenca del Río Sucio, siendo el Río Colón tributario del primero (ver **Mapa 3.1**).



*Mapa 3.1. Ubicación del área de investigación.*

### 3.1.2 INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA

Para la presente investigación se requirió el análisis de las series históricas de precipitación y ETP a nivel nacional, según la información contenida en el BHID (MARN, 2006), esto como parte los insumos para la elaboración del balance hídrico de suelos. Estas series históricas fueron facilitadas durante el desarrollo de los cursos de la Maestría en Gestión de Recursos Hidrogeológicos y comprenden el período entre los años 1971 - 2001.

Para evaluar la precipitación media sobre la cuenca se consideraron 14 estaciones climatológicas ubicadas dentro y fuera de la microcuenca del Río Colón, mientras que, para la ETP, se consideraron 2 estaciones, ya que son las más cercanas al área de interés.

Una vez identificadas las estaciones meteorológicas de interés, se procedió a la delimitación espacial de la precipitación, para lo cual se procedió con la siguiente secuencia:

- a) Trazado de Polígonos de Thiessen.
- b) Trazado de Isoyetas.
- c) Superposición de Isoyetas y Polígonos de Thiessen.

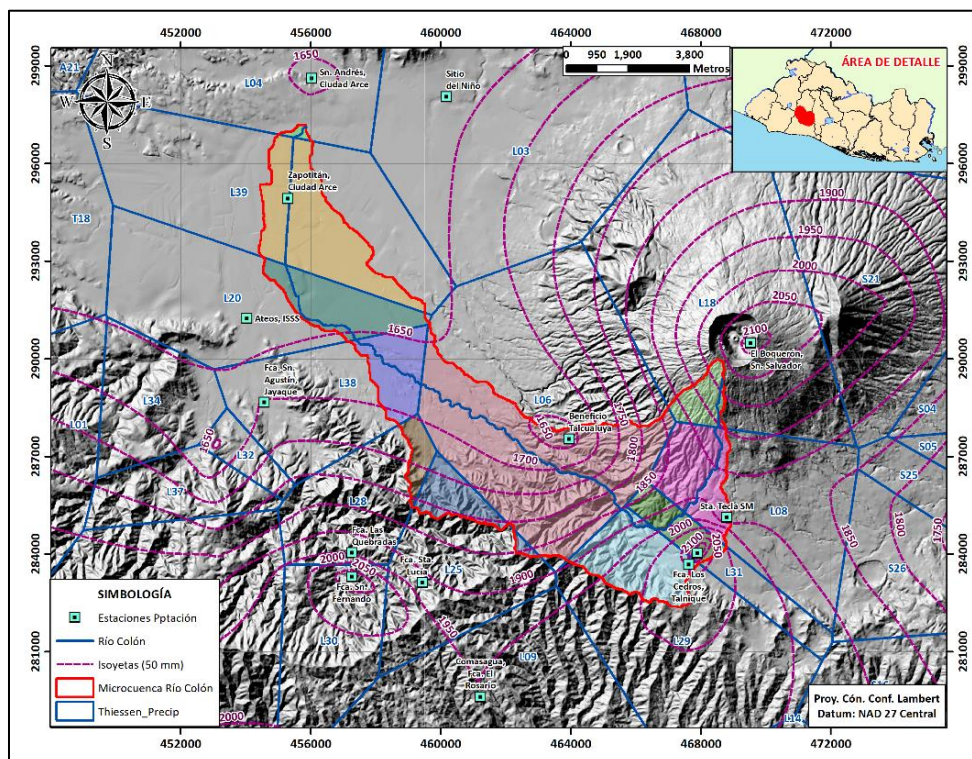
La disposición de Polígonos de Thiessen de precipitación e Isoyetas, se muestran en el **Mapa 3.2**.

Cuando se analiza la precipitación a partir de la superposición de los polígonos de Thiessen y las Isoyetas, se dice que estamos aplicando el *Método de Thiessen Mejorado* o *Modificado*. Este método permite la distribución superficial de la precipitación (Thiessen) y la corrección de los valores puntuales de la misma debidos a la topografía (Isoyetas). De acuerdo con Pizarro T., Ramírez B., & Flores V. (2003), la **Ecuación 11** define la aplicación de este método:

$$P_m = \sum_{i=1}^n (P_{ma_i} / P_{me_i}) * P_{ea_i} * (S_i / S_t)$$

**Ecuación 11.**

- Donde:
- $P_m$  = Precipitación media del área de estudio [mm].
  - $n$  = Número de estaciones en análisis.
  - $P_{ma_i}$  = Precipitación media del área de influencia de la estación  $i$ , según Thiessen, obtenida por isoyetas medias anuales (mm).
  - $S_t$  = Superficie total (Km<sup>2</sup>).
  - $S_i$  = Superficie de influencia de la estación  $i$  (Km<sup>2</sup>).
  - $P_{me_i}$  = Precipitación media de la estación  $i$  (Promedio aritmético) (mm).
  - $P_{ea_i}$  = Precipitación de la estación del área de influencia  $i$  (mm).



*Mapa 3.2. Polígonos de Thiessen de precipitación e Isoyetas con influencia en la microcuenca del Río Colón.*

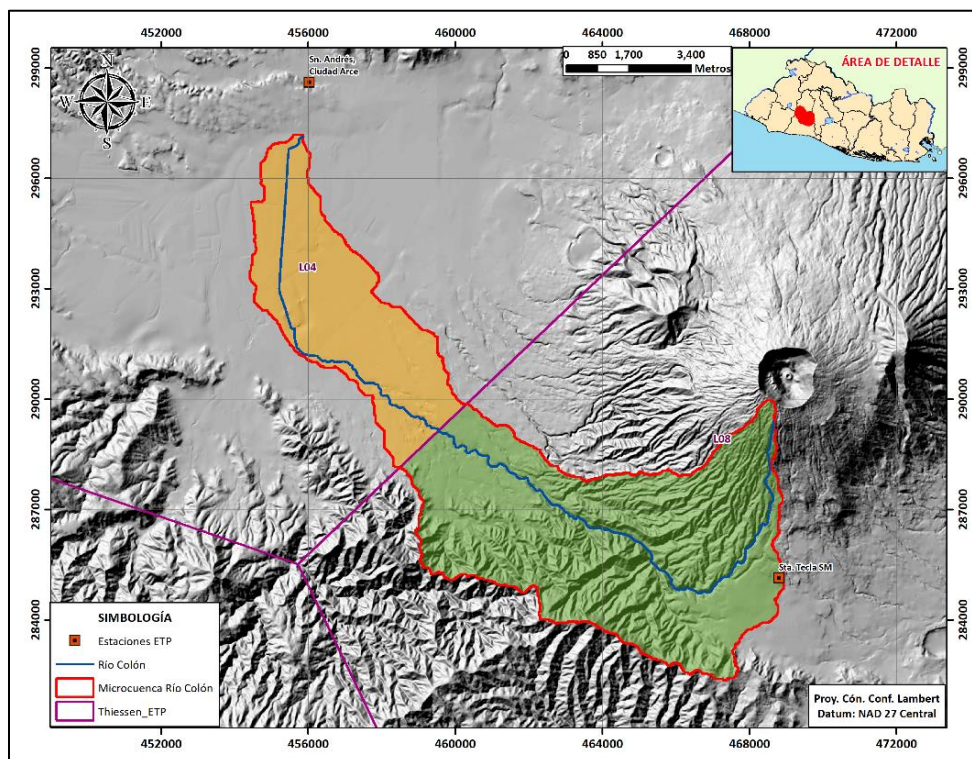
La aplicación del método de Thiessen modificado implica el cálculo de tres coeficientes de distribución de la lluvia en el terreno (Guevara Retana, 2011):

- **Alfa** (coeficiente del método de Thiessen).
- **Beta** (relación entre precipitación media obtenida por el método de las isoyetas dentro del polígono correspondiente y la precipitación media anual de la estación).
- **Lambda** (coeficiente del método de Thiessen modificado).

La disposición de Polígonos de Thiessen para la ETP, se muestran en el **Mapa 3.3**.

Para el caso de la ETP, debido a que sólo se identificaron 2 estaciones climatológicas cercanas a la microcuenca, el análisis de la distribución espacial dentro de la misma únicamente se realizó mediante el trazado de los polígonos de Thiessen

El diseño de los polígonos de Thiessen e Isoyetas, tanto para precipitación como para ETP, se realizó mediante herramientas de interpolación contenidas en Sistemas de Información Geográfica (SIG), usando los paquetes de software ArcGIS 10.6 y QGIS 3.4.6.



*Mapa 3.3. Polígonos de Thiessen de ETP con influencia en la microcuenca del Río Colón.*

### 3.1.3 INFORMACIÓN GEOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA

Los datos geológicos e hidrogeológicos utilizados para la investigación en cuestión se obtuvieron a partir de las siguientes fuentes:

- Mapa Geológico de E.S.
- Mapa Hidrogeológico de E.S.
- Léxico Estratigráfico de E.S.
- Informes de perforación y/o pruebas de bombes de pozos.
- Estudios Hidrogeológicos.
- Trabajos de tesis de grado y posgrado.

La información geológica fue traducida a columnas y perfiles litológicos, mediante los paquetes de software Golden Surfer v.18, Golden Strater v.5 y RockWorks v.17 (ver **Anexo 1**). Con esta información disponible se seleccionaron las secciones transversales (perfiles) que permitieran apreciar mejor la estratigrafía dentro de la microcuenca del Río Colón, como uno de los insumos para la generación del modelo conceptual del acuífero bajo el área de interés.

A partir de la información hidrogeológica se consiguió obtener algunas características de las formaciones acuíferas (piezometría, líneas de flujo, etc.). Para la definición de la piezometría se utilizaron las herramientas de interpolación contenidas en Sistemas de Información Geográfica (SIG), usando los paquetes de software ArcGIS 10.6 y QGIS 3.4.6.

Al mismo tiempo, el reanálisis de las pruebas de bombeo de algunos pozos profundos ubicados dentro de la microcuenca evaluada permitió estimar los parámetros más importantes de las formaciones acuíferas (Transmisividad, Coeficiente de almacenamiento), para lo cual se utilizó el paquete de software AquiferTest 2016.1 (ver **Anexo 2**), esto también como un insumo para generar el modelo conceptual del acuífero bajo la microcuenca evaluada.

## **3.2 DESARROLLO DE ACTIVIDADES DE CAMPO**

### **3.2.1 INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA**

A partir de la información bibliográfica base (Estudios Hidrogeológicos, Trabajos de tesis, Mapa Hidrogeológico, etc.), se hizo una identificación preliminar de las fuentes de agua ubicadas dentro y en las inmediaciones de la microcuenca del Río Colón. La razón para considerar algunas fuentes de agua ubicadas fuera, pero en las inmediaciones de esta microcuenca, radica en la necesidad de mejorar el diseño final de las zonas límite (fronteras) del modelo conceptual del sistema acuífero.

Las fuentes de agua identificadas para este inventario se pueden agrupar de la siguiente manera:

- Pozos perforados (91).
- Manantiales (1).
- Pozos excavados (54).
- Cauce principal Río Colón (Colón-Los Chorros-Guarumal).

Posteriormente, se verificó en campo la ubicación y características de algunas de estas fuentes de agua (ver **Figura 3.1**). No obstante, en algunos casos no fue posible el acceso a las mismas, ya que, debido a las condiciones de inseguridad en algunas zonas urbanas y rurales de los municipios ubicados dentro del área de estudio, no se podía garantizar la integridad física del investigador y su personal de apoyo<sup>1</sup>.

Otro caso particular de dificultad de acceso se tuvo en el caso del manantial ubicado dentro del Parque Acuático Los Chorros, propiedad del Instituto Salvadoreño de Turismo (ISTU). Previo al desarrollo de esta investigación, este sitio sufrió graves daños debido a un fenómeno meteorológico extremo durante la época lluviosa 2020, ocasionando la suspensión del ingreso al público particular hasta que finalizaran las obras de rehabilitación del mismo<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> <https://historico.elsalvador.com/historico/641484/el-guarumal-el-mayor-cementerio-clandestino-de-la-pandilla-18-r-en-lourdes-colon.html>

<sup>2</sup> <https://www.elsalvador.com/noticias/nacional/fotos-tuits-turicentro-los-chorros-destruido-lluvias-amanda/719775/2020/>





*Figura 3.1. Fuentes de agua ubicadas dentro de la microcuenca del Río Colón (En sentido horario: Pozo perforado, Manantial, Curso bajo de Río, Curso alto de Río).*

### **3.2.2 MUESTREO DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN FUENTES DE AGUA**

Como parte de la investigación se realizó un muestreo fisicoquímico en algunas fuentes de agua representativas dentro de la microcuenca del Río Colón, con el propósito de clasificar las aguas superficiales y subterráneas del área de interés (ver **Figura 3.2**).

Los sitios de muestreo fueron identificados y seleccionados a partir del inventario de fuentes de agua previamente definido. A partir de este inventario se hizo una selección aleatoria, tratando de distribuir espacialmente los sitios de muestreo a lo largo de toda la microcuenca, de forma que se pueda caracterizar la parte alta, media y baja de la misma.

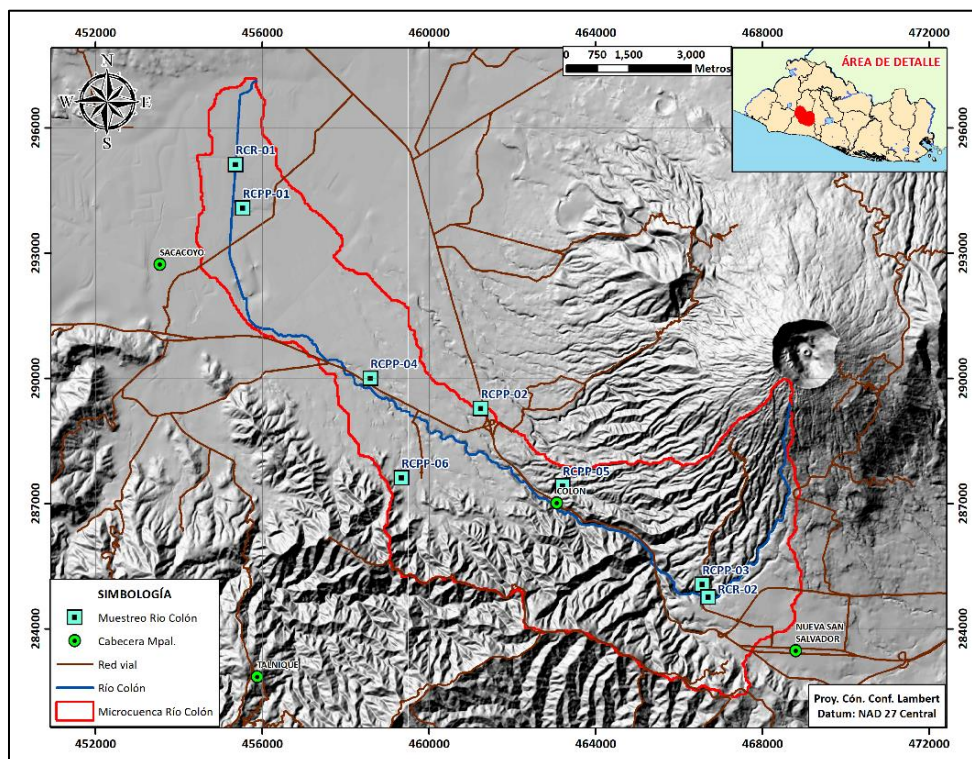


**Figura 3.2.** Muestreo de parámetros FQ en fuentes de agua dentro de la microcuenca del Río Colón.

Se tomaron 16 muestras de agua cruda en total, las cuales fueron colectadas en dos campañas, en época seca (abril/2021) y lluviosa (octubre/2021), en 7 fuentes de agua, según el siguiente detalle (ver **Tabla 3.1** y **Mapa 3.4**):

**Tabla 3.1.** Sitios de muestreo dentro de la microcuenca del Río Colón.

ID	COORDENADAS LAMBERT		Elevación (msnm)	Tipo fuente	Propietario
	Norte (m)	Oeste (m)			
RCPP-01	294,081	455,536	458	Pozo perforado	MAG
RCPP-02	289,279	461,245	573	Pozo perforado	ANDA
RCPP-03	285,059	466,565	849	Pozo perforado	ANDA
RCPP-04	290,003	458,600	522	Pozo perforado	Privado
RCPP-05	287,427	463,212	673	Pozo perforado	Privado
RCPP-06	287,619	459,346	577	Pozo perforado	ANDA
RCR-01	295,126	455,363	453	Río	--
RCR-02	284,757	466,705	856	Río	--



*Mapa 3.4. Sitios de muestreo FQ, microcuenca del Río Colón.*

Como se puede observar en la **Tabla 3.1**, en el caso del Río Colón, solamente se tomaron muestras en la parte baja y alta del cauce. Inicialmente se tenía contemplado tomar una muestra en la parte media del cauce, sin embargo, las evidentes condiciones de contaminación del río en este sector (ver Sección 1.9), comparadas con la parte alta y baja del mismo, hicieron que esta idea se descartara, ya que se consideró que no sería representativa de las condiciones naturales del río (ver **Figura 3.3**).



*Figura 3.3. Cauce medio de Río Colón, se observan desechos sólidos dentro y en las riberas del mismo.*





**Figura 3.4.** Izq.: Kit para el ensamble del Permeámetro de Guelph<sup>5</sup>. Der.: Armado y toma de lecturas con el Permeámetro de Guelph.

Se realizó la superposición de las capas de uso de suelo y miembros geológicos presentes en la microcuenca del Río Colón, mediante las herramientas de geoprocésamiento de un software SIG. Como resultado se logró identificar los siguientes pares combinados de uso de suelo-geología, dentro de la microcuenca (ver **Tabla 3.2**).

**Tabla 3.2.** Usos de suelo y miembros geológicos identificados, microcuenca del Río Colón.

No.	Uso de Suelo	Miembro Geológico	% Área microcuenca
1	Principalmente agrícola, pero con vegetación natural	b1	0.02
2	Tejido Urbano Continuo	b1	0.01
3	Café	b1	1.80
4	Granos Básicos	b3	0.26
5	Tejido Urbano Continuo	b3	0.09
6	Principalmente agrícola, pero con vegetación natural	b3	0.17
7	Café	b3	14.62
8	Tejido Urbano Continuo	c1	0.00
9	Café	c1	2.59
10	Café	c3	2.38
11	Bosque Siempre Verdes	s2	0.04
12	Tejido Urbano Continuo	s2	1.11
13	Principalmente agrícola, pero con vegetación natural	s2	0.15
14	Café	s2	9.39
15	Principalmente agrícola, pero con vegetación natural	s3'a	0.43
16	Caña de Azúcar	s3'a	0.31
17	Café	s3'a	4.18
18	Granos Básicos	s3'a	0.97
19	Mosaico de Cultivos y Pastos	s3'a	0.68
20	Tejido Urbano Continuo	s3'a	2.26
21	Principalmente agrícola, pero con vegetación natural	s4	0.00
22	Bosque Siempre Verdes	s4	0.00
23	Tejido Urbano Continuo	s4	2.98

<sup>5</sup> <https://www.soilmoisture.com/GUELPH-PERMEAMETER-KIT/>

No.	Uso de Suelo	Miembro Geológico	% Área microcuenca
24	Café	s4	2.25
25	Bosque Siempre Verdes	s5`b	0.29
26	Café	s5`b	0.00
27	Mosaico de Cultivos y Pastos	s5`c	1.00
28	Principalmente agrícola, pero con vegetación natural	s5`c	2.62
29	Árboles Frutales	s5`c	0.18
30	Caña de Azúcar	s5`c	2.21
31	Café	s5`c	15.06
32	Granos Básicos	s5`c	1.39
33	Tejido Urbano Continuo	s5`c	11.37
34	Mosaico de Cultivos y Pastos	Q`f	15.42
35	Caña de Azúcar	Q`f	1.71
36	Tejido Urbano Continuo	Q`f	2.04

El análisis de los resultados de la **Tabla 3.2** evidenció que, de los 36 polígonos de uso de suelo-geología identificados, 18 poseen extensiones menores del 1% del área total de la microcuenca evaluada y en conjunto representan aproximadamente el 5% del área total de dicha microcuenca (celdas sin resaltar de la **Tabla 3.2**). Al mismo tiempo, los 18 polígonos restantes, además de poseer extensiones individuales superiores al 1% de la microcuenca evaluada, en conjunto representan aproximadamente el 95% de la extensión total de la misma (celdas resaltadas de la **Tabla 3.2**).

A partir de las consideraciones anteriores, el análisis de la permeabilidad dentro de la microcuenca del Río Colón, se enfocó en los 18 polígonos de uso de suelo-geología representativos del 95% de la superficie total de la microcuenca de interés. Con este criterio de exclusión, se consiguió una mayor eficiencia en el uso de los recursos disponibles para esta etapa de la investigación.

Una vez seleccionadas las 18 áreas de uso de suelo-geología más representativas de la microcuenca del Río Colón, se procedió a la selección de los sitios en donde realizar los ensayos de permeabilidad. En algunos casos, debido a las condiciones de inseguridad existentes en las zonas rurales y urbanas dentro del área de estudio, no fue posible seleccionar sitios representativos para realizar estos ensayos dentro de la microcuenca evaluada<sup>6</sup>. En esos casos se seleccionaron sitios de “reemplazo” fuera de la microcuenca evaluada, en los que se identificaron las mismas características de uso de suelo-geología, que las de los sitios identificados originalmente dentro de esta microcuenca.

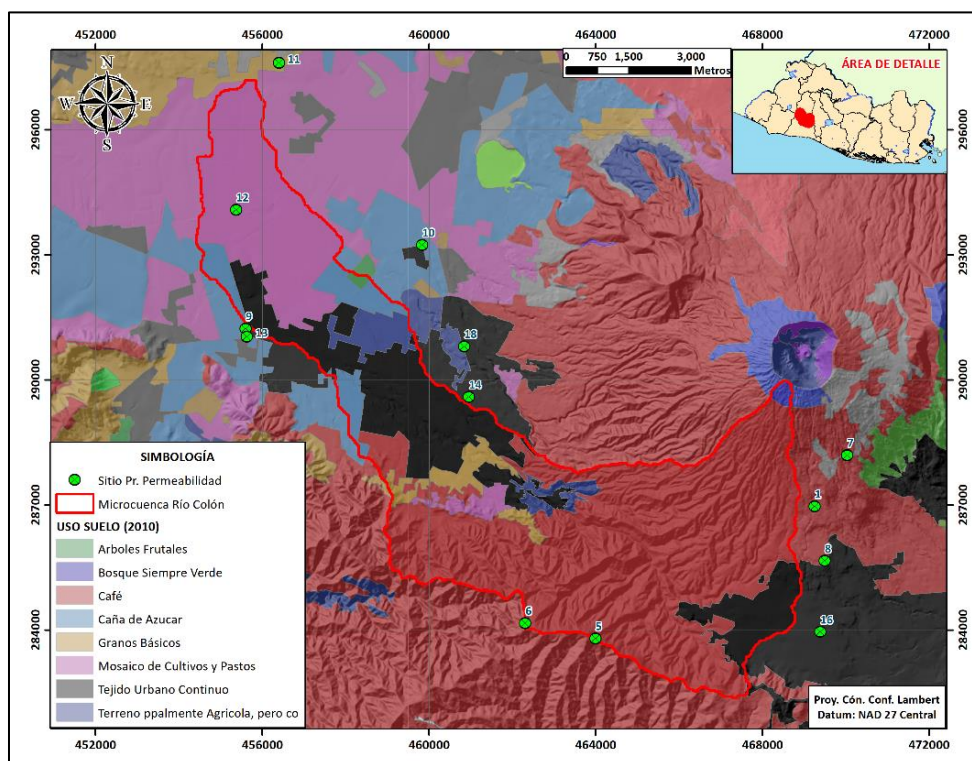
Los 18 sitios donde se realizaron los ensayos de permeabilidad se muestran en la **Tabla 3.3** y el **Mapa 3.5**. Para la interpretación de los resultados obtenidos en cada ensayo se utilizó una hoja de cálculo

<sup>6</sup> <https://historico.elsalvador.com/historico/641484/el-guarumal-el-mayor-cementerio-clandestino-de-la-pandilla-18-r-en-lourdes-colon.html>

de Microsoft Excel© diseñada y proporcionada por el fabricante del equipo (SOILMOISTURE©)<sup>7</sup> (ver Anexo 6).

**Tabla 3.3. Detalle de los sitios donde se realizaron ensayos de permeabilidad.**

No.	COORDENADAS LAMBERT		Elevación (msnm)	No.	COORDENADAS LAMBERT		Elevación (msnm)
	Norte (m)	Oeste (m)			Norte (m)	Oeste (m)	
1	286,965	469,258	1,158	10	293,239	459,841	492
2	276,673	471,570	832	11	297,606	456,409	457
3	280,841	470,034	951	12	294,085	455,377	458
4	281,383	471,885	948	13	291,039	455,633	480
5	283,793	463,998	1,174	14	289,592	460,961	565
6	284,161	462,315	1,178	15	288,645	477,660	700
7	288,195	470,041	1,391	16	283,952	469,397	930
8	285,655	469,500	1,019	17	288,669	475,877	763
9	291,227	455,603	479	18	290,806	460,851	546



**Mapa 3.5. Ubicación de pruebas de permeabilidad representativas de la microcuenca del Río Colón.**

### 3.2.4 AFOROS EN FUENTES DE AGUA

Con el propósito de conocer el caudal que circula por el cauce principal del Río Colón para su incorporación en el cálculo del balance de masas final de la microcuenca, se realizó una campaña de

<sup>7</sup> <https://www.soilmoisture.com/Calculators/Guelph-Permeameter-Ksat-Calculator-20200813.xls>

aforos por vadeo en época seca (abril/2021) en dicho cauce (ver **Figura 3.5**). Al mismo tiempo, se buscaba identificar la posible relación río-acuífero dentro de la microcuenca evaluada.



**Figura 3.5.** Aforos en el cauce principal del Río Colón.

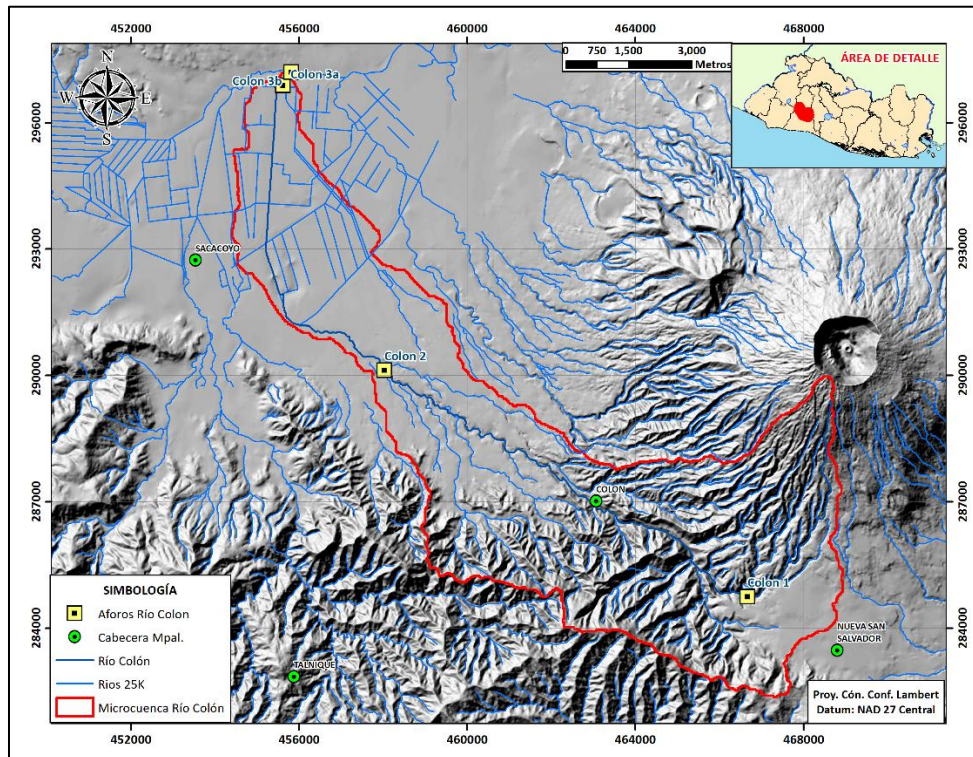
Se realizaron 4 aforos a lo largo del cauce del Río Colón, distribuidos en la parte alta, media y baja del mismo (ver **Tabla 3.4** y **Mapa 3.6**). Se debe mencionar que, en el sector de la cuenca baja se realizaron dos aforos (3a, 3b), a fin de determinar la influencia de una falla supuesta, que aparece señalada en el Mapa Geológico de E.S., en el comportamiento hidrológico del río.

**Tabla 3.4.** Sitios de aforo en el cauce del Río Colón.

No.	COORDENADAS LAMBERT		Elevación (msnm)	Distancia entre sitios (m)
	Norte (m)	Oeste (m)		
Colon 1	284,745	466,673	852	--
Colon 2	290,119	458,033	506	10,380
Colon 3a	296,884	455,624	450	8,333
Colon 3b	297,203	455,816	450	387

Para el desarrollo de los aforos se empleó un equipo SEBA Hydrometrie FlowSens (Molinete Electromagnético), proporcionado por ANDA (ver **Figura 3.6**). Este equipo permite realizar mediciones a lo ancho de una sección transversal (estaciones), obteniéndose como resultado la velocidad (m/s) de la corriente de agua en un punto de esa estación. Posteriormente, en un programa, desarrollado en código “.m” (MatLab©) por personal de ANDA, se ingresaron los datos de estaciones, profundidades y velocidades, obteniéndose como producto final el caudal del río en esa sección transversal y su representación gráfica (ver **Figura 3.7** y **Anexo 8**).





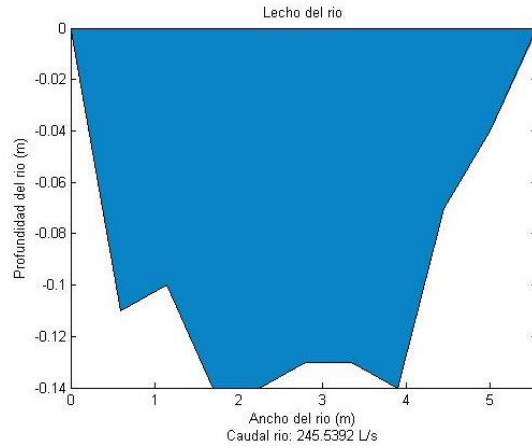
**Mapa 3.6.** Ubicación de sitios de aforo en el cauce del Río Colón.



**Figura 3.6.** Kit del Molinete Electromagnético SEBA Hydrometrie FlowSens<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> [https://www.seba-](https://www.seba-hydrometrie.com/products.html?L=1&tx_sebaproducts_sebaproducts%5Bproduct%5D=25&tx_sebaproducts_sebaproducts%5Bprimarycategory%5D=3&tx_sebaproducts_sebaproducts%5Bsecondarycategory%5D=&tx_sebaproducts_sebaproducts%5Baction%5D=show&tx_sebaproducts_sebaproducts%5Bcontroller%5D=Product&cHash=3316a85a3e21e3211808747e69195ae1)

[hydrometrie.com/products.html?L=1&tx\\_sebaproducts\\_sebaproducts%5Bproduct%5D=25&tx\\_sebaproducts\\_sebaproducts%5Bprimarycategory%5D=3&tx\\_sebaproducts\\_sebaproducts%5Bsecondarycategory%5D=&tx\\_sebaproducts\\_sebaproducts%5Baction%5D=show&tx\\_sebaproducts\\_sebaproducts%5Bcontroller%5D=Product&cHash=3316a85a3e21e3211808747e69195ae1](https://www.seba-hydrometrie.com/products.html?L=1&tx_sebaproducts_sebaproducts%5Bproduct%5D=25&tx_sebaproducts_sebaproducts%5Bprimarycategory%5D=3&tx_sebaproducts_sebaproducts%5Bsecondarycategory%5D=&tx_sebaproducts_sebaproducts%5Baction%5D=show&tx_sebaproducts_sebaproducts%5Bcontroller%5D=Product&cHash=3316a85a3e21e3211808747e69195ae1)



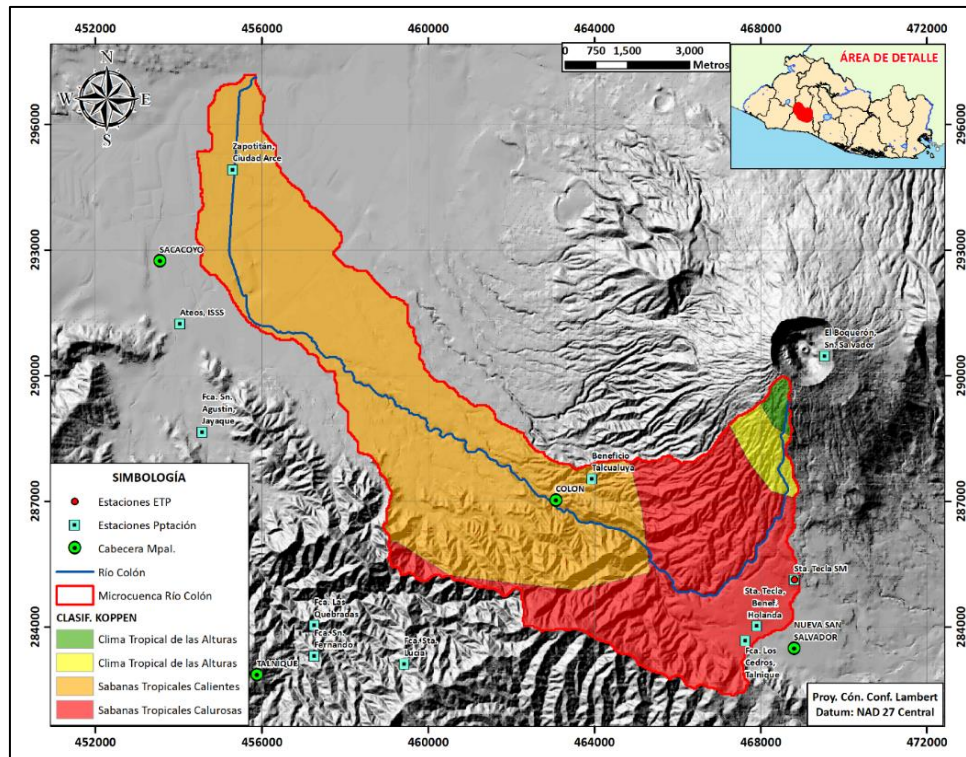
**Figura 3.7.** Ejemplo de sección transversal modelada en MatLab.

Se debe mencionar que, inicialmente se propuso la realización de aforos en el manantial ubicado dentro del Parque Acuático Los Chorros (ISTU), sin embargo, estos no se pudieron llevar a cabo a raíz de la problemática descrita en el numeral 3.2.1.

## 4. RESULTADOS OBTENIDOS

### 4.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS DENTRO DE LA MICROCUENCA

De acuerdo con la clasificación de Köppen y Sapper-Lauer (MARN, 2006), se distinguen tres regiones climáticas dentro de la microcuenca del Río Colón (ver **Mapa 4.1** y **Tabla 2.1**):



*Mapa 4.1. Clasificación climática dentro de la microcuenca del Río Colón.*

- **Sabana tropical caliente:** Corresponde a la mayor parte del área la microcuenca (63%). Con elevaciones entre 450 - 800 msnm, se extiende desde las estribaciones del CVSS y la Cordillera del Bálsamo, hasta el Valle de San Andrés, coincidiendo con el punto de salida de la microcuenca (Zapotitán). La temperatura media oscila entre los 22 - 28°C, en función de la elevación.
- **Sabana Tropical Calurosa:** Corresponde al 33% del área la microcuenca. Sus elevaciones varían entre los 800 - 1,200 msnm, dentro de los municipios de Colón y Santa Tecla (laderas del CVSS y la Cordillera del Bálsamo). Las temperaturas medias oscilan entre los 17 - 21°C.
- **Clima Tropical de las Alturas:** Corresponde al 4% del área la microcuenca. Sus elevaciones varían entre los 1,200 - 1,878 msnm, en la parte más elevada de la microcuenca (cimas del CVSS y la Cordillera del Bálsamo). La temperatura media es >22°C en el mes más caluroso, para elevaciones entre 1,200 - 1800 msnm y entre 10 - 16°C para elevaciones superiores.

#### 4.1.1 PRECIPITACIÓN Y ETP

A partir de la información plasmada en el BHID (MARN, 2006) y después de la aplicación de la metodología descrita en la sección 3.1.2, se han identificado las estaciones meteorológicas con registros de Precipitación y ETP que más influencia tienen en la microcuenca del Río Colón (ver **Tabla 4.1**, **Tabla 4.2**, **Mapa 3.2** y **Mapa 3.3**):

**Tabla 4.1.** Est. meteorológicas con registros pluviométricos que influyen en la microcuenca del Río Colón.

No.	Nombre	Código	COORDENADAS		Elevación (msnm)	Precip. (mm/año)
			Norte (m)	Oeste (m)		
1	Sn. Andrés, Ciudad Arce	L04	298,612	456,031	460	1,657
2	Beneficio Talcualuya	L06	287,537	463,944	325	1,627
3	Sta. Tecla SM	L08	285,134	468,809	965	1,848
4	El Boquerón, Sn. Salvador	L18	290,480	469,536	1800	2,124
5	Ateos, ISSS	L20	291,240	454,036	475	1,606
6	Fca. Sta. Lucía	L25	283,119	459,431	1140	1,913
7	Fca. Las Quebradas	L28	284,044	457,268	775	1,943
8	Fca. Los Cedros, Talnique	L29	283,675	467,628	820	2,040
9	Sta. Tecla, Benef. Holanda	L31	284,029	467,906	930	2,267
10	Fca. Sn. Agustín, Jayaque	L38	288,658	454,572	500	1,706
11	Zapotitán, Ciudad Arce	L39	294,926	455,304	453	1,609

**Tabla 4.2.** Est. meteorológicas con registros ETP que influyen en la microcuenca del Río Colón.

No.	Nombre	Código	COORDENADAS		Elevación (msnm)	ETP (mm/año)	Años de registro
			Norte (m)	Oeste (m)			
1	Sn. Andrés, Ciudad Arce	L04	285,134	468,809	460	1,787	34
2	Sta. Tecla SM	L08	285,134	468,809	965	1,621	39

Debido a que las estaciones descritas en las **Tabla 4.1** no tienen registros completos de lluvia, para el análisis de la precipitación dentro de la microcuenca se ha utilizado únicamente el periodo de tiempo comprendido entre los años 1971 - 2001 (30 años); para este periodo de tiempo si se tienen los registros continuos mensuales de las 11 estaciones, los cuales forman parte de los insumos utilizados para la elaboración del BHID (MARN, 2006) (ver **Tabla 4.3**).

**Tabla 4.3.** Registro mensual precipitación, Est. meteorológicas que influyen en la microcuenca del Río Colón.

Código	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>L04</b>	5	4	12	51	160	287	321	318	299	151	41	9	1,657
<b>L06</b>	3	1	18	61	190	286	276	316	275	158	31	13	1,627
<b>L08</b>	6	1	13	35	170	320	349	337	357	196	57	8	1,848
<b>L18</b>	4	3	14	45	178	368	396	387	418	246	48	17	2,124
<b>L20</b>	11	2	15	48	150	283	273	319	316	156	26	8	1,606
<b>L25</b>	8	2	12	38	157	325	346	346	406	230	35	7	1,913

Código	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
L28	8	2	13	53	160	341	363	373	390	206	29	5	1,943
L29	5	1	12	53	165	359	373	383	417	231	31	9	2,040
L31	7	6	23	43	222	434	428	421	379	241	52	11	2,267
L38	7	5	13	63	157	304	318	351	301	156	29	2	1,706
L39	8	3	12	58	149	280	277	332	300	153	30	7	1,609

Aplicando el método de Thiessen modificado (ver sección 3.1.2) se tiene la siguiente distribución media mensual de la precipitación dentro de la microcuenca del Río Colón (ver **Tabla 4.4**).

*Tabla 4.4. Precipitación media mensual dentro de la microcuenca del Río Colón.*

Río Colón	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Precipitación	6	2	15	55	175	310	312	341	325	179	35	10	1762

De la misma manera, en el caso de la ETP (ver **Tabla 4.2**), se consideró el mismo período de 30 años de registro (1971 - 2001) de las 2 estaciones más cercanas a la microcuenca; para este periodo de tiempo también se tienen los registros continuos para las 2 estaciones, como parte de los insumos utilizados para la elaboración del BHID (MARN, 2006) (ver **Tabla 4.5**).

*Tabla 4.5. Registro mensual ETP, Est. meteorológicas con influencia en la microcuenca del Río Colón.*

Código	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
L04	133	138	172	176	172	151	159	156	140	138	126	126	1,787
L08	122	125	150	152	145	137	152	147	129	127	118	116	1,621

Aplicando el método de los polígonos de Thiessen (ver sección 3.1.2) se tiene la siguiente distribución media mensual de la ETP dentro de la microcuenca del Río Colón (ver **Tabla 4.6**).

*Tabla 4.6. ETP media mensual dentro de la microcuenca del Río Colón.*

Río Colón	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ETP	125	129	157	160	153	142	154	150	132	131	121	119	1,673

La secuencia de cálculos y resultados empleados en la aplicación del método de Thiessen y de Thiessen modificado, se muestran en el **Anexo 4**.

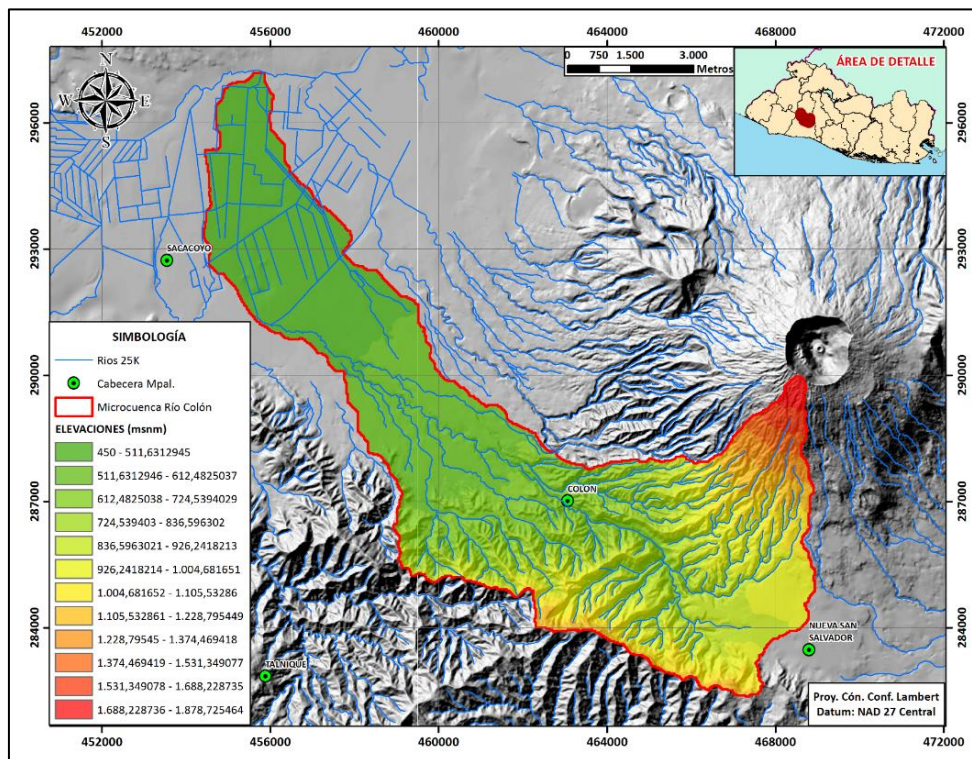
## 4.2 HIDROLOGÍA DE LA MICROCUENCA

### 4.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MICROCUENCA

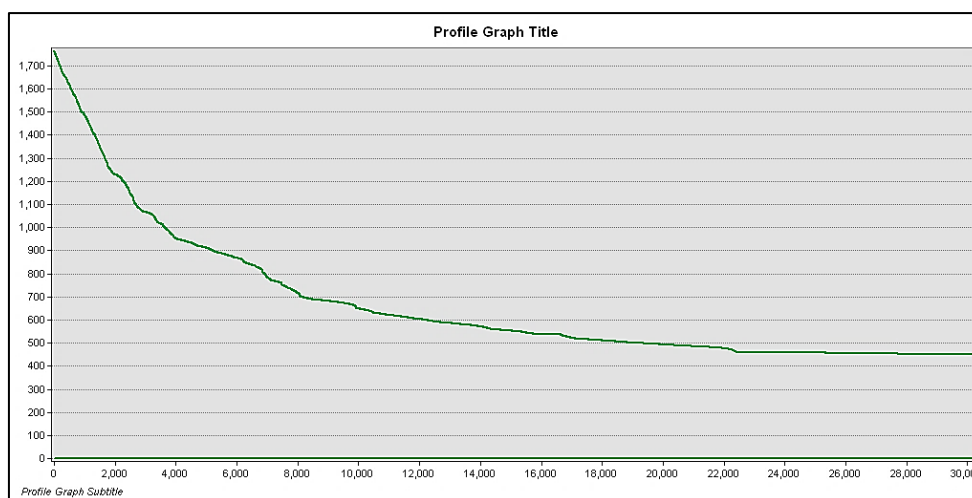
A partir de un DEM con resolución de celda de 10 x 10 m, se identificaron algunas características fisiográficas de la microcuenca del Río Colón (ver **Tabla 4.7**), la distribución espacial de las mismas se puede apreciar a continuación (ver **Figura 4.1**, **Mapa 4.2** y **Mapa 4.3**).

**Tabla 4.7.** Características fisiográficas de la microcuenca del Río Colón.

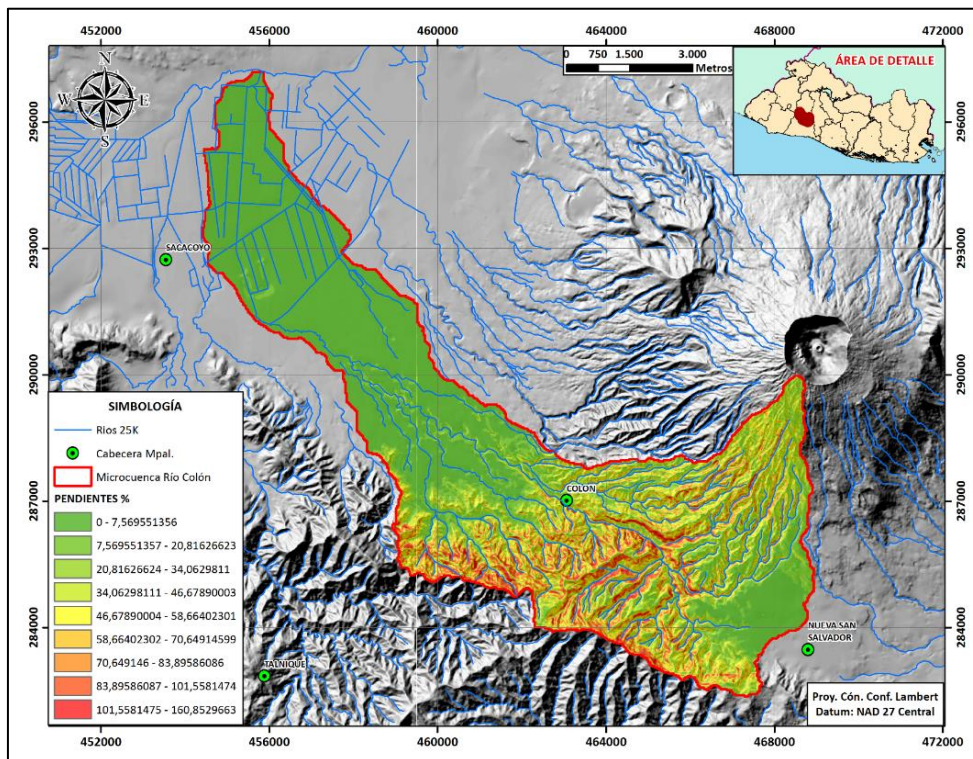
Parámetro	MC Río Colón	Parámetro	MC Río Colón
Área (Km <sup>2</sup> )	67.55	Factor de forma	0.074
Perímetro (Km)	69.6	Longitud cauce principal (Km)	28.2
Pendiente media de la cuenca	26.6%	Elevación máxima (msnm)	1878
Pendiente del cauce principal	4.36%	Elevación mínima (msnm)	450



**Mapa 4.2.** Elevaciones dentro de la microcuenca del Río Colón.

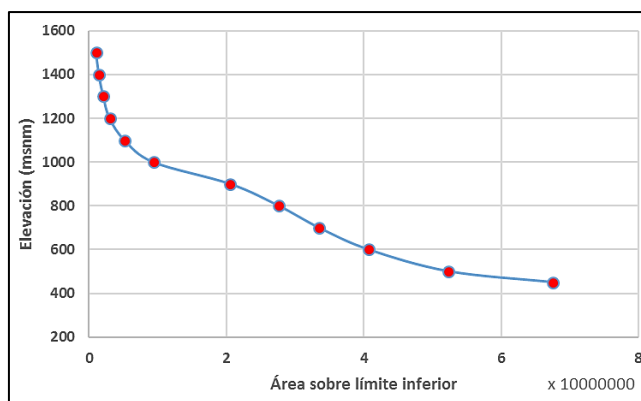


**Figura 4.1.** Perfil longitudinal de elevación del cauce principal, microcuenca del Río Colón.



*Mapa 4.3. Distribución de pendientes dentro de la microcuenca del Río Colón.*

Al diseñar la curva hipsométrica de la microcuenca del Río Colón se obtiene el perfil que se muestra en la **Figura 4.2** De acuerdo con este perfil y con lo descrito en la **Figura 2.8**, se considera que esta microcuenca es de tipo B, es decir se trata de una cuenca en fase de equilibrio.



*Figura 4.2. Detalle de la curva hipsométrica de la microcuenca del Río Colón.*

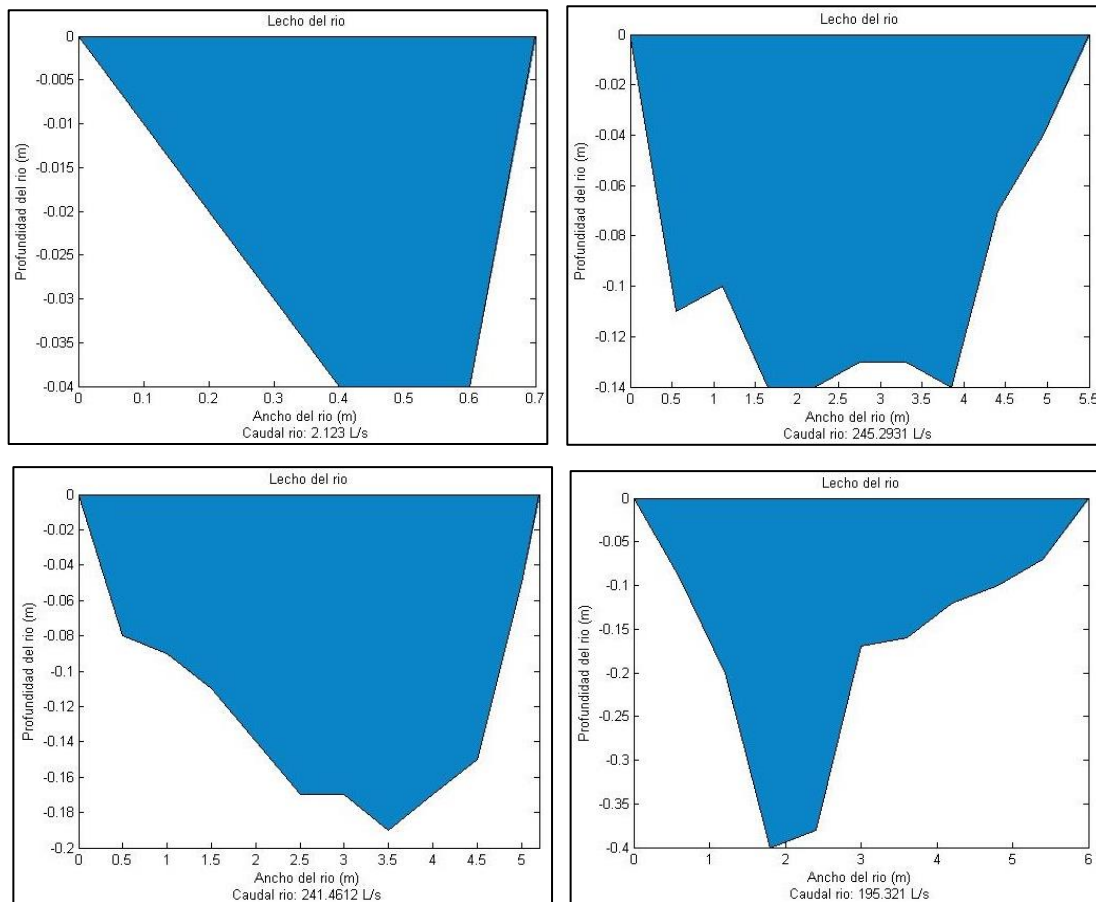
#### 4.2.2 AFOROS Y ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

Cabe destacar que solamente se cuenta con aforos en época seca (abril/2021), debido a que las condiciones particulares del sitio de la desembocadura no permiten el acceso durante el mes más intenso de la época lluviosa (septiembre).

Los resultados de los aforos en los sitios seleccionados a lo largo del cauce principal del Río Colón (ver Mapa 3.6 y Tabla 3.4) se muestran en la Tabla 4.8, Figura 4.3 y el Anexo 8. Se observa que el caudal de descarga del río, en su desembocadura, es de aproximadamente 0.24 m<sup>3</sup>/s (241.46 L/s).

**Tabla 4.8.** Resultados de los aforos en el cauce del Río Colón.

No.	Ubicación	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Colon 1	Finca El Quequeishque (Cuenca alta)	0.0021
Colon 2	CA-08, Puente Río Colón (Cuenca media)	0.2453
Colon 3a	Incorporación Río Los Patos (Cuenca baja)	0.1953
Colon 3b	Desembocadura en Río Sucio (Cuenca baja)	0.2415



**Figura 4.3.** Resultado de Aforos, cauce Río Colón (En sentido horario: Sitio 1, Sitio 2, Sitio 3a, Sitio 3b).

Con base en los resultados de la Tabla 4.8, se pueden hacer las siguientes observaciones:

En el sitio 1, ubicado en la parte alta de la microcuenca y por lo tanto el más cercano al nacimiento del Río Colón, se midió un caudal de 0.0021 m<sup>3</sup>/s, el cual se incrementó a 0.2453 m<sup>3</sup>/s en el sitio 2, ubicado en la parte media de la microcuenca. Esto es lo esperable, ya que, hasta este punto, el río ha recibido los aportes de numerosas quebradas provenientes del CVSS y del flanco norte de la



Cordillera del Bálsamo (ver **Mapa 3.1**). En el sitio 3a, ubicado en la parte baja de la microcuenca, se midió un caudal de 0.1953 m<sup>3</sup>/s, lo que representa una reducción del caudal de 0.05 m<sup>3</sup>/s con respecto al sitio 2. Si bien es cierto que las características geológicas e hidrogeológicas encontradas en este sector de la microcuenca permiten inferir que, entre estos sitios, el río puede tener un comportamiento influente, se tiene que considerar que al momento en que se efectuaron los aforos, el canal principal del río se encontraba obstaculizado en algunos puntos debido a obras de terracería provocadas por la construcción de una carretera<sup>9</sup>, lo cual pudo haber contribuido a la subestimación del caudal en el sitio 3a. En el sitio 3b, se registró un caudal de 0.2415 m<sup>3</sup>/s, que representa un incremento de 0.0462 m<sup>3</sup>/s con respecto al sitio 3<sup>a</sup>. Esto es lo esperado, al considerar que este sitio se ubica en la parte más baja de la microcuenca, correspondiente a la desembocadura del río en el Río Sucio.

Se debe mencionar además que, una de las razones por las que los sitios de aforo 3a y 3b se seleccionaron relativamente cercanos (387 m de distancia) se debe a que, según el Mapa Geológico de E.S. (Weber, y otros, 1978), hay indicios de la existencia de una falla que atraviesa la microcuenca en dirección Noroeste-Sureste, por lo que con esta pareja de aforos se buscaba determinar si dicha falla influía en el comportamiento hidrogeológico del sistema río-acuífero. No obstante, los resultados en ambos sitios de aforo (incremento de 3a a 3b) no indican la existencia de influencia del río al acuífero en este sector de la microcuenca.

Una vez conocido el caudal del río en su desembocadura (0.24 m<sup>3</sup>/s) y asumiendo que el comportamiento del río es efluente, se estimó la escorrentía superficial dentro de la microcuenca, aplicando la metodología de regionalización de caudales (ver Sección 2.2.3). La microcuenca del Río Colón se localiza en la RHH 6, para la cual se pueden aplicar las ecuaciones y coeficientes detallados en la **Tabla 2.2**. El rango de área para que la ecuación de caudal de la RHH 6 es aplicable, se encuentra entre 35 - 845 Km<sup>2</sup> y como se muestra en la **Tabla 4.7**, el área de la microcuenca del Río Colón es de 67.55 Km<sup>2</sup>, por lo tanto, esta metodología es teóricamente válida para estimar el caudal medio del río. A partir del resultado del aforo realizado en el mes de abril (resaltado en **Tabla 4.9**), se calcularon los caudales medios mensuales (ver **Tabla 4.9**).

**Tabla 4.9.** Resultados de regionalización de caudales para el Río Colón.

Caudal medio total			0.505 m <sup>3</sup> /s									
Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
%	49.55	46.97	44.99	47.87	67.07	123.54	151.7	171.84	218.65	153.68	70.02	54.11
m <sup>3</sup> /s	0.250	0.237	0.227	0.241	0.338	0.623	0.765	0.866	1.102	0.775	0.353	0.273

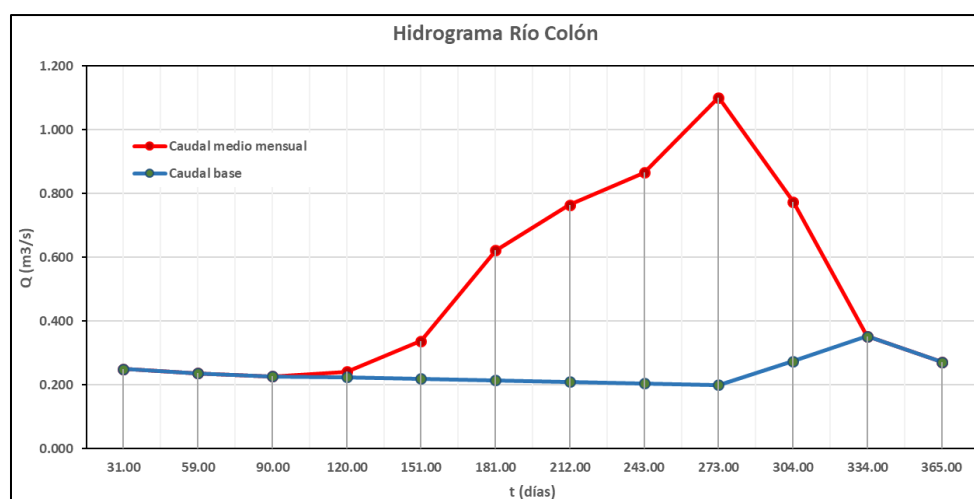
<sup>9</sup> <https://www.laprensagrafica.com/elsalvador/Comienza-construccion-del-periferico-Claudia-Lars-20201120-0060.html>

De acuerdo con la **Tabla 4.9**, el caudal promedio anual del Río Colón, es estima en  $0.505 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $505 \text{ L/s}$ ), con un mínimo de  $0.227 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $227 \text{ L/s}$ ) en el mes de marzo y un máximo de  $1.102 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $1,102 \text{ L/s}$ ) en el mes de septiembre.

Conociendo esta distribución de caudales, se construyó un hidrograma del Río Colón, a partir del cual se identificó el flujo base del río utilizando una de las técnicas propuestas por Sánchez San Román (2017) (ver Sección 2.2.3), específicamente, prolongando la curva de agotamiento previa a la crecida hasta la vertical del pico del hidrograma y luego continuando la curva de modo ascendente hasta el punto de inicio de la curva de agotamiento. Los resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 4.10** y **Figura 4.4**.

**Tabla 4.10.** Caudales medios y caudales base mensuales, estimados para el Río Colón.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>C. medio (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>)</b>	0.250	0.237	0.227	0.241	0.338	0.623	0.765	0.866	1.102	0.775	0.353	0.273
<b>C. base (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>)</b>	0.250	0.237	0.227	0.225	0.220	0.215	0.210	0.205	0.200	0.275	0.353	0.273



**Figura 4.4.** Hidrograma del Río Colón.

A partir de los resultados mostrados en la **Tabla 4.10** y **Figura 4.4**, se ha estimado que el caudal medio total del Río Colón equivale a  $15,243,356.23 \text{ m}^3/\text{año}$ , de los cuales  $6,892,809.93 \text{ m}^3/\text{año}$  corresponden al caudal base del mismo (45% del caudal medio total).

### 4.3 GEOLOGÍA DE LA MICROCUENCA

#### 4.3.1 GEOMORFOLOGÍA

De acuerdo con la **Figura 2.13**, en la microcuenca del Río Colón se identifican 3 unidades geomorfológicas:

- **Depresión Central:** comprende principalmente el sector del Valle de San Andrés.
- **Cadena Volcánica Reciente:** representada por el CVSS (cima de El Boquerón).
- **Cadena Costera:** representada por el sector de la Cordillera del Bálsamo que atraviesa el departamento de La Libertad.

#### 4.3.2 UNIDADES GEOLÓGICAS

De acuerdo con el Mapa Geológico de E.S. (Weber, y otros, 1978), en la microcuenca del Río Colón se encuentran distribuidas las siguientes unidades geológicas (ver **Mapa 4.4**):

##### a) **Formación Bálsamo**

- **Miembro b1:** cubre el 2% de la microcuenca, concentrado en el sector sureste. Consiste en depósitos volcánicos de edad Mioceno, en forma de Epiclastitas volcánicas y piroclastitas; localmente efusivas básicas-intermedias intercaladas.
- **Miembro b3:** cubre el 15% de la microcuenca, concentrado desde el sur hacia el sureste. Consiste en rocas volcánicas de edad Plioceno, en forma de Efusivas básicas-intermedias.

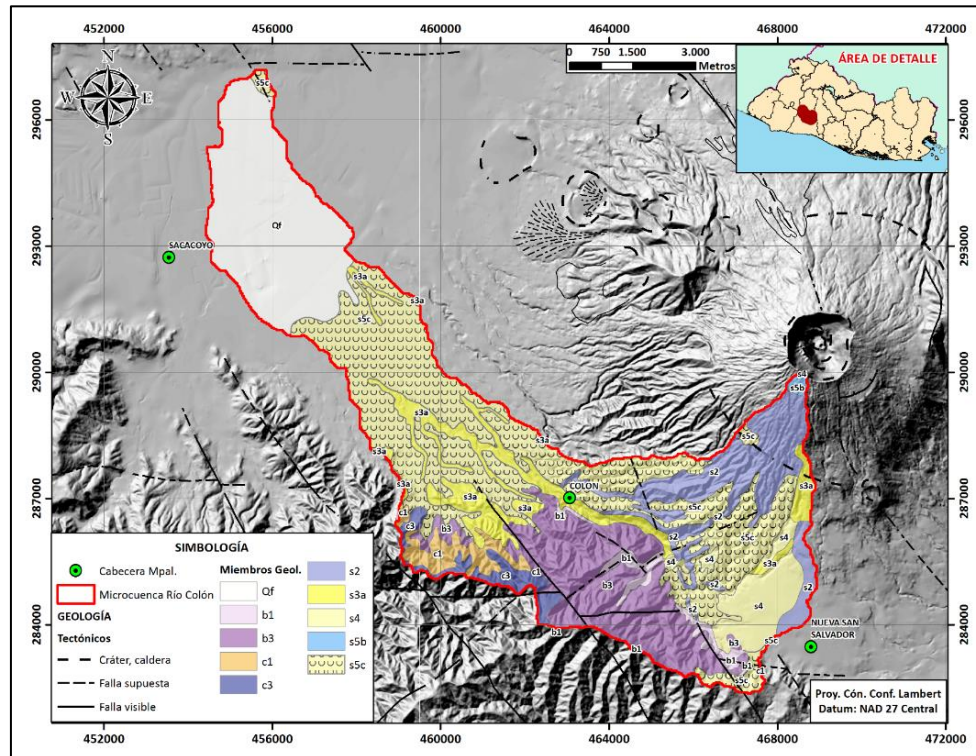
##### b) **Formación Cuscatlán**

- **Miembro c1:** cubre el 3% de la microcuenca, concentrado al sur. Consiste en depósitos volcánicos de edad Plio-cuaternario, en forma de Piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas, en algunos casos de tipo Ignimbritas.
- **Miembro c3:** cubre el 2% de la microcuenca, concentrado al sur. Consiste en rocas volcánicas de edad Pleistoceno, en forma de Efusivas básicas-intermedias.

##### c) **Formación San Salvador**

- **Miembro s2:** cubre el 11% de la microcuenca, concentrado en pequeños sectores al noreste. Consiste en rocas volcánicas de edad Pleistoceno, en forma de Efusivas básicas-intermedias, piroclastitas subordinadas.
- **Miembro s3'a:** cubre el 9% de la microcuenca, distribuido en pequeños sectores. Consiste en depósitos volcánicos de edad Holoceno, en forma de Piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas ("tobas color café").
- **Miembro s4:** cubre el 3% de la microcuenca, concentrado al sureste. Consiste en depósitos volcánicos de edad Holoceno, en forma de Tierra blanca: piroclastitas ácidas y epiclastitas volcánicas subordinadas; localmente efusivas ácidas (s3'b).

- **Miembro s5'c:** cubre el 34% de la microcuenca, concentrado en toda la parte central. Consiste en depósitos volcánicos de edad Holoceno, en forma de Cenizas volcánicas y tobas de lapilli, en algunos casos sobre los miembros s3'a y s4.
- **Miembro Q'f:** cubre el 19% de la microcuenca, concentrado al noroeste. Consiste en depósitos sedimentarios de edad Holoceno, en forma de Depósitos sedimentarios del Cuaternario, de tipo Depósitos acuáticos con intercalaciones de piroclastitas.



*Mapa 4.4. Geología de la microcuenca del Río Colón.*

En el **Mapa 4.4**, se observan al menos tres sistemas de fallas, entre visibles y supuestas, que atraviesan la parte media-alta de la microcuenca del Río Colón, las cuales muy probablemente influyen en el comportamiento hidráulico del acuífero en dichos sectores. Cabe destacar también la posible presencia de un sistema de fallas en el sector de la confluencia del Río Colón con el Río Sucio, que también podría estar influenciando el comportamiento del sistema acuífero en la parte más baja de la microcuenca.

## 4.4 HIDROGEOLOGÍA DE LA MICROCUENCA

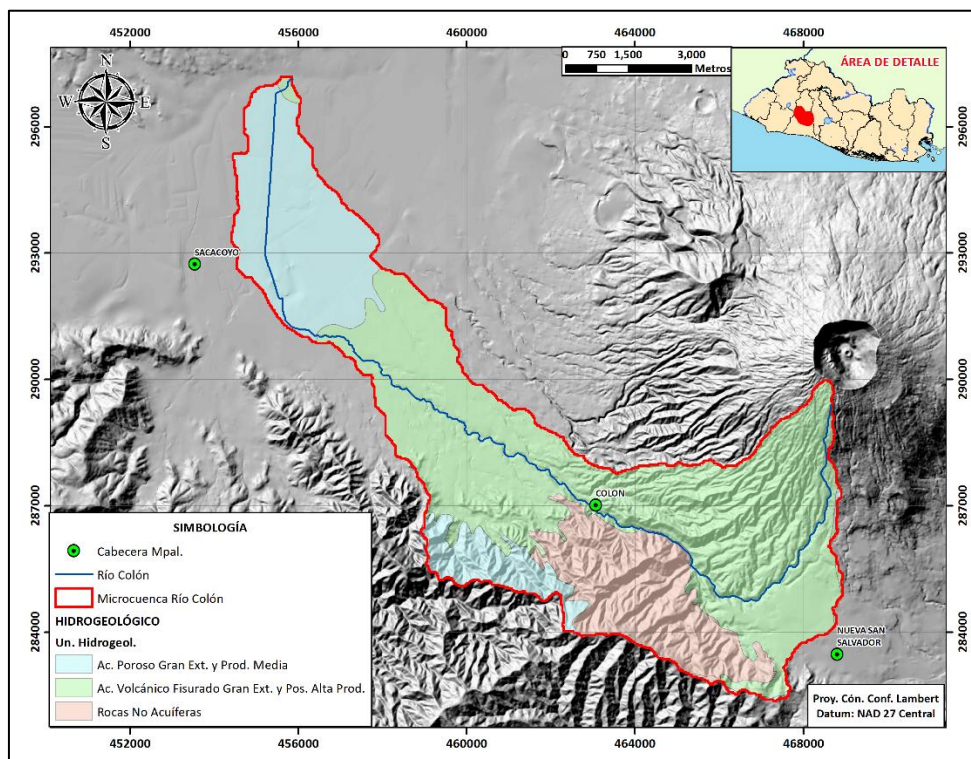
### 4.4.1 FORMACIONES HIDROGEOLÓGICAS

De acuerdo con el Mapa Hidrogeológico de E.S. (ANDA-COSUDE, 2008), en la microcuenca del Río Colón se encuentran distribuidas las siguientes unidades hidrogeológicas (ver **Mapa 4.5**):

- a) **Acuífero Volcánico Fisurado de Gran Extensión y Posiblemente Alta Producción:** comprende el 59% del área de la microcuenca. Constituida por rocas volcánicas de carácter andesítico-basáltico, con intercalaciones de materiales piroclásticos. Las rocas volcánicas incluyen flujos y coladas de lavas provenientes de los centros eruptivos locales (CVSS). Dichos materiales pueden presentar conductividades hidráulicas medianas-altas, en función de su porosidad secundaria (fallamiento). Litológicamente, se trata de depósitos y rocas volcánicas de la Formación San Salvador, que datan del Pleistoceno-Holoceno.
- b) **Acuífero Poroso de Gran Extensión y Productividad Media:** comprende el 25% del área de la microcuenca. Constituida por materiales piroclásticos aglomerados y retrabajados (pómez, lapilli, tobas), con granulometrías que van de finas a gruesas, se han acumulado en valles al pie de las cimas de la microcuenca (Valles de San Andrés y Zapotitán). Sus conductividades hidráulicas varían de medianas a bajas, en función del grado de cementación o compactación de los materiales constituyentes. Litológicamente, se trata de depósitos volcánicos de las Formaciones Cuscatlán y San Salvador, que datan del Plioceno y del Holoceno, respectivamente.
- c) **Rocas No Acuíferas:** comprende el 16% del área de la microcuenca. Compuesta por flujos de lavas, intercalados con tobas aglomeradas y brechosas, además de lahares cementados. Presenta conductividades hidráulicas muy bajas o casi nulas, debido a su baja porosidad. Afloran en algunos sectores montañosos de la microcuenca (Cordillera del Bálsamo) y se considera que conforman el basamento de los acuíferos en la zona de estudio. Litológicamente, se trata de depósitos y rocas volcánicas de la Formación Bálsamo, que datan del Plioceno.

### 4.4.2 MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

A partir de la **Figura 2.16**, se puede determinar que la microcuenca del Río Colón se ubica sobre el sector suroccidental de la MASub ESA-06 y del acuífero ESA-06-01. De acuerdo con el PNGIRH (FCAS-MARN, 2015), las características de dichas unidades, son las siguientes (**Tabla 4.11**):



**Mapa 4.5.** Hidrogeología de la microcuenca del Río Colón.

**Tabla 4.11.** Principales características hidráulicas del acuífero ESA-06-01 (MASub ESA-06).

MASub	Acuífero	T máx. (m <sup>2</sup> /día)	T mín. (m <sup>2</sup> /día)	s máx.	s mín.
ESA-06	ESA-06-01	17,049	5	1.0 x 10 <sup>-1</sup>	1.0 x 10 <sup>-5</sup>

#### 4.4.3 FUENTES DE AGUA IDENTIFICADAS

De acuerdo con la información disponible y verificada in-situ, se han identificado las siguientes fuentes de agua dentro de la microcuenca del Río Colón (ver **Tabla 4.12**, **Tabla 4.13**, **Tabla 4.14** y **Mapa 4.6**).

**Tabla 4.12.** Inventario de Pozos perforados dentro de la microcuenca del Río Colón.

ID	COORD. LAMBERT		Elevación (msnm)	Prof. (m)	Caudal (L/s)	NE (m)	Propietario
	Norte (m)	Oeste (m)					
RCPP-01	294,081	455,536	458	80.00	39.43	0.00	MAG
RCPP-02	289,279	461,245	573	156.00	32.50	71.36	ANDA
RCPP-03	285,059	466,565	849	300.00	26.09	163.43	ANDA
RCPP-04	290,003	458,600	522	68.58	11.36	25.91	Privado
RCPP-05	287,427	463,212	655	210.98	2.08	153.09	Privado
RCPP-06	287,619	459,346	577	182.88	37.38	78.64	ANDA
RCPP-07	291,500	455,500	478	99.72	SD	0.00	MAG
RCPP-08	291,300	456,050	482	100.00	63.09	2.13	MAG
RCPP-09	291,539	456,465	481	100.00	62.02	SD	MAG
RCPP-10	292,000	456,850	479	100.00	76.20	0.00	MAG

ID	COORD. LAMBERT		Elevación (msnm)	Prof. (m)	Caudal (L/s)	NE (m)	Propietario
	Norte (m)	Oeste (m)					
RCPP-11	292,250	456,800	476	72.00	SD	0.00	MAG
RCPP-12	292,600	457,445	474	100.00	37.85	0.00	MAG
RCPP-13	292,000	455,950	463	106.68	22.08	0.00	MAG
RCPP-14	293,220	455,349	460	99.58	63.09	0.00	MAG
RCPP-15	289,291	461,238	573	170.69	33.70	76.33	ANDA
RCPP-16	287,615	459,343	577	228.66	56.25	75.84	ANDA
RCPP-17	284,741	467,066	921	192.02	SD	128.02	ANDA
RCPP-18	285,061	466,560	851	243.84	21.25	109.12	ANDA
RCPP-19	283,487	467,135	943	330.00	19.87	135.36	ANDA
RCPP-20	291,093	456,292	485	SD	2.20	SD	Privado
RCPP-21	290,833	457,009	494	100.00	0.78	4.88	Privado
RCPP-22	292,125	456,878	477	60.98	1.59	0.00	Privado
RCPP-23	292,115	456,105	470	60.00	1.00	0.00	Privado
RCPP-24	292,814	455,748	461	60.00	0.97	0.00	Privado
RCPP-25	291,451	456,131	482	188.98	SD	3.96	ANDA
RCPP-26	289,495	459,775	602	213.36	63.09	60.69	Privado
RCPP-27	288,385	459,910	574	213.36	SD	62.24	Privado
RCPP-28	290,875	456,814	492	60.00	15.78	6.40	Privado
RCPP-29	290,874	456,836	492	60.00	15.78	3.96	Privado
RCPP-30	287,799	462,019	606	120.00	1.43	90.00	Privado
RCPP-31	290,234	457,639	507	60.00	3.80	SD	Privado
RCPP-32	289,189	458,679	533	182.93	SD	34.45	Privado
RCPP-33	290,625	457,100	497	32.92	SD	6.40	Privado
RCPP-34	287,770	460,647	582	226.77	SD	82.75	Privado
RCPP-35	287,745	460,719	581	213.36	72.87	67.30	Privado
RCPP-36	287,917	461,285	596	SD	SD	SD	Privado
RCPP-37	289,001	458,793	537	182.93	SD	37.04	Privado
RCPP-38	289,029	458,658	534	182.93	SD	39.27	Privado
RCPP-39	290,563	458,328	512	55.00	4.73	14.25	Privado
RCPP-40	289,700	457,850	518	64.90	29.51	21.67	Privado
RCPP-41	287,450	460,925	596	0.00	7.57	0.00	Privado
RCPP-42	287,425	460,800	594	0.00	7.57	0.00	Privado
RCPP-43	294,150	455,675	458	110.95	0.00	0.00	MAG
RCPP-44	293,225	455,150	461	96.01	0.00	0.00	MAG
RCPP-45	289,048	458,681	533	190.00	34.72	SD	Privado
RCPP-46	289,048	458,681	533	190.00	34.72	SD	Privado
RCPP-47	288,849	458,151	539	190.00	13.50	SD	Privado
RCPP-48	289,700	458,953	526	190.00	4.32	SD	Privado
RCPP-49	288,061	459,870	570	150.00	48.94	SD	Privado
RCPP-50	287,739	460,626	580	125.00	54.88	SD	Privado
RCPP-51	288,316	459,794	564	200.00	37.70	SD	Privado
RCPP-52	290,575	458,316	511	40.00	2.68	SD	Privado
RCPP-53	290,731	457,905	505	40.00	12.16	SD	Privado
RCPP-54	287,882	461,297	597	158.50	36.79	SD	Privado
RCPP-55	287,893	461,297	596	158.50	36.79	SD	Privado
RCPP-56	292,634	455,303	460	SD	SD	SD	MDL

ID	COORD. LAMBERT		Elevación (msnm)	Prof. (m)	Caudal (L/s)	NE (m)	Propietario
	Norte (m)	Oeste (m)					
RCPP-57	293,325	457,760	472	SD	SD	1.50	Privado
RCPP-58	296,076	455,514	453	61.00	8.94	3.64	Privado

SD = Sin Datos.

**Tabla 4.13.** Inventario de Pozos excavados dentro de la microcuenca del Río Colón.

ID	COORD. LAMBERT		Elevación (msnm)	Prof. (m)	Caudal (L/s)	NE (m)	Propietario
	Norte (m)	Oeste (m)					
RCPE-01	292,805	455,733	461	6.20	SD	4.13	Privado
RCPE-02	292,166	456,081	468	8.95	SD	4.80	Privado
RCPE-03	291,620	457,310	488	4.80	SD	3.10	Privado
RCPE-04	290,100	459,600	536	31.70	SD	31.40	Privado
RCPE-05	290,900	459,400	522	25.40	SD	23.80	Privado
RCPE-06	289,410	459,301	538	SD	SD	28.77	Privado
RCPE-07	294,197	455,300	458	SD	SD	1.07	Privado
RCPE-08	294,480	456,250	455	SD	SD	1.45	Privado
RCPE-09	290,850	458,952	513	SD	SD	21.24	Privado
RCPE-10	290,936	459,520	522	SD	SD	27.60	Privado
RCPE-11	290,455	459,707	533	SD	SD	36.22	Privado
RCPE-12	289,900	458,700	524	15.70	SD	14.90	Privado
RCPE-13	291,992	456,437	479	SD	SD	1.50	Privado
RCPE-14	290,991	456,453	487	5.93	1.00	2.95	Privado
RCPE-15	296,060	455,514	453	8.00	0.63	3.00	Privado
RCPE-16	294,107	456,246	457	SD	SD	1.00	Privado
RCPE-17	296,930	455,578	451	SD	SD	4.52	Privado
RCPE-18	295,596	455,406	453	SD	SD	1.13	Privado
RCPE-19	294,182	455,299	458	SD	SD	0.36	Privado
RCPE-20	294,096	455,298	459	SD	SD	0.65	Privado
RCPE-21	295,839	455,923	456	SD	SD	3.33	Privado
RCPE-22	296,853	455,824	452	SD	SD	2.66	Privado
RCPE-23	294,480	456,250	455	SD	SD	1.45	Privado
RCPE-24	295,602	455,335	454	SD	SD	1.50	Privado
RCPE-25	293,359	455,181	460	SD	SD	1.48	Privado
RCPE-26	289,657	458,833	523	SD	SD	30.55	Privado
RCPE-27	290,447	458,180	513	SD	SD	17.12	Privado
RCPE-28	290,580	458,369	512	SD	SD	17.23	Privado
RCPE-29	290,850	458,952	515	SD	SD	20.74	Privado
RCPE-30	290,334	457,906	502	SD	SD	13.60	Privado
RCPE-31	290,216	458,073	511	SD	SD	16.31	Privado
RCPE-32	290,580	458,370	512	SD	SD	17.83	Privado
RCPE-33	290,850	458,952	515	SD	SD	21.24	Privado
RCPE-34	292,421	455,660	470	SD	SD	2.50	Privado
RCPE-35	292,313	455,711	470	SD	SD	2.50	Privado
RCPE-36	292,039	455,797	464	SD	SD	3.60	Privado
RCPE-37	292,414	456,183	473	SD	SD	2.10	Privado
RCPE-38	293,182	455,938	466	SD	SD	2.20	Privado
RCPE-39	293,307	456,385	464	SD	SD	1.20	Privado
RCPE-40	292,763	456,508	469	SD	SD	1.30	Privado
RCPE-41	293,582	457,494	468	SD	SD	1.20	Privado
RCPE-42	292,855	455,256	460	SD	SD	1.34	Privado

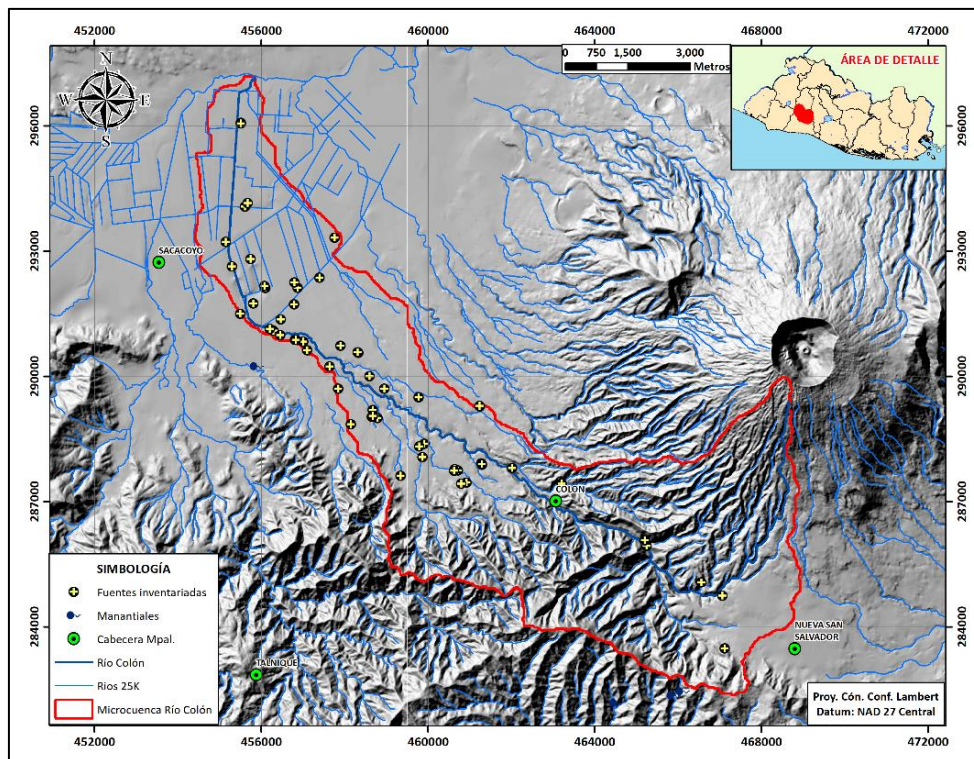


ID	COORD. LAMBERT		Elevación (msnm)	Prof. (m)	Caudal (L/s)	NE (m)	Propietario
	Norte (m)	Oeste (m)					
RCPE-43	292,082	455,768	469	SD	SD	1.92	Privado
RCPE-44	292,329	456,186	474	SD	SD	1.96	Privado
RCPE-45	292,037	455,915	460	SD	SD	2.93	Privado
RCPE-46	291,479	456,195	482	SD	SD	2.61	Privado
RCPE-47	291,440	455,953	482	SD	SD	2.52	Privado
RCPE-48	291,178	456,815	490	SD	SD	3.60	Privado
RCPE-49	290,533	457,122	498	SD	SD	7.84	Privado
RCPE-50	290,936	459,520	522	SD	SD	27.00	Privado
RCPE-51	290,454	459,706	533	SD	SD	35.90	Privado
RCPE-52	290,936	459,520	522	SD	SD	27.60	Privado
RCPE-53	290,455	459,707	533	SD	SD	36.22	Privado

SD = Sin Datos.

**Tabla 4.14.** Inventario de Manantiales dentro de la microcuenca del Río Colón.

ID	COORD. LAMBERT		Elevación (msnm)	Caudal (L/s)	Propietario
	Norte (m)	Oeste (m)			
RCM-01A	285,935	465,253	709	12.40	ANDA
RCM-01B	286,070	465,207	723	30.00	ISTU



**Mapa 4.6.** Inventario de fuentes de agua dentro de la microcuenca del Río Colón.

#### 4.4.4 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DEL ACUÍFERO

Como se menciona en la sección 1.9, durante la investigación se tuvo acceso a los informes finales de perforación de algunos de los pozos perforados, tanto dentro como en los alrededores de la

microcuenca del Río Colón. A partir de esos informes fue posible obtener los valores de los parámetros hidráulicos de dichos pozos (transmisividad y coeficiente de almacenamiento) y en algunos casos, cuando estos informes contaban con las series de datos completas de sus pruebas de bombeo, fue posible recalculer estos parámetros utilizando el software AquiferTest 2016.1 (ver **Anexo 2**). Los datos y resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 4.15**:

**Tabla 4.15.** Parámetros hidráulicos de pozos perforados dentro de la microcuenca del Río Colón.

Nombre	T (m <sup>2</sup> /día)	s	Nombre	T (m <sup>2</sup> /día)	s
RCPP-01	168.00	1.39E-03	RCPP-19	1127.68*	9.80E-10*
RCPP-02	5000.00	2.30E-03	RCPP-21	187.53*	5.00E-01*
RCPP-03	1552.42*	4.33E-09*	RCPP-22	233.48*	5.42E-20*
RCPP-04	8544.50*	2.71E-20*	RCPP-23	802.29*	5.30E-17*
RCPP-05	3887.25*	2.68E-20*	RCPP-24	678.10*	8.49E-08*
RCPP-06	468.21*	4.68E-06*	RCPP-25	1008.45*	1.47E-04*
RCPP-07	914.00	6.03E-06	RCPP-26	27074.15*	1.00E-29*
RCPP-08	554.00	3.56E-04	RCPP-27	2877.68	1.00E-03
RCPP-10	693.00	2.04E-02	RCPP-28	747.64*	1.00E-29*
RCPP-11	557.00	4.28E-05	RCPP-29	2918.54*	1.34E-19*
RCPP-12	237.00	7.91E-08	RCPP-32	34525.76*	1.36E-20*
RCPP-13	485.00	1.48E-04	RCPP-34	8221.60*	2.71E-20*
RCPP-14	349.00	3.12E-04	RCPP-35	26204.80*	1.36E-20*
RCPP-16	1726.29*	2.68E-20*	RCPP-37	3209.90	1.00E-05
RCPP-17	132.89*	2.86E-14*	RCPP-38	3209.90	1.00E-05
RCPP-18	263.29*	1.35E-15*	RCPP-40	869.34	1.00E-01

\* = Dato Recalculado.

De los datos mostrados en las **Tabla 4.12**, **Tabla 4.13** y **Tabla 4.15**, se puede apreciar lo siguiente:

**a) Transmisividad (T).**

La transmisividad del acuífero, varía en ordenes de magnitud, entre  $1 \times 10^2$  -  $1 \times 10^4$ . Aunque existe un rango de variación relativamente amplio en cuanto a este parámetro, se puede observar que los mayores valores se han obtenido en pozos ubicados en el sector de Lourdes, Colón, correspondiente a la parte media de la microcuenca. Al analizar los perfiles litológicos de estos pozos (ver sección 4.9 y **Anexo 1**), se observa que las formaciones acuíferas interceptadas se componen de rocas volcánicas con indicios de fracturamiento, así como por depósitos de materiales piroclásticos, en algunos casos con indicios de meteorización (sedimentos aluviales). Por otra parte, los pozos ubicados en el sector del DRZ, correspondiente a la parte baja de la microcuenca, presentan algunos de los menores valores de transmisividad. Al analizar también, los perfiles litológicos de los mismos (ver sección 4.9 y **Anexo 1**), se aprecia que las formaciones acuíferas interceptadas se componen de materiales piroclásticos, en algunos casos con indicios de meteorización (sedimentos aluviales y materiales arcillosos).

**b) Coeficiente de almacenamiento (s).**

La mayoría de clasificaciones de acuíferos que se encuentran en la literatura, proponen rangos de clasificación de este parámetro, que van desde  $1 \times 10^{-1}$  (acuíferos libres) hasta  $1 \times 10^{-5}$  (acuíferos confinados) (Sánchez San Román, 2017). Los datos de la **Tabla 4.15**, muestran valores que se salen de esta escala, con valores mínimos de hasta  $1 \times 10^{-29}$ ; estos resultados pueden deberse a imprecisiones o errores durante la ejecución de los aforos, a efectos particulares propios del pozo en que se desarrolla la prueba de bombeo o a la falta de un método apropiado para analizar las pruebas de bombeo de estos pozos, por ejemplo, cuando se miden los abatimientos en el mismo pozo de bombeo o cuando hay indicios de que se está en presencia de acuíferos fracturados.

Atendiendo a la clasificación antes mencionada, se observa que, en gran parte de la microcuenca del Río Colón prevalecen condiciones características de acuíferos confinados (valores bajos de s), con algunos sectores donde se presentan condiciones de acuífero libre, especialmente en sitios ubicados en los sectores más bajos de la microcuenca.

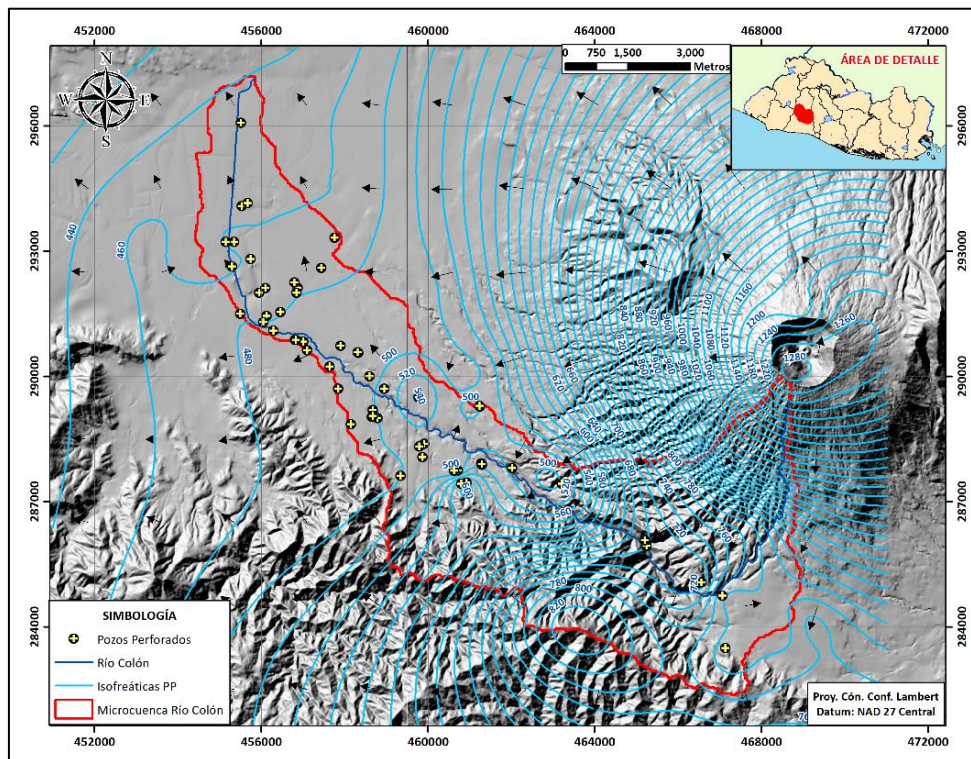
**c) Profundidad del agua subterránea y dirección de flujo.**

Considerando que los pozos perforados dentro de la microcuenca del Río Colón están captando los acuíferos principales (profundos) dentro de la microcuenca, se tiene entonces que los datos de niveles registrados muestran una gran variación en los niveles freáticos a lo largo de las formaciones acuíferas identificadas (ver **Mapa 4.7**).

En la parte baja de la microcuenca, correspondiente al sector del DRZ y el límite occidental del casco urbano de Lourdes, Colón, el nivel freático se encuentra a menos de 10 m de profundidad desde el nivel del terreno. En este mismo sector se observan también condiciones de surgencia en varios pozos perforados, originada por la presencia de estratos sedimentarios arcillosos intercalados con otro tipo de sedimentos aluviales, que funcionan como capas confinantes del acuífero alumbrado (Guevara Retana, 2011) (ver **Figura 4.5**).

En la parte media de la microcuenca, correspondiente principalmente a los cascos urbanos del Lourdes y de la ciudad de Colón, los niveles del acuífero principal se encuentran a profundidades que oscilan entre los 14 - 90 m, guardando una correlación directa con el incremento en la cota topográfica dentro de la microcuenca.

La parte media-alta de la microcuenca, es la que cuenta con menor cantidad y mayor dispersión espacial de pozos perforados; en este sector, que coincide con las áreas montañosas del CVSS y de la Cordillera del Bálsamo, se tiene registro de niveles acuíferos que oscilan entre los 100 - 163 m de profundidad.

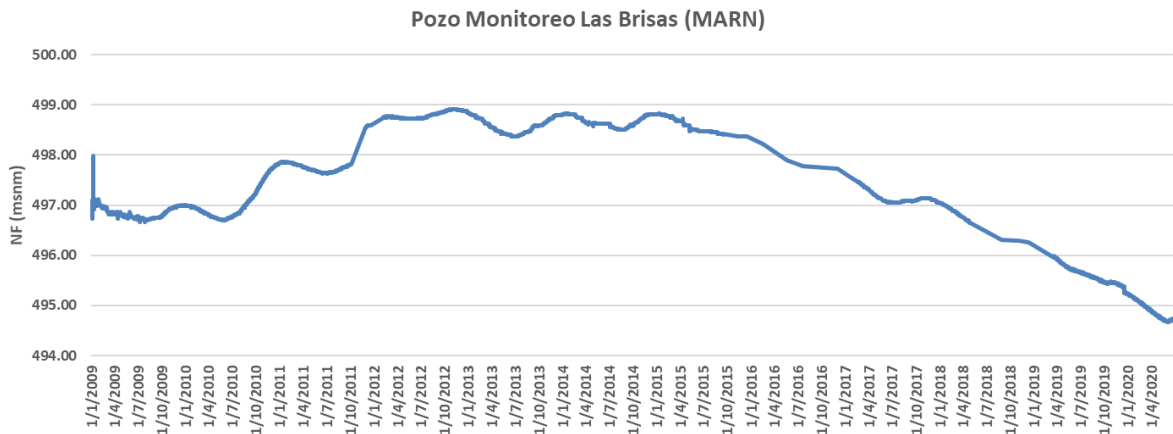


*Mapa 4.7. Isofreáticas y líneas de flujo (Pozos Perforados), microcuenca Río Colón.*



*Figura 4.5. PP 9 DRZ, ejemplo de pozo surgente.*

Existen registros temporales de las variaciones de niveles piezométricos en algunos sectores de la microcuenca del Río Colón. El pozo “Las Brisas”, propiedad del MARN es un pozo de monitoreo del acuífero principal, ubicado en la parte media de la microcuenca, específicamente en el casco urbano de Lourdes, Colón. Los registros acumulados, de forma casi continua, entre los años 2009 - 2020 muestran que la cota piezométrica del acuífero ha oscilado entre los 498.92 - 494.67 msnm, es decir una variación de 4.25 m durante los 11 años de registro (ver **Figura 4.6**).



**Figura 4.6.** Variaciones piezométricas en pozo de monitoreo, microcuenca Río Colón.

Al analizar detalladamente el gráfico de registro, se observa que entre los años 2009 - 2012 existe una tendencia ascendente (recuperación) del nivel piezométrico, con ciclos de variación interanual, probablemente asociados con los cambios en el almacenamiento producidos por efectos estacionales (inicio y fin de la estación lluviosa). Después, entre los años 2012 - 2015, el nivel piezométrico mantiene un comportamiento relativamente estable, con oscilaciones interanuales menores de 1 m, también probablemente por efectos estacionales. Finalmente, entre los años 2016 - 2020, se registra una tendencia descendente del nivel piezométrico, hasta alcanzar los valores más bajos del período de registro. Como se ha mencionado en el primer capítulo de esta investigación, se sabe que en los últimos años ha habido un incremento general en la demanda y extracción del recurso hídrico subterráneo dentro del área de la microcuenca del Río Colón, lo cual podría llevar a vincular este fenómeno con el comportamiento descendente del nivel piezométrico en el sector del acuífero ubicado en la parte media de la microcuenca; sin embargo, debido a que no se tiene conocimiento de cambios en el régimen de explotación en las zonas más cercanas a este pozo de monitoreo, no es posible concluir si este comportamiento es específico de este sector del acuífero o puede generalizarse al resto de la formación acuífera ubicada bajo la microcuenca del Río Colón.

Otro aspecto importante al momento de evaluar el comportamiento del nivel piezométrico dentro del acuífero es el comportamiento del régimen de lluvia en el mismo periodo de tiempo del monitoreo del acuífero, esto considerando que la precipitación que infiltra representa la principal fuente de recarga vertical al acuífero. Al respecto, tomando como referencia la información expuesta en el PNGIRH (FCAS-MARN, 2015), en el Informe Cuatro años continuos de sequía en El Salvador (2012-2015) (MARN, 2016) y en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio

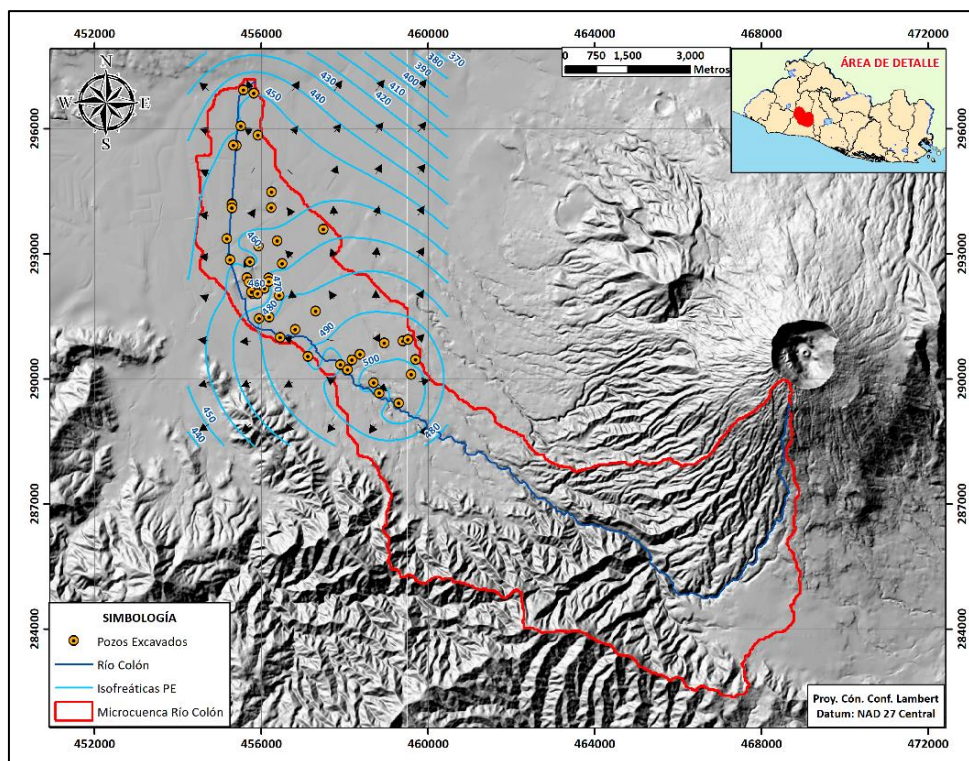
Climático (MARN, 2019), en el periodo comprendido entre los años 2009 - 2020, se han registrado al menos 4 años (2012, 2014, 2015, 2018) con precipitaciones por debajo de la media histórica nacional (1,785 mm/día) o con largos periodos de sequía meteorológica (en algunos casos de más de 60 días no consecutivos). Esto, sumado al posible incremento en la extracción del recurso hídrico del acuífero que se ha mencionado anteriormente, muy probablemente está influyendo en el comportamiento descendente del nivel piezométrico, registrado entre los años 2016 - 2020.

Considerando la información disponible de los pozos perforados, presentada en el **Mapa 4.7**, en el acuífero profundo se observa una tendencia de flujo radial desde los sectores del CVSS y la Cordillera del Bálsamo, en la parte alta de la microcuenca del Río Colón, hasta alcanzar los sectores menos escarpados de la misma. Ya en la parte media de la microcuenca, el flujo, se distribuye en tres direcciones principales, Sureste-Noreste (desde el CVSS hacia el sector de Colón), Norte-Sur (desde el CVSS hacia el sector de Santa Tecla) y Suroeste-Noreste (desde la Cordillera del Bálsamo hacia el sector de Santa Tecla). En la parte media de la microcuenca se identifica una componente de flujo radial que se superpone al flujo proveniente de la parte alta de la microcuenca, antes descrito. Finalmente, desde la parte media hacia la parte baja de la microcuenca el patrón predominante de flujo es Sureste-Noroeste. Es importante mencionar que, si bien es cierto, existe alguna información del comportamiento temporal del acuífero profundo, es necesario contar con más puntos de monitoreo temporal del mismo, especialmente en la parte alta de la microcuenca, a fin de evaluar con mayor precisión la influencia de las variaciones estacionales (época seca y lluviosa) sobre dicho acuífero.

En el caso de los pozos excavados, como se observa en el **Mapa 4.8**, estos se ubican solamente en la parte media y baja de la microcuenca del Río Colón. Si dichos pozos se toman como representativos de las características del acuífero más superficial dentro de la microcuenca, se tiene que los niveles del mismo varían entre 0.36 - 36.22 m. Al igual que en el caso del acuífero profundo, en el acuífero superficial se observa una correlación directa entre la profundidad del nivel freático con el incremento en la cota topográfica dentro de la microcuenca; esto también se evidencia en el hecho de que los pozos ubicados en la parte media de la microcuenca han tenido que ser excavados hasta alcanzar una mayor profundidad total (> 36 m). En el caso de los pozos excavados, no se cuenta con registros temporales para conocer su variación estacional de niveles.

En el caso del acuífero superficial, considerando la información disponible, se observa una tendencia de flujo radial desde la parte media de la microcuenca del Río Colón hasta la parte

baja; dentro de ese patrón destaca un rumbo de flujo predominante en dirección Sureste-Noroeste-Noreste (ver **Mapa 4.8**). No obstante, para tener una mayor certeza acerca del comportamiento del acuífero superficial, es necesario contar con un monitoreo temporal, a fin de conocer la influencia de las variaciones estacionales sobre el mismo.



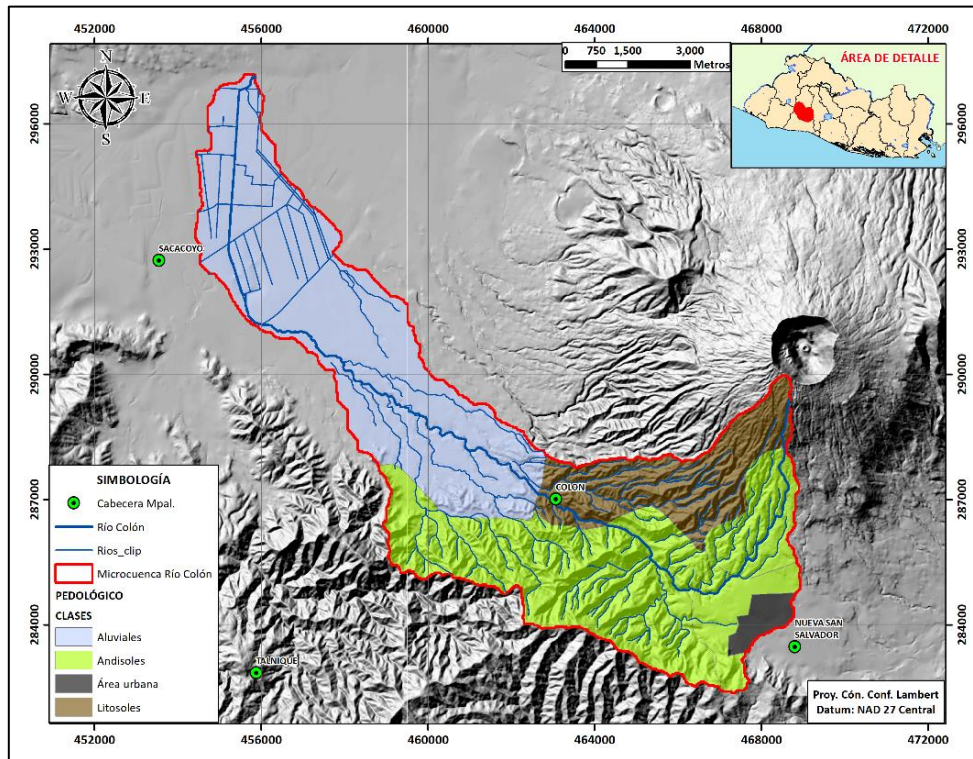
**Mapa 4.8.** Isofreáticas y líneas de flujo (Pozos Excavados), microcuenca Río Colón.

## 4.5 EL SUELO DENTRO DE LA MICROCUENCA

### 4.5.1 CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

De acuerdo con la clasificación mostrada en la **Figura 2.17**, se distinguen cuatro tipos de suelo dentro de la microcuenca del Río Colón (**Mapa 4.9**):

- **Aluviales:** Cubren la mayor parte del área la microcuenca (44%). Se extienden desde las estribaciones del CVSS y la Cordillera del Bálsamo, hasta el Valle de San Andrés, coincidiendo con el punto de salida de la cuenca ubicado en el sector del DRZ.
- **Andisoles:** Cubren un 42% del área la microcuenca. Abarcan parte de los municipios de Colón y Santa Tecla (laderas del CVSS y la Cordillera del Bálsamo).
- **Litsoles:** Cubren un 14% del área la microcuenca. Limitados la parte más elevada de la microcuenca (cima del CVSS).



*Mapa 4.9. Pedología de la microcuenca del Río Colón.*

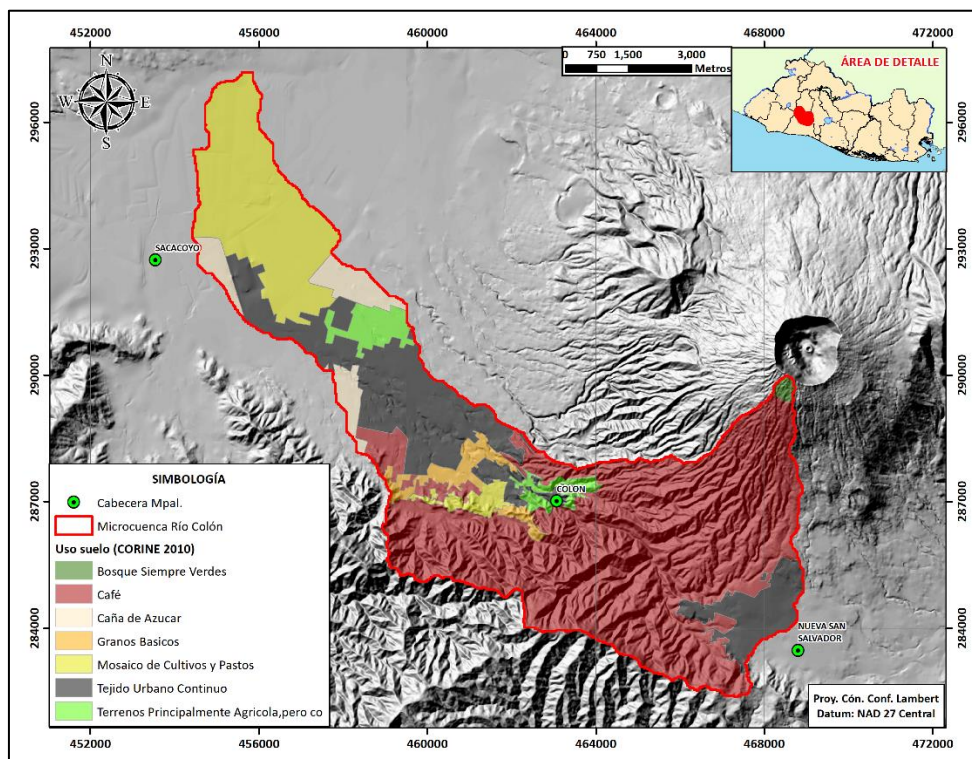
#### 4.5.2 USOS DE SUELO

De acuerdo con la **Figura 2.18**, en la microcuenca del Río Colón se consigue identificar los siguientes usos de suelo (ver **Tabla 4.16** y **Mapa 4.10**):

*Tabla 4.16. Distribución de usos de suelo dentro de la microcuenca del Río Colón.*

Uso de suelo	Área ocupada (%)	Distribución
Granos básicos	3	Sector central
Terrenos principalmente agrícolas	3	Sectores centro y noroeste
Caña de azúcar	5	Sector noroeste
Mosaico de cultivos y pastos	17	Sectores centro y noroeste
Tejido urbano continuo	20	Sectores sureste, centro y noroeste
Café	52	Sectores centro y sureste





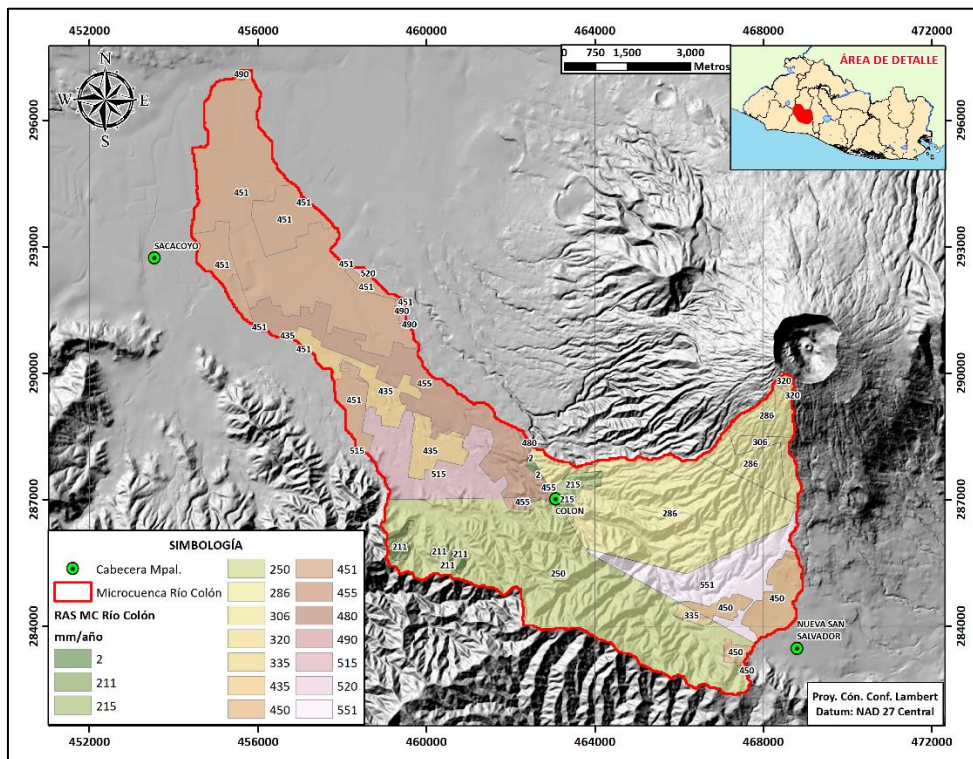
**Mapa 4.10.** Usos de suelo dentro de la microcuenca del Río Colón.

## 4.6 BALANCE HÍDRICO DENTRO DE LA MICROCUENCA

### 4.6.1 RECARGA ACUÍFERA RAS-FORGAES

Como una primera aproximación acerca de la distribución de la infiltración vertical dentro de la microcuenca del Río Colón, se determinó la recarga hídrica potencial utilizando el Mapa de Recarga Acuífera RAS-FORGAES 2005 (Junker, 2006), para la microcuenca del Río Colón (ver **Mapa 4.11**), estimándose así un volumen de infiltración para la misma (ver **Anexo 5**).

Los resultados de esta metodología indican que, dentro de la microcuenca se tiene un valor de recarga vertical promedio de 372.47 mm/año, con un volumen total de recarga, en toda el área de la misma, de 25.16 Millones de m<sup>3</sup>/año, equivalente a 797.71 L/s.



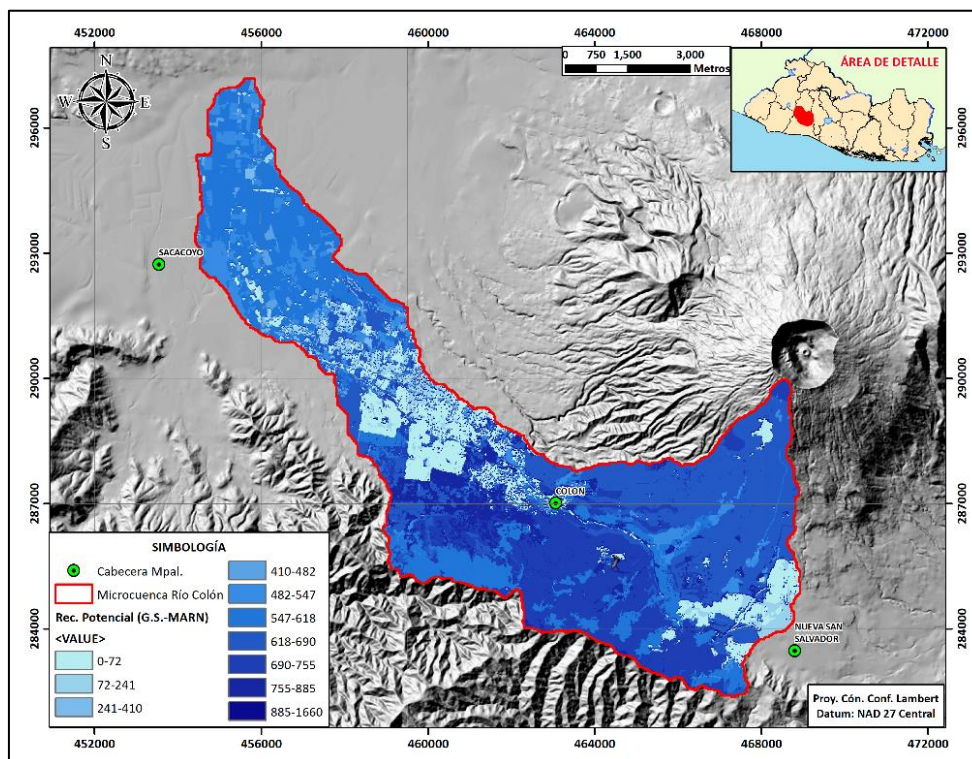
**Mapa 4.11.** Recarga acuífera RAS en la microcuenca del Río Colón.

#### 4.6.2 RECARGA ACUÍFERA POTENCIAL (SCHOSINSKY)

Una segunda estimación de la infiltración vertical dentro de la microcuenca del Río Colón, se determinó a partir del Mapa de Recarga Potencial de Acuíferos publicado por el MARN en 2018 (VIELCA Ingenieros S.A. de C.V., s.f.) (ver **Mapa 4.12**).

A partir del mapa base raster antes mencionado, se realizó el corte del mismo utilizando una capa vectorial del polígono de la microcuenca de interés, mediante las herramientas de geoprocésamiento de un software SIG y posteriormente se generaron las estadísticas del raster ya delimitado. De dichas estadísticas se extrae que el valor de recarga potencial media dentro de la microcuenca es de 564 mm/año, equivalentes a 38.06 Millones de m<sup>3</sup>/año o 1,206.89 L/s.

Como se detalló en la sección 2.6.1, para una estimación más precisa y exacta de la recarga potencial mediante el método del BH Schosinsky se requiere de la estimación y/o cálculo de diversos parámetros climáticos y de las condiciones del terreno (ver **Tabla 2.6**). Bajo esta consideración se elaboró un cálculo del BH de Schosinsky, esta vez, utilizando los parámetros climáticos y geomorfológicos que se estimaron o calcularon específicamente para la microcuenca del Río Colón:



**Mapa 4.12.** Mapa de Recarga Potencial anual (teórico), microcuenca Río Colón.

**a) Parámetros climáticos.**

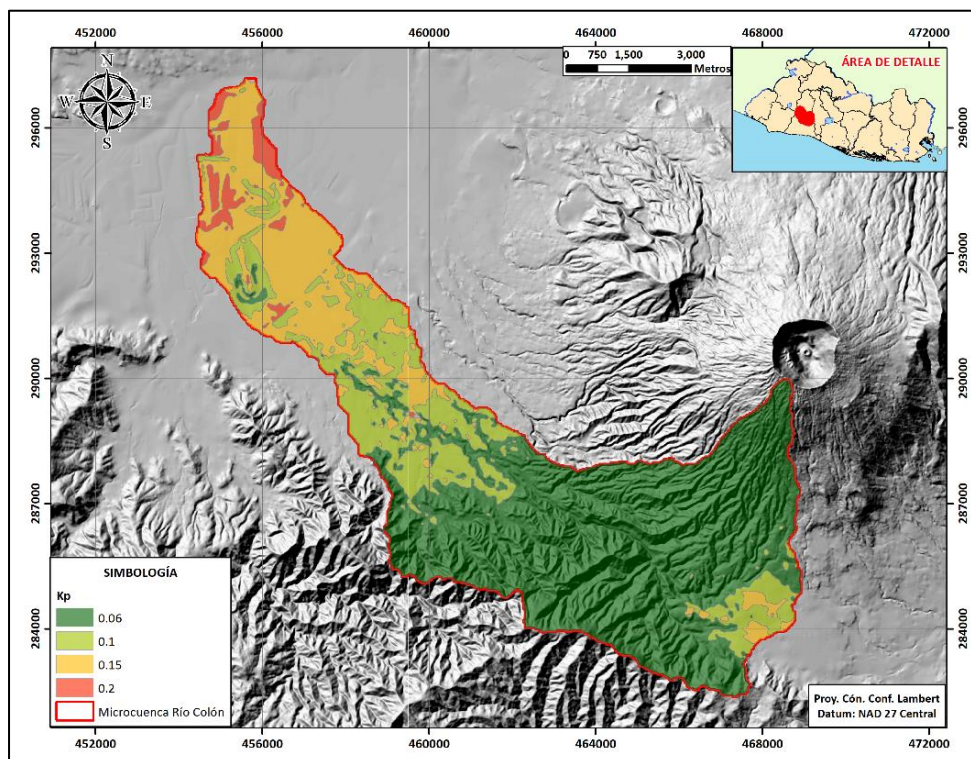
Se utilizaron los resultados del cálculo de la precipitación media y ETP mensual dentro de la microcuenca del Río Colón (ver sección 4.1.1).

**b) Factor de Pendiente (Kp).**

A partir del mapa de pendientes de la microcuenca del Río Colón (ver sección 4.2.1), se calcularon los rangos de pendientes (%), asignando para cada rango un valor Kp según la clasificación establecida por Schosinsky (2006) (ver sección 2.6.1); esta categorización se realizó mediante las herramientas de procesamiento de un software SIG. Los resultados para este factor se presentan en la **Tabla 4.17** y **Mapa 4.13**. Predominan las pendientes fuertes, debido a la influencia del relieve del CVSS y la Cordillera del Bálsamo.

**Tabla 4.17.** Factores de Pendiente (Kp), microcuenca del Río Colón.

Tipo de Pendiente	Rangos de Pendiente	Valor Kp	Área (Km <sup>2</sup> )	% Área
Plana	0.3% - 0.4%	0.20	2.00	3
Algo plana	1% - 2%	0.15	12.79	19
Promedio	2% - 7%	0.10	12.38	18
Fuerte	Mayor de 7%	0.06	40.34	60



**Mapa 4.13.** Valores de  $K_p$ , microcuenca Río Colón.

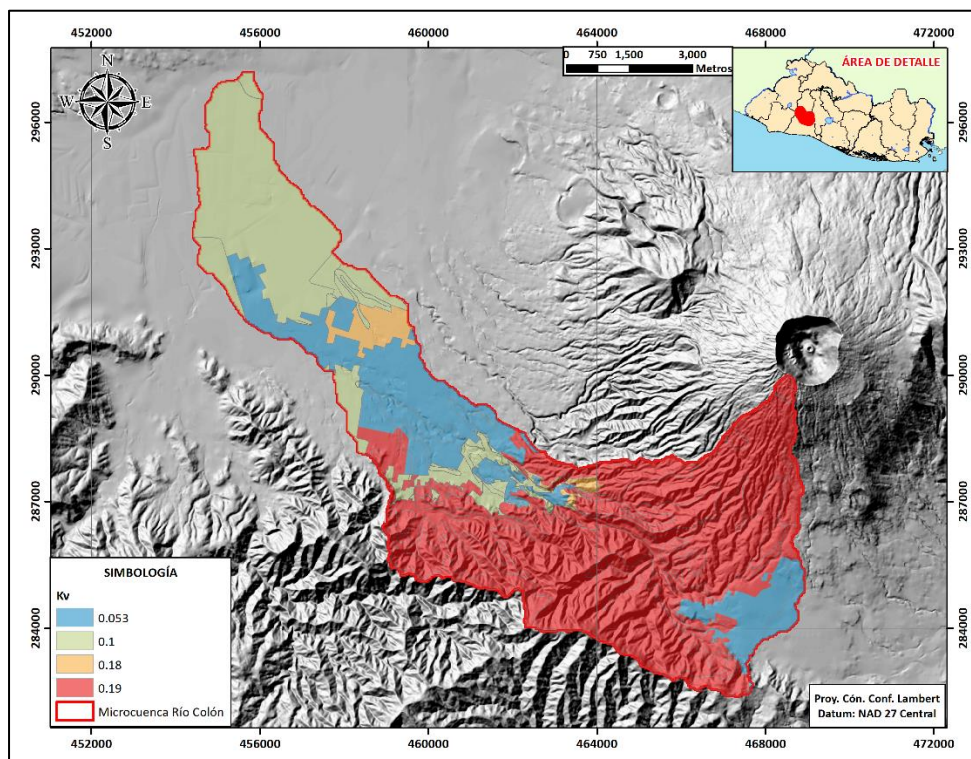
**c) Factor de Vegetación ( $K_v$ ) y profundidad de raíces (PR).**

Para la estimación del factor  $K_v$ , se tomó como referencia el mapa de uso de suelo dentro de la microcuenca del Río Colón (ver sección 4.5.2), basado en el Mapa de Uso de Suelo de E.S. Corine Land Cover 2010 (MAG-UES, 2010). A cada categoría de uso de suelo se le asignó un valor  $K_v$ , según lo establecido por Schosinsky (2006), Junker (2006) y Gil Urrutia (2007). Los valores de PR se tomaron de Schosinsky (2006) y USDA-NRCS (2016). Los resultados para ambos factores se presentan en la **Tabla 4.18** y **Mapa 4.14**. Las coberturas predominantes son los Bosques de Café, Tejido urbano y combinaciones de Cultivos y Pastos naturales.

**Tabla 4.18.** Factores de Vegetación ( $K_v$ ) y profundidad de raíz (PR), microcuenca del Río Colón.

Uso de suelo	Valor $K_v$	PR (mm)	% Área
Café	0.19*	1,200 - 1,500***	52.26
Caña de Azúcar	0.1	1,600	3.91
Granos Básicos	0.1	1,000	1.39
Mosaico de Cultivos y Pastos	0.1	1,250	15.42
Tejido Urbano Continuo	0.053**	500	19.76
Agrícola, con vegetación natural	0.18	1,250	2.62

\* = Junker (2005); \*\* = Gil Urrutia (2007); \*\*\* = USDA-NRCS (2016)



Mapa 4.14. Valores de Kv, microcuenca Río Colón.

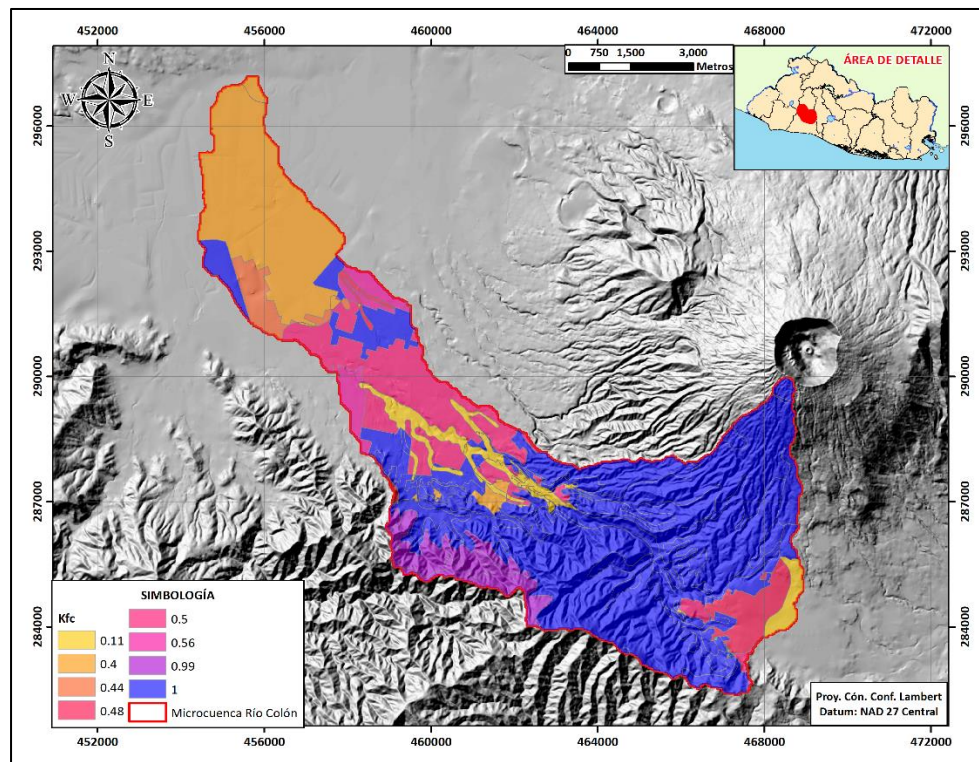
d) **Factor de Textura de suelo (Kfc), Densidad de suelo (DS), Capacidad de campo (CC) y punto de marchitez (PM).**

Para el cálculo del factor Kfc, se utilizaron los resultados de las pruebas de permeabilidad realizadas en los sitios representativos de la microcuenca del Río Colón (ver sección 3.2.3 y Anexo 6). Se calculó un Kfc por cada ensayo de permeabilidad realizado, según la ecuación propuesta por Schosinsky (2006) (ver sección 2.6.1); En algunas unidades de Tejido Urbano Continuo (\*) se aplicó un factor de corrección del 20% a los valores originales de fc, para que sus correspondientes Kfc reflejen las condiciones reales de infiltración en dichas zonas. Las texturas de suelo se identificaron visualmente “in situ”, al momento de efectuar los ensayos de permeabilidad, los valores DS, CC y PM se tomaron de Schosinsky (2006). Los resultados para todos estos factores y parámetros se presentan en la **Tabla 4.19** y el **Mapa 4.15**.

**Tabla 4.19.** Factores de Textura de suelo (Kfc) y parámetros DS, CC y PM, microcuenca del Río Colón.

Uso suelo	Mi. Geológico	fc (mm/día)	Kfc	Textura	CC (%)	PM (%)
Café	s3'a	4,424.02	1.0	Franco-Arenoso	14	6
	b1	2,013.89	1.0	Franco-Arcilloso	27	13
	c1	1,254.54	0.99	Franco	22	10
	s5'c	2,517.33	1.0	Arenoso	9	4
	b3	5,200.00	1.0	Franco	22	10

Uso suelo	Mi. Geológico	fc (mm/día)	Kfc	Textura	CC (%)	PM (%)
	c3	1,370.54	0.99	Franco-Arcilloso	27	13
	s2	2,861.28	1.0	Franco-Arenoso	14	6
	s4	3,443.89	1.0	Franco	22	10
Caña de Azúcar	Q'f	3,899.79	1.0	Arenoso	9	4
	s5'c	133.06	0.56	Franco-Arenoso	14	6
Granos básicos	s5'c	423.87	0.83	Franco	22	10
Mosaico de Cultivos y Pastos	Q'f	68.69	0.40	Franco-Arcilloso	27	13
Tejido Urbano Continuo	Q'f	82.80*	0.44	Arcillo-Arenoso	29	15
	s5'c	104.41*	0.50	Franco-Arenoso	14	6
	s4	95.21*	0.48	Franco-Arcilloso	27	13
	s2	23.00	0.11	Arcillo-Arenoso	29	15
	s3'a	22.86	0.11	Franco-Arcilloso	27	13
Agrícola, con vegetación natural	s5'c	2,959.13	1.0	Franco-Arenoso	14	6

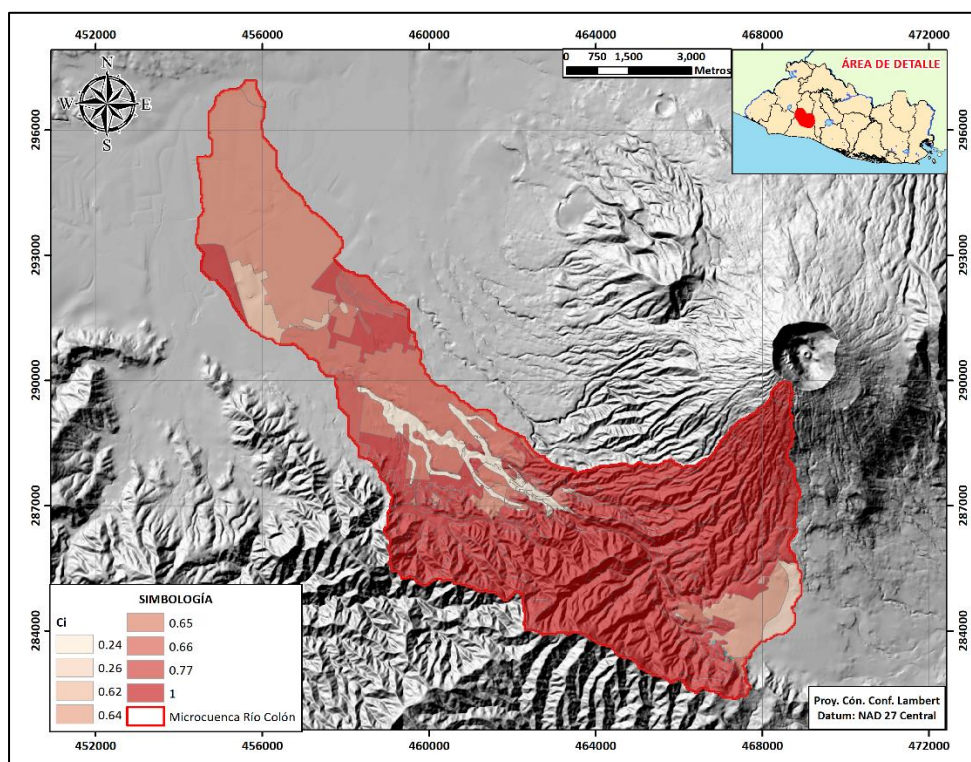


Mapa 4.15. Valores de Kfc, microcuenca Río Colón.

e) **Coefficiente de Infiltración (Ci).**

A partir de los resultados de los factores Kp, Kv y Kfc, se calculó el coeficiente de infiltración (Ci), resultado de la suma de los tres factores anteriores (ver sección 2.6.1). Este coeficiente es el factor por el cual hay que multiplicar la precipitación mensual para obtener el agua que se

infiltra mensualmente hacia el suelo (Schosinsky G. , 2006). El **Mapa 4.16** muestra la distribución de este coeficiente dentro de la microcuenca del Río Colón.



*Mapa 4.16. Valores de Ci, microcuenca Río Colón.*

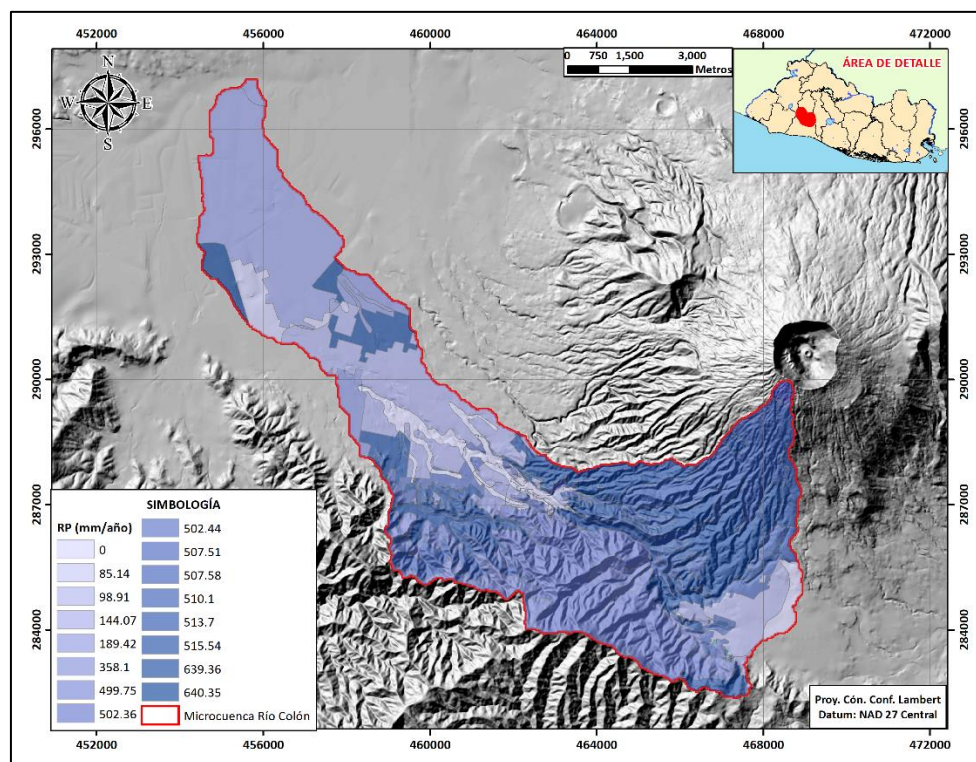
Con base en los resultados y consideraciones antes mencionados, se calcularon 18 balances hídricos, según la clasificación de polígonos de uso de suelo-geología presentes en la microcuenca; los resultados principales de los mismos se detallan en la **Tabla 4.20** (ver Anexo 7).

*Tabla 4.20. Resultados del BH de Schosinsky, microcuenca Río Colón.*

Uso suelo	Mi. Geológico	RP (mm/año)	Esc (mm/año)	Área (Km <sup>2</sup> )	Vol. RP (m <sup>3</sup> /año)	Vol. Esc (m <sup>3</sup> /año)
Café	s3'a	513.70	0.00	2.82	1450805.40	0.00
	b1	499.75	0.00	1.22	607503.12	0.00
	c1	507.58	0.00	1.75	887825.21	0.00
	s5'c	515.54	0.00	10.17	5243000.63	0.00
	b3	502.36	0.00	9.87	4960045.15	0.00
	c3	499.75	0.00	1.61	802729.54	0.00
	s2	510.10	0.00	6.34	3233070.24	0.00
Caña de Azúcar	s4	507.51	0.00	1.52	771241.12	0.00
	Q'f	640.35	0.00	1.15	739402.98	0.00
Granos básicos	s5'c	358.10	350.43	1.49	533256.09	521843.40
	s5'c	502.44	0.00	0.94	470957.89	0.00

Uso suelo	Mi. Geológico	RP (mm/año)	Esc (mm/año)	Área (Km <sup>2</sup> )	Vol. RP (m <sup>3</sup> /año)	Vol. Esc (m <sup>3</sup> /año)
Mosaico de Cultivos y Pastos	Q'f	189.42	545.36	10.42	1973138.75	5680948.52
Tejido Urbano Continuo	Q'f	85.14	590.46	1.38	117524.07	815060.43
	s5'c	144.07	515.67	7.68	1106517.97	3960538.31
	s4	98.21	566.77	2.01	197378.42	1139034.22
	s2	0.00	1148.92	0.75	0.00	861014.39
	s3'a	0.00	1166.85	1.53	0.00	1781680.40
Agrícola con vegetación natural	s5'c	639.36	0.00	1.77	1132906.84	0.00

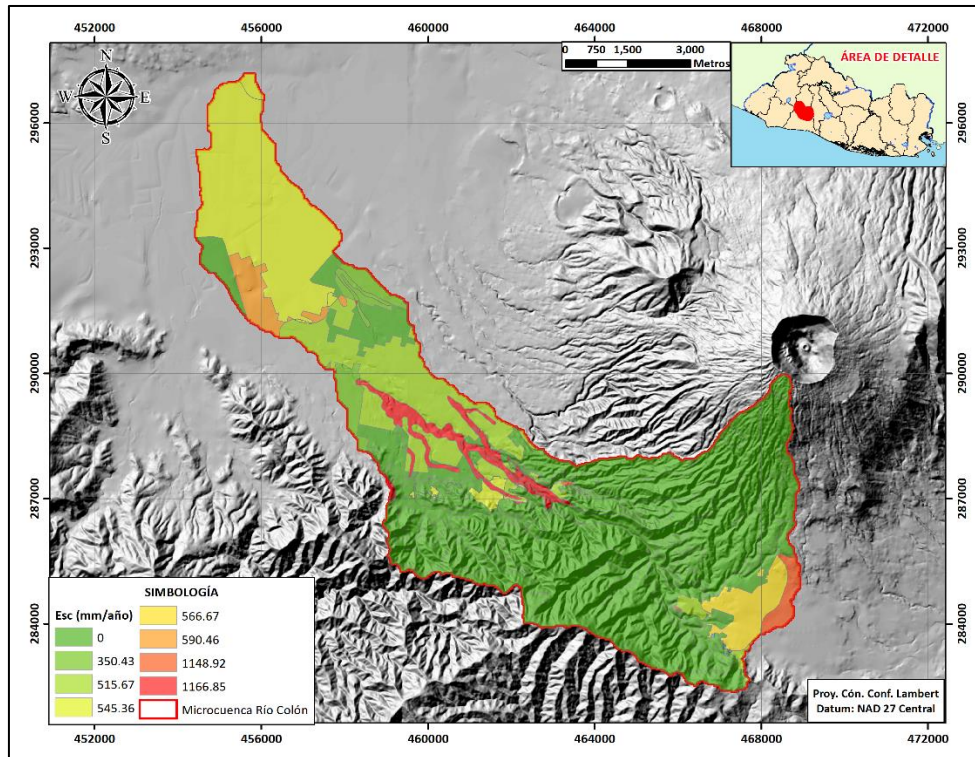
De acuerdo con los resultados de la **Tabla 4.20**, se puede interpretar que, dentro de la microcuenca del Río Colón, se tiene un valor de recarga vertical promedio de 376.12 mm/año, con un volumen total de 24.22 Millones de m<sup>3</sup>/año, equivalente a 768.24 L/s (ver **Mapa 4.17**). Las unidades “Caña de azúcar-Q'f” (640.35 mm/año) y “Agrícola con vegetación natural-s5'c” (639.36 mm/año) son las que tienen mayor capacidad de recarga de todas las clases evaluadas. No obstante, considerando la extensión espacial de las 18 clases evaluadas, resulta que la unidad “Café-s5'c” es la que aporta mayor volumen de recarga dentro del área de la microcuenca (5.24 Millones de m<sup>3</sup>/año).



**Mapa 4.17.** Recarga Potencial (Schosinsky), microcuenca del Río Colón.



Del análisis de la **Tabla 4.20**, también se determina que, dentro de esta microcuenca se tiene un valor de escurrimiento superficial de 229.15 mm/año, con un volumen total de 14.76 Millones de m<sup>3</sup>/año, equivalente a 468.04 L/s, los cuales se incorporan al flujo base de las quebradas y ríos que drenan al cauce principal del Río Colón (ver **Mapa 4.18**).



**Mapa 4.18.** Escurrimiento superficial (Schosinsky), microcuenca del Río Colón.

#### 4.6.3 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

##### a) Comparación de metodologías

En la **Tabla 4.21**, se comparan los resultados de la evaluación de la recarga acuífera, mediante las tres metodologías aplicadas: Mapa RAS-FORGAES, Mapa de Recarga Potencial Acuífera anual (Schosinsky teórico) y Recarga Acuífera por el BH Schosinsky (Schosinsky práctico).

**Tabla 4.21.** Comparación de resultados de Recarga Acuífera, microcuenca Río Colón.

Recarga anual	RAS-FORGAES	Schosinsky teórico	Schosinsky práctico (BHS)
mm/año	372.47	563.53	376.12
Mm <sup>3</sup> /año	25.16	38.06	24.23
L/s	797.71	1,206.89	768.24

De los resultados de la **Tabla 4.21**, se observa que el método de Schosinsky teórico es el que estima los mayores valores en la recarga al acuífero (38.06 Millones de m<sup>3</sup>/año), mientras que el

método de Schosinsky práctico (BHS) estima los menores valores de recarga (24.23 Millones de  $m^3/año$ ), existiendo una diferencia de 13.84 Millones de  $m^3/año$  entre ambas estimaciones. Los resultados de la metodología RAS-FORGAES son intermedios entre las dos estimaciones anteriores (25.16 Millones de  $m^3/año$ ). Cabe destacar que, pese a las diferencias antes señaladas, los resultados de las tres estimaciones se encuentran dentro del mismo orden de magnitud.

Debido a que la aplicación del método del BHS está respaldado con parámetros medidos directamente en campo (permeabilidad), es preferible tomar este resultado de la recarga acuífera como el más representativo de las condiciones reales de la microcuenca del Río Colón.

En cuanto a los otros dos métodos teóricos, al encontrarse ambos en el mismo orden de magnitud con respecto al método práctico, se pueden considerar como una alternativa válida al momento de realizar una estimación teórica y rápida del balance hídrico dentro de la microcuenca evaluada en la presente investigación. No obstante, el resultado del método RAS-FORGAES se encuentra más cercano al resultado obtenido mediante el BHS que el resultado obtenido con el método de Schosinsky teórico.

#### b) **Balance de masas**

Para evaluar los resultados obtenidos con la aplicación del BHS, se aplicará la ecuación del balance de masas (**Ecuación 12**):

$$\mathbf{Entradas = Salidas \pm \Delta Almacenamiento.}$$

*Ecuación 12.*

Esta ecuación es válida si se aplica en un sistema cerrado, donde se puedan evaluar las entradas y salidas del sistema, en este caso la microcuenca del Río Colón. Los términos de la **Ecuación 12** estarían representados por:

##### **1. Entradas al sistema:**

Valor de la Recarga potencial debido a la precipitación (BHS):  $24,227,303.42 m^3/año$ .

##### **2. Salidas del sistema:**

Considerando dos fuentes de salida dentro de la microcuenca del Río Colón:

- Extracciones por de fuentes de agua: Como no se tiene suficiente información de los regímenes de bombeo en pozos excavados, solo se considerarán las extracciones a través de pozos perforados y manantiales (ver sección 4.4.3):  $37,888,606 m^3/año$ .
- Caudal base del Río Colón: Asumiendo un comportamiento del río principalmente efluente, se considera una descarga de:  $6,892,809.93 m^3/año$  (ver sección 4.2.2).

Aplicando estas consideraciones, se obtiene el balance de masas mostrado en la **Tabla 4.22**.

*Tabla 4.22. Balance de masas, microcuenca del Río Colón.*

	<b>Entradas al sistema (m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>Salidas del sistema (m<sup>3</sup>/año)</b>
<b>Recarga Potencial</b>	24,227,303.42	
<b>Extracción por bombeo</b>		37,888,606.00
<b>Salida por el río</b>		6,892,809.93
<b>TOTAL</b>	24,227,303.42	44,781,415.93
<b>Entradas - Salidas</b>		-20,554,112.51
<b>Error (%)</b>		84.83

En el resultado de la **Tabla 4.22** se observa un déficit de -20,554,112.51 m<sup>3</sup>/año, equivalente al 84.83% del volumen total que entra al sistema. Es decir que, de acuerdo con la información disponible, el volumen total de salidas de agua excede a las entradas que se producen dentro de la microcuenca del Río Colón. Este balance de masas no ha considerado las extracciones a través de pozos excavados, además muy probablemente existen manantiales en las zonas montañosas de la microcuenca que no lograron ser inventariados, lo que significa que el volumen de déficit entre entradas y salidas de este balance podría ser mayor que el considerado en esta evaluación.

Como se mencionó en la sección 4.4.4, el análisis del nivel piezométrico en la parte media de la microcuenca muestra que en los últimos 4 años existe una tendencia descendente del mismo, lo cual, puede ser reflejo de uno los efectos que este desequilibrio entre entradas y salidas está provocando en el almacenamiento de los acuíferos ubicados dentro de la microcuenca. No obstante, dicha relación debe ser confirmada mediante un monitoreo más exhaustivo de los niveles piezométricos en varios sectores de la microcuenca (parte alta, media y baja), así como de las características fisicoquímicas de la misma, mediante el cual se pueda evaluar si existen entradas naturales adicionales al sistema, como la recarga subterránea lateral desde las microcuencas aledañas, la recarga producida por ríos o quebradas total o parcialmente influentes al acuífero o la recarga producida a través del fracturamiento en zonas montañosas (CVSS y la Cordillera del Bálsamo). De la misma manera, se puede evaluar la influencia de otras entradas al sistema producidas por la influencia antrópica, como las pérdidas en acueductos y alcantarillados y los trasvases a través de los canales aún funcionales de ríos aledaños en el sector del DRZ, que trasladan agua hacia la microcuenca.

## 4.7 CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS DE LA MICROCUENCA

### 4.7.1 RESULTADOS DEL MUESTREO FÍSICOQUÍMICO

Como se mencionó en la sección 3.2.2, se seleccionaron 8 sitios para el muestreo de parámetros físicoquímicos dentro de la microcuenca del Río Colón. Este muestreo se desarrolló en época seca y en época lluviosa, a fin de determinar si existían variaciones estacionales de los parámetros medidos.

Los resultados de las campañas de muestreo realizadas en época seca y lluviosa se presentan en la **Tabla 4.23** y **Tabla 4.24**, respectivamente (ver **Anexo 9**). En la **Figura 4.7**, se comparan los resultados de los parámetros físicoquímicos muestreados en ambas épocas del año.

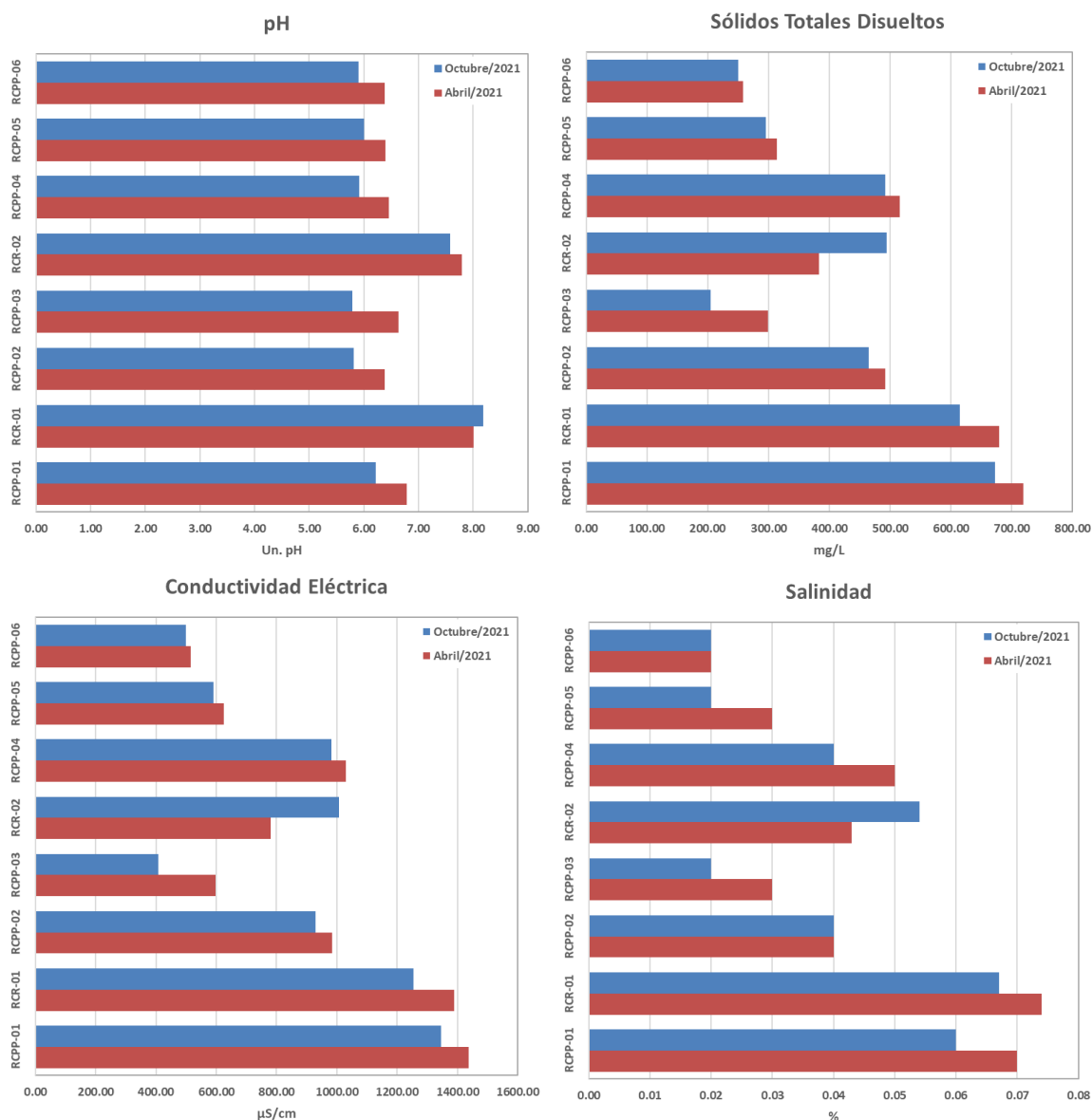
*Tabla 4.23. Resultados de muestreo FQ dentro de la microcuenca del Río Colón, época seca.*

CÓDIGO	RCPP-01	RCPP-02	RCPP-03	RCPP-04	RCPP-05	RCPP-06	RCR-01	RCR-02
Fecha	21/4/2021	21/4/2021	21/4/2021	22/4/2021	22/4/2021	22/4/2021	22/4/2021	21/4/2021
pH	6.79	6.38	6.64	6.46	6.39	6.38	8.01	7.8
T (°C)	27.6	30.0	28.7	29.1	28.6	27.4	--	--
CE (µS/cm)	1437.0	985.0	598.00	1031.00	625.00	515.00	1388.50	780.65
TDS (mg/L)	719.0	492.0	299.00	516.00	314.00	258.00	679.60	383.00
Sal. (%)	0.07	0.04	0.03	0.05	0.03	0.02	0.74	0.43
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	378.38	181.07	148.57	160.17	106.78	92.85	287.85	194.99
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	15	26	35	201	119	76	32	88
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	34.85	44.81	47.05	14.94	5.81	3.57	136.90	29.87
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	<1.33	23.43	12.87	45.63	13.53	34.32	8.76	16.16
Na <sup>+</sup> (mg/L)	81.510	75.610	67.890	77.030	37.290	25.690	155.400	73.980
K <sup>+</sup> (mg/L)	11.750	13.510	13.940	14.030	11.090	8.510	23.370	19.250
Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	122.300	106.700	48.390	121.000	81.630	76.690	115.500	72.740
Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	125.300	56.040	24.790	59.430	38.360	29.000	44.470	35.410

*Tabla 4.24. Resultados de muestreo FQ dentro de la microcuenca del Río Colón, época lluviosa.*

CÓDIGO	RCPP-01	RCPP-02	RCPP-03	RCPP-04	RCPP-05	RCPP-06	RCR-01	RCR-02
Fecha	25/10/2021	25/10/2021	26/10/2021	25/10/2021	25/10/2021	26/10/2021	25/10/2021	26/10/2021
pH	6.22	5.81	5.74	5.92	6.0	5.90	8.18	7.58
T (°C)	28.2	30.0	26.9	30.3	28.6	27.4	--	--
CE (µS/cm)	1346.00	929.00	409.00	982.00	591.00	499.00	1253.00	1007.00
TDS (mg/L)	675.00	465.00	205.00	492.00	296.00	250.00	614.50	494.05
Sal. (%)	0.06	0.04	0.02	0.04	0.02	0.02	0.67	0.54
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	381.79	207.84	158.14	203.32	140.06	126.51	282.39	311.75
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	292	238	31	217	137	85	117	137
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	39.43	55.70	6.90	53.24	19.22	14.79	120.77	52.50
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	2.11	40.40	25.14	19.10	16.93	38.31	23.36	21.74
Na <sup>+</sup> (mg/L)	76.650	68.520	23.750	65.070	31.630	12.720	119.800	14.200
K <sup>+</sup> (mg/L)	10.810	11.910	7.015	11.700	9.127	3.769	14.960	3.224
Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	141.300	126.700	62.930	119.500	88.150	31.350	120.000	10.570
Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	133.100	55.870	25.160	53.660	34.900	7.414	42.680	2.990

En la **Figura 4.7**, se observa que el parámetro pH sufrió una reducción en época lluviosa, excepto en el sitio RCR-01. Los parámetros CE y TDS también mostraron una reducción en época lluviosa, excepto en el sitio RCR-02. En el caso de la salinidad, también se aprecia esta reducción en época lluviosa, excepto en los sitios RCPP-02 y RCR-02. Se debe recordar que, los sitios RCR-01 y RCR-02, cuyo comportamiento estacional de los parámetros descritos anteriormente, difiere con respecto a los demás sitios muestreados, corresponden al cauce principal del Río Colón, cuya corriente se encuentra expuesta a descargas domésticas, agrícolas e industriales, producto de las diferentes actividades antrópicas que se realizan dentro de la microcuenca.



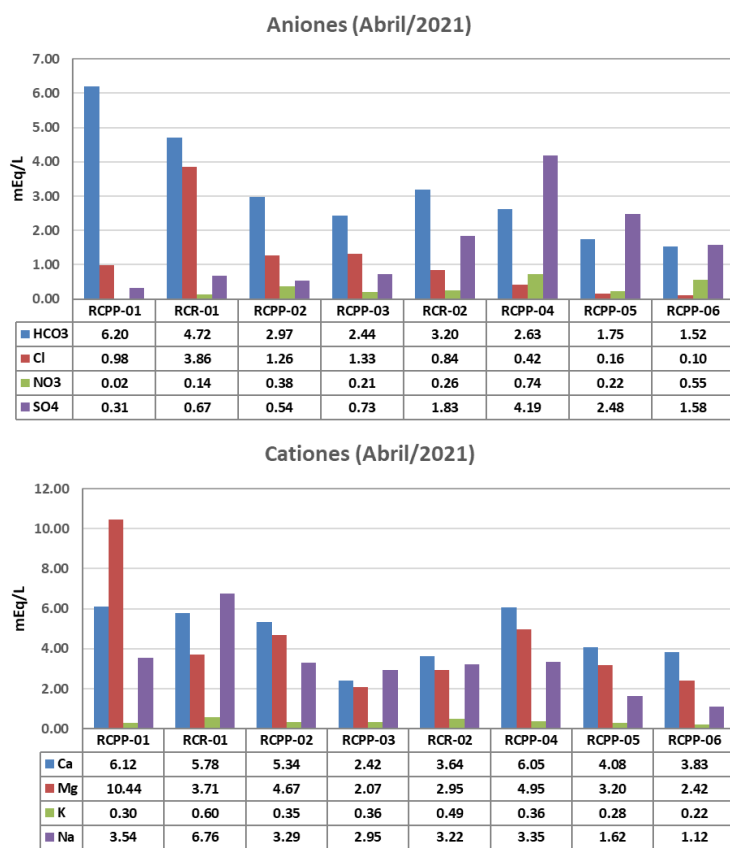
**Figura 4.7.** Comparación de resultados del muestreo de parámetros FQ, Microcuenca Río Colón.

#### 4.7.2 MÉTODOS GRÁFICOS DE ANÁLISIS

Para facilitar la interpretación y presentación de la información hidroquímica, se presentan a continuación algunos gráficos que se consideran de importancia.

##### a) Época seca.

Los resultados del análisis de iones mayoritarios de los sitios muestreados en abril/2021 se presentan en la **Figura 4.8**. Mediante la **Ecuación 10**, se calcularon los balances iónicos para cada muestra colectada (ver **Tabla 4.25**).



**Figura 4.8.** Concentraciones iones mayoritarios, época seca, Microcuenca Río Colón.

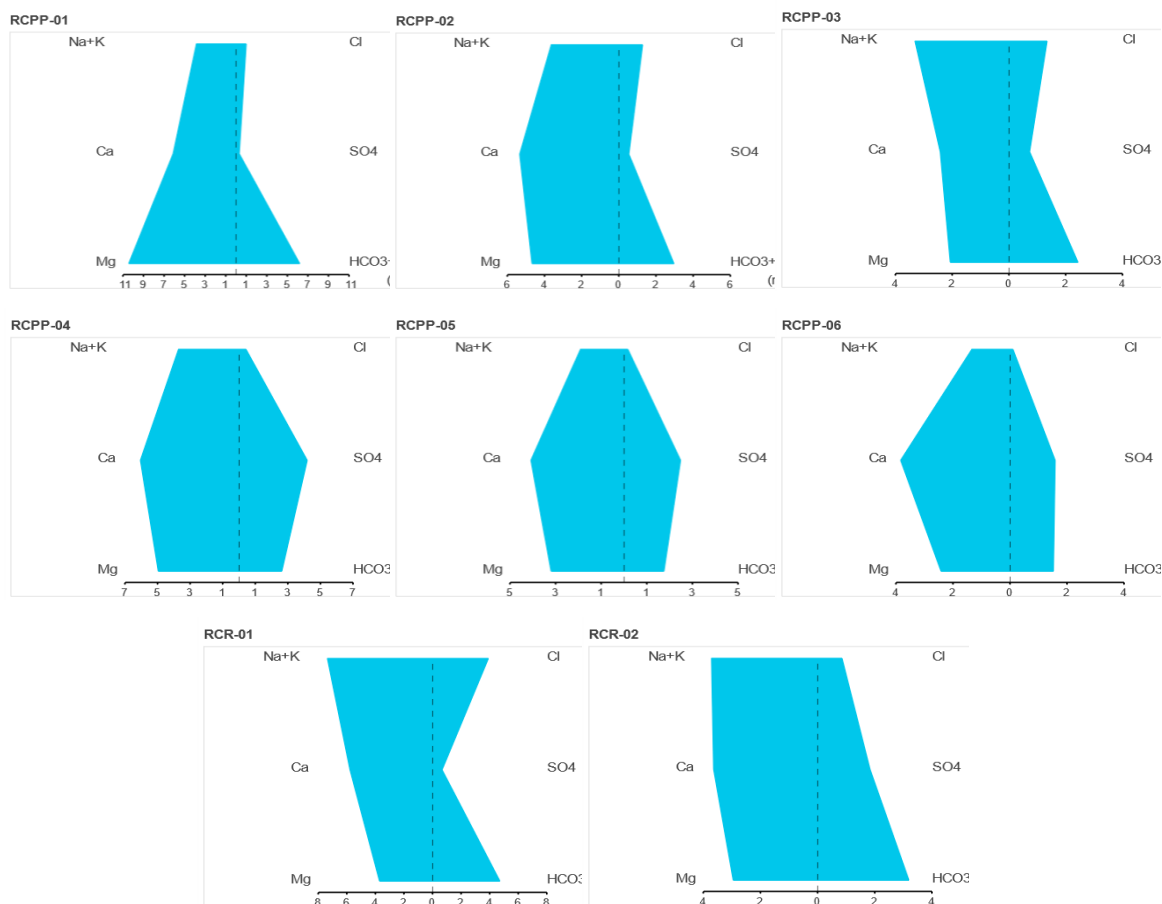
**Tabla 4.25.** Cálculo del Balance Iónico, muestreo época seca.

CÓDIGO	RCPP-01	RCPP-02	RCPP-03	RCPP-04	RCPP-05	RCPP-06	RCR-01	RCR-02
Σ Aniones (mEq/L)	7.52	5.15	4.70	7.97	4.61	3.76	9.38	6.13
Σ Cationes (mEq/L)	20.40	13.64	7.79	14.71	9.18	7.59	16.84	10.30
Error calculado (%)	46.14	45.18	24.79	29.72	33.14	33.73	28.43	25.36
CE (μS/cm)	1437.0	985.0	598.00	1031.00	625.00	515.00	1388.50	780.65
Error esperado (%)	4.0 - 8.0	4.0 - 8.0	4.0 - 8.0	4.0 - 8.0	4.0 - 8.0	4.0 - 8.0	4.0 - 8.0	4.0 - 8.0

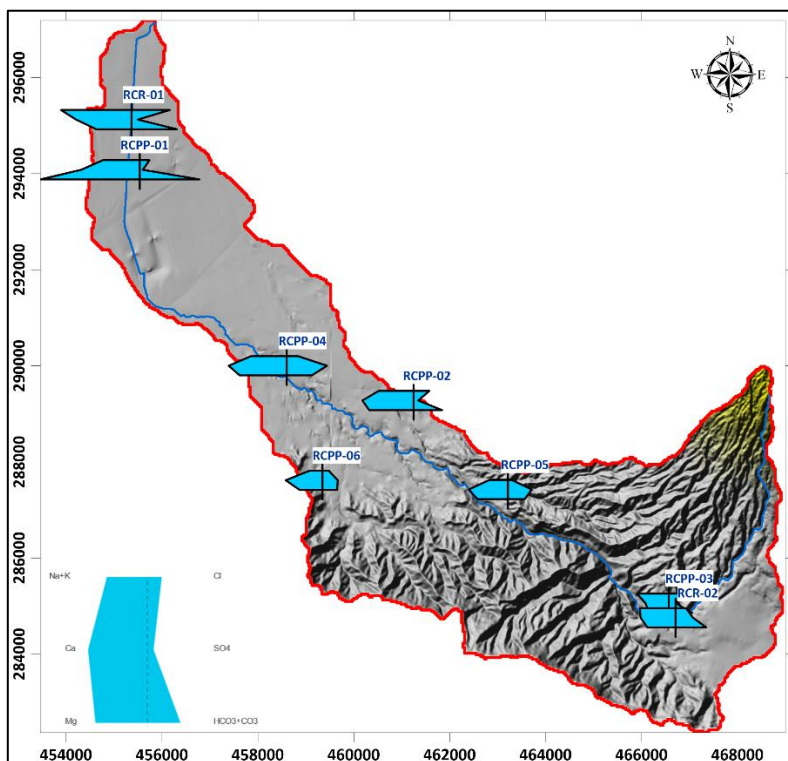
En la **Tabla 4.25** se observa que en todas las muestras analizadas la suma de los cationes es mayor a la de los aniones. Al mismo tiempo, el porcentaje de error calculado en todas las muestras supera

los rangos permisibles, según sus correspondientes medidas de CE (entre el 4 - 8% de error). A partir de estos resultados se infiere que probablemente el análisis de laboratorio realizado no está considerando la presencia de otros iones, generalmente minoritarios, pero que, en esta microcuenca en particular, se encuentran en una concentración similar a la de los iones mayoritarios analizados. Algunas de estas especies minoritarias pueden ser los iones ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ), fluoruro ( $\text{F}^-$ ), fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ).

Los diagramas Stiff de la campaña de muestreo realizada en abril/2021 se presentan en la **Figura 4.9**. Se observa que las concentraciones iónicas de las aguas en el área de estudio difieren considerablemente según su ubicación geográfica, apreciándose una tendencia general de mineralización del acuífero, conforme se desciende desde la parte alta hacia la parte baja de la microcuenca (ver **Mapa 4.19**, **Tabla 4.23** y **Tabla 4.25**).



**Figura 4.9.** Diagramas de Stiff de resultados FQ obtenidos, época seca.



**Mapa 4.19.** Ubicación de resultados FQ obtenidos, época seca, microcuenca del Río Colón.

La muestra RCPP-01, correspondiente a un sitio ubicado en la parte baja de la microcuenca, es la que presenta mayor concentración iónica de  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{Mg}^{2+}$  y los mayores valores de TDS y CE (719 mg/L y 1,437  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de todas las analizadas. Se trata de un pozo perforado de poca profundidad (aprox. 100 m), que de acuerdo con sus parámetros hidrogeológicos capta un acuífero sedimentario somero, con cierto grado de confinamiento (ver Sección 4.4.3). Si se consideran las concentraciones elevadas de los iones antes mencionados y que el resto de pozos profundos identificados en este sector de la microcuenca tienen características de diseño similares (profundidad total, posición de rejillas, etc.) (ver Sección 4.4.3), se puede inferir que en este sector se está interceptando un acuífero poco profundo, con una componente importante de flujo local a lo largo del mismo.

Las muestras RCPP-02 y RCPP-04, correspondientes a sitios ubicados en la parte media de la microcuenca, presentan valores elevados de TDS y CE (492 mg/L; 985  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 516 mg/L; 1,031  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), aunque menores que la del sitio RCPP-01. En cuanto a su concentración iónica, ambos sitios presentan similitudes, con concentraciones relativamente elevadas de  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , pero menores que las del sitio RCPP-01. Aunque ambos pozos tienen diferentes características de diseño (profundidad total, posición de rejillas, etc.) (ver Sección 4.4.3), los resultados parecen indicar que, se mantiene la influencia del flujo local en el acuífero interceptado en este sector de la microcuenca,



aunque en menor medida que en la parte baja de la misma. Se debe señalar que, la muestra del sitio RCPP-04 es la que presenta mayor contenido de  $\text{SO}_4^{2-}$  de toda las analizadas, lo cual puede estar asociado con la infiltración y acumulación en el acuífero de residuos de productos agroquímicos aplicados en los cultivos presentes en ese sector de la microcuenca (Caña de azúcar).

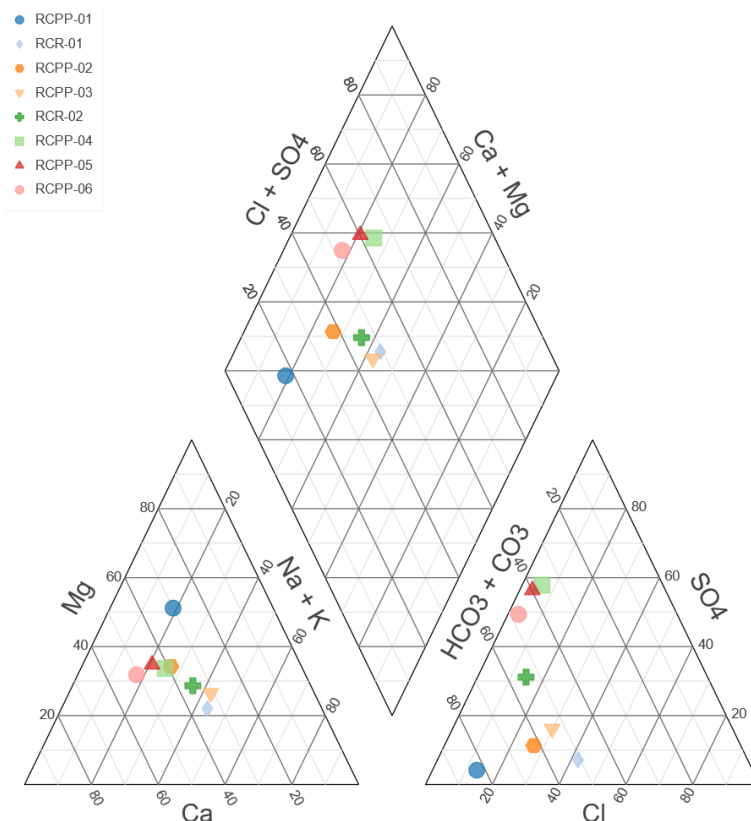
Las muestras RCPP-05 y RCPP-06, correspondientes a sitios ubicados en el límite entre la parte media y alta de la microcuenca, presentan valores mucho menores de TDS y CE (314 mg/L; 625  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 258 mg/L; 512  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), comparados con los sitios ubicados aguas abajo. Ambas muestras presentan similitudes en su concentración iónica, siendo los sitios donde se identificaron las menores concentraciones de  $\text{HCO}_3^-$  de toda la microcuenca y algunas de las menores concentraciones de  $\text{Mg}^{2+}$ ; al mismo tiempo se identificaron concentraciones elevadas de  $\text{SO}_4^{2-}$ , aunque menores que la muestreada en el sitio RCPP-04. Considerando estas concentraciones iónicas y que ambos pozos tienen características de diseño similares (profundidad total, posición de rejillas, etc.) (ver Sección 4.4.3), se puede inferir que en este sector se está interceptando un acuífero más profundo y con mayor influencia del flujo regional, comparado con el interceptado por los pozos ubicados aguas abajo dentro de la microcuenca.

La muestra RCPP-03, correspondiente a un sitio ubicado en la parte alta de la microcuenca, es la que presenta los menores valores de TDS y CE (299 mg/L y 598  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de todas las analizadas. La concentración de  $\text{HCO}_3^-$  se encuentra entre las menores de toda la microcuenca y la de  $\text{Mg}^{2+}$  es la menor de todas las analizadas dentro de la misma; la concentración de  $\text{SO}_4^{2-}$ , es menor que la muestreada en los sitios ubicados en la parte media-alta de la microcuenca, pero mayor que la de los sitios ubicados en la parte media y baja de la misma (exceptuando el sitio RCPP-04); en cuanto al  $\text{Cl}^-$ , se trata de la muestra donde se registró la mayor concentración de esta especie, de todas las analizadas. Se trata de un pozo perforado profundo (300 m) y el sitio muestreado a mayor cota topográfica dentro de la microcuenca. De acuerdo con sus parámetros hidrogeológicos este pozo está captando un acuífero volcánico confinado (ver Sección 4.4.3). Considerando estas concentraciones iónicas y que dicho pozo puede ser representativo del acuífero de este sector de la microcuenca (ver Secciones 4.3.2 y 4.4.1), se puede inferir que en este sector también se está interceptando principalmente un acuífero profundo, con influencia del flujo regional.

En cuanto a las muestras tomadas en el cauce principal del río, se observa que la muestra RCR-01, colectada en la parte baja de la microcuenca presenta valores altos de CE y TDS (1,388.5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 679.6 mg/L), comparada con la muestra RCR-02 (780.65  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 383 mg/L), colectada en la parte alta de la misma. En los recorridos de campo se pudo observar que la corriente del río exhibe menor

turbidez en la parte alta de la microcuenca, ocurriendo lo contrario en la parte baja y especialmente en la parte media de la microcuenca (ver **Figura 3.3**), donde se ubica la mayor densidad del tejido urbanizado (complejos residenciales, comerciales e industriales). Por otra parte, las concentraciones iónicas de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$  son mayores en la muestra RCR-01 (microcuenca baja) comparada con la muestra RCR-02 (microcuenca alta); aunque se espera que la corriente del río este más mineralizada aguas abajo, debido al arrastre de materiales erosionados desde la parte alta de la microcuenca, también se debe considerar el aporte adicional en cuanto a carga mineral, producto de las descargas domésticas, agrícolas e industriales que se realizan al cauce del río, especialmente en el sector comprendido entre la parte media y baja de la microcuenca.

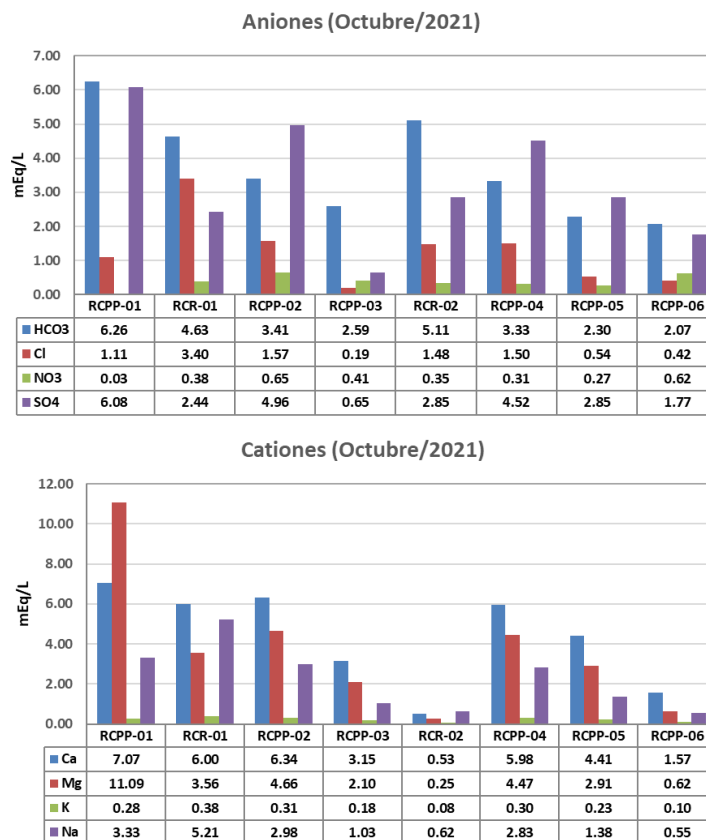
Con base en el diagrama de Piper mostrado en la **Figura 4.10**, se observa que la mayoría de las muestras (RCPP-01, RCPP-02, RCPP-03, RCR-01, RCR-02), se clasifican como Bicarbonatadas Cálcidas o Magnésicas (sector izquierdo del romboide), este grupo incluye 5 pozos perforados y los 2 sitios del cauce del Río Colón. Al mismo tiempo, únicamente 3 muestras, correspondientes a 3 pozos perforados (RCPP-04, RCPP-05, RCPP-06) corresponden al tipo Sulfatadas o Cloruradas Cálcidas o Magnésicas (sector superior del romboide).



**Figura 4.10.** Diagrama de Piper de los resultados obtenidos de los sitios muestreados, época seca.

b) **Época lluviosa.**

Los resultados del análisis de iones mayoritarios de los sitios muestreados en octubre/2021 se presentan en la **Figura 4.11**. Mediante la **Ecuación 10**, se calcularon los balances iónicos para cada muestra colectada (ver **Tabla 4.26**).



**Figura 4.11.** Concentraciones iones mayoritarios, época lluviosa, Microcuenca Río Colón.

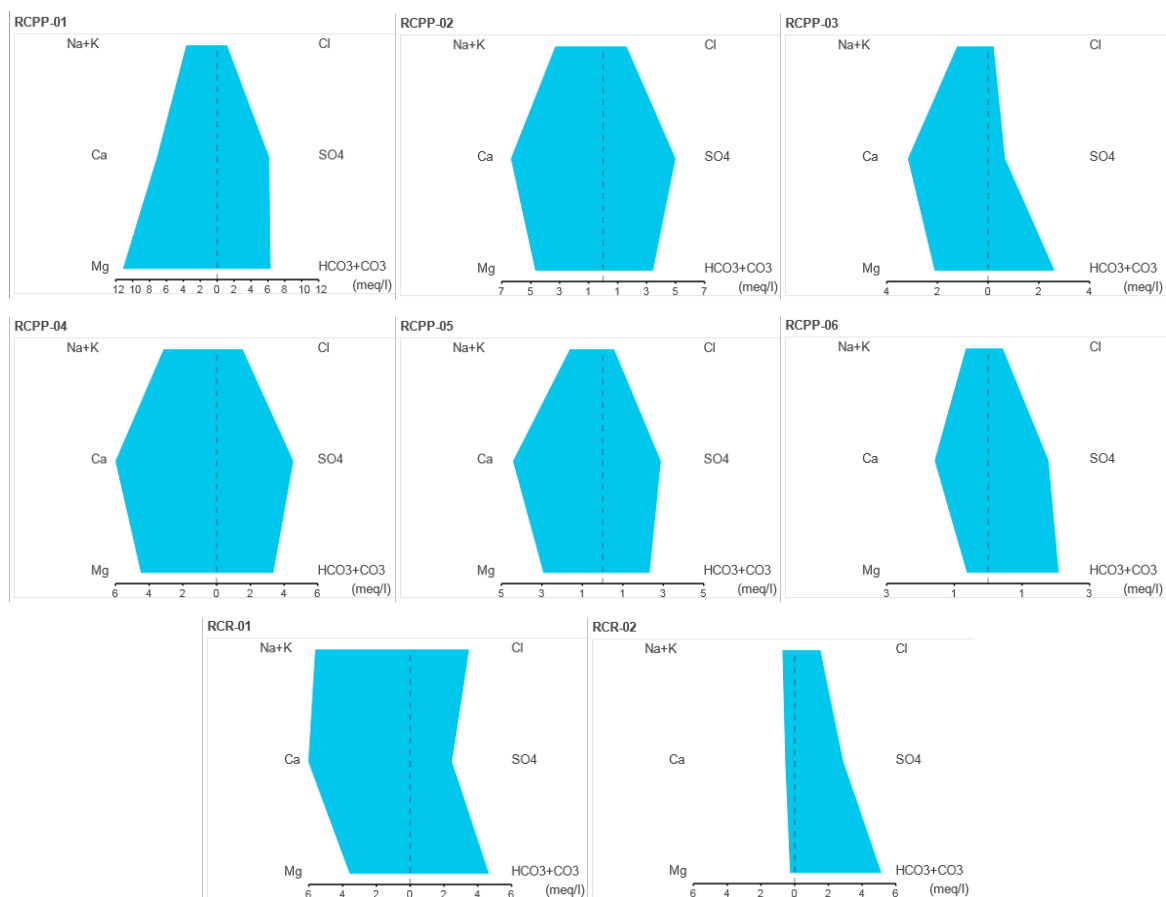
**Tabla 4.26.** Cálculo del Balance Iónico, muestreo época lluviosa.

CÓDIGO	RCPP-01	RCPP-02	RCPP-03	RCPP-04	RCPP-05	RCPP-06	RCR-01	RCR-02
$\Sigma$ Aniones (mEq/L)	13.49	10.59	3.84	9.66	5.96	4.88	10.85	9.79
$\Sigma$ Cationes (mEq/L)	21.77	14.28	6.46	13.58	8.93	2.84	15.15	1.48
Error (%)	23.49	14.84	25.43	16.84	19.88	26.50	16.55	73.78
<b>CE (<math>\mu</math>S/cm)</b>	1346.00	929.00	409.00	982.00	591.00	499.00	1253.00	1007.00
<b>Error esperado (%)</b>	4.0 - 8.0	4.0 - 8.0	8.0 - 10.0	4.0 - 8.0	4.0 - 8.0	8.0 - 10.0	4.0 - 8.0	4.0 - 8.0

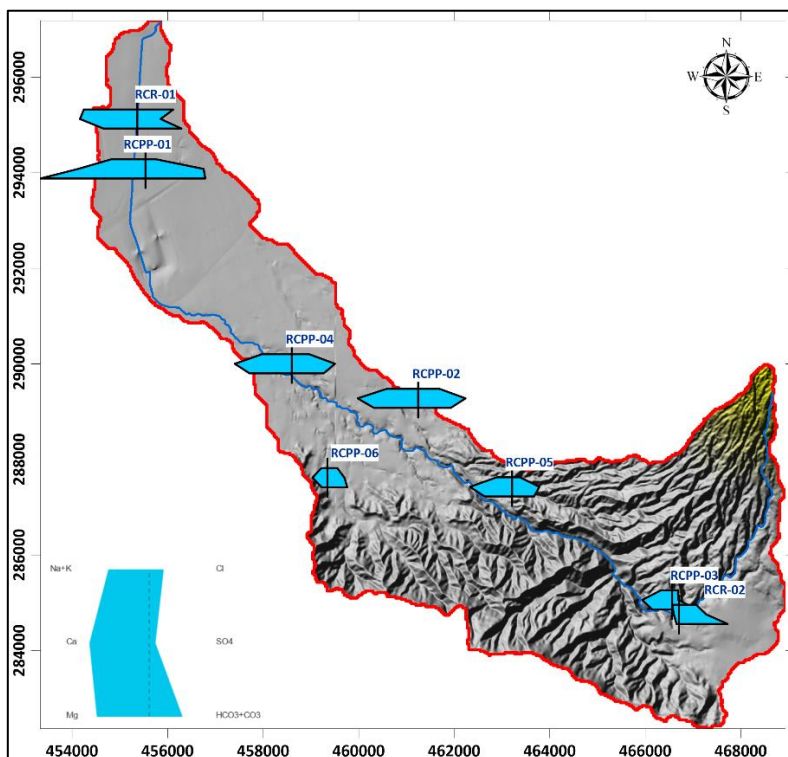
En la **Tabla 4.26** se puede observar que en 6 de las muestras analizadas la suma de los cationes es mayor que la de los aniones, ocurriendo lo opuesto en las 2 muestras restantes. Al igual que en el caso del muestreo en época seca, el porcentaje de error obtenido en todas estas muestras supera los rangos permisibles, según los valores de CE medidos en cada una de ellas (entre el 4 - 10% error esperado). En este caso, también se infiere que probablemente el análisis de laboratorio realizado

no está considerando la presencia de otras especies químicas generalmente minoritarias, como los ya mencionados iones ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ), fluoruro ( $\text{F}^-$ ), fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ).

Al igual que en los resultados obtenidos en el muestreo realizado en época seca, en los diagramas Stiff de la campaña de octubre/2021 (ver **Figura 4.12**), se observa que las concentraciones iónicas de las aguas en el área de estudio difieren considerablemente según su ubicación geográfica, manteniéndose la tendencia general de mineralización del acuífero, desde la parte alta hacia la parte baja de la microcuenca (ver **Mapa 4.20**, **Tabla 4.24** y **Tabla 4.26**).



**Figura 4.12.** Diagramas de Stiff de resultados obtenidos de los sitios muestreados, época lluviosa.



**Mapa 4.20.** Ubicación de resultados FQ obtenidos, época lluviosa, microcuenca del Río Colón.

Al igual que en el muestreo realizado en época seca, la muestra RCPP-01 (parte baja de la microcuenca) es la que presenta mayor concentración iónica de  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{Mg}^{2+}$  y mayores valores de TDS y CE (673 mg/L y 1,346  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de todas las analizadas; aunque evidenciando una reducción en los mismos, con respecto a los medidos en época seca; también aumenta significativamente la concentración de  $\text{SO}_4^{2-}$ , alcanzando la mayor concentración medida dentro de la microcuenca. En cuanto al resto de las concentraciones iónicas, los valores de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Cl}^-$  aumentan, mientras que los valores de  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$  disminuyen con respecto a los resultados obtenidos en época seca. De acuerdo con estos resultados, se refuerza la inferencia respecto a la intercepción de un acuífero poco profundo, con una componente importante de flujo local. La concentración elevada de  $\text{SO}_4^{2-}$  puede deberse a que, por la acción de la lluvia e infiltración, se han arrastrado al acuífero residuos de los productos agroquímicos aplicados en los cultivos del sector del DRZ.

En las muestras RCPP-02 y RCPP-04, correspondientes a sitios ubicados en la parte media de la microcuenca, se mantienen los valores elevados de TDS y CE (465 mg/L; 929  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 492 mg/L; 982  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), pero al igual que en el caso del sitio RCPP-01, se evidencia una reducción en dichos valores, con respecto a los medidos en época seca. En cuanto a su concentración iónica, se mantiene la similitud entre ambos sitios, con valores relativamente altos de  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , siempre menores

que las del sitio RCPP-01; al igual que en el sitio RCPP-01, se aprecia un incremento significativo en la concentración de  $\text{SO}_4^{2-}$ , con respecto al resultado de la época seca. En cuanto al resto de las concentraciones iónicas, para el sitio RCPP-02 los valores de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Cl}^-$  aumentan, mientras que los valores de  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$  disminuyen con respecto a los resultados obtenidos en época seca. Para el sitio RCPP-04 el valor de  $\text{Cl}^-$  aumenta, mientras que los valores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$  disminuyen con respecto a los resultados obtenidos en época seca. Los resultados parecen indicar que, se mantiene la influencia del flujo local en el acuífero interceptado en este sector de la microcuenca, aunque en menor medida que en la parte baja de la misma. Asimismo, al igual que en el sitio RCPP-01 el incremento de  $\text{SO}_4^{2-}$  puede estar asociado a la infiltración de residuos de productos agroquímicos aplicados a los cultivos presentes en ese sector de la microcuenca (Caña de azúcar).

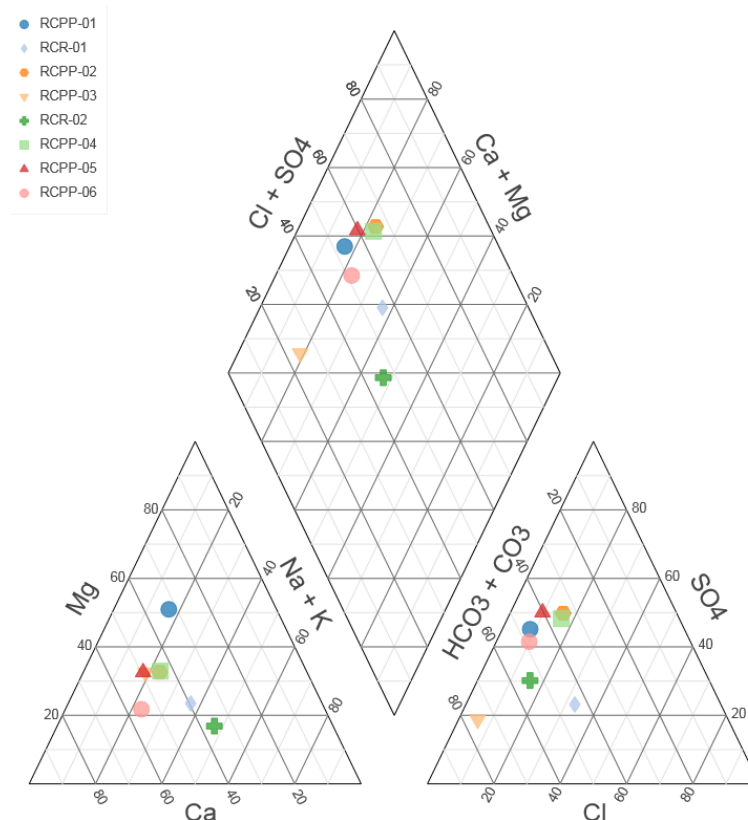
De la misma manera, en las muestras RCPP-05 y RCPP-06, correspondientes a sitios ubicados en el límite entre la parte media y alta de la microcuenca, se midieron valores mucho menores de TDS y CE (296 mg/L; 591  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 250 mg/L; 499  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), comparados con los sitios ubicados aguas abajo dentro de la misma, observándose también una reducción en dichos valores, con respecto a los medidos en época seca. Las muestras de ambos sitios presentan similitudes en su concentración iónica, identificándose las menores concentraciones de  $\text{HCO}_3^-$  de toda la microcuenca y algunas de las menores concentraciones de  $\text{Mg}^{2+}$ ; al mismo tiempo se identificaron concentraciones elevadas de  $\text{SO}_4^{2-}$ , aunque menores que las muestreadas en la mayoría de sitios ubicados aguas abajo de la microcuenca. En cuanto al resto de las concentraciones iónicas, para el sitio RCPP-05 los valores de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Cl}^-$  aumentan, mientras que los valores de  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$  disminuyen con respecto a los resultados obtenidos en época seca. Para el sitio RCPP-06 el valor de  $\text{Cl}^-$  aumenta, mientras que los valores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$  disminuyen con respecto a los resultados obtenidos en época seca. Al comparar con los resultados de la época seca, se aprecia un incremento en las concentraciones de  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  en ambos sitios, mientras que la concentración de  $\text{Mg}^{2+}$  se reduce. A partir de estos resultados, se puede considerar que se mantienen las condiciones de intercepción del acuífero más profundo, con mayor influencia del flujo regional, comparado con los sitios ubicados aguas abajo dentro de la microcuenca.

En la muestra RCPP-03, correspondiente a un sitio ubicado en la parte alta de la microcuenca, se observan los menores valores de TDS y CE (205 mg/L y 409  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de todos los sitios muestreados, con una reducción en dichos parámetros con respecto al muestreo en época seca. En este sitio se registraron concentraciones menores de  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , comparadas con los sitios de la parte baja de la microcuenca, pero mayores que algunos de los sitios muestreados en la parte media de la misma (RCPP-05 y RCPP-06); mientras que las concentraciones de  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{Cl}^-$  son las menores de

todos los sitios analizados dentro de la microcuenca. Al comparar con los resultados del muestreo en época seca, se observa que las concentraciones de  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{Mg}^{2+}$  aumentan, mientras que las de  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{Cl}^-$  se reducen. En cuanto al resto de las concentraciones iónicas, el valor de  $\text{Ca}^{2+}$  aumenta, mientras que los valores de  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$  disminuyen con respecto a los resultados de la época seca. Considerando que este pozo está interceptando principalmente un acuífero profundo, con influencia del flujo regional; llama la atención que la concentración de  $\text{Cl}^-$  se reduzca en época lluviosa, esto probablemente se debe a que, en este momento de la época, ha ocurrido una mezcla entre flujos procedentes de otros acuíferos más superficiales que también se están captando dentro de este pozo.

En cuanto a las muestras tomadas en el cauce principal del río, se observa que la muestra RCR-01 (microcuenca baja) presenta valores altos de CE y TDS (1,253  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 614.5 mg/L). En la muestra RCR-02 (microcuenca alta), también se observan valores elevados de CE y TDS (1007  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 494.05 mg/L). Con respecto a los resultados del muestreo en época seca, se aprecia que en el caso del sitio RCR-01, hubo una reducción en los valores de CE y TDS, mientras que en el sitio RCR-02, se observa un incremento en ambos parámetros. En cuanto a las concentraciones iónicas, los valores de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$  son mayores en la muestra RCR-01 (microcuenca baja) comparada con la muestra RCR-02 (microcuenca alta); mientras que los valores de  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  son mayores en el sitio RCR-02, comparados con el sitio RCR-01. Al comparar estos resultados con los obtenidos en época seca, para el sitio RCR-01 se aprecia que los valores de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  aumentan; mientras que los valores de  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{HCO}_3^-$  disminuyen. En el caso del sitio RCR-02, los valores de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  aumentan; mientras que los valores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$  disminuyen. Se debe recordar que, casi en toda su longitud, el cauce del río recibe descargas de aguas residuales de diverso tipo (complejos residenciales, comerciales e industriales), haciendo difícil la caracterización hidroquímica del mismo únicamente a partir de estos resultados.

Con base en el diagrama de Piper mostrado en la **Figura 4.13**, se observa que la mayoría de las muestras (RCPP-01, RCPP-02, RCPP-04, RCPP-05, RCPP-06, RCR-01), se clasifican como Sulfatadas o Cloruradas Cálcidas o Magnésicas (sector superior del romboide), dentro de este grupo se incluyen 5 pozos perforados y el sitio en la parte baja del cauce del Río Colón. Al mismo tiempo, únicamente 2 muestras (RCPP-03, RCR-02) corresponden al tipo Bicarbonatadas Cálcidas o Magnésicas (sector superior del romboide), encontrándose dentro de este grupo 1 pozo perforado y el sitio en la parte alta del cauce del Río Colón.



**Figura 4.13.** Diagrama de Piper de los resultados obtenidos de los sitios muestreados, época lluviosa.

En la **Tabla 4.27**, se comparan los resultados de los Diagramas de Piper para ambas campañas de muestreo (ver **Figura 4.10** y **Figura 4.13**). Se observa que en los sitios RCPP-01, RCPP-02 y RCR-01 ha ocurrido un cambio en la composición química mayoritaria de las aguas, entre época seca y lluviosa, pasando de *Bicarbonatadas Cálcidas o Magnésicas (BCM)* a *Sulfatadas o Cloruradas Cálcidas o Magnésicas (SCCM)* (color resaltado); mientras que en los sitios RCPP-03, RCPP-04, RCPP-05, RCPP-06 y RCR-02 no se registraron dichos cambios en la composición química.

**Tabla 4.27.** Clasificación de las muestras analizadas en ambas campañas.

Sitio Muestreo	CLASIFICACIÓN	
	Campaña Abril/2021	Campaña Octubre/2021
<b>RCPP-01</b>	BCM	SCCM
<b>RCPP-02</b>	BCM	SCCM
<b>RCPP-03</b>	BCM	BCM
<b>RCPP-04</b>	SCCM	SCCM
<b>RCPP-05</b>	SCCM	SCCM
<b>RCPP-06</b>	SCCM	SCCM
<b>RCR-01</b>	BCM	SCCM
<b>RCR-02</b>	BCM	BCM

BCM: Bicarbonatadas Cálcidas o Magnésicas. / SCCM: Sulfatadas o Cloruradas Cálcidas o Magnésicas.



#### 4.8 MODELO CONCEPTUAL DEL ACUÍFERO

De acuerdo con Anderson, Woessner, & Hunt (2015), un modelo hidrogeológico conceptual es una representación cualitativa de un sistema de aguas subterráneas y se basa en información geológica, geofísica, hidrológica, hidrogeoquímica y otra información auxiliar. Este tipo de modelos suele presentarse mediante diagramas, secciones transversales, perfiles y tablas.

Para el diseño del modelo conceptual del sistema acuífero ubicado bajo la microcuenca del Río Colón se utilizaron los siguientes insumos:

- DEM del área de estudio con resolución 10 x 10.
- Mapas geológicos e hidrogeológicos de E.S.  
(ANDA-COSUDE, 2008), (Weber, y otros, 1978), (Lexa J. , Šebesta, Hernández, & Chávez Hernández, 2019).
- Registros hidráulicos, litológicos y geofísicos de pozos perforados.
- Perfiles litológicos del CVSS y la Cordillera del Bálsamo.  
(Baxter, 1984), (Ferrés López, 2014), (Lexa J. , Šebesta, Hernández, & Chávez Hernández, 2019).

Además, tomando como base los resultados de los mapas geológicos y perfiles litológicos base antes mencionados, se generaron 26 “puntos de control” para modelar las características geológicas-hidrogeológicas en los sectores de la microcuenca del Río Colón en los que no existen pozos perforados o perfiles geofísicos que aporten información litológica, como es el caso de los sectores montañosos y de difícil acceso del CVSS, y la Cordillera del Bálsamo.

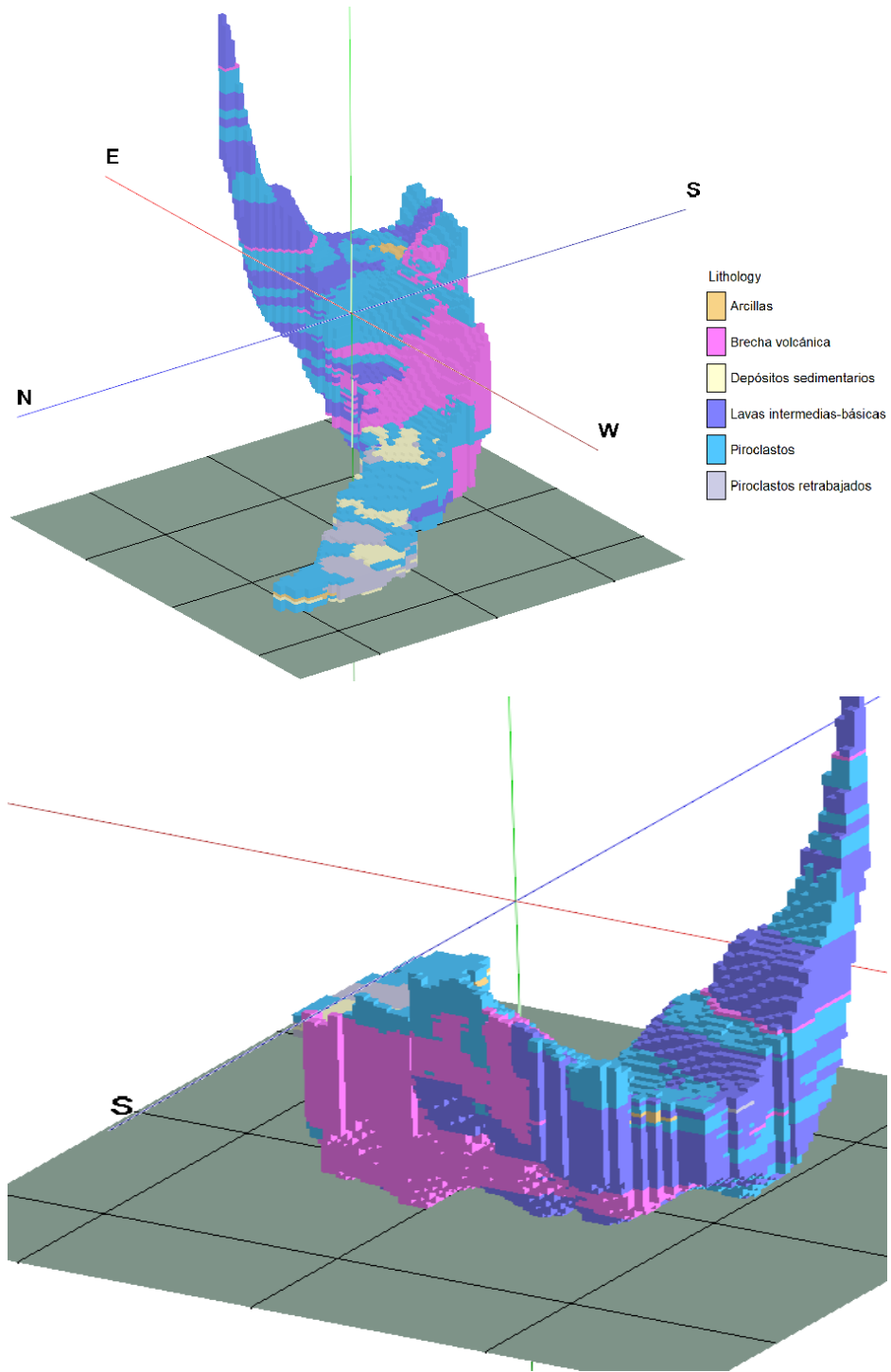
Los insumos anteriores se ingresaron en dos programas computacionales: RockWorks v 17.0 y Golden Surfer v.18, mediante los cuales se generó un modelo tridimensional y varios perfiles o secciones longitudinales y transversales, en las que se presentan las características geológicas e hidrogeológicas más importantes de la microcuenca del Río Colón.

Los resultados del modelo tridimensional generado permiten identificar la existencia de al menos 6 unidades litológicas que conforman el sistema acuífero bajo la microcuenca del Río Colón, las cuales se describen a continuación (ver **Figura 4.14**):

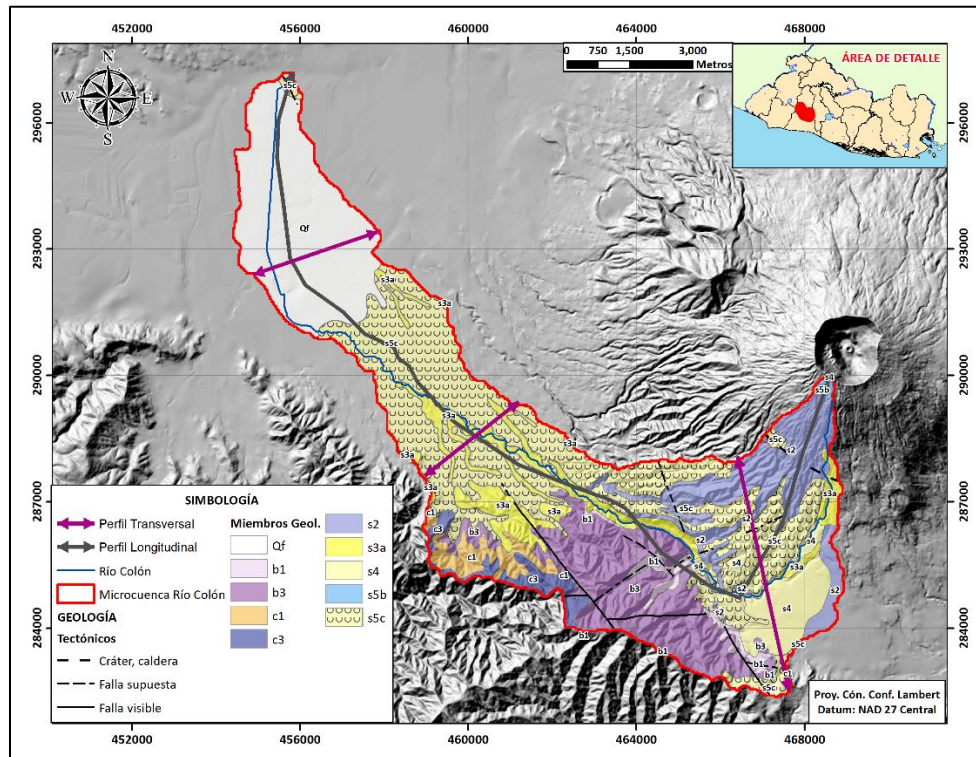
- **Arcillas:** Distribuidas principalmente en la parte baja de la microcuenca (DRZ), existen indicios de presencia de estos materiales en el sector de la Cordillera del Bálsamo. En ambos casos, se trata de productos de la meteorización de materiales volcánicos preexistentes.

- **Brechas volcánicas:** Concentradas en la parte alta de la microcuenca (Cordillera del Bálsamo). Este grupo de materiales incluye bloques de lavas intermedias-básicas de distinto tamaño, en una matriz de materiales piroclásticos o de arcillas producidas por la meteorización de los anteriores (lateritas). Representan los remanentes de antiguos estratovolcanes andesíticos.
- **Depósitos sedimentarios:** Distribuidos principalmente en la parte baja (DRZ) y media (casco urbano de Lourdes, Colón) de la microcuenca, existen indicios de presencia de estos materiales en las estribaciones del CVSS. Este grupo de materiales incluye depósitos eluviales, aluviales, fluviales y lacustres, originados por la meteorización de materiales volcánicos preexistentes.
- **Lavas intermedias-básicas:** Distribuidas principalmente en la parte alta (CVSS y Cordillera del Bálsamo) y media (casco urbano de Lourdes, Colón) de la microcuenca. Se trata de rocas de composición andesítica-basáltica, en algunos casos con indicios de fracturamiento, originadas por la solidificación de coladas de lava producidas por eventos eruptivos del CVSS o de los antiguos edificios volcánicos de la Cordillera del Bálsamo.
- **Piroclastos:** Distribuidos prácticamente en toda la extensión de la microcuenca. Dentro de este grupo de materiales se incluyen tobas de ceniza, lapilli, aglomerados y otros productos eruptivos. En algunos casos, estos materiales se encuentran asociados con las lavas intermedias-básicas descritas anteriormente.
- **Piroclastos retrabajados:** Distribuidos principalmente en la parte baja (DRZ) y media (casco urbano de Lourdes, Colón) de la microcuenca. Se trata de materiales de tipo piroclástico, como los descritos anteriormente, en proceso de meteorización y transformación a depósitos sedimentarios propiamente dichos.

A partir del modelo tridimensional presentado en la **Figura 4.14**, se han generado 4 secciones verticales o perfiles (1 longitudinal y 3 transversales). La ubicación de estos perfiles se muestra en el **Mapa 4.21**.



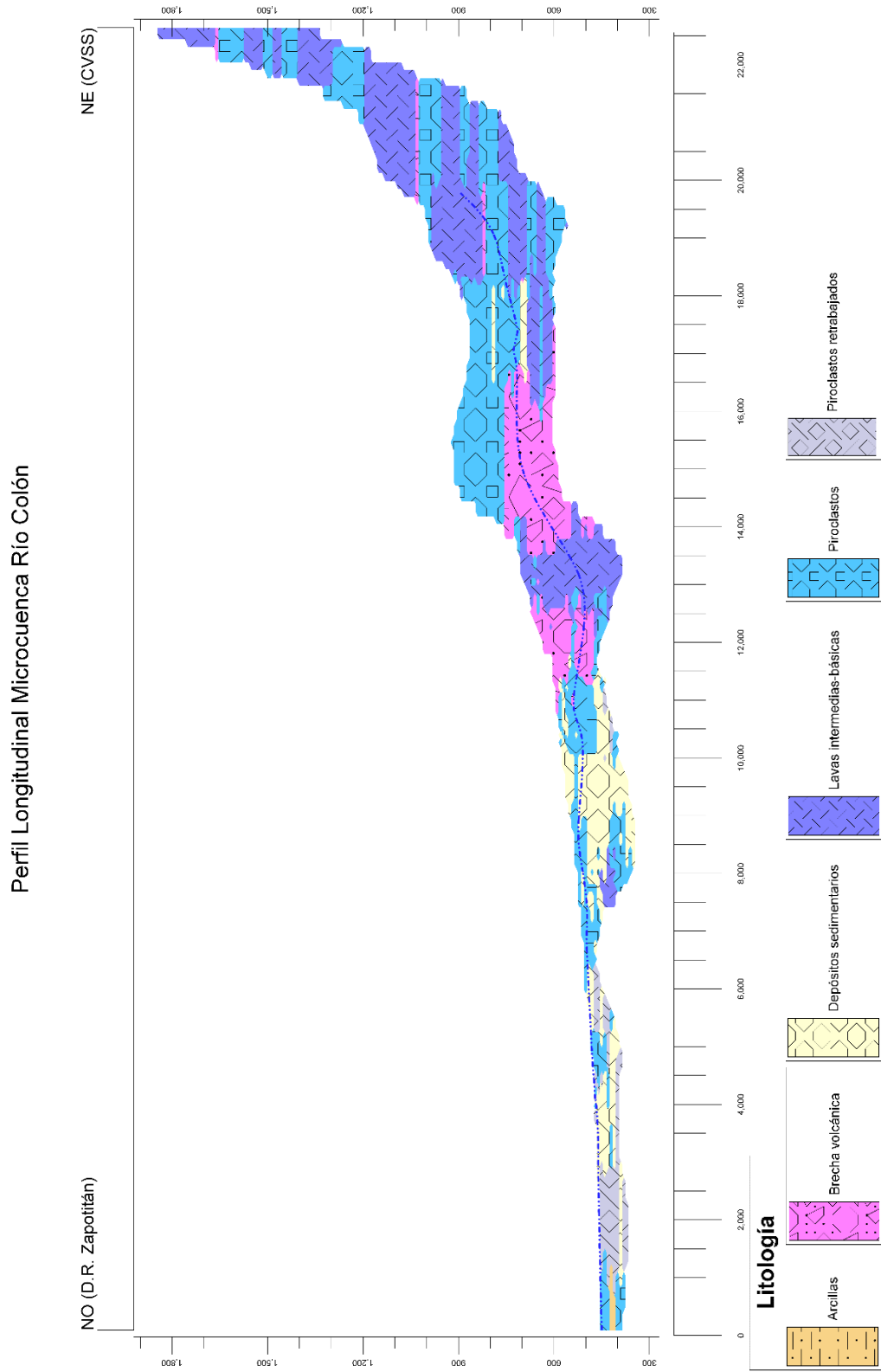
**Figura 4.14.** Modelo litológico 3D de la microcuenca del Río Colón. Arriba: Vista desde el Noroeste. Abajo: Vista desde el Sureste. (EV = 10.61).



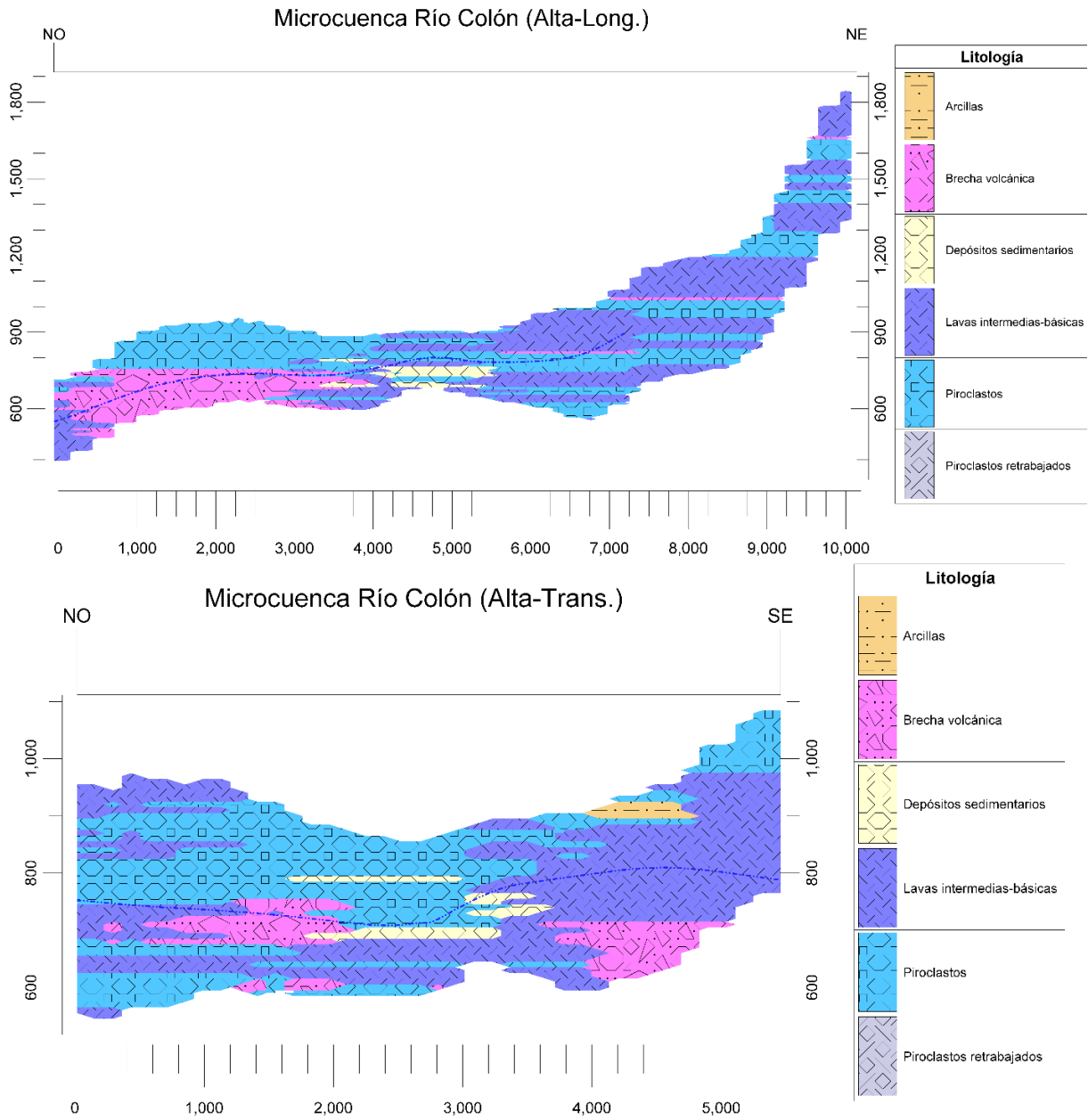
*Mapa 4.21. Ubicación de la traza de perfiles geológicos generados sobre la microcuenca Río Colón.*

En la **Figura 4.15**, se muestra la sección litológica longitudinal de la microcuenca del Río Colón. Este perfil se extiende en dirección Noroeste-Sureste-Noreste, abarcando la parte alta (CVSS), media (Lourdes, Colón) y baja (DRZ) de la microcuenca. El nivel piezométrico está representado por la línea discontinua de color azul y se puede observar cómo, en general, el mismo varía proporcionalmente en función de la elevación topográfica. Se puede apreciar también que, en la parte baja de la microcuenca, el nivel piezométrico se encuentra por encima de la superficie topográfica, lo cual es verificable in-situ por la existencia de pozos surgentes en este sector de la microcuenca (ver sección 4.4.4).

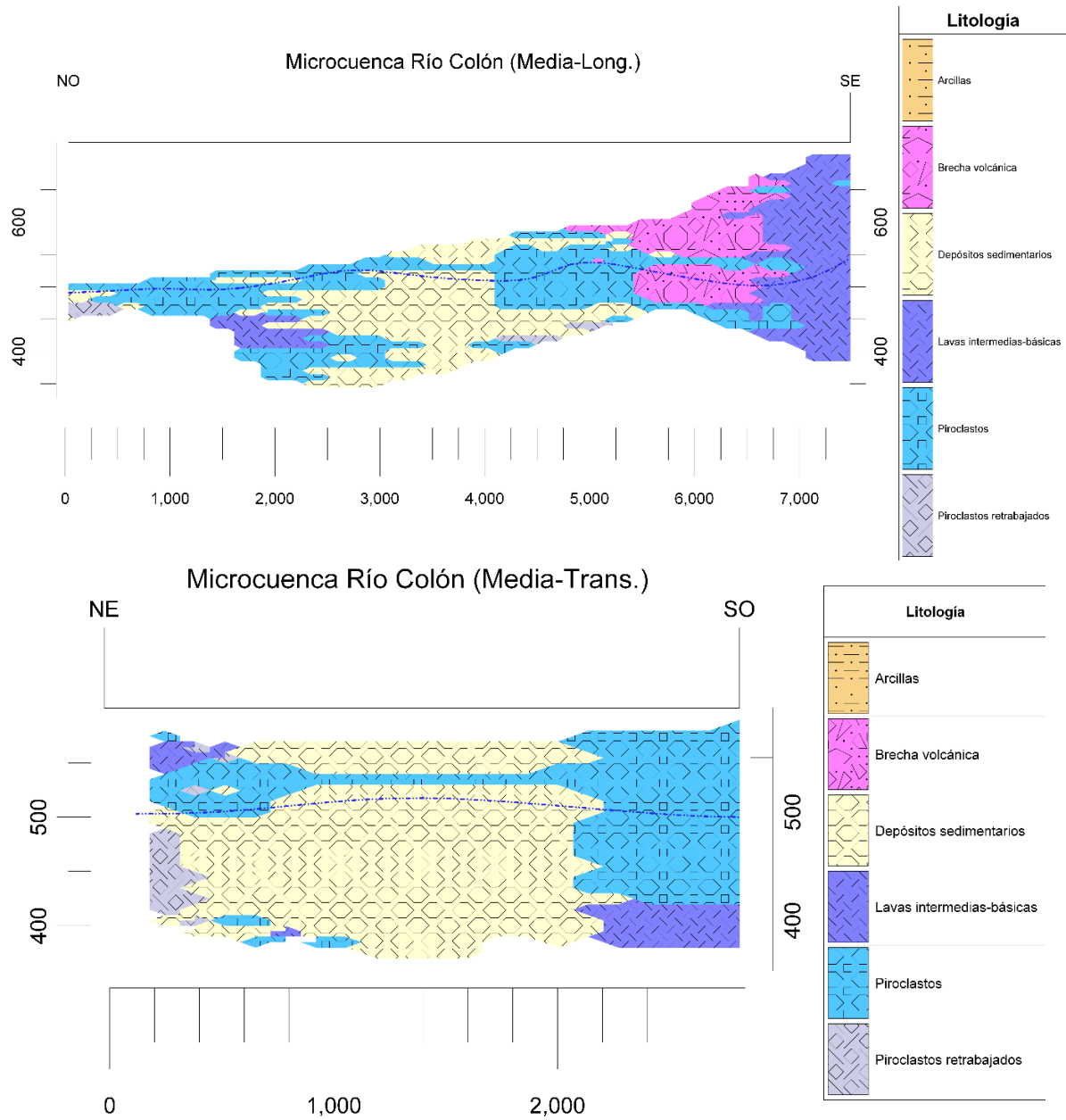
Para apreciar mejor los detalles de la sección longitudinal anterior, se ha dividido la misma en 3 sectores (cuenca alta, media y baja), en la **Figura 4.16**, **Figura 4.17** y **Figura 4.18** se muestran estas subsecciones longitudinales, junto con sus correspondientes secciones transversales intermedias, para brindar una idea de la variabilidad litológica de los materiales que conforman el subsuelo de la microcuenca.



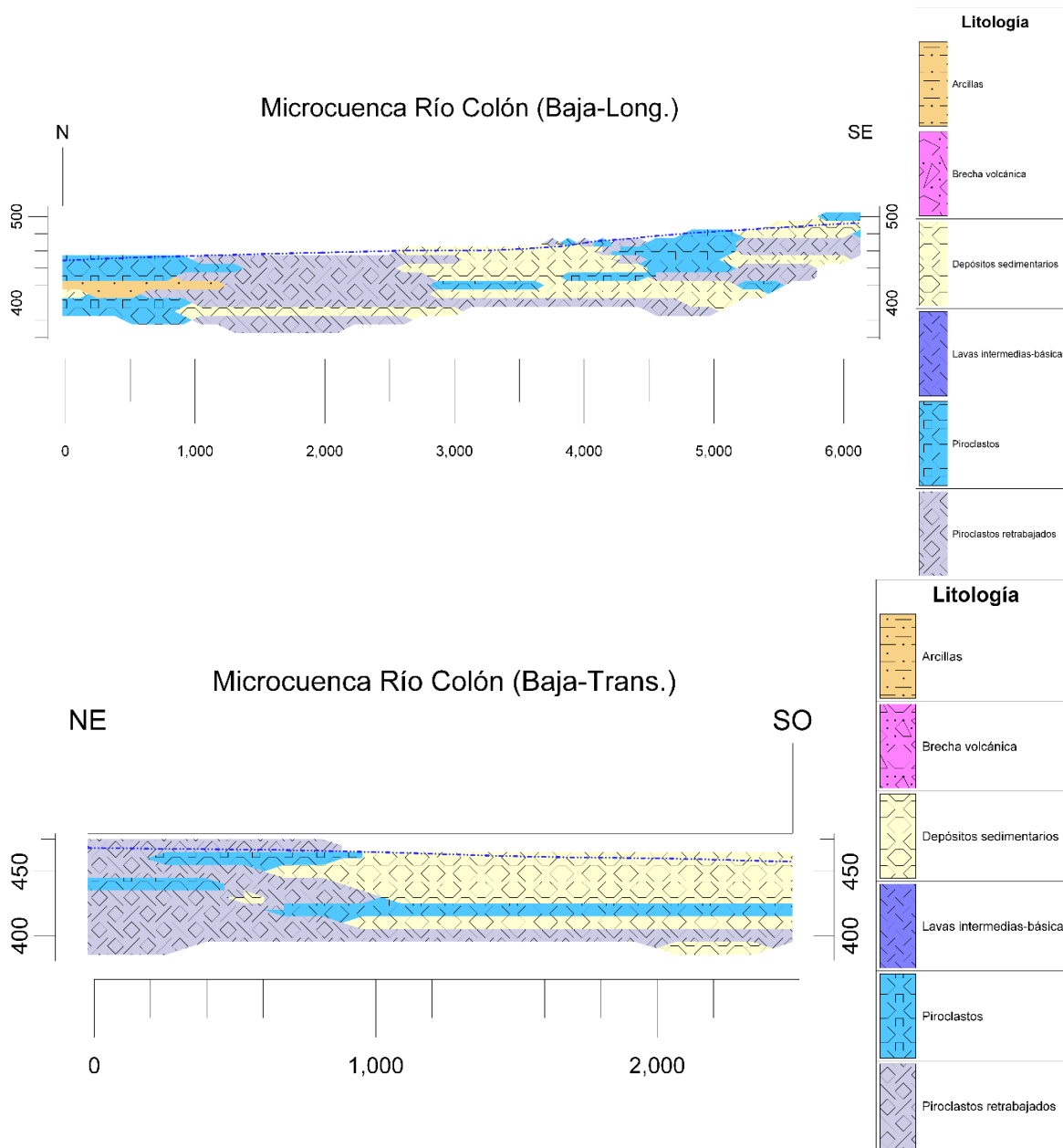
**Figura 4.15.** Perfil longitudinal, microcuenca del Río Colón. Línea azul discontinua = NE. (EV = 5.51).



**Figura 4.16.** Sección microcuenca alta Río Colón. Superior: Longitudinal (EV = 3.24). Inferior: Transversal (EV = 4.41).



**Figura 4.17.** Sección microcuenca media Río Colón. Superior: Longitudinal (EV = 6.15). Inferior: Transversal (EV = 4.83).



**Figura 4.18.** Sección microcuenca baja Río Colón. Superior: Longitudinal (EV = 6.64). Inferior: Transversal (EV = 3.24).

A partir de los resultados presentados en las secciones 4.4.3 y 4.4.4 y de las investigaciones previamente realizadas en las cercanías del área de estudio (ANDA-COSUDE, 2008), (Guevara Retana, 2011), (Martínez Estrada, 2018), se puede inferir la existencia de dos acuíferos bajo la microcuenca del Río Colón:

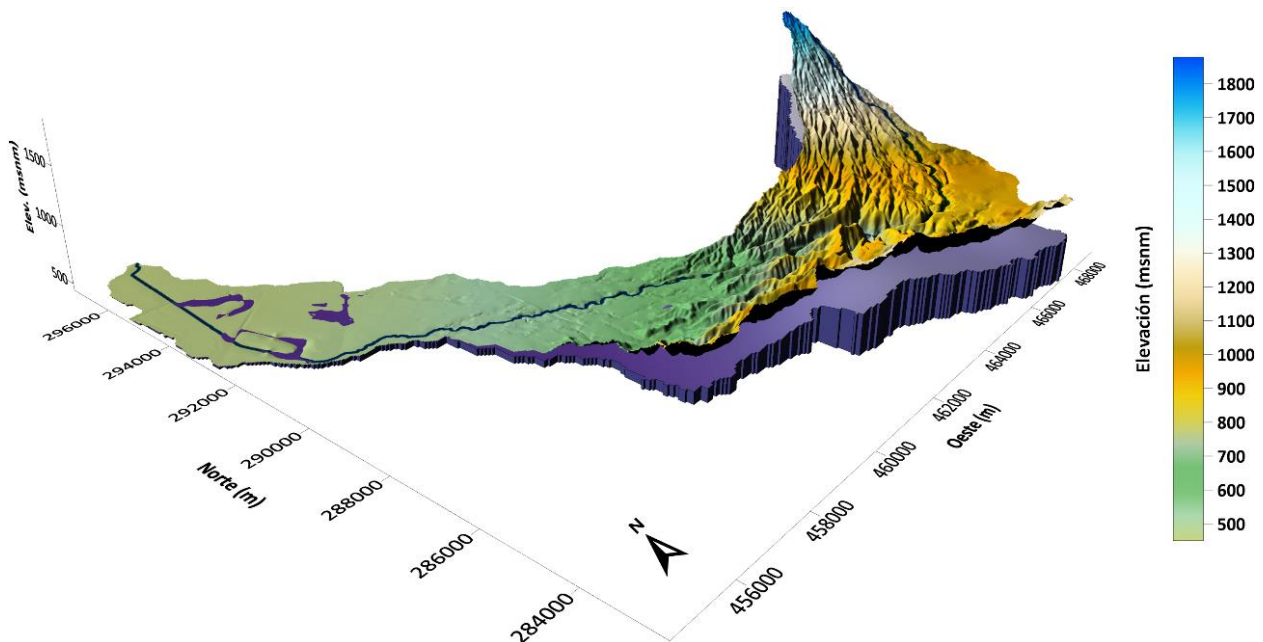
- Un acuífero superficial, en materiales granulares poco consolidados (depósitos sedimentarios y piroclastos), de mediana producción, con un espesor de hasta 36 m y que se extiende principalmente



en la parte media y baja de la microcuenca. Al estar directamente bajo la superficie topográfica y no tener indicios sobre la existencia de una capa confinante, se puede considerar que es de tipo libre. Predominan en el mismo las explotaciones para usos domésticos y agrícolas, aunque existen algunos casos en los que se está haciendo uso de este acuífero para fines industriales (ver **Mapa 4.8**).

- Un acuífero profundo, conformado tanto por materiales poco consolidados (piroclastos) como por rocas fracturadas (lavas intermedias-básicas y brechas volcánicas), de mediana a alta producción, con un espesor de al menos 200 m y que se extiende principalmente en la parte media y media-alta de la microcuenca. Los resultados obtenidos en la evaluación de los informes de perforación y ensayos de bombeo de pozos profundos, permiten inferir que es principalmente de tipo confinado. En este caso, el uso principal que se hace del mismo es para abastecimiento poblacional, industrial, comercial y agrícola a gran escala (ver **Mapa 4.7**).

La **Figura 4.19** muestra una representación tridimensional del nivel piezométrico del acuífero profundo. En las zonas de la microcuenca donde no se cuenta con información directa de registros de pozos profundos (parte alta del CVSS y la Cordillera del Bálsamo), la superficie piezométrica se ha generado mediante la replicación de puntos de control, asumiendo una relación directa entre la topografía y la piezometría de la microcuenca (a mayor elevación, mayor profundidad al nivel piezométrico).



**Figura 4.19.** Representación en 3D del acuífero profundo, microcuenca del Río Colón.

## 5. CONCLUSIONES

- La microcuenca del Río Colón se ubica en la zona central del territorio nacional, con una superficie de 67.55 Km<sup>2</sup> y se extiende desde la parte alta del CVSS y la Cordillera del Bálsamo hasta alcanzar las llanuras del DRZ. La extensión de esta microcuenca implica que existan apreciables variaciones en sus condiciones topográficas (rangos de elevación y pendientes), que se traducen en variaciones notables en las características climatológicas de la misma (Precipitación, ETP, etc.).
- El cauce principal que drena la microcuenca, el Río Colón, se prolonga en una longitud de 28.2 Km, a través de los cuales se drena un *caudal medio anual de 505 L/s*. A partir del análisis del hidrograma construido para este río, se ha estimado que el caudal medio total del Río Colón equivale a 15.24 Millones de m<sup>3</sup>/año, de los cuales, aproximadamente 6.89 Millones de m<sup>3</sup>/año corresponden al caudal base del mismo (45% del caudal medio total). Los resultados de los aforos realizados, las líneas de flujo trazadas y las observaciones realizadas in-situ, indican que el río es principalmente efluente con respecto al sistema acuífero ubicado bajo la microcuenca.
- La geología de la microcuenca del Río Colón, está compuesta por las formaciones *Bálsamo*, *Cuscatlán* y *San Salvador*. El claro predominio superficial de la Fm. San Salvador, con respecto al resto de formaciones, implica que el subsuelo de la microcuenca está conformado principalmente por depósitos (tobas de cenizas y lapilli) y rocas volcánicas (lavas intermedias-básicas) de edad reciente (Pleistoceno-Holoceno). Los rasgos topográficos y geomorfológicos de la microcuenca también indican la existencia de sistemas de fallas geológicas distribuidos principalmente en la parte alta de la misma.
- El sistema hidrogeológico dentro de la microcuenca del Río Colón forma parte de la masa de agua subterránea MASub ESA-06 y del acuífero ESA-06-01. El análisis de las unidades hidrogeológicas presentes en la microcuenca permite identificar la existencia de tres unidades constituyentes de sus acuíferos principales, *Acuífero Volcánico Fisurado de Gran Extensión* y *Posiblemente Alta Producción y Acuífero Poroso de Gran Extensión y Productividad Media*, ambas originadas en depósitos y rocas volcánicas, en algunos casos en proceso de meteorización, que de acuerdo con el análisis de los registros de pozos perforados profundos, constituyen las unidades con mayor potencial acuífero dentro de la microcuenca. La unidad restante, *Rocas No Acuíferas*, según la información disponible a la fecha, puede tener un potencial para albergar acuíferos de mediana o baja productividad, pero su principal característica parece ser el constituir el basamento de las dos unidades antes mencionadas.

- La evidencia histórica indica que en los últimos años ha habido un incremento general en la demanda y extracción del recurso hídrico subterráneo dentro de la microcuenca del Río Colón. Actualmente, se tiene registro de la existencia de al menos *58 pozos perforados profundos* y al menos *53 pozos excavados* dentro de esta microcuenca, pertenecientes a todo tipo de usuarios (públicos y privados) y destinados a diversidad de usos (consumo humano, industrial, comercial, agrícola, etc.). Al mismo tiempo, los registros climatológicos a nivel nacional de los últimos 11 años, muestran la ocurrencia de periodos lluviosos con precipitaciones por debajo de la media histórica nacional, así como de prolongados periodos de sequía meteorológica. La combinación de estos factores puede ser la responsable de que, de acuerdo con los registros disponibles de monitoreo del acuífero, en los últimos cuatro años se esté observando un comportamiento descendente en el nivel piezométrico, al menos en la parte media de la microcuenca.
- Dentro de la microcuenca del Río Colón se distinguen tres tipos de suelo, predominando los *Aluviales* (parte media y baja de la microcuenca) y los *Andisoles* (parte alta de la microcuenca), Los usos de suelo predominantes dentro de la microcuenca consisten en *Plantaciones de café* (sectores del CVSS y la Cordillera del Bálsamo), *Zonas urbanas* (sectores de Santa Tecla y Lourdes Colón) y *Mosaicos de cultivos y pastos* (sector del DRZ).
- Se han evaluado tres metodologías diferentes para la estimación de la recarga acuífera vertical dentro de la microcuenca del Río Colón, *RAS-FORGAES*, *Recarga Potencial Acuífera (Schosinsky teórico)* y *BH Schosinsky (Schosinsky práctico)*. El método Schosinsky práctico es el que arroja el menor valor de recarga acuífera (24.23 Mm<sup>3</sup>/año), mientras que el método Schosinsky teórico arroja el mayor valor (38.06 Mm<sup>3</sup>/año); el método RAS-FORGAES estima un valor intermedio entre los dos anteriores (25.36 Mm<sup>3</sup>/año), ligeramente más cercano al valor estimado por el método Schosinsky práctico. De las tres metodologías evaluadas, se considera que el método Schosinsky práctico es el que mejor refleja las condiciones reales de recarga acuífera dentro de la microcuenca, ya que para su estimación se han tomado en cuenta parámetros medidos in-situ (tasa de infiltración) dentro de la misma. De acuerdo con los resultados del método Schosinsky práctico, las zonas de mayor recarga acuífera se localizan principalmente en los sectores del CVSS, Lourdes Colón y en menor medida en ciertas zonas del DRZ; en estos sectores los valores del Coeficiente de infiltración son altos, tanto por los materiales que afloran en las capas superficiales del suelo (depósitos volcánicos o sedimentos poco consolidados), como por el uso que se le da a los mismos (sistemas agroforestales y bosques asociados a plantaciones de café).

- La evaluación del escurrimiento superficial dentro de la microcuenca del Río Colón, mediante el BH Schosinsky (Schosinsky práctico), estima que se producen 14.76 Millones de m<sup>3</sup>/año a lo largo de la misma, los cuales pasan a formar parte del flujo base de las quebradas y ríos que eventualmente drenan al cauce principal del Río Colón. Las zonas que mayor aporte tienen a la escorrentía se localizan en los sectores urbanos de Santa Tecla, Lourdes Colón y en buena parte del DRZ; en estos sectores los valores del Coeficiente de infiltración son bajos, debido principalmente a que los materiales que afloran en las capas superficiales del suelo (depósitos volcánicos y sedimentarios) se encuentran combinados con arcillas u otros materiales poco permeables ajenos a la geología local (rellenos para construcción en zonas urbanas).
- A partir del análisis del Balance de masas para la microcuenca del Río Colón, se determinó que las *entradas al sistema (recarga acuífera)*, ascienden a 24.23 Millones de m<sup>3</sup>/año; mientras que las *salidas, (extracciones a través de fuentes de agua y caudal base del río)*, totalizan 44.78 Millones de m<sup>3</sup>/año. Bajo estas condiciones, existe actualmente un déficit en el almacenamiento dentro del sistema acuífero de al menos 20.55 Millones de m<sup>3</sup>/año, que equivalen a más del 84% del volumen total que entra en este sistema. Aunque los registros de niveles piezométricos de la parte media de la microcuenca muestran que en los últimos 4 años existe una tendencia descendente, lo cual puede un ser indicador de los efectos del desequilibrio entre entradas y salidas del sistema, dicha relación debe ser confirmada mediante un monitoreo piezométrico y fisicoquímico más exhaustivo en toda la microcuenca, mediante el cual se pueda evaluar si existen entradas naturales adicionales al sistema, como la recarga subterránea lateral desde las microcuencas aledañas, la recarga producida por ríos o quebradas total o parcialmente influentes al acuífero, la recarga producida a través del fracturamiento en zonas montañosas (sectores del CVSS y la Cordillera del Bálsamo). De la misma manera, se puede evaluar la influencia de otras entradas al sistema producidas por la influencia antrópica, como las pérdidas en acueductos y alcantarillados y los canales aún funcionales de ríos aledaños en el sector del DRZ, que trasladan agua hacia la microcuenca.
- Los resultados del muestreo fisicoquímico realizado en algunas fuentes de agua, distribuidas a lo largo de la microcuenca del Río Colón, indican que las concentraciones iónicas de las aguas en el área de estudio difieren considerablemente según su ubicación geográfica, apreciándose una tendencia general de mayor mineralización del acuífero, conforme se desciende desde la parte alta hacia la parte baja de la microcuenca. En algunos casos, se infiere que las composiciones iónicas en estas fuentes también se ven influenciadas por factores antrópicos, como es el caso de los residuos

generados como parte de las actividades agrícolas, domésticas e industriales que se realizan a lo largo de la microcuenca. Se observa que, dentro de la microcuenca evaluada, los parámetros fisicoquímicos como el pH, CE, TDS y Salinidad, salvo algunas excepciones, experimentan una reducción al pasar de la época seca a la época lluviosa. En cuanto a los iones mayoritarios, las concentraciones de aniones y cationes experimentan diferentes cambios entre épocas del año para cada sitio muestreado, sin embargo, debido a la diversidad de los mismos, es más difícil agruparlos dentro de una tendencia general.

- Las aguas de los sistemas acuíferos y del cauce principal del río, dentro de la microcuenca del Río Colón, son predominantemente *Bicarbonatadas Cálcidas o Magnésicas*; registrándose en algunos casos una migración hacia una composición *Sulfatada o Clorurada Cálcida o Magnésica*, al pasar de época seca a época lluviosa. Cabe la posibilidad que, en los sitios donde se registró esta variación en la composición, esta puede obedecer a los efectos de las actividades antrópicas, especialmente cuando las fuentes de agua se encuentran dentro de zonas con mayor densidad urbana (complejos residenciales, comerciales e industriales) o sujetas a la agricultura intensiva (distritos de riego).
- Los resultados del cálculo del Balance Iónico para todos los sitios analizados en ambas campañas de muestreo fisicoquímico para la microcuenca del Río Colón, muestran que los valores del error analítico están por encima de los valores admisibles para este tipo de análisis, de acuerdo con los resultados de CE obtenidos en dichos sitios de muestreo. Esto puede ser un indicador que, en los análisis de laboratorio realizados hubo especies iónicas minoritarias que no se midieron y que, en el caso particular de esta microcuenca, constituyen una parte importante de la composición química tanto de los acuíferos como de la corriente de agua del cauce principal del Río Colón. Dentro de estas especies minoritarias de interés se encuentran los iones ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ), fluoruro ( $\text{F}^-$ ), fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) y nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ).
- El modelo hidrogeológico conceptual generado para la microcuenca del Río Colón muestra que los acuíferos ubicados dentro de la misma están conformados por rocas y depósitos de origen volcánico, junto con depósitos sedimentarios originados por la meteorización de los materiales volcánicos antes mencionados. En dicho modelo se puede observar que, en general, el nivel piezométrico varía de forma directamente proporcional con la superficie topográfica, estando por encima de la misma en una extensión considerable de la parte baja de la microcuenca, siendo esto también evidente por la existencia de pozos perforados surgentes en dicho sector de la misma.

- El análisis del modelo conceptual, junto con la información obtenida de los informes de pozos perforados (litología, registros geofísicos, pruebas de bombeo, etc.) permite proponer la existencia de dos acuíferos diferentes dentro de la microcuenca del Río Colón. Uno de ellos, superficial y captado por los pozos excavados, con un espesor de al menos 36 m, cuyas características hidrogeológicas lo hacen parecer de tipo libre. El otro acuífero, profundo y explotado por los pozos perforados, con un espesor de al menos 200 m, cuyas características hidrogeológicas indican que es de tipo confinado. En cuanto a la dirección del flujo subterráneo, en el acuífero superficial se observa una tendencia de flujo radial desde la parte media de la microcuenca hasta la parte baja; el acuífero profundo muestra una tendencia radial similar, aunque iniciando a mayores cotas topográficas, desde los sectores del CVSS y la Cordillera del Bálsamo, en la parte alta de la microcuenca, hasta alcanzar los sectores menos escarpados hacia la parte más baja de la misma.

## 6. RECOMENDACIONES

- Durante el desarrollo de esta investigación se constataron algunas de las deficiencias históricamente señaladas en la cultura de datos en El Salvador, especialmente en lo referente al acceso a información ambiental (geología, climatología, hidrogeología, etc.) que sea de libre consulta y descarga y que al mismo tiempo esté actualizada. En vista de ello, se insta a las instituciones encargadas de generar esta información a facilitar del acceso a la misma, cuando esta sea requerida para fines académicos o de investigación. Al mismo tiempo, siguiendo el ejemplo del Sistema de Información Hídrica del MARN (SIHI-MARN), se puede implementar una base de datos a nivel nacional en la que además de consultar la información antes mencionada, se puedan descargar archivos en un formato que permita su edición posterior mediante herramientas software especializado.
- Se ha constatado que existe una notable falta de información respecto a las características geológicas e hidrogeológicas de algunos sectores de la microcuenca del Río Colón, específicamente en la parte alta de la misma (CVSS y Cordillera del Bálsamo). Por lo tanto, es necesario que se realicen estudios con más detalle en dichos sectores, mediante los cuales se puedan generar modelos conceptuales del sistema acuífero que describan las condiciones reales del medio geológico-hidrogeológico. En los sectores donde no existe suficiente información litológica, debido a la ausencia de pozos perforados o sondeos exploratorios, se hace necesaria la aplicación de métodos y técnicas de prospección geofísica, mediante los cuales se puedan identificar las unidades geológicas que conforman los acuíferos ubicados bajo la microcuenca.
- Considerando los resultados del Balance de masas para la microcuenca del Río Colón, se vuelve necesario implementar una red de monitoreo piezométrico y fisicoquímico a lo largo de misma o al menos, en su parte media y baja, que es donde la explotación de los acuíferos se lleva a cabo con mayor intensidad. Este monitoreo debe realizarse de tal manera que permita registrar la dinámica del acuífero y su evolución temporal como resultado del régimen de explotación actual y futuro. La inclusión de un monitoreo isotópico, a lo largo de la microcuenca, también permitiría identificar las zonas de recarga y descarga dentro de la misma.
- Continuando con la idea del monitoreo del acuífero ubicado dentro de la microcuenca del Río Colón, se sugiere implementar un monitoreo de las concentraciones iónicas mayoritarias en algunas fuentes de agua representativas de las partes alta, media y baja de la microcuenca (pozos, manantiales y

ríos), con el fin de evaluar de una forma más precisa y exacta la evolución química temporal y espacial de las aguas.

- Considerando los resultados obtenidos del cálculo del Balance Iónico para todos los sitios analizados en ambas campañas de muestreo fisicoquímico en la microcuenca del Río Colón, se sugiere que para posteriores campañas de muestreo se implementen protocolos que contemplen la medición de otras especies iónicas minoritarias. Con esto se podría conseguir que los resultados del error analítico se encuentren dentro de los rangos admitidos y así tener una imagen más fiel a la realidad de la composición química tanto de los acuíferos como del cauce principal del río ubicados dentro de la microcuenca.
- Durante los recorridos realizados en diferentes sectores de la microcuenca del Río Colón, se evidenció que la calidad de las aguas superficiales del cauce principal del Río Colón no cumple con las normativas establecidas para la preservación de este tipo de cuerpos de agua, así como que algunas fuentes de agua no cuentan con las medidas de protección suficientes para evitar la contaminación del acuífero captado a través de las mismas. Aunque la evaluación de la calidad del agua no forma parte de los objetivos de la presente investigación, se recomienda que las entidades encargadas de velar por la preservación de los recursos hídricos implementen medidas para garantizar la conservación y el manejo adecuado de los mismos.
- Tomando como base los resultados del modelo hidrogeológico conceptual, el siguiente paso lógico debe ser crear un modelo numérico del sistema acuífero de la microcuenca del Río Colón, mediante el cual sea posible generar una nueva estimación del Balance de masas que permita evaluar la dinámica del acuífero (entradas, salidas y cambios de almacenamiento). A futuro, a partir de este modelo numérico y de la información proveniente del monitoreo fisicoquímico, se puede desarrollar un modelo de transporte de contaminantes, por medio del cual se puedan proponer medidas de protección para las fuentes de agua ubicadas dentro de la microcuenca (pozos, manantiales y ríos).
- Comunicar a las instituciones, organizaciones y demás instancias competentes los resultados de la presente investigación, para que puedan ser incorporados dentro los planes municipales y regionales de ordenamiento y desarrollo territorial ya existentes para las zonas geográficas comprendidas dentro de la microcuenca del Río Colón.



## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía Municipal de Santa Tecla. (s.f.). Distritos Municipales. Recuperado el 25 de Enero de 2020, de <http://santatecla.gob.sv/distritos/>
- ANDA. (2004). Estudio de Prospección Geoeléctrica con el método SEV en la Escuela Nacional de Agricultura Roberto Quiñónez (E.N.A.) Depto. de La Libertad. Informe Técnico, Área de Gestión Hídrica, San Salvador.
- ANDA-COSUDE. (2008). Mapa Hidrogeológico de El Salvador. El Salvador. Obtenido de <http://www.anda.gob.sv/descargables/>
- Anderson, M. P., Woessner, W. W., & Hunt, R. J. (2015). Applied Groundwater Modeling: Simulation of Flow and Advective Transport (Segunda ed.). Academic Press, Inc.
- Aparicio Mijares, F. J. (1992). Fundamentos de Hidrología de superficie. México D.F.: LIMUSA.
- Appelo, C., & Postma, D. (2005). Geochemistry, groundwater and pollution (2 ed.). Amsterdam, the Netherlands: A.A. Balkema Publishers .
- Armero Durán, D. A. (2003). Evaluación del efecto agrícola sobre la calidad del agua del Río Sucio. Tesis de Licenciatura, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, San Salvador. Recuperado el 19 de Mayo de 2019, de <http://ri.ues.edu.sv/8610/1/19200547.pdf>
- Baxter, S. (1984). Léxico estratigráfico de El Salvador. El Salvador: CEL.
- Castellanos, F. (2013). Estudio Hidrogeológico Generación de Energía Eléctrica por Gasificación Colón. Informe de Consultoría Técnica.
- Chávez Matal, D. A., & Pastora Flores, D. (2007). Gestión e Implementación de la Red de Monitoreo de Aguas Subterráneas en el AMSS y Valle de Zapotitán. Tesis de Ingeniería, Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas", Antiguo Cuscatlán.
- Custodio, E., & Llamas, M. R. (1983). Hidrología Subterránea. Barcelona: Omega.
- DIGESTYC. (2008). VI Censo de Población y V de Vivienda 2007. Ministerio de Economía.
- Domenico, P. R., & Schwartz, F. W. (1998). Physical and Chemical Hydrogeology (Segunda ed.). New York: Wiley.
- ECO Ingenieros S.A. de C.V. (1996). Estudio Hidrogeológico Proyecto Complejo Lourdes. Informe de Consultoría Técnica, San Salvador.
- EYCO S.A. de C.V. (2007). Estudio Hidrogeológico de la zona donde proyectan construirse las Instalaciones Industriales de Inversiones Tunari. Informe de Consultoría Técnica, San Salvador.
- FCAS-MARN. (2015). Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador, con énfasis en Zonas Prioritarias. Contrato MARN/AECID/SLV-04-B-No. 04/2013. Recuperado el 4 de Enero de 2020, de <http://www.marn.gob.sv/download/publicaciones/PNGIRHAX08-Calidad%20de%20las%20aguas.pdf>

- Ferrés López, M. D. (2014). Estratigrafía, Geología y Evaluación de Peligros Volcánicos del Complejo Volcánico de San Salvador (El Salvador). Tesis Doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica, México, D.F. Recuperado el 14 de Febrero de 2021, de [https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB\\_UNAM/TES01000711745](https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000711745)
- Fetter, C. W. (2001). Applied Hydrogeology. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.
- Gil Urrutia, L. B. (2007). Evaluación Hidrogeológica y Vulnerabilidad Intrínseca del Sistema Acuífero del municipio de Nejapa, San Salvador, El Salvador. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Guevara Retana, J. M. (2011). 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. Tesis de Maestría, Universidad de El Salvador, Ciudad Universitaria. Recuperado el 1 de Junio de 2020, de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/3957/>
- J.R. Duarte S.A. de C.V. (2017). Superación de Observaciones MARN Proyecto Livsmart Américas, Municipio de Colón, Departamento de La Libertad. Informe de Consultoría Técnica.
- Junker, M. (2006). Método RAS para determinar la recarga de agua subterránea. Informe interno, MARN-FORGAES.
- Kirsch, R. (2009). Groundwater Geophysics – A Tool for Hydrogeology (Segunda ed.). Berlin, Alemania: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-540-88405-7
- Lexa, J., Šebesta, J., Hernández, W., & Chávez Hernández, J. (2019). Mapa Geológico del AMSS. San Salvador, El Salvador.
- Lexa, J., Šebesta, J., Hernández, W., & Chávez Hernández, J. A. (2019). Elaboración de mapa geológico y su caracterización en escala 1:50,000. San Salvador. Recuperado el 14 de Enero de 2021, de <http://geoportalopamss.org.sv/portal/index.php/view/map/?repository=07&project=Anexos>
- MAG-UES. (1974). Mapa Pedológico de El Salvador. San Salvador: Facultad de Ciencias Agronómicas / Instituto Geográfico, Departamento de Suelos.
- MAG-UES. (2010). Mapa de Uso de Suelos de El Salvador. San Salvador, El Salvador.
- MARN (SNET). (2002). Propuesta de Descontaminación del Canal principal de los ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa. Informe Técnico, Servicio Hidrológico Nacional, San Salvador.
- MARN. (2006). Balance Hídrico Integrado y Dinámico en El Salvador, Componente Evaluación de Recursos Hídricos. El Salvador.
- (2016). MARN. Informe Técnico, San Salvador.
- MARN. (2019). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Informe Técnico, San Salvador.

- Martínez Estrada, R. E. (2018). Caracterización Hidrogeológica del Acuífero Poroso en la Zona del Distrito de Riego de Zapotitán. Tesis de Licenciatura, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, San Salvador. Recuperado el 14 de Diciembre de 2019, de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/19518>
- Pérrot-Minnot, S., Reyes, E., Cosenza, B., Chinchilla, O., Mojica, A., Pastor, L., . . . Guérin, R. (2004). Prospección Geofísica en la zona de Cotzumalguapa: Resultados de la VI Escuela Centroamericana de Geofísica Aplicada. (J. P. LaPorte, B. Arroyo, & H. E. Mejía, Edits.) XVIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2004. Recuperado el 25 de Enero de 2020, de <http://www.famsi.org/reports/03101es/95perrot/95perrot.pdf>
- Pizarro T., R., Ramírez B., C., & Flores V., J. (2003). Análisis comparativo de cinco métodos para la estimación de precipitaciones areales anuales en períodos extremos. *Bosque*, 31-38. doi:10.4067/S0717-92002003000300003
- Sánchez San Román, F. J. (2017). *Hidrología Superficial y Subterránea*. España: Createspace Independent Pub.
- Schosinsky, G. (2006). Cálculo de la Recarga Potencial de Acuíferos mediante un Balance Hídrico de suelos. *Revista Geológica de América Central*, 34-35, 13-30.
- 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. doi:10.15517/rgac.v0i23.8579
- Torrecilla Macho, C., & Ramírez Lucendo, I. (s.f.). Diagnósis e inventario de la susceptibilidad a las inestabilidades gravitatorias en las áreas afectadas por los terremotos del 2001 en el volcán de Usulután. Informe Técnico, Geólogos del Mundo. Obtenido de <http://portafolio.snet.gob.sv/digitalizacion/pdf/spa/doc00001/doc00001.htm>
- USDA-NRCS. (2016). Part 623 National Engineering Handbook (Vol. 11 Sprinkler Irrigation). Washington, DC, EE.UU. Recuperado el 04 de Septiembre de 2021, de <https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=39754.wba>
- VIELCA Ingenieros S.A. de C.V. (s.f.). Mapa de Recarga potencial de Acuíferos anual (mm). (MARN-AECID, Editor) Recuperado el 4 de Enero de 2020, de Sistema de Información Hídrica (SIHI): <http://srt.snet.gob.sv/sihi/public/atlas>
- Weber, H. S., Wiesemann, G., Lorenz, W., Schmidt-Thomé, M., Hammerschmidt, W., Instituto Geográfico Nacional de El Salvador, . . . Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. (1978). Mapa geológico de la República de El Salvador / América Central = Geologische Karte der Republik El Salvador / Mittelamerika. El Salvador: Hannover : Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe ; Stuttgart : Geo Center.

## **ANEXOS**

1. PERFILES LITOLÓGICOS Y DISEÑO DE POZOS. (118)
2. REPORTES DE PRUEBAS DE BOMBEO DE POZOS. (127)
3. REGISTRO DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS EN POZO DE MONITOREO. (146)
4. REGISTRO DE CÁLCULOS DE LA PRECIPITACIÓN Y ETP PROMEDIO, MÉTODO DE THIESSEN MODIFICADO. (198)
5. REGISTRO DE CÁLCULOS DE LA RECARGA ACUÍFERA SUBTERRÁNEA, MÉTODO RAS-FORGAES. (200)
6. REGISTRO DE CÁLCULO DE PRUEBAS DE PERMEABILIDAD REALIZADAS (201)
7. REGISTRO DE CÁLCULOS PARA EL BH DE SCHOSINSKY. (237)
8. REGISTRO DE CÁLCULO DE AFOROS REALIZADOS EN RÍO COLÓN. (255)
9. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO EN FUENTES DE AGUA. (257)

# 1. PERFILES LITOLÓGICOS UTILIZADOS PARA EL MODELO LITOLÓGICO

## 1.1 Pozos perforados dentro de la microcuenca.

ID	Profundidad		Litología
	De (m)	Hasta (m)	
RCPP-05	0.00	18.00	Piroclastos
	18.00	114.00	Lavas intermedias-básicas
	114.00	130.00	Piroclastos
	130.00	155.00	Lavas intermedias-básicas
	155.00	165.00	Piroclastos
	165.00	180.00	Lavas intermedias-básicas
	180.00	215.00	Piroclastos
RCPP-21	0.00	15.24	Depósitos sedimentarios
	15.24	18.29	Piroclastos
	18.29	36.58	Piroclastos retrabajados
	36.58	48.77	Depósitos sedimentarios
	48.77	54.86	Piroclastos retrabajados
	54.86	57.91	Piroclastos
	57.91	67.06	Piroclastos retrabajados
	67.06	79.25	Piroclastos
RCPP-22	79.25	100.58	Depósitos sedimentarios
	0.00	30.48	Piroclastos retrabajados
	30.48	36.58	Piroclastos
	36.58	54.86	Depósitos sedimentarios
RCPP-23	54.86	60.96	Piroclastos
	60.96	39.00	Depósitos sedimentarios
	39.00	45.00	Piroclastos
RCPP-24	45.00	63.00	Depósitos sedimentarios
	0.00	39.00	Depósitos sedimentarios
	39.00	45.00	Piroclastos
RCPP-15	45.00	60.00	Depósitos sedimentarios
	0.00	9.14	Piroclastos
	9.14	24.38	Lavas intermedias-básicas
	24.38	27.43	Piroclastos
	27.43	42.67	Lavas intermedias-básicas
	42.67	73.15	Piroclastos
	73.15	85.34	Depósitos sedimentarios
	85.34	115.82	Piroclastos retrabajados
	115.82	121.92	Piroclastos
	121.92	134.11	Piroclastos retrabajados
	134.11	140.21	Piroclastos
RCPP-16	140.21	170.69	Piroclastos retrabajados
	170.69	188.98	Depósitos sedimentarios
	0.00	1.52	Depósitos sedimentarios
	1.52	7.62	Piroclastos retrabajados
RCPP-06	7.62	164.59	Piroclastos
	164.59	231.65	Lavas intermedias-básicas
	0.00	3.05	Depósitos sedimentarios
	3.05	149.35	Piroclastos
RCPP-06	149.35	155.45	Arcillas
	155.45	158.50	Piroclastos

ID	Profundidad		Litología
	De (m)	Hasta (m)	
RCPP-17	158.50	182.88	Lavas intermedias-básicas
	0.00	27.43	Piroclastos
	27.43	45.72	Lavas intermedias-básicas
	45.72	67.06	Piroclastos
	67.06	91.44	Lavas intermedias-básicas
	91.44	134.11	Piroclastos
	134.11	158.50	Lavas intermedias-básicas
	158.50	166.12	Depósitos sedimentarios
	166.12	170.69	Piroclastos
RCPP-18	170.69	201.17	Depósitos sedimentarios
	0.00	54.86	Piroclastos
	54.86	60.96	Depósitos sedimentarios
	60.96	149.35	Piroclastos
	149.35	164.59	Depósitos sedimentarios
	164.59	167.64	Piroclastos
	167.64	201.17	Lavas intermedias-básicas
	201.17	216.41	Piroclastos
RCPP-19	216.41	243.84	Lavas intermedias-básicas
	0.00	18.29	Piroclastos
	18.29	42.67	Arcillas
	42.67	54.86	Piroclastos
	54.86	225.55	Lavas intermedias-básicas
RCPP-25	225.55	329.18	Brecha volcánica
	0.00	6.10	Piroclastos
	6.10	27.43	Depósitos sedimentarios
	27.43	30.48	Piroclastos
	30.48	48.77	Depósitos sedimentarios
	48.77	51.82	Piroclastos retrabajados
	51.82	57.91	Depósitos sedimentarios
	57.91	60.96	Piroclastos retrabajados
	60.96	67.06	Depósitos sedimentarios
	67.06	70.10	Piroclastos retrabajados
	70.10	73.15	Depósitos sedimentarios
	73.15	79.25	Piroclastos retrabajados
	79.25	82.30	Depósitos sedimentarios
	82.30	94.49	Piroclastos retrabajados
	94.49	103.63	Depósitos sedimentarios
	103.63	112.78	Piroclastos retrabajados
	112.78	115.82	Depósitos sedimentarios
RCPP-26	115.82	118.87	Piroclastos retrabajados
	118.87	121.92	Depósitos sedimentarios
	121.92	155.45	Piroclastos retrabajados
	155.45	161.54	Depósitos sedimentarios
	161.54	195.07	Piroclastos retrabajados
	0.00	44.20	Piroclastos
	44.20	106.68	Depósitos sedimentarios
	106.68	115.82	Depósitos sedimentarios
115.82	149.35	Piroclastos	
149.35	163.07	Depósitos sedimentarios	
163.07	170.69	Piroclastos	
170.69	213.36	Depósitos sedimentarios	

ID	Profundidad		Litología
	De (m)	Hasta (m)	
RCPP-27	0.00	24.38	Depósitos sedimentarios
	24.38	36.58	Piroclastos
	36.58	213.36	Depósitos sedimentarios
RCPP-01	0.00	18.29	Piroclastos retrabajados
	18.29	24.38	Depósitos sedimentarios
	24.38	57.91	Piroclastos retrabajados
	57.91	64.00	Arcillas
	64.00	73.15	Depósitos sedimentarios
	73.15	109.73	Piroclastos retrabajados
RCPP-07	0.00	12.19	Piroclastos
	12.19	21.34	Piroclastos retrabajados
	21.34	24.38	Depósitos sedimentarios
	24.38	48.77	Piroclastos
	48.77	73.15	Piroclastos retrabajados
	73.15	79.25	Depósitos sedimentarios
	79.25	97.54	Piroclastos retrabajados
	97.54	109.73	Depósitos sedimentarios
RCPP-08	0.00	15.24	Piroclastos retrabajados
	15.24	42.67	Piroclastos
	42.67	54.86	Piroclastos retrabajados
	54.86	60.96	Piroclastos
	60.96	73.15	Depósitos sedimentarios
	73.15	109.73	Piroclastos retrabajados
RCPP-10	0.00	48.77	Piroclastos
	48.77	60.96	Piroclastos retrabajados
	60.96	76.20	Depósitos sedimentarios
RCPP-11	0.00	12.19	Piroclastos retrabajados
	12.19	42.67	Piroclastos
	42.67	67.06	Piroclastos retrabajados
	67.06	73.15	Piroclastos
	73.15	79.25	Piroclastos retrabajados
	79.25	85.34	Piroclastos
	85.34	91.44	Piroclastos retrabajados
RCPP-12	0.00	13.72	Piroclastos retrabajados
	13.72	35.05	Piroclastos
	35.05	44.20	Depósitos sedimentarios
	44.20	53.34	Piroclastos
	53.34	108.20	Piroclastos retrabajados
RCPP-13	0.00	6.00	Piroclastos
	6.00	18.20	Piroclastos retrabajados
	18.20	24.38	Piroclastos
	24.38	39.62	Depósitos sedimentarios
	39.62	67.05	Piroclastos retrabajados
	67.05	73.15	Depósitos sedimentarios
	73.15	91.44	Piroclastos retrabajados
	91.44	106.68	Depósitos sedimentarios
RCPP-14	0.00	6.10	Piroclastos
	6.10	30.48	Piroclastos retrabajados
	30.48	42.67	Depósitos sedimentarios
	42.67	54.86	Piroclastos retrabajados
	54.86	60.96	Depósitos sedimentarios

ID	Profundidad		Litología
	De (m)	Hasta (m)	
	60.96	67.06	Piroclastos retrabajados
	67.06	79.25	Depósitos sedimentarios
	79.25	97.54	Piroclastos retrabajados
	97.54	100.58	Depósitos sedimentarios
RCPP-32	0.00	18.29	Piroclastos
	18.29	30.48	Depósitos sedimentarios
	30.48	79.25	Piroclastos
	79.25	123.44	Lavas intermedias-básicas
	123.44	176.78	Piroclastos
	176.78	185.93	Depósitos sedimentarios
RCPP-34	0.00	39.62	Depósitos sedimentarios
	39.62	115.82	Piroclastos
	115.82	170.69	Depósitos sedimentarios
	170.69	182.88	Piroclastos
	182.88	210.31	Lavas intermedias-básicas
	210.31	226.77	Piroclastos
RCPP-35	0.00	42.67	Piroclastos
	42.67	60.96	Depósitos sedimentarios
	60.96	102.11	Piroclastos
	102.11	129.54	Depósitos sedimentarios
	129.54	138.68	Piroclastos
	138.68	161.54	Piroclastos retrabajados
	161.54	167.64	Brecha volcánica
	167.64	185.93	Piroclastos
	185.93	210.31	Depósitos sedimentarios
210.31	216.41	Piroclastos	
RCPP-40	0.00	39.00	Piroclastos

## 1.2 Pozos perforados fuera de la microcuenca del Río Colón.

ID	Profundidad		Litología
	De (m)	Hasta (m)	
ORCPP-02	0.00	12.19	Piroclastos retrabajados
	12.19	18.29	Piroclastos
	18.29	30.48	Piroclastos retrabajados
	30.48	36.58	Piroclastos
	36.58	54.86	Depósitos sedimentarios
	54.86	60.96	Piroclastos
ORCPP-05	0.00	3.05	Depósitos sedimentarios
	3.05	6.10	Piroclastos
	6.10	10.67	Depósitos sedimentarios
	10.67	27.43	Piroclastos retrabajados
	27.43	35.05	Depósitos sedimentarios
	35.05	41.15	Piroclastos retrabajados
ORCPP-07	0.00	29.57	Piroclastos
	29.57	32.01	Depósitos sedimentarios
	32.01	86.89	Piroclastos
	86.89	89.02	Depósitos sedimentarios
	89.02	93.60	Piroclastos
	93.60	100.60	Depósitos sedimentarios



ID	Profundidad		Litología
	De (m)	Hasta (m)	
ORCPP-08	0.00	18.29	Piroclastos
	18.29	36.58	Piroclastos retrabajados
	36.58	48.77	Depósitos sedimentarios
	48.77	73.15	Piroclastos retrabajados
	73.15	82.30	Depósitos sedimentarios
	82.30	100.58	Piroclastos retrabajados
ORCPP-09	0.00	9.14	Piroclastos
	9.14	13.72	Piroclastos retrabajados
	13.72	59.44	Piroclastos
	59.44	86.87	Piroclastos retrabajados
	86.87	91.44	Depósitos sedimentarios
	91.44	96.01	Piroclastos retrabajados
	96.01	100.58	Depósitos sedimentarios
ORCPP-10	0.00	12.19	Piroclastos retrabajados
	12.19	25.41	Piroclastos
	25.41	39.62	Piroclastos retrabajados
	39.62	44.20	Depósitos sedimentarios
	44.20	76.20	Piroclastos retrabajados
	76.20	99.06	Depósitos sedimentarios
ORCPP-11	0.00	30.48	Piroclastos
	30.48	39.62	Piroclastos retrabajados
	39.62	53.30	Depósitos sedimentarios
	53.30	74.68	Piroclastos retrabajados
	74.68	103.63	Depósitos sedimentarios
ORCPP-12	0.00	24.38	Piroclastos retrabajados
	24.38	28.96	Piroclastos
	28.96	30.48	Depósitos sedimentarios
	30.48	42.67	Piroclastos
	42.67	97.54	Piroclastos retrabajados
	97.54	106.63	Depósitos sedimentarios
ORCPP-14	0.00	18.29	Piroclastos
	18.29	36.58	Piroclastos retrabajados
	36.58	42.67	Depósitos sedimentarios
	42.67	103.63	Piroclastos retrabajados
ORCPP-15	0.00	91.46	Piroclastos
	91.46	128.04	Depósitos sedimentarios
	128.04	141.76	Piroclastos
	141.76	152.40	Depósitos sedimentarios
ORCPP-20	0.00	16.77	Piroclastos
	16.77	39.63	Depósitos sedimentarios
	39.63	62.50	Piroclastos
ORCPP-21	0.00	3.00	Arcillas
	3.00	30.00	Piroclastos
	30.00	45.00	Arcillas
	45.00	66.00	Piroclastos
	66.00	72.00	Arcillas
	72.00	105.00	Piroclastos
ORCPP-23	0.00	50.30	Piroclastos
	50.30	59.45	Depósitos sedimentarios
	59.45	64.02	Piroclastos
	64.02	76.21	Depósitos sedimentarios

ID	Profundidad		Litología
	De (m)	Hasta (m)	
ORCPP-24	0.00	41.76	Lavas intermedias-básicas
	41.76	55.78	Piroclastos retrabajados
	55.78	104.85	Lavas intermedias-básicas
	104.85	109.12	Piroclastos
	109.12	153.92	Lavas intermedias-básicas
	153.92	195.99	Piroclastos
	195.99	214.88	Lavas intermedias-básicas
ORCPP-25	0.00	102.11	Piroclastos
	102.11	155.45	Lavas intermedias-básicas
	155.45	162.76	Piroclastos
	162.76	201.17	Piroclastos
ORCPP-26	0.00	16.00	Piroclastos
	16.00	48.00	Piroclastos retrabajados
	48.00	68.00	Depósitos sedimentarios
	68.00	90.00	Piroclastos retrabajados
	90.00	156.00	Depósitos sedimentarios
	156.00	201.20	Piroclastos retrabajados
ORCPP-27	0.00	3.00	Piroclastos
	3.00	51.00	Piroclastos retrabajados
	51.00	75.00	Depósitos sedimentarios
	75.00	90.00	Piroclastos retrabajados
	90.00	144.00	Depósitos sedimentarios
	144.00	216.00	Piroclastos retrabajados
ORCPP-28	0.00	6.10	Piroclastos
	6.10	15.24	Depósitos sedimentarios
	15.24	36.58	Piroclastos
	36.58	48.77	Piroclastos retrabajados
	48.77	64.01	Depósitos sedimentarios
	64.01	76.20	Piroclastos retrabajados
	76.20	85.34	Depósitos sedimentarios
	85.34	88.39	Piroclastos
	88.39	97.54	Depósitos sedimentarios
	97.54	106.68	Piroclastos
	106.68	109.73	Depósitos sedimentarios
	109.73	128.02	Piroclastos
	128.02	149.35	Piroclastos retrabajados
	149.35	158.50	Piroclastos
	158.50	161.54	Lavas intermedias-básicas
161.54	167.64	Depósitos sedimentarios	
167.64	176.78	Lavas intermedias-básicas	
176.78	192.02	Piroclastos retrabajados	
ORCPP-29	0.00	3.05	Depósitos sedimentarios
	3.05	27.43	Piroclastos
	27.43	182.88	Depósitos sedimentarios
ORCPP-31	0.00	9.14	Depósitos sedimentarios
	9.14	25.91	Piroclastos
	25.91	30.48	Depósitos sedimentarios
	30.48	60.96	Piroclastos
	60.96	91.44	Depósitos sedimentarios
ORCPP-33	0.00	6.10	Piroclastos
	6.10	21.34	Lavas intermedias-básicas

ID	Profundidad		Litología
	De (m)	Hasta (m)	
	21.34	60.96	Piroclastos
	60.96	201.17	Lavas intermedias-básicas

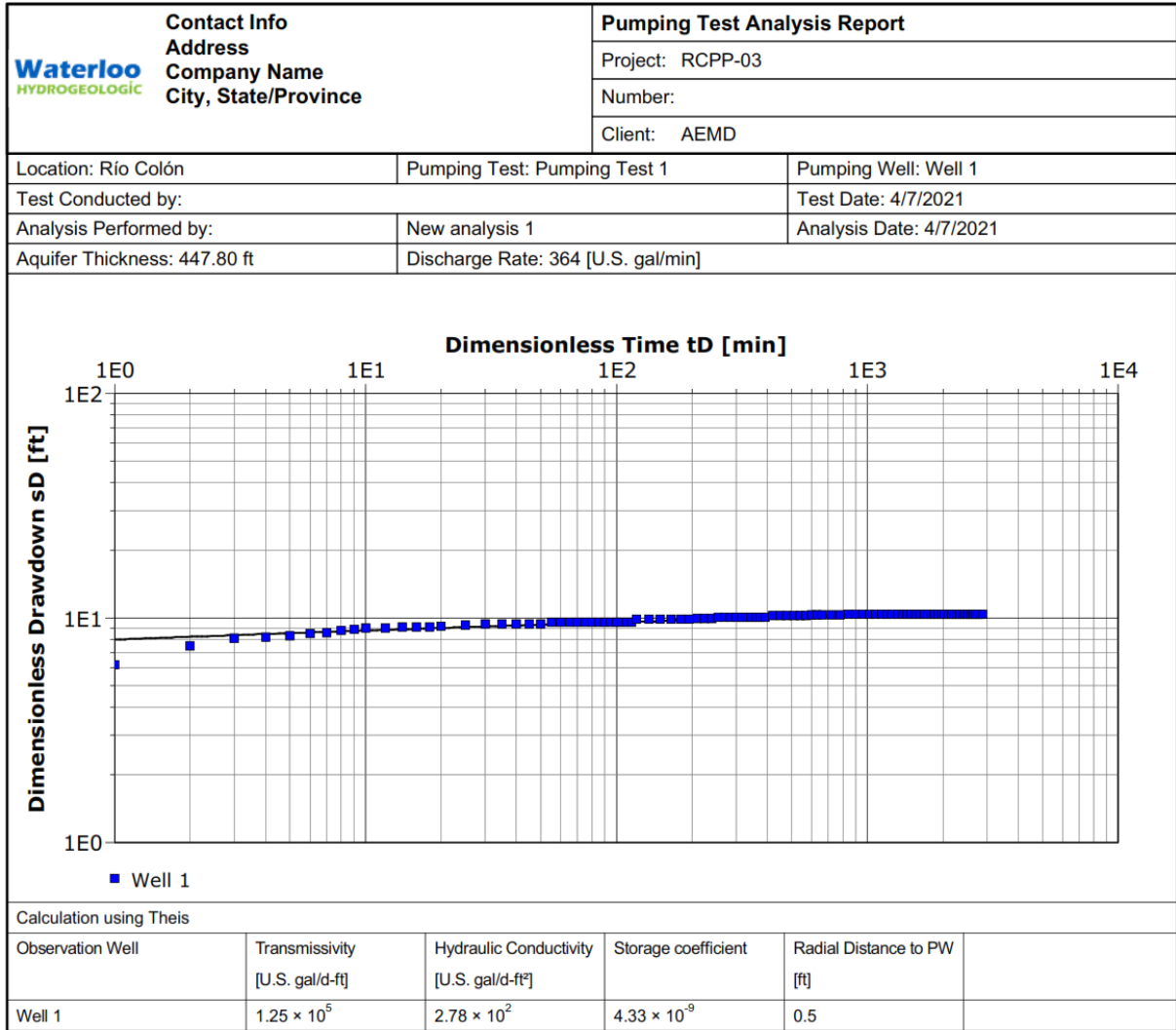
### 1.3 Puntos de control dentro y fuera de la microcuenca del Río Colón.

ID	Profundidad		Profundidad
	De (m)	De (m)	
PC-VSS1	0.00	2.00	Piroclastos
	2.00	163.00	Lavas intermedias-básicas
	163.00	175.00	Brecha volcánica
	175.00	250.00	Piroclastos
	250.00	310.00	Lavas intermedias-básicas
	310.00	340.00	Piroclastos
	340.00	370.00	Lavas intermedias-básicas
	370.00	425.00	Piroclastos
PC-VSS2	425.00	455.00	Lavas intermedias-básicas
	0.00	2.00	Piroclastos
	2.00	163.00	Lavas intermedias-básicas
	163.00	175.00	Brecha volcánica
	175.00	250.00	Piroclastos
	250.00	310.00	Lavas intermedias-básicas
	310.00	340.00	Piroclastos
	340.00	370.00	Lavas intermedias-básicas
PC-VSS3	370.00	425.00	Piroclastos
	425.00	455.00	Lavas intermedias-básicas
	0.00	2.00	Piroclastos
	2.00	163.00	Lavas intermedias-básicas
	163.00	175.00	Brecha volcánica
	175.00	250.00	Piroclastos
	250.00	310.00	Lavas intermedias-básicas
	310.00	340.00	Piroclastos
PC-VSS4	340.00	370.00	Lavas intermedias-básicas
	370.00	425.00	Piroclastos
	425.00	455.00	Lavas intermedias-básicas
	0.00	2.00	Piroclastos
	2.00	163.00	Lavas intermedias-básicas
	163.00	175.00	Brecha volcánica
	175.00	250.00	Piroclastos
	250.00	310.00	Lavas intermedias-básicas
PC-VSS5	310.00	340.00	Piroclastos
	340.00	370.00	Lavas intermedias-básicas
	370.00	425.00	Piroclastos
	425.00	455.00	Lavas intermedias-básicas
	0.00	6.00	Piroclastos
	6.00	213.00	Lavas intermedias-básicas
PC-VSS5	213.00	225.00	Brecha volcánica
	225.00	300.00	Piroclastos
	300.00	360.00	Lavas intermedias-básicas
	360.00	390.00	Piroclastos
	390.00	420.00	Lavas intermedias-básicas

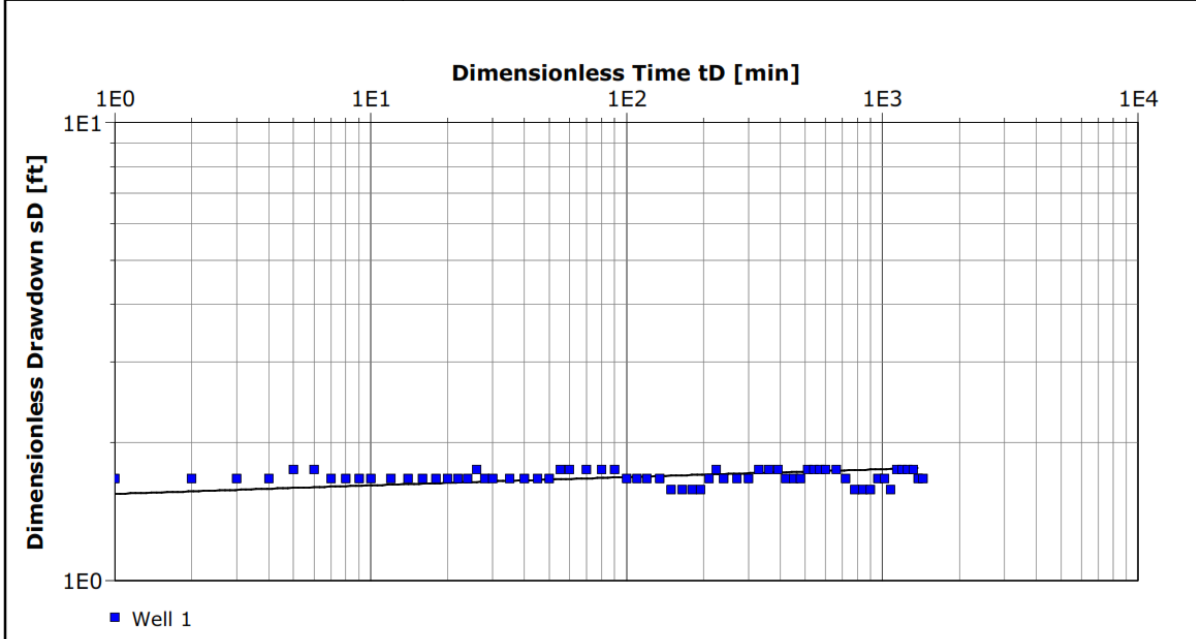
ID	Profundidad		Profundidad
	De (m)	De (m)	
	420.00	475.00	Piroclastos
	475.00	505.00	Lavas intermedias-básicas
PC-B1	0.00	18.29	Piroclastos
	18.29	42.67	Arcillas
	42.67	54.86	Piroclastos
	54.86	225.55	Lavas intermedias-básicas
	225.55	329.18	Brecha volcánica
PC-B2	0.00	18.29	Piroclastos
	18.29	42.67	Arcillas
	42.67	54.86	Piroclastos
	54.86	225.55	Lavas intermedias-básicas
	225.55	329.18	Brecha volcánica
PC-B3	0.00	9.55	Piroclastos
	9.55	329.18	Brecha volcánica
PC-B4	0.00	234.20	Piroclastos
	234.20	329.18	Brecha volcánica
PC-B5	0.00	146.81	Piroclastos
	146.81	329.18	Brecha volcánica
PC-B6	0.00	170.13	Piroclastos
	170.13	329.18	Brecha volcánica
PC-B7	0.00	210.21	Piroclastos
	210.21	329.18	Brecha volcánica
PC-B8	0.00	46.74	Piroclastos
	46.74	329.18	Brecha volcánica
PC-B9	0.00	90.93	Piroclastos
	90.93	329.18	Brecha volcánica
PC-B10	0.00	0.50	Arcillas
	0.50	329.18	Brecha volcánica
PC-B11	0.00	144.18	Piroclastos
	144.18	329.18	Brecha volcánica
PC-B12	0.00	0.50	Arcillas
	0.50	329.18	Brecha volcánica
PC-B13	0.00	59.33	Piroclastos
	59.33	329.18	Brecha volcánica
PC-DF05	0.00	152.31	Piroclastos
	152.31	176.69	Arcillas
	176.69	188.88	Piroclastos
	188.88	359.57	Lavas intermedias-básicas
PC-DF10	0.00	12.16	Piroclastos
	12.16	329.18	Lavas intermedias-básicas
PC-DF33	0.00	137.37	Piroclastos
	137.37	329.18	Lavas intermedias-básicas
PC-DF34	0.00	43.19	Piroclastos
	43.19	329.18	Lavas intermedias-básicas
PC-DF35	0.00	0.50	Brecha volcánica
	0.50	155.00	Lavas intermedias-básicas
	155.00	329.18	Brecha volcánica
PC-DF45	0.00	37.57	Piroclastos
	37.57	329.18	Lavas intermedias-básicas
PC-DF75	0.00	33.79	Piroclastos
	33.79	42.79	Brecha volcánica

ID	Profundidad		Profundidad
	De (m)	De (m)	
	42.79	329.18	Lavas intermedias-básicas
PC-DF79	0.00	69.65	Piroclastos
	69.65	329.18	Lavas intermedias-básicas

2. REPORTE DE PRUEBAS DE BOMBEO DE POZOS (RECALCULADOS\*).

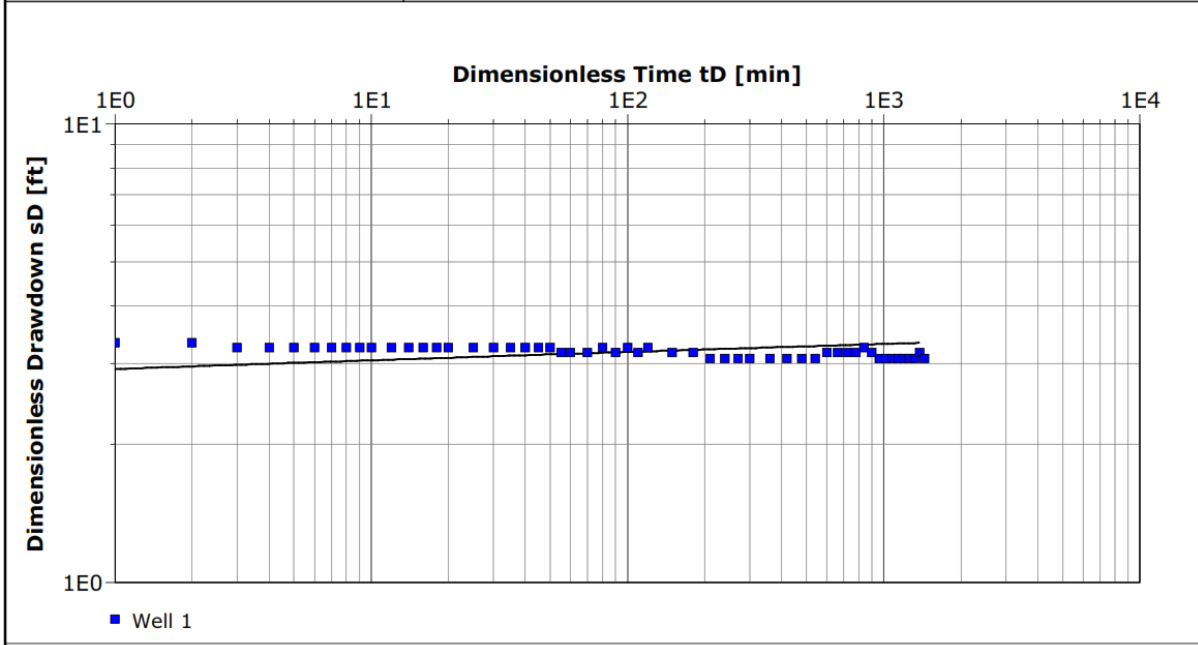


<b>Contact Info</b> <b>Address</b> <b>Company Name</b> <b>City, State/Province</b>		<b>Pumping Test Analysis Report</b>			
		Project: RCPP-04			
		Number:			
		Client: AEMD			
Location: Río Colón		Pumping Test: Pumping Test 1		Pumping Well: Well 1	
Test Conducted by: AEMD				Test Date: 3/7/2021	
Analysis Performed by:		New analysis 1		Analysis Date: 3/7/2021	
Aquifer Thickness: 140.00 ft		Discharge Rate: 178 [U.S. gal/min]			




Calculation using Theis					
Observation Well	Transmissivity [U.S. gal/d-ft]	Hydraulic Conductivity [U.S. gal/d-ft <sup>2</sup> ]	Storage coefficient	Radial Distance to PW [ft]	
Well 1	$6.88 \times 10^{-5}$	$4.92 \times 10^{-3}$	$2.71 \times 10^{-20}$	0.35	

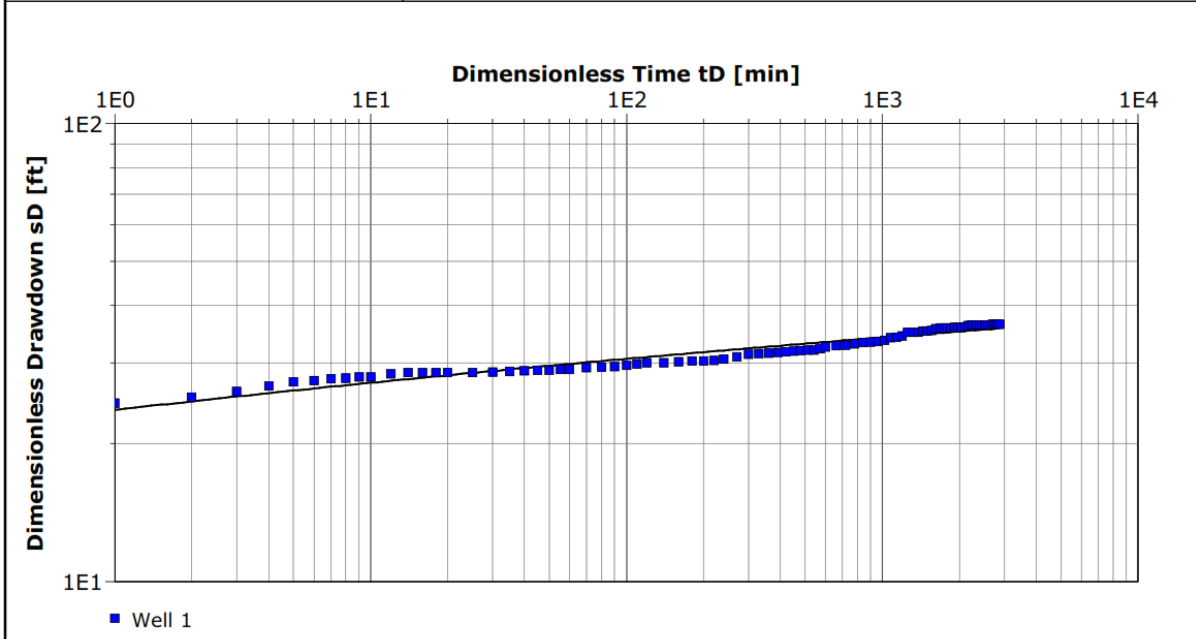
<b>Contact Info</b> <b>Address</b> <b>Company Name</b> <b>City, State/Province</b>		<b>Pumping Test Analysis Report</b>			
		Project: RCPP-05			
		Number:			
		Client: AEMD			
Location: Río Colón		Pumping Test: Pumping Test 1		Pumping Well: Well 1	
Test Conducted by: AEMD				Test Date: 4/7/2021	
Analysis Performed by:			New analysis 1		Analysis Date: 4/7/2021
Aquifer Thickness: 189.75 ft			Discharge Rate: 155 [U.S. gal/min]		




Calculation using Theis					
Observation Well	Transmissivity [U.S. gal/d-ft]	Hydraulic Conductivity [U.S. gal/d-ft <sup>2</sup> ]	Storage coefficient	Ratio K(v)/K(h)	Radial Distance to PW [ft]
Well 1	$3.13 \times 10^5$	$1.65 \times 10^3$	$2.68 \times 10^{-20}$	$9.29 \times 10^{-1}$	0.33

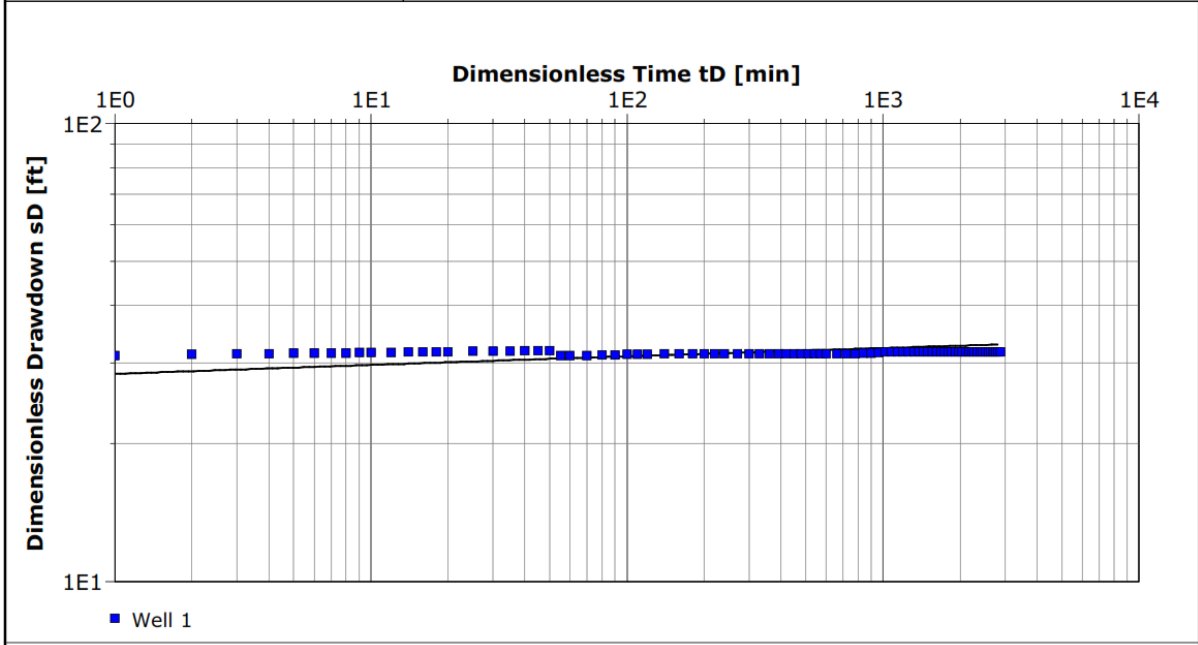


 <b>Contact Info</b> Address Company Name City, State/Province		<b>Pumping Test Analysis Report</b>			
		Project: RCPP-06			
		Number:			
		Client: AEMD			
Location: Río Colón		Pumping Test: Pumping Test 1		Pumping Well: Well 1	
Test Conducted by:		New analysis 1		Test Date: 4/7/2021	
Analysis Performed by:		Discharge Rate: 496 [U.S. gal/min]		Analysis Date: 4/7/2021	
Aquifer Thickness: 342.00 ft					

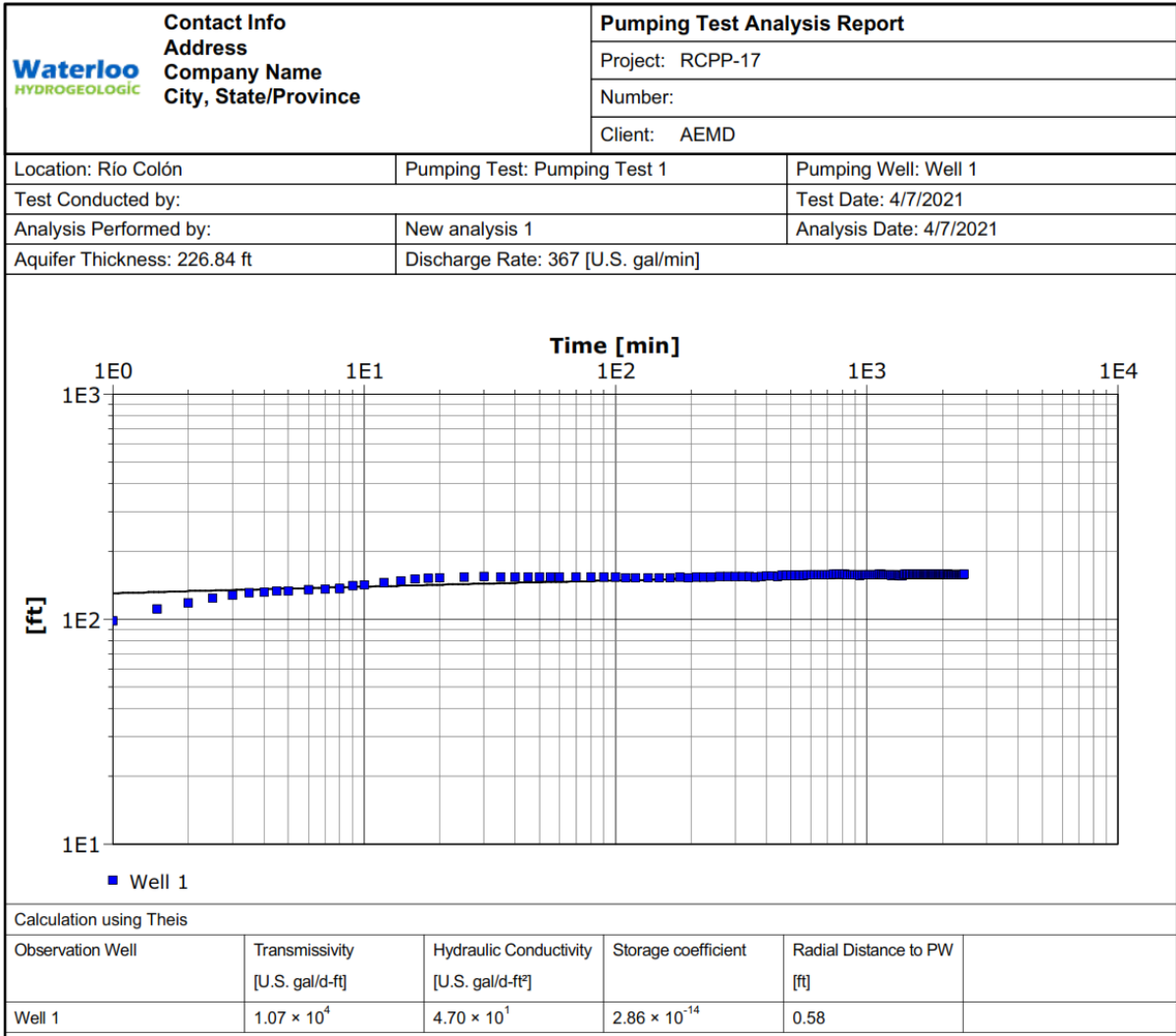


Calculation using Theis					
Observation Well	Transmissivity [U.S. gal/d-ft]	Hydraulic Conductivity [U.S. gal/d-ft <sup>2</sup> ]	Storage coefficient	Radial Distance to PW [ft]	
Well 1	$3.77 \times 10^4$	$1.10 \times 10^2$	$4.68 \times 10^{-6}$	0.5	

 <b>Contact Info</b> <b>Address</b> <b>Company Name</b> <b>City, State/Province</b>		<b>Pumping Test Analysis Report</b>			
		Project: RCPP-16			
		Number:			
		Client: AEMD			
Location: Río Colón		Pumping Test: Pumping Test 1		Pumping Well: Well 1	
Test Conducted by: AEMD				Test Date: 3/7/2021	
Analysis Performed by:		New analysis 1		Analysis Date: 3/7/2021	
Aquifer Thickness: 501.17 ft		Discharge Rate: 692 [U.S. gal/min]			



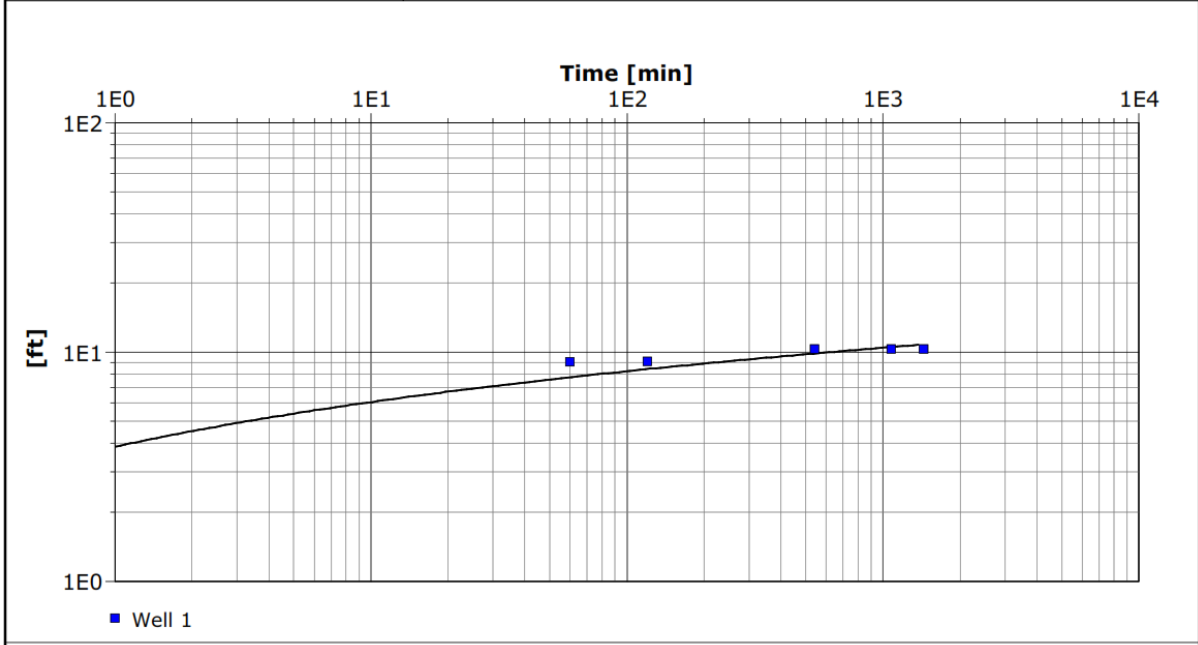
Calculation using Theis					
Observation Well	Transmissivity [U.S. gal/d-ft]	Hydraulic Conductivity [U.S. gal/d-ft <sup>2</sup> ]	Storage coefficient	Radial Distance to PW [ft]	
Well 1	$1.39 \times 10^5$	$2.78 \times 10^2$	$2.68 \times 10^{-20}$	0.5	




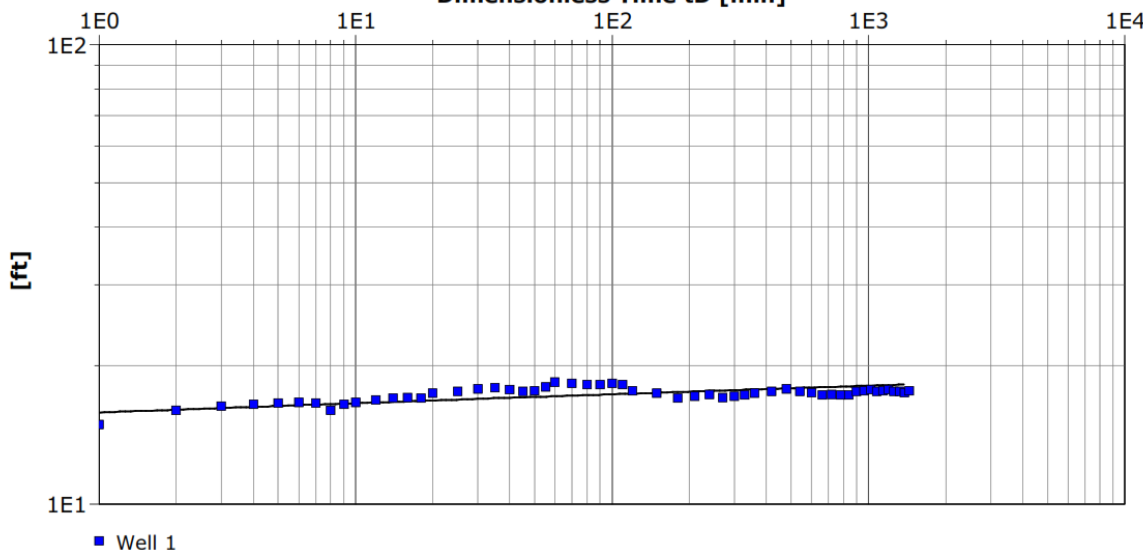
<b>Contact Info</b> <b>Address</b> <b>Company Name</b> <b>City, State/Province</b>		<b>Pumping Test Analysis Report</b>		
		Project: RCPP-18		
		Number:		
		Client: AEMD		
Location: Río Colón		Pumping Test: Pumping Test 1		Pumping Well: Well 1
Test Conducted by: AEMD				Test Date: 4/7/2021
Analysis Performed by:		New analysis 1		Analysis Date: 4/7/2021
Aquifer Thickness: 442.00 ft		Discharge Rate: 794 [U.S. gal/min]		
Calculation using Theis				
Observation Well	Transmissivity [U.S. gal/d-ft]	Hydraulic Conductivity [U.S. gal/d-ft <sup>2</sup> ]	Storage coefficient	Radial Distance to PW [ft]
Well 1	$2.12 \times 10^4$	$4.79 \times 10^1$	$1.35 \times 10^{-15}$	0.5

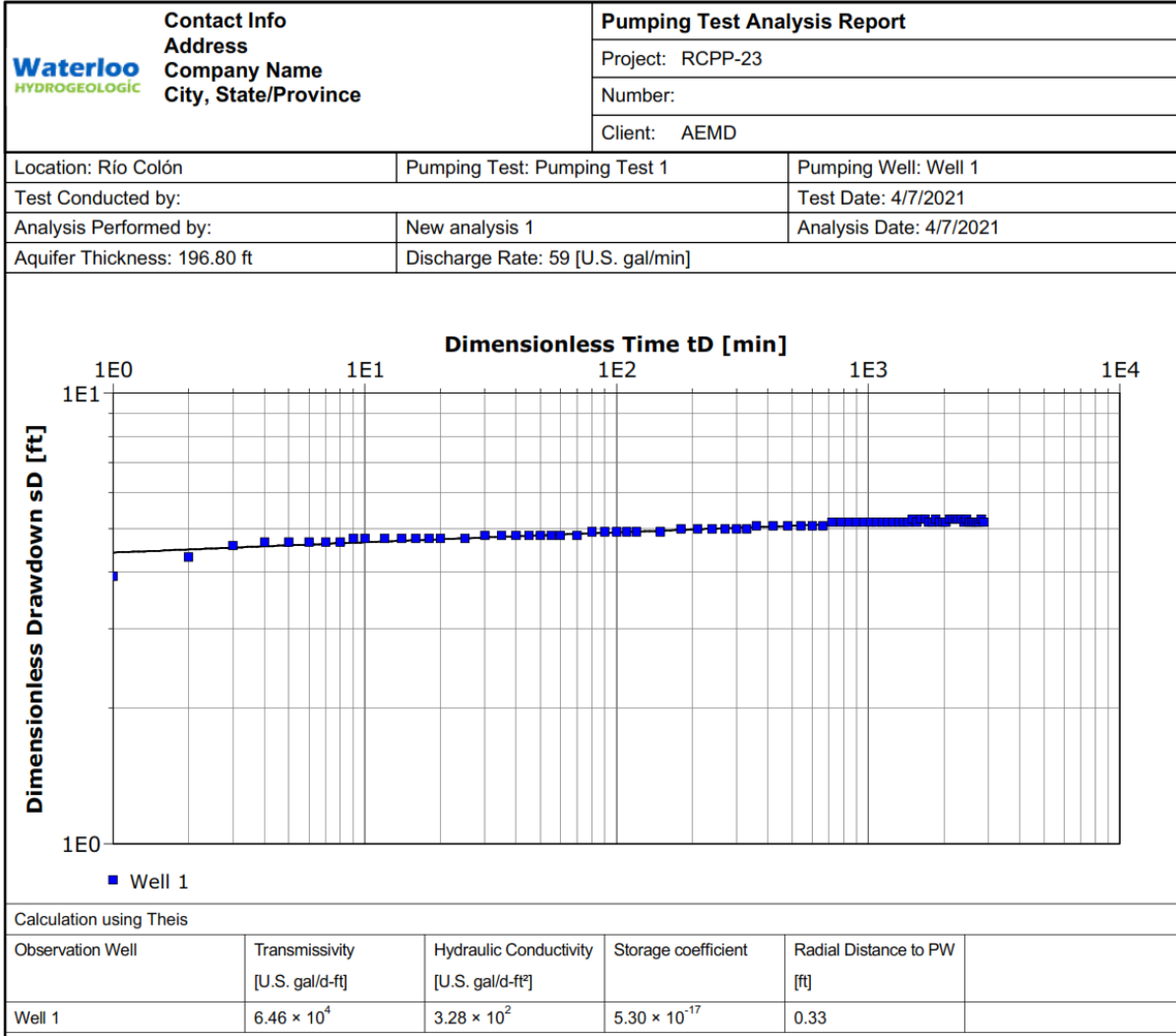
Contact Info		Pumping Test Analysis Report												
<b>Waterloo</b> HYDROGEOLOGIC Address Company Name City, State/Province		Project: RCPP-19												
		Number:												
		Client: AEMD												
Location: Río Colón		Pumping Test: Pumping Test 1		Pumping Well: Well 1										
Test Conducted by: AEMD				Test Date: 24/6/2020										
Analysis Performed by:		New analysis 1		Analysis Date: 21/8/2020										
Aquifer Thickness: 636.00 ft		Discharge Rate: 343 [U.S. gal/min]												
Calculation using Theis <table border="1"> <thead> <tr> <th>Observation Well</th> <th>Transmissivity [U.S. gal/d-ft]</th> <th>Hydraulic Conductivity [U.S. gal/d-ft<sup>2</sup>]</th> <th>Storage coefficient</th> <th>Radial Distance to PW [ft]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Well 1</td> <td><math>9.08 \times 10^4</math></td> <td><math>1.43 \times 10^2</math></td> <td><math>9.80 \times 10^{-10}</math></td> <td>0.5</td> </tr> </tbody> </table>					Observation Well	Transmissivity [U.S. gal/d-ft]	Hydraulic Conductivity [U.S. gal/d-ft <sup>2</sup> ]	Storage coefficient	Radial Distance to PW [ft]	Well 1	$9.08 \times 10^4$	$1.43 \times 10^2$	$9.80 \times 10^{-10}$	0.5
Observation Well	Transmissivity [U.S. gal/d-ft]	Hydraulic Conductivity [U.S. gal/d-ft <sup>2</sup> ]	Storage coefficient	Radial Distance to PW [ft]										
Well 1	$9.08 \times 10^4$	$1.43 \times 10^2$	$9.80 \times 10^{-10}$	0.5										

<b>Contact Info</b> <b>Address</b> <b>Company Name</b> <b>City, State/Province</b>		<b>Pumping Test Analysis Report</b>			
		Project: RCPP-21			
		Number:			
		Client: AEMD			
Location: Río Colón		Pumping Test: Pumping Test 1		Pumping Well: Well 1	
Test Conducted by: AEMD				Test Date: 3/7/2021	
Analysis Performed by: AEMD		New analysis 1		Analysis Date: 3/7/2021	
Aquifer Thickness: 314.00 ft		Discharge Rate: 126 [U.S. gal/min]			




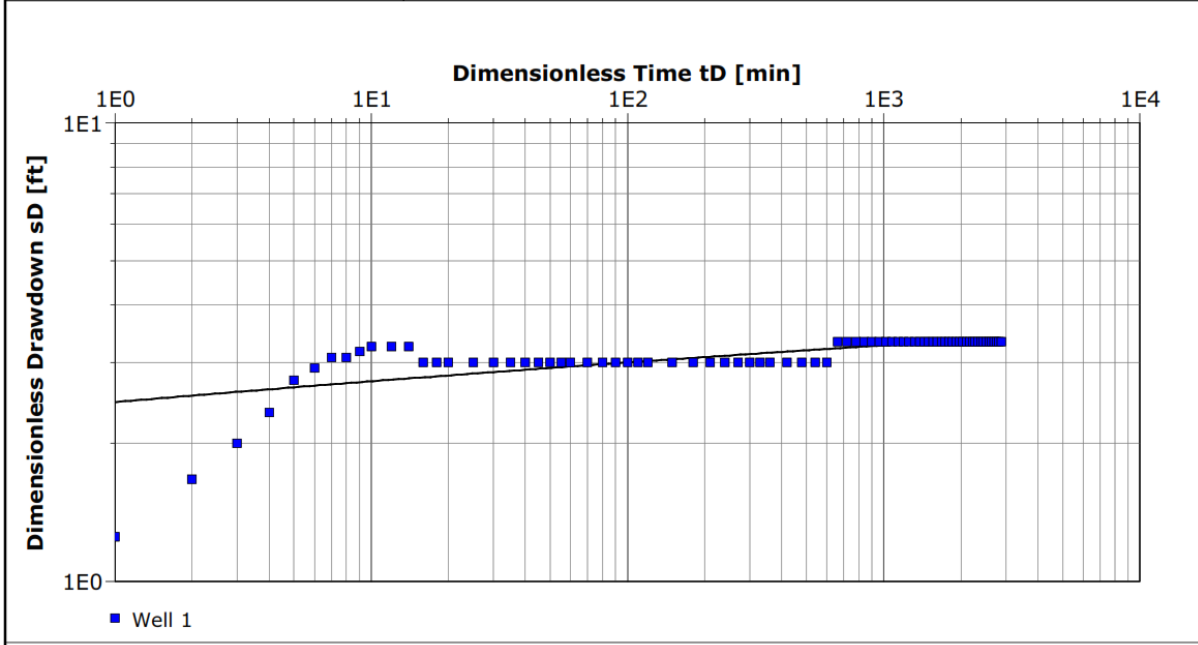
Calculation using Theis					
Observation Well	Transmissivity [U.S. gal/d-ft]	Hydraulic Conductivity [U.S. gal/d-ft <sup>2</sup> ]	Storage coefficient	Ratio K(v)/K(h)	Radial Distance to PW [ft]
Well 1	$1.51 \times 10^4$	$4.82 \times 10^1$	$5.00 \times 10^{-1}$	$7.34 \times 10^{-1}$	0.33

<b>Contact Info</b> <b>Address</b> <b>Company Name</b> <b>City, State/Province</b>		<b>Pumping Test Analysis Report</b>			
		Project: RCPP-22		Number:	
		Client: AEMD			
Location: Río Colón		Pumping Test: Pumping Test 1		Pumping Well: Well 1	
Test Conducted by: AEMD				Test Date: 4/7/2021	
Analysis Performed by:		New analysis 1		Analysis Date: 4/7/2021	
Aquifer Thickness: 200.00 ft		Discharge Rate: 54 [U.S. gal/min]			
<b>Dimensionless Time tD [min]</b>					
					
Calculation using Theis					
Observation Well	Transmissivity [U.S. gal/d-ft]	Hydraulic Conductivity [U.S. gal/d-ft <sup>2</sup> ]	Storage coefficient	Radial Distance to PW [ft]	
Well 1	$1.88 \times 10^4$	$9.38 \times 10^1$	$5.42 \times 10^{-20}$	0.33	




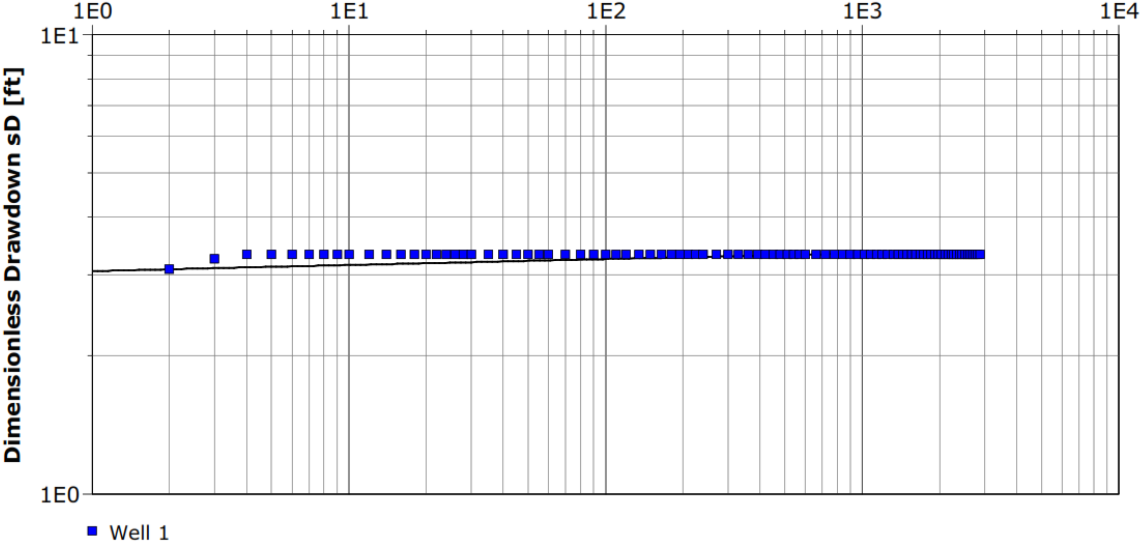


<b>Contact Info</b> <b>Address</b> <b>Company Name</b> <b>City, State/Province</b>		<b>Pumping Test Analysis Report</b>	
		Project: RCPP-24	
		Number:	
		Client: AEMD	
Location: Río Colón	Pumping Test: Pumping Test 1	Pumping Well: Well 1	
Test Conducted by: AEMD		Test Date: 4/7/2021	
Analysis Performed by:		New analysis 1	Analysis Date: 4/7/2021
Aquifer Thickness: 196.80 ft		Discharge Rate: 56 [U.S. gal/min]	


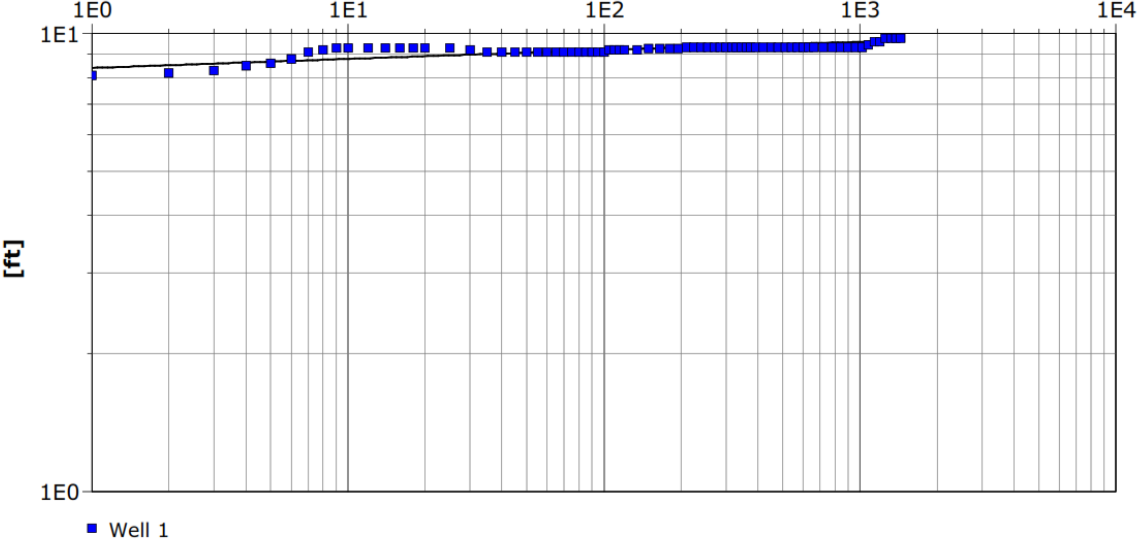


Calculation using Theis					
Observation Well	Transmissivity [U.S. gal/d-ft]	Hydraulic Conductivity [U.S. gal/d-ft <sup>2</sup> ]	Storage coefficient	Radial Distance to PW [ft]	
Well 1	$5.46 \times 10^4$	$2.77 \times 10^2$	$8.49 \times 10^{-8}$	0.33	

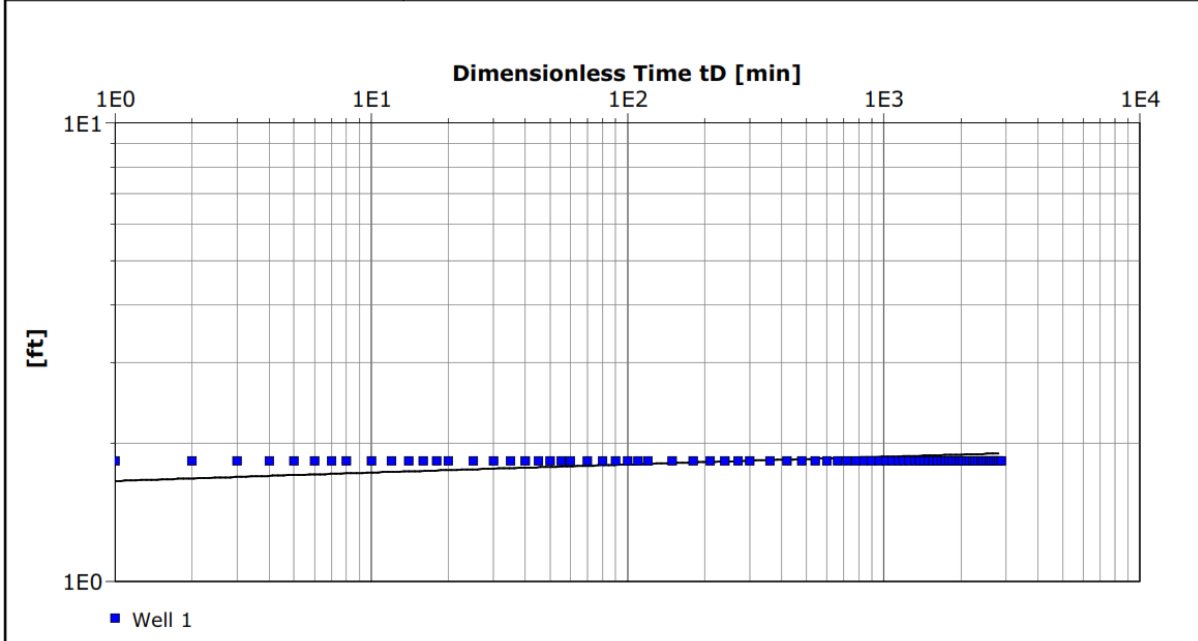
Contact Info		Pumping Test Analysis Report			
Address		Project: RCPP-25			
Company Name		Number:			
City, State/Province		Client: AEMD			
Location: Río Colón		Pumping Test: Pumping Test 1		Pumping Well: Well 1	
Test Conducted by: AEMD		Test Date: 4/7/2021			
Analysis Performed by:		New analysis 1		Analysis Date: 4/7/2021	
Aquifer Thickness: 607.00 ft		Discharge Rate: 1058 [U.S. gal/min]			
Calculation using AGARWAL + Theis					
Observation Well	Transmissivity [U.S. gal/d-ft]	Hydraulic Conductivity [U.S. gal/d-ft <sup>2</sup> ]	Storage coefficient	Radial Distance to PW [ft]	
Well 1	$8.12 \times 10^{-4}$	$1.34 \times 10^2$	$1.47 \times 10^{-4}$	0.58	

<b>Contact Info</b> <b>Address</b> <b>Company Name</b> <b>City, State/Province</b>		<b>Pumping Test Analysis Report</b>			
		Project: RCPP-26			
		Number:			
		Client: AEMD			
Location: Río Colón		Pumping Test: Pumping Test 1		Pumping Well: Well 1	
Test Conducted by: AEMD				Test Date: 3/7/2021	
Analysis Performed by:		New analysis 1		Analysis Date: 3/7/2021	
Aquifer Thickness: 500.90 ft		Discharge Rate: 784 [U.S. gal/min]			
<b>Dimensionless Time tD [min]</b>					
					
Calculation using Theis					
Observation Well	Transmissivity [U.S. gal/d-ft]	Hydraulic Conductivity [U.S. gal/d-ft <sup>2</sup> ]	Storage coefficient	Radial Distance to PW [ft]	
Well 1	$2.18 \times 10^6$	$4.35 \times 10^3$	$1.00 \times 10^{-29}$	0.53	


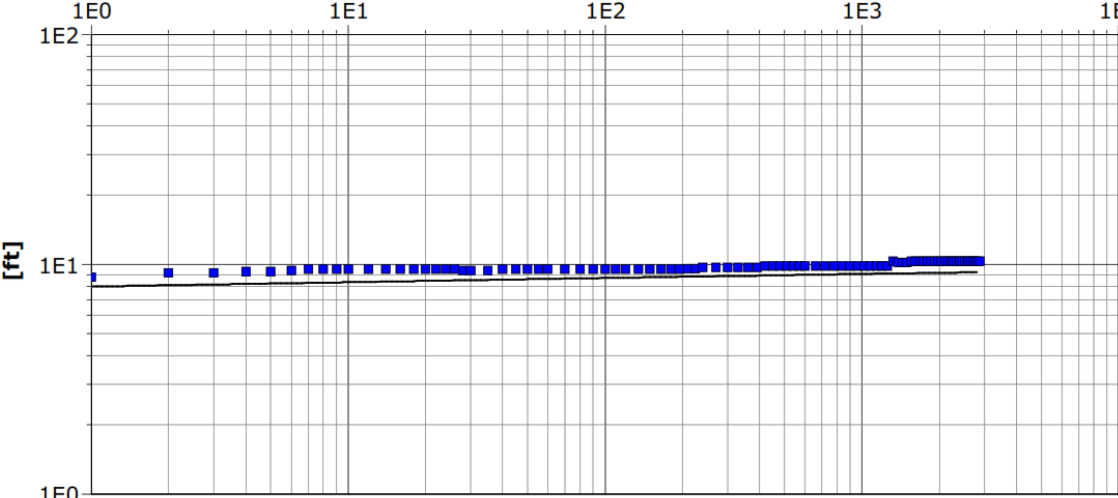
Contact Info		Pumping Test Analysis Report			
<b>Waterloo</b> HYDROGEOLOGIC Address Company Name City, State/Province		Project: RCPP-28			
		Number:			
		Client: AEMD			
Location: Río Colón		Pumping Test: Pumping Test 1		Pumping Well: Well 1	
Test Conducted by: AEMD				Test Date: 4/7/2021	
Analysis Performed by:		New analysis 1		Analysis Date: 4/7/2021	
Aquifer Thickness: 175.80 ft		Discharge Rate: 555 [U.S. gal/min]			
<p>■ Well 1</p>					
Calculation using Theis					
Observation Well	Transmissivity [U.S. gal/d-ft]	Hydraulic Conductivity [U.S. gal/d-ft <sup>2</sup> ]	Storage coefficient	Radial Distance to PW [ft]	
Well 1	$6.02 \times 10^4$	$3.43 \times 10^2$	$1.00 \times 10^{-29}$	0.33	

<b>Contact Info</b> <b>Address</b> <b>Company Name</b> <b>City, State/Province</b>		<b>Pumping Test Analysis Report</b>			
		Project: RCPP-29			
		Number:			
		Client: AEMD			
Location: Río Colón		Pumping Test: Pumping Test 1		Pumping Well: Well 1	
Test Conducted by: AEMD				Test Date: 4/7/2021	
Analysis Performed by:		New analysis 1		Analysis Date: 4/7/2021	
Aquifer Thickness: 183.80 ft		Discharge Rate: 351 [U.S. gal/min]			
<b>Dimensionless Time tD [min]</b>					
					
Calculation using Theis					
Observation Well	Transmissivity [U.S. gal/d-ft]	Hydraulic Conductivity [U.S. gal/d-ft <sup>2</sup> ]	Storage coefficient	Radial Distance to PW [ft]	
Well 1	$2.35 \times 10^5$	$1.28 \times 10^3$	$1.34 \times 10^{-19}$	0.42	

<b>Contact Info</b> <b>Address</b> <b>Company Name</b> <b>City, State/Province</b>		<b>Pumping Test Analysis Report</b>	
		Project: RCPP-32	
		Number:	
		Client: AEMD	
Location: Río Colón	Pumping Test: Pumping Test 1	Pumping Well: Well 1	
Test Conducted by:		Test Date: 4/7/2021	
Analysis Performed by:	New analysis 1	Analysis Date: 4/7/2021	
Aquifer Thickness: 497.00 ft	Discharge Rate: 750 [U.S. gal/min]		



Calculation using Theis					
Observation Well	Transmissivity [U.S. gal/d-ft]	Hydraulic Conductivity [U.S. gal/d-ft <sup>2</sup> ]	Storage coefficient	Radial Distance to PW [ft]	
Well 1	$2.78 \times 10^6$	$5.59 \times 10^3$	$1.36 \times 10^{-20}$	0.5	

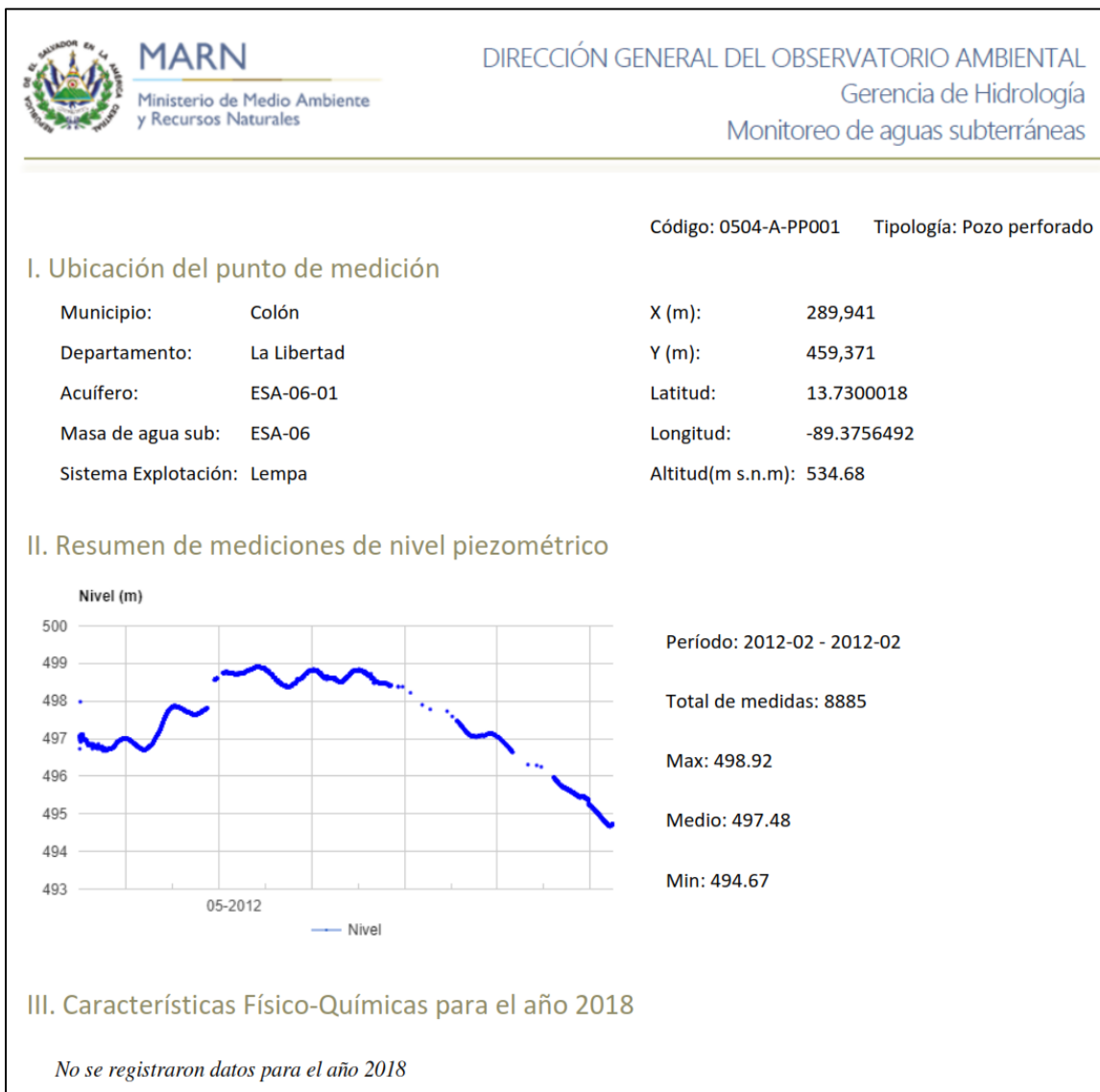
<b>Contact Info</b> <b>Address</b> <b>Company Name</b> <b>City, State/Province</b>		<b>Pumping Test Analysis Report</b>			
		Project: RCPP-34			
		Number:			
		Client: AEMD			
Location: Río Colón		Pumping Test: Pumping Test 1		Pumping Well: Well 1	
Test Conducted by: AEMD				Test Date: 3/7/2021	
Analysis Performed by:		New analysis 1		Analysis Date: 3/7/2021	
Aquifer Thickness: 472.50 ft		Discharge Rate: 900 [U.S. gal/min]			
<b>Dimensionless Time tD [min]</b>					
					
■ Well 1					
Calculation using Theis					
Observation Well	Transmissivity [U.S. gal/d-ft]	Hydraulic Conductivity [U.S. gal/d-ft <sup>2</sup> ]	Storage coefficient	Radial Distance to PW [ft]	
Well 1	$6.62 \times 10^5$	$1.40 \times 10^3$	$2.71 \times 10^{-20}$	0.51	

Contact Info		Pumping Test Analysis Report			
<b>Waterloo</b> HYDROGEOLOGIC Address Company Name City, State/Province		Project: RCPP-35			
		Number:			
		Client: AEMD			
Location: Río Colón		Pumping Test: Pumping Test 1		Pumping Well: Well 1	
Test Conducted by: AEMD				Test Date: 3/7/2021	
Analysis Performed by:		New analysis 1		Analysis Date: 3/7/2021	
Aquifer Thickness: 479.20 ft		Discharge Rate: 1000 [U.S. gal/min]			
Calculation using Theis					
Observation Well	Transmissivity [U.S. gal/d-ft]	Hydraulic Conductivity [U.S. gal/d-ft <sup>2</sup> ]	Storage coefficient	Radial Distance to PW [ft]	
Well 1	$2.11 \times 10^6$	$4.39 \times 10^3$	$1.36 \times 10^{-20}$	0.51	



### 3. REGISTRO DE MONITOREO DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS EN POZO DE MONITOREO

#### 3.1 Resumen de datos PM Las Brisas (MARN).



### 3.2 Registro temporal PM Las Brisas (MARN).

Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
1/1/2009	38.15	497.03	20/5/2012	36.46	498.72	1/2/2015	37.93	498.81
2/1/2009	38.12	497.06	20/5/2012	36.46	498.72	1/2/2015	37.92	498.8
3/1/2009	38.1	497.08	21/5/2012	36.46	498.72	2/2/2015	37.93	498.8
4/1/2009	38.21	496.97	21/5/2012	36.46	498.72	2/2/2015	37.93	498.81
5/1/2009	38.45	496.73	21/5/2012	36.46	498.72	2/2/2015	37.92	498.8
6/1/2009	38.12	497.06	22/5/2012	36.46	498.72	3/2/2015	37.94	498.8
7/1/2009	38.15	497.03	22/5/2012	36.46	498.72	3/2/2015	37.93	498.81
8/1/2009	38.23	496.95	22/5/2012	36.45	498.73	3/2/2015	37.93	498.79
9/1/2009	37.2	497.98	23/5/2012	36.46	498.72	4/2/2015	37.94	498.8
10/1/2009	38.25	496.93	23/5/2012	36.45	498.73	4/2/2015	37.94	498.8
11/1/2009	38.26	496.92	23/5/2012	36.46	498.72	4/2/2015	37.93	498.79
12/1/2009	38.27	496.91	24/5/2012	36.46	498.72	5/2/2015	37.94	498.79
13/1/2009	38.15	497.03	24/5/2012	36.46	498.72	5/2/2015	37.94	498.8
14/1/2009	38.09	497.09	24/5/2012	36.46	498.72	5/2/2015	37.94	498.79
15/1/2009	38.06	497.12	25/5/2012	36.46	498.72	6/2/2015	37.95	498.79
16/1/2009	38.09	497.09	25/5/2012	36.46	498.72	6/2/2015	37.94	498.79
17/1/2009	38.07	497.11	25/5/2012	36.46	498.72	6/2/2015	37.94	498.78
18/1/2009	38.15	497.03	26/5/2012	36.46	498.72	7/2/2015	37.95	498.79
19/1/2009	38.17	497.01	26/5/2012	36.46	498.72	7/2/2015	37.94	498.79
20/1/2009	38.19	496.99	26/5/2012	36.45	498.73	7/2/2015	37.94	498.78
21/1/2009	38.16	497.02	27/5/2012	36.46	498.72	8/2/2015	37.95	498.79
22/1/2009	38.19	496.99	27/5/2012	36.46	498.72	8/2/2015	37.95	498.79
23/1/2009	38.15	497.03	27/5/2012	36.45	498.73	8/2/2015	37.94	498.78
24/1/2009	38.17	497.01	28/5/2012	36.45	498.73	9/2/2015	37.95	498.78
25/1/2009	38.12	497.06	28/5/2012	36.46	498.72	9/2/2015	37.95	498.79
26/1/2009	38.11	497.07	28/5/2012	36.46	498.72	9/2/2015	37.94	498.78
27/1/2009	38.1	497.08	29/5/2012	36.46	498.72	10/2/2015	37.95	498.78
28/1/2009	38.09	497.09	29/5/2012	36.45	498.73	10/2/2015	37.95	498.79
29/1/2009	38.07	497.11	29/5/2012	36.45	498.73	10/2/2015	37.95	498.78
30/1/2009	38.06	497.12	30/5/2012	36.46	498.72	11/2/2015	37.95	498.78
31/1/2009	38.14	497.04	30/5/2012	36.45	498.73	11/2/2015	37.95	498.78
1/2/2009	38.14	497.04	30/5/2012	36.45	498.73	11/2/2015	37.95	498.78
2/2/2009	38.15	497.03	31/5/2012	36.46	498.72	12/2/2015	37.95	498.78
3/2/2009	38.16	497.02	31/5/2012	36.45	498.73	12/2/2015	37.95	498.78
4/2/2009	38.18	497	31/5/2012	36.45	498.73	12/2/2015	37.95	498.78
5/2/2009	38.18	497	1/6/2012	36.46	498.72	13/2/2015	37.95	498.78
6/2/2009	38.19	496.99	1/6/2012	36.46	498.72	13/2/2015	37.95	498.78
7/2/2009	38.19	496.99	1/6/2012	36.46	498.72	13/2/2015	37.95	498.78
8/2/2009	38.2	496.98	2/6/2012	36.46	498.72	14/2/2015	37.95	498.78
9/2/2009	38.21	496.97	2/6/2012	36.45	498.73	14/2/2015	37.95	498.78
10/2/2009	38.22	496.96	2/6/2012	36.45	498.73	14/2/2015	37.95	498.78
11/2/2009	38.21	496.97	3/6/2012	36.46	498.72	15/2/2015	37.95	498.78
12/2/2009	38.23	496.95	3/6/2012	36.46	498.72	15/2/2015	37.95	498.78
13/2/2009	38.22	496.96	3/6/2012	36.45	498.73	15/2/2015	37.95	498.78
14/2/2009	38.22	496.96	4/6/2012	36.46	498.72	16/2/2015	37.95	498.78
15/2/2009	38.23	496.95	4/6/2012	36.46	498.72	16/2/2015	37.95	498.78
16/2/2009	38.2	496.98	4/6/2012	36.45	498.73	16/2/2015	37.95	498.78
17/2/2009	38.23	496.95	5/6/2012	36.46	498.72	17/2/2015	37.95	498.78
18/2/2009	38.2	496.98	5/6/2012	36.45	498.73	17/2/2015	37.95	498.78
19/2/2009	38.21	496.97	5/6/2012	36.45	498.73	17/2/2015	37.95	498.78
20/2/2009	38.22	496.96	6/6/2012	36.45	498.73	18/2/2015	37.95	498.78
21/2/2009	38.21	496.97	6/6/2012	36.46	498.72	18/2/2015	37.95	498.78
22/2/2009	38.21	496.97	6/6/2012	36.46	498.72	18/2/2015	37.95	498.78
23/2/2009	38.21	496.97	7/6/2012	36.45	498.73	19/2/2015	37.95	498.78
24/2/2009	38.22	496.96	7/6/2012	36.46	498.72	19/2/2015	37.95	498.78
25/2/2009	38.23	496.95	7/6/2012	36.45	498.73	19/2/2015	37.95	498.78
26/2/2009	38.22	496.96	8/6/2012	36.45	498.73	20/2/2015	37.95	498.78

Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
27/2/2009	38.23	496.95	8/6/2012	36.45	498.73	20/2/2015	37.95	498.78
28/2/2009	38.23	496.95	8/6/2012	36.45	498.73	20/2/2015	37.95	498.78
1/3/2009	38.23	496.95	9/6/2012	36.45	498.73	21/2/2015	37.95	498.78
2/3/2009	38.25	496.93	9/6/2012	36.45	498.73	21/2/2015	37.95	498.78
3/3/2009	38.27	496.91	9/6/2012	36.45	498.73	21/2/2015	37.95	498.78
4/3/2009	38.29	496.89	10/6/2012	36.45	498.73	22/2/2015	37.95	498.78
5/3/2009	38.3	496.88	10/6/2012	36.45	498.73	22/2/2015	37.95	498.78
6/3/2009	38.32	496.86	10/6/2012	36.45	498.73	22/2/2015	37.98	498.78
7/3/2009	38.31	496.87	11/6/2012	36.45	498.73	23/2/2015	37.99	498.78
8/3/2009	38.33	496.85	11/6/2012	36.45	498.73	23/2/2015	37.99	498.75
9/3/2009	38.31	496.87	11/6/2012	36.45	498.73	23/2/2015	37.98	498.74
10/3/2009	38.36	496.82	12/6/2012	36.46	498.72	24/2/2015	37.99	498.74
11/3/2009	38.31	496.87	12/6/2012	36.45	498.73	24/2/2015	37.99	498.75
12/3/2009	38.36	496.82	12/6/2012	36.45	498.73	24/2/2015	37.98	498.74
13/3/2009	38.33	496.85	13/6/2012	36.45	498.73	25/2/2015	37.99	498.74
14/3/2009	38.34	496.84	13/6/2012	36.46	498.72	25/2/2015	37.99	498.75
15/3/2009	38.33	496.85	13/6/2012	36.45	498.73	25/2/2015	37.98	498.74
16/3/2009	38.34	496.84	14/6/2012	36.45	498.73	26/2/2015	37.98	498.74
17/3/2009	38.36	496.82	14/6/2012	36.46	498.72	26/2/2015	37.98	498.75
18/3/2009	38.31	496.87	14/6/2012	36.45	498.73	26/2/2015	37.98	498.75
19/3/2009	38.36	496.82	15/6/2012	36.45	498.73	27/2/2015	37.98	498.75
20/3/2009	38.33	496.85	15/6/2012	36.45	498.73	27/2/2015	37.99	498.75
21/3/2009	38.33	496.85	15/6/2012	36.45	498.73	27/2/2015	37.97	498.75
22/3/2009	38.34	496.84	16/6/2012	36.45	498.73	28/2/2015	37.98	498.74
23/3/2009	38.33	496.85	16/6/2012	36.45	498.73	28/2/2015	37.98	498.76
24/3/2009	38.36	496.82	16/6/2012	36.44	498.74	28/2/2015	37.96	498.75
25/3/2009	38.35	496.83	17/6/2012	36.45	498.73	1/3/2015	37.97	498.75
26/3/2009	38.31	496.87	17/6/2012	36.45	498.73	1/3/2015	37.98	498.77
27/3/2009	38.33	496.85	17/6/2012	36.44	498.74	1/3/2015	37.97	498.76
28/3/2009	38.36	496.82	18/6/2012	36.45	498.73	2/3/2015	37.98	498.75
29/3/2009	38.35	496.83	18/6/2012	36.45	498.73	2/3/2015	37.98	498.76
30/3/2009	38.35	496.83	18/6/2012	36.45	498.73	2/3/2015	37.96	498.75
31/3/2009	38.36	496.82	19/6/2012	36.45	498.73	3/3/2015	37.98	498.75
1/4/2009	38.37	496.81	19/6/2012	36.45	498.73	3/3/2015	37.98	498.77
2/4/2009	38.35	496.83	19/6/2012	36.45	498.73	3/3/2015	37.97	498.75
3/4/2009	38.36	496.82	20/6/2012	36.45	498.73	4/3/2015	37.98	498.75
4/4/2009	38.35	496.83	20/6/2012	36.45	498.73	4/3/2015	37.98	498.76
5/4/2009	38.36	496.82	20/6/2012	36.45	498.73	4/3/2015	37.98	498.75
6/4/2009	38.37	496.81	21/6/2012	36.45	498.73	5/3/2015	37.98	498.75
7/4/2009	38.32	496.86	21/6/2012	36.45	498.73	5/3/2015	37.98	498.75
8/4/2009	38.33	496.85	21/6/2012	36.44	498.74	5/3/2015	37.98	498.75
9/4/2009	38.32	496.86	22/6/2012	36.45	498.73	6/3/2015	37.99	498.75
10/4/2009	38.37	496.81	22/6/2012	36.44	498.74	6/3/2015	38	498.75
11/4/2009	38.35	496.83	22/6/2012	36.45	498.73	6/3/2015	38	498.74
12/4/2009	38.37	496.81	23/6/2012	36.45	498.73	7/3/2015	38	498.73
13/4/2009	38.33	496.85	23/6/2012	36.45	498.73	7/3/2015	38	498.73
14/4/2009	38.45	496.73	23/6/2012	36.45	498.73	7/3/2015	38	498.73
15/4/2009	38.32	496.86	24/6/2012	36.45	498.73	8/3/2015	38	498.73
16/4/2009	38.35	496.83	24/6/2012	36.45	498.73	8/3/2015	38	498.73
17/4/2009	38.37	496.81	24/6/2012	36.45	498.73	8/3/2015	38	498.73
18/4/2009	38.38	496.8	25/6/2012	36.45	498.73	9/3/2015	38	498.73
19/4/2009	38.35	496.83	25/6/2012	36.45	498.73	9/3/2015	38	498.73
20/4/2009	38.36	496.82	25/6/2012	36.44	498.74	9/3/2015	38	498.73
21/4/2009	38.36	496.82	26/6/2012	36.45	498.73	10/3/2015	38.01	498.73
22/4/2009	38.34	496.84	26/6/2012	36.45	498.73	10/3/2015	38.01	498.73
23/4/2009	38.32	496.86	26/6/2012	36.44	498.74	10/3/2015	38.01	498.72
24/4/2009	38.36	496.82	27/6/2012	36.45	498.73	11/3/2015	38.01	498.72
25/4/2009	38.37	496.81	27/6/2012	36.45	498.73	11/3/2015	38.01	498.72
26/4/2009	38.36	496.82	27/6/2012	36.45	498.73	11/3/2015	38.01	498.72

Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
27/4/2009	38.36	496.82	28/6/2012	36.45	498.73	12/3/2015	38.01	498.72
28/4/2009	38.35	496.83	28/6/2012	36.45	498.73	12/3/2015	38.01	498.72
29/4/2009	38.37	496.81	28/6/2012	36.45	498.73	12/3/2015	38.01	498.72
30/4/2009	38.4	496.78	29/6/2012	36.45	498.73	13/3/2015	38.01	498.72
1/5/2009	38.4	496.78	29/6/2012	36.45	498.73	13/3/2015	38.01	498.72
2/5/2009	38.39	496.79	29/6/2012	36.44	498.74	13/3/2015	38.01	498.72
3/5/2009	38.4	496.78	30/6/2012	36.45	498.73	14/3/2015	38.04	498.72
4/5/2009	38.39	496.79	30/6/2012	36.45	498.73	14/3/2015	38.04	498.72
5/5/2009	38.38	496.8	30/6/2012	36.45	498.73	14/3/2015	38.03	498.69
6/5/2009	38.39	496.79	1/7/2012	36.45	498.73	15/3/2015	38.03	498.69
7/5/2009	38.41	496.77	1/7/2012	36.45	498.73	15/3/2015	38.03	498.7
8/5/2009	38.41	496.77	1/7/2012	36.45	498.73	15/3/2015	38.03	498.7
9/5/2009	38.42	496.76	2/7/2012	36.44	498.74	16/3/2015	38.05	498.7
10/5/2009	38.37	496.81	2/7/2012	36.45	498.73	16/3/2015	38.04	498.7
11/5/2009	38.39	496.79	2/7/2012	36.44	498.74	16/3/2015	38.03	498.68
12/5/2009	38.41	496.77	3/7/2012	36.44	498.74	17/3/2015	38.04	498.69
13/5/2009	38.4	496.78	3/7/2012	36.45	498.73	17/3/2015	38.04	498.7
14/5/2009	38.41	496.77	3/7/2012	36.44	498.74	17/3/2015	38.03	498.69
15/5/2009	38.42	496.76	4/7/2012	36.45	498.73	18/3/2015	38.03	498.69
16/5/2009	38.43	496.75	4/7/2012	36.45	498.73	18/3/2015	38.04	498.7
17/5/2009	38.4	496.78	4/7/2012	36.44	498.74	18/3/2015	38.03	498.7
18/5/2009	38.39	496.79	5/7/2012	36.45	498.73	19/3/2015	38.04	498.69
19/5/2009	38.38	496.8	5/7/2012	36.44	498.74	19/3/2015	38.04	498.7
20/5/2009	38.39	496.79	5/7/2012	36.45	498.73	19/3/2015	38.03	498.69
21/5/2009	38.4	496.78	6/7/2012	36.45	498.73	20/3/2015	38.03	498.69
22/5/2009	38.39	496.79	6/7/2012	36.45	498.73	20/3/2015	38.04	498.7
23/5/2009	38.42	496.76	6/7/2012	36.44	498.74	20/3/2015	38.03	498.7
24/5/2009	38.43	496.75	7/7/2012	36.45	498.73	20/3/2015	38.03	498.7
25/5/2009	38.45	496.73	7/7/2012	36.44	498.74	21/3/2015	38.03	498.69
26/5/2009	38.42	496.76	7/7/2012	36.44	498.74	21/3/2015	38.03	498.7
27/5/2009	38.43	496.75	8/7/2012	36.44	498.74	21/3/2015	38.03	498.7
28/5/2009	38.41	496.77	8/7/2012	36.45	498.73	22/3/2015	38.04	498.7
29/5/2009	38.39	496.79	8/7/2012	36.45	498.73	22/3/2015	38.03	498.69
30/5/2009	38.39	496.79	9/7/2012	36.44	498.74	23/3/2015	38.04	498.69
31/5/2009	38.32	496.86	9/7/2012	36.45	498.73	23/3/2015	38.04	498.7
1/6/2009	38.36	496.82	9/7/2012	36.44	498.74	23/3/2015	38.04	498.69
2/6/2009	38.39	496.79	10/7/2012	36.44	498.74	24/3/2015	38.03	498.69
3/6/2009	38.39	496.79	10/7/2012	36.44	498.74	24/3/2015	38.03	498.69
4/6/2009	38.42	496.76	10/7/2012	36.44	498.74	24/3/2015	38.03	498.7
5/6/2009	38.41	496.77	11/7/2012	36.44	498.74	25/3/2015	38.03	498.7
6/6/2009	38.4	496.78	11/7/2012	36.44	498.74	25/3/2015	38.03	498.7
7/6/2009	38.39	496.79	11/7/2012	36.44	498.74	25/3/2015	38.03	498.7
8/6/2009	38.41	496.77	12/7/2012	36.44	498.74	26/3/2015	38.04	498.7
9/6/2009	38.41	496.77	12/7/2012	36.44	498.74	26/3/2015	38.05	498.7
10/6/2009	38.42	496.76	12/7/2012	36.43	498.75	26/3/2015	38.04	498.69
11/6/2009	38.42	496.76	13/7/2012	36.44	498.74	27/3/2015	38.04	498.68
12/6/2009	38.41	496.77	13/7/2012	36.44	498.74	27/3/2015	38.04	498.69
13/6/2009	38.42	496.76	13/7/2012	36.43	498.75	27/3/2015	38.05	498.69
14/6/2009	38.43	496.75	14/7/2012	36.44	498.74	28/3/2015	38.05	498.69
15/6/2009	38.45	496.73	14/7/2012	36.44	498.74	28/3/2015	38.06	498.68
16/6/2009	38.44	496.74	14/7/2012	36.43	498.75	28/3/2015	38.05	498.68
17/6/2009	38.43	496.75	15/7/2012	36.43	498.75	29/3/2015	38.05	498.67
18/6/2009	38.42	496.76	15/7/2012	36.44	498.74	29/3/2015	38.05	498.68
19/6/2009	38.43	496.75	15/7/2012	36.43	498.75	29/3/2015	38.05	498.68
20/6/2009	38.43	496.75	16/7/2012	36.43	498.75	30/3/2015	38.06	498.68
21/6/2009	38.42	496.76	16/7/2012	36.43	498.75	30/3/2015	38.06	498.68
22/6/2009	38.44	496.74	16/7/2012	36.43	498.75	30/3/2015	38.06	498.67
23/6/2009	38.42	496.76	17/7/2012	36.43	498.75	31/3/2015	38.06	498.67
24/6/2009	38.43	496.75	17/7/2012	36.44	498.74	31/3/2015	38.06	498.67

Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
25/6/2009	38.41	496.77	17/7/2012	36.43	498.75	31/3/2015	38.06	498.67
26/6/2009	38.46	496.72	18/7/2012	36.43	498.75	1/4/2015	38.06	498.67
27/6/2009	38.39	496.79	18/7/2012	36.43	498.75	1/4/2015	38.06	498.67
28/6/2009	38.42	496.76	18/7/2012	36.43	498.75	1/4/2015	38.06	498.67
29/6/2009	38.39	496.79	19/7/2012	36.43	498.75	2/4/2015	38.06	498.67
30/6/2009	38.4	496.78	19/7/2012	36.44	498.74	2/4/2015	38.06	498.67
1/7/2009	38.4	496.78	19/7/2012	36.43	498.75	2/4/2015	38.06	498.67
2/7/2009	38.39	496.79	20/7/2012	36.43	498.75	3/4/2015	38.06	498.67
3/7/2009	38.41	496.77	20/7/2012	36.43	498.75	3/4/2015	38.06	498.67
4/7/2009	38.42	496.76	20/7/2012	36.43	498.75	3/4/2015	38.06	498.67
5/7/2009	38.43	496.75	21/7/2012	36.43	498.75	4/4/2015	38.06	498.67
6/7/2009	38.42	496.76	21/7/2012	36.43	498.75	4/4/2015	38.06	498.67
7/7/2009	38.51	496.67	21/7/2012	36.41	498.77	4/4/2015	38.06	498.67
8/7/2009	38.45	496.73	22/7/2012	36.43	498.75	5/4/2015	38.06	498.67
9/7/2009	38.45	496.73	22/7/2012	36.42	498.76	5/4/2015	38.06	498.67
10/7/2009	38.44	496.74	22/7/2012	36.42	498.76	5/4/2015	38.06	498.67
11/7/2009	38.46	496.72	23/7/2012	36.43	498.75	6/4/2015	38.06	498.67
12/7/2009	38.45	496.73	23/7/2012	36.43	498.75	6/4/2015	38.06	498.67
13/7/2009	38.44	496.74	23/7/2012	36.42	498.76	6/4/2015	38.06	498.67
14/7/2009	38.46	496.72	24/7/2012	36.42	498.76	7/4/2015	38.06	498.67
15/7/2009	38.45	496.73	24/7/2012	36.42	498.76	7/4/2015	38.06	498.67
16/7/2009	38.43	496.75	24/7/2012	36.42	498.76	7/4/2015	38.06	498.67
17/7/2009	38.43	496.75	25/7/2012	36.42	498.76	8/4/2015	38.06	498.67
18/7/2009	38.44	496.74	25/7/2012	36.42	498.76	8/4/2015	38.06	498.67
19/7/2009	38.45	496.73	25/7/2012	36.42	498.76	8/4/2015	38.06	498.67
20/7/2009	38.45	496.73	26/7/2012	36.42	498.76	9/4/2015	38.06	498.67
21/7/2009	38.43	496.75	26/7/2012	36.42	498.76	9/4/2015	38.06	498.67
22/7/2009	38.46	496.72	26/7/2012	36.41	498.77	9/4/2015	38.06	498.67
23/7/2009	38.45	496.73	27/7/2012	36.42	498.76	10/4/2015	38.06	498.67
24/7/2009	38.47	496.71	27/7/2012	36.42	498.76	10/4/2015	38.06	498.67
25/7/2009	38.46	496.72	27/7/2012	36.41	498.77	10/4/2015	38.06	498.67
26/7/2009	38.48	496.7	28/7/2012	36.42	498.76	11/4/2015	38.06	498.67
27/7/2009	38.49	496.69	28/7/2012	36.41	498.77	11/4/2015	38.06	498.67
28/7/2009	38.51	496.67	28/7/2012	36.41	498.77	11/4/2015	38.06	498.67
29/7/2009	38.47	496.71	29/7/2012	36.41	498.77	12/4/2015	38.06	498.67
30/7/2009	38.47	496.71	29/7/2012	36.41	498.77	12/4/2015	38.06	498.67
31/7/2009	38.47	496.71	29/7/2012	36.41	498.77	12/4/2015	38.06	498.67
1/8/2009	38.47	496.71	30/7/2012	36.41	498.77	13/4/2015	38.12	498.73
2/8/2009	38.47	496.71	30/7/2012	36.41	498.77	13/4/2015	38.13	498.67
3/8/2009	38.47	496.71	30/7/2012	36.4	498.78	13/4/2015	38.12	498.61
4/8/2009	38.47	496.71	31/7/2012	36.41	498.77	14/4/2015	38.13	498.6
4/8/2009	38.47	496.71	31/7/2012	36.4	498.78	14/4/2015	38.12	498.61
4/8/2009	38.47	496.71	31/7/2012	36.4	498.78	14/4/2015	38.11	498.6
5/8/2009	38.47	496.71	1/8/2012	36.41	498.77	15/4/2015	38.11	498.61
5/8/2009	38.47	496.71	1/8/2012	36.4	498.78	15/4/2015	38.12	498.62
5/8/2009	38.48	496.7	1/8/2012	36.4	498.78	15/4/2015	38.11	498.62
6/8/2009	38.47	496.71	2/8/2012	36.4	498.78	16/4/2015	38.12	498.61
6/8/2009	38.47	496.71	2/8/2012	36.4	498.78	16/4/2015	38.12	498.62
6/8/2009	38.47	496.71	2/8/2012	36.4	498.78	16/4/2015	38.11	498.61
7/8/2009	38.47	496.71	3/8/2012	36.4	498.78	17/4/2015	38.11	498.61
7/8/2009	38.47	496.71	3/8/2012	36.4	498.78	17/4/2015	38.11	498.62
7/8/2009	38.48	496.7	3/8/2012	36.39	498.79	17/4/2015	38.11	498.62
8/8/2009	38.47	496.71	4/8/2012	36.39	498.79	18/4/2015	38.11	498.62
8/8/2009	38.47	496.71	4/8/2012	36.39	498.79	18/4/2015	38.11	498.62
8/8/2009	38.47	496.71	4/8/2012	36.39	498.79	18/4/2015	38.11	498.62
9/8/2009	38.47	496.71	5/8/2012	36.39	498.79	19/4/2015	38.12	498.62
9/8/2009	38.47	496.71	5/8/2012	36.39	498.79	19/4/2015	38.12	498.62
9/8/2009	38.47	496.71	5/8/2012	36.39	498.79	19/4/2015	38.12	498.61
10/8/2009	38.47	496.71	6/8/2012	36.39	498.79	20/4/2015	38.12	498.61

















Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
26/12/2009	38.18	497	22/12/2012	43.55	498.88	5/9/2015	36.76	498.42
26/12/2009	38.18	497	22/12/2012	43.55	498.88	5/9/2015	36.76	498.42
26/12/2009	38.19	496.99	22/12/2012	43.55	498.88	5/9/2015	36.76	498.42
27/12/2009	38.19	496.99	23/12/2012	43.55	498.88	6/9/2015	36.76	498.42
27/12/2009	38.19	496.99	23/12/2012	43.55	498.88	6/9/2015	36.76	498.42
27/12/2009	38.19	496.99	23/12/2012	43.55	498.88	6/9/2015	36.76	498.42
28/12/2009	38.18	497	24/12/2012	43.55	498.88	7/9/2015	36.76	498.42
28/12/2009	38.19	496.99	24/12/2012	43.55	498.88	7/9/2015	36.76	498.42
28/12/2009	38.19	496.99	24/12/2012	43.55	498.88	7/9/2015	36.76	498.42
29/12/2009	38.18	497	25/12/2012	43.55	498.88	8/9/2015	36.76	498.42
29/12/2009	38.19	496.99	25/12/2012	43.55	498.88	8/9/2015	36.76	498.42
29/12/2009	38.19	496.99	25/12/2012	43.55	498.88	8/9/2015	36.75	498.43
30/12/2009	38.18	497	26/12/2012	43.55	498.88	9/9/2015	36.76	498.42
30/12/2009	38.18	497	26/12/2012	43.55	498.88	9/9/2015	36.76	498.42
30/12/2009	38.19	496.99	26/12/2012	43.55	498.88	9/9/2015	36.76	498.42
31/12/2009	38.19	496.99	27/12/2012	43.55	498.88	10/9/2015	36.76	498.42
31/12/2009	38.19	496.99	27/12/2012	43.55	498.88	10/9/2015	36.76	498.42
1/1/2010	38.19	496.99	28/12/2012	43.55	498.88	11/9/2015	36.76	498.42
1/1/2010	38.18	497	28/12/2012	43.55	498.88	11/9/2015	36.76	498.42
1/1/2010	38.18	497	28/12/2012	43.55	498.88	11/9/2015	36.76	498.42
2/1/2010	38.18	497	29/12/2012	43.55	498.88	12/9/2015	36.76	498.42
2/1/2010	38.18	497	29/12/2012	43.59	498.84	12/9/2015	36.76	498.42
2/1/2010	38.19	496.99	29/12/2012	43.58	498.85	12/9/2015	36.75	498.43
3/1/2010	38.18	497	30/12/2012	43.59	498.84	13/9/2015	36.76	498.42
3/1/2010	38.18	497	30/12/2012	43.59	498.84	13/9/2015	36.76	498.42
3/1/2010	38.18	497	30/12/2012	43.59	498.84	13/9/2015	36.76	498.42
4/1/2010	38.18	497	31/12/2012	43.59	498.84	14/9/2015	36.76	498.42
4/1/2010	38.19	496.99	31/12/2012	43.59	498.84	14/9/2015	36.76	498.42
4/1/2010	38.19	496.99	31/12/2012	43.59	498.84	14/9/2015	36.76	498.42
5/1/2010	38.19	496.99	1/1/2013	43.59	498.84	15/9/2015	36.76	498.42
5/1/2010	38.19	496.99	1/1/2013	43.59	498.84	15/9/2015	36.77	498.41
5/1/2010	38.19	496.99	1/1/2013	43.59	498.84	15/9/2015	36.76	498.42
6/1/2010	38.19	496.99	2/1/2013	43.59	498.84	16/9/2015	36.76	498.42
6/1/2010	38.19	496.99	2/1/2013	43.59	498.84	16/9/2015	36.77	498.41
6/1/2010	38.19	496.99	2/1/2013	43.59	498.84	16/9/2015	36.76	498.42
7/1/2010	38.19	496.99	3/1/2013	43.6	498.83	13/11/2015	36.8	498.38
7/1/2010	38.19	496.99	3/1/2013	43.6	498.83	13/11/2015	36.8	498.38
7/1/2010	38.19	496.99	3/1/2013	43.59	498.84	18/12/2015	36.8	498.38
8/1/2010	38.19	496.99	4/1/2013	43.6	498.83	18/2/2016	36.96	498.22
8/1/2010	38.19	496.99	4/1/2013	43.6	498.83	20/5/2016	37.28	497.9
8/1/2010	38.19	496.99	4/1/2013	43.6	498.83	22/7/2016	37.4	497.78
9/1/2010	38.19	496.99	5/1/2013	43.6	498.83	2/12/2016	37.45	497.73
9/1/2010	38.19	496.99	5/1/2013	43.6	498.83	11/1/2017	37.59	497.59
9/1/2010	38.19	496.99	5/1/2013	43.6	498.83	15/2/2017	37.71	497.47
10/1/2010	38.19	496.99	6/1/2013	43.6	498.83	16/2/2017	37.71	497.47
10/1/2010	38.19	496.99	6/1/2013	43.6	498.83	17/2/2017	37.71	497.47
10/1/2010	38.19	496.99	6/1/2013	43.6	498.83	18/2/2017	37.71	497.47
11/1/2010	38.19	496.99	7/1/2013	43.6	498.83	19/2/2017	37.72	497.46
11/1/2010	38.19	496.99	7/1/2013	43.6	498.83	20/2/2017	37.71	497.47
11/1/2010	38.19	496.99	7/1/2013	43.6	498.83	21/2/2017	37.72	497.46
12/1/2010	38.19	496.99	8/1/2013	43.6	498.83	22/2/2017	37.72	497.46
12/1/2010	38.19	496.99	8/1/2013	43.61	498.82	23/2/2017	37.72	497.46
12/1/2010	38.19	496.99	8/1/2013	43.6	498.83	24/2/2017	37.72	497.46
13/1/2010	38.19	496.99	9/1/2013	43.61	498.82	25/2/2017	37.73	497.45
13/1/2010	38.19	496.99	9/1/2013	43.61	498.82	26/2/2017	37.73	497.45
13/1/2010	38.19	496.99	9/1/2013	43.61	498.82	27/2/2017	37.74	497.44
14/1/2010	38.19	496.99	10/1/2013	43.61	498.82	28/2/2017	37.74	497.44
14/1/2010	38.19	496.99	10/1/2013	43.61	498.82	1/3/2017	37.75	497.43

Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
14/1/2010	38.19	496.99	10/1/2013	43.61	498.82	2/3/2017	37.75	497.43
15/1/2010	38.19	496.99	11/1/2013	43.61	498.82	3/3/2017	37.75	497.43
15/1/2010	38.19	496.99	11/1/2013	43.61	498.82	4/3/2017	37.75	497.43
15/1/2010	38.19	496.99	11/1/2013	43.61	498.82	5/3/2017	37.77	497.41
16/1/2010	38.19	496.99	12/1/2013	43.61	498.82	6/3/2017	37.77	497.41
16/1/2010	38.19	496.99	12/1/2013	43.61	498.82	7/3/2017	37.77	497.41
16/1/2010	38.19	496.99	12/1/2013	43.61	498.82	8/3/2017	37.77	497.41
17/1/2010	38.19	496.99	13/1/2013	43.61	498.82	9/3/2017	37.78	497.4
17/1/2010	38.19	496.99	13/1/2013	43.62	498.81	10/3/2017	37.78	497.4
17/1/2010	38.19	496.99	13/1/2013	43.62	498.81	11/3/2017	37.79	497.39
18/1/2010	38.19	496.99	14/1/2013	43.62	498.81	12/3/2017	37.79	497.39
18/1/2010	38.2	496.98	14/1/2013	43.62	498.81	13/3/2017	37.8	497.38
18/1/2010	38.19	496.99	14/1/2013	43.62	498.81	14/3/2017	37.8	497.38
19/1/2010	38.19	496.99	15/1/2013	43.62	498.81	15/3/2017	37.82	497.36
19/1/2010	38.19	496.99	15/1/2013	43.62	498.81	16/3/2017	37.81	497.37
19/1/2010	38.19	496.99	15/1/2013	43.62	498.81	17/3/2017	37.81	497.37
20/1/2010	38.19	496.99	16/1/2013	43.62	498.81	18/3/2017	37.82	497.36
20/1/2010	38.19	496.99	16/1/2013	43.63	498.8	19/3/2017	37.83	497.35
20/1/2010	38.19	496.99	16/1/2013	43.63	498.8	20/3/2017	37.83	497.35
21/1/2010	38.19	496.99	17/1/2013	43.63	498.8	21/3/2017	37.83	497.35
21/1/2010	38.2	496.98	17/1/2013	43.63	498.8	22/3/2017	37.83	497.35
21/1/2010	38.2	496.98	17/1/2013	43.63	498.8	23/3/2017	37.83	497.35
22/1/2010	38.2	496.98	18/1/2013	43.63	498.8	24/3/2017	37.84	497.34
22/1/2010	38.2	496.98	18/1/2013	43.63	498.8	25/3/2017	37.84	497.34
22/1/2010	38.2	496.98	18/1/2013	43.63	498.8	26/3/2017	37.84	497.34
23/1/2010	38.2	496.98	19/1/2013	43.63	498.8	27/3/2017	37.85	497.33
23/1/2010	38.2	496.98	19/1/2013	43.63	498.8	28/3/2017	37.85	497.33
23/1/2010	38.21	496.97	19/1/2013	43.63	498.8	29/3/2017	37.86	497.32
24/1/2010	38.2	496.98	20/1/2013	43.63	498.8	30/3/2017	37.86	497.32
24/1/2010	38.2	496.98	20/1/2013	43.63	498.8	31/3/2017	37.86	497.32
24/1/2010	38.2	496.98	20/1/2013	43.63	498.8	1/4/2017	37.86	497.32
25/1/2010	38.2	496.98	21/1/2013	43.63	498.8	2/4/2017	37.88	497.3
25/1/2010	38.21	496.97	21/1/2013	43.63	498.8	3/4/2017	37.88	497.3
25/1/2010	38.2	496.98	21/1/2013	43.63	498.8	4/4/2017	37.89	497.29
26/1/2010	38.2	496.98	22/1/2013	43.63	498.8	5/4/2017	37.89	497.29
26/1/2010	38.21	496.97	22/1/2013	43.63	498.8	6/4/2017	37.89	497.29
26/1/2010	38.22	496.96	22/1/2013	43.63	498.8	7/4/2017	37.89	497.29
27/1/2010	38.21	496.97	23/1/2013	43.63	498.8	8/4/2017	37.91	497.27
27/1/2010	38.21	496.97	23/1/2013	43.63	498.8	9/4/2017	37.91	497.27
27/1/2010	38.21	496.97	23/1/2013	43.63	498.8	10/4/2017	37.91	497.27
28/1/2010	38.21	496.97	24/1/2013	43.63	498.8	11/4/2017	37.91	497.27
28/1/2010	38.21	496.97	24/1/2013	43.63	498.8	12/4/2017	37.93	497.25
28/1/2010	38.21	496.97	24/1/2013	43.63	498.8	13/4/2017	37.93	497.25
29/1/2010	38.21	496.97	25/1/2013	43.63	498.8	14/4/2017	37.93	497.25
29/1/2010	38.21	496.97	25/1/2013	43.63	498.8	15/4/2017	37.93	497.25
29/1/2010	38.21	496.97	25/1/2013	43.63	498.8	16/4/2017	37.94	497.24
30/1/2010	38.21	496.97	26/1/2013	43.63	498.8	17/4/2017	37.94	497.24
30/1/2010	38.21	496.97	26/1/2013	43.63	498.8	18/4/2017	37.95	497.23
30/1/2010	38.21	496.97	26/1/2013	43.63	498.8	19/4/2017	37.95	497.23
31/1/2010	38.21	496.97	27/1/2013	43.63	498.8	20/4/2017	37.96	497.22
31/1/2010	38.21	496.97	27/1/2013	43.63	498.8	21/4/2017	37.96	497.22
31/1/2010	38.21	496.97	27/1/2013	43.63	498.8	22/4/2017	37.97	497.21
1/2/2010	38.21	496.97	28/1/2013	43.63	498.8	23/4/2017	37.97	497.21
1/2/2010	38.22	496.96	28/1/2013	43.63	498.8	24/4/2017	37.97	497.21
1/2/2010	38.22	496.96	28/1/2013	43.63	498.8	25/4/2017	37.97	497.21
2/2/2010	38.22	496.96	29/1/2013	43.67	498.76	26/4/2017	37.98	497.2
2/2/2010	38.22	496.96	29/1/2013	43.67	498.76	27/4/2017	37.98	497.2
2/2/2010	38.22	496.96	29/1/2013	43.66	498.77	28/4/2017	37.99	497.19
3/2/2010	38.22	496.96	30/1/2013	43.67	498.76	29/4/2017	37.99	497.19

Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
3/2/2010	38.22	496.96	30/1/2013	43.67	498.76	30/4/2017	38	497.18
3/2/2010	38.22	496.96	30/1/2013	43.66	498.77	1/5/2017	38	497.18
4/2/2010	38.22	496.96	31/1/2013	43.67	498.76	2/5/2017	38.01	497.17
4/2/2010	38.22	496.96	31/1/2013	43.68	498.75	3/5/2017	38.01	497.17
4/2/2010	38.23	496.95	31/1/2013	43.67	498.76	4/5/2017	38.01	497.17
5/2/2010	38.23	496.95	1/2/2013	43.68	498.75	5/5/2017	38.02	497.16
5/2/2010	38.23	496.95	1/2/2013	43.68	498.75	6/5/2017	38.02	497.16
5/2/2010	38.23	496.95	1/2/2013	43.67	498.76	7/5/2017	38.02	497.16
6/2/2010	38.23	496.95	2/2/2013	43.68	498.75	8/5/2017	38.03	497.15
6/2/2010	38.23	496.95	2/2/2013	43.68	498.75	9/5/2017	38.03	497.15
6/2/2010	38.23	496.95	2/2/2013	43.67	498.76	10/5/2017	38.03	497.15
7/2/2010	38.23	496.95	3/2/2013	43.68	498.75	11/5/2017	38.03	497.15
7/2/2010	38.23	496.95	3/2/2013	43.68	498.75	12/5/2017	38.04	497.14
7/2/2010	38.23	496.95	3/2/2013	43.67	498.76	13/5/2017	38.04	497.14
8/2/2010	38.23	496.95	4/2/2013	43.68	498.75	14/5/2017	38.04	497.14
8/2/2010	38.23	496.95	4/2/2013	43.68	498.75	15/5/2017	38.04	497.14
8/2/2010	38.23	496.95	4/2/2013	43.67	498.76	16/5/2017	38.05	497.13
9/2/2010	38.23	496.95	5/2/2013	43.68	498.75	17/5/2017	38.05	497.13
9/2/2010	38.24	496.94	5/2/2013	43.69	498.74	18/5/2017	38.05	497.13
9/2/2010	38.25	496.93	5/2/2013	43.68	498.75	19/5/2017	38.05	497.13
10/2/2010	38.23	496.95	6/2/2013	43.69	498.74	20/5/2017	38.06	497.12
10/2/2010	38.24	496.94	6/2/2013	43.69	498.74	21/5/2017	38.06	497.12
10/2/2010	38.24	496.94	6/2/2013	43.68	498.75	22/5/2017	38.06	497.12
11/2/2010	38.24	496.94	7/2/2013	43.69	498.74	23/5/2017	38.06	497.12
11/2/2010	38.24	496.94	7/2/2013	43.69	498.74	24/5/2017	38.08	497.1
11/2/2010	38.25	496.93	7/2/2013	43.68	498.75	25/5/2017	38.07	497.11
12/2/2010	38.24	496.94	8/2/2013	43.69	498.74	26/5/2017	38.08	497.1
12/2/2010	38.24	496.94	8/2/2013	43.69	498.74	27/5/2017	38.09	497.09
12/2/2010	38.24	496.94	8/2/2013	43.69	498.74	28/5/2017	38.09	497.09
13/2/2010	38.24	496.94	9/2/2013	43.69	498.74	29/5/2017	38.09	497.09
13/2/2010	38.25	496.93	9/2/2013	43.7	498.73	30/5/2017	38.09	497.09
13/2/2010	38.25	496.93	9/2/2013	43.69	498.74	31/5/2017	38.09	497.09
14/2/2010	38.24	496.94	10/2/2013	43.7	498.73	1/6/2017	38.1	497.08
14/2/2010	38.24	496.94	10/2/2013	43.7	498.73	2/6/2017	38.09	497.09
14/2/2010	38.25	496.93	10/2/2013	43.69	498.74	3/6/2017	38.1	497.08
15/2/2010	38.25	496.93	11/2/2013	43.7	498.73	4/6/2017	38.1	497.08
15/2/2010	38.25	496.93	11/2/2013	43.7	498.73	5/6/2017	38.1	497.08
15/2/2010	38.25	496.93	11/2/2013	43.7	498.73	6/6/2017	38.1	497.08
16/2/2010	38.25	496.93	12/2/2013	43.7	498.73	7/6/2017	38.11	497.07
16/2/2010	38.25	496.93	12/2/2013	43.7	498.73	8/6/2017	38.11	497.07
16/2/2010	38.27	496.91	12/2/2013	43.7	498.73	9/6/2017	38.11	497.07
17/2/2010	38.26	496.92	13/2/2013	43.7	498.73	10/6/2017	38.11	497.07
17/2/2010	38.25	496.93	13/2/2013	43.7	498.73	11/6/2017	38.11	497.07
17/2/2010	38.26	496.92	13/2/2013	43.7	498.73	12/6/2017	38.11	497.07
18/2/2010	38.26	496.92	14/2/2013	43.71	498.72	13/6/2017	38.11	497.07
18/2/2010	38.26	496.92	14/2/2013	43.71	498.72	14/6/2017	38.11	497.07
18/2/2010	38.27	496.91	14/2/2013	43.71	498.72	15/6/2017	38.12	497.06
19/2/2010	38.26	496.92	15/2/2013	43.71	498.72	16/6/2017	38.12	497.06
19/2/2010	38.26	496.92	15/2/2013	43.71	498.72	17/6/2017	38.12	497.06
19/2/2010	38.26	496.92	15/2/2013	43.71	498.72	18/6/2017	38.11	497.07
20/2/2010	38.26	496.92	16/2/2013	43.71	498.72	19/6/2017	38.12	497.06
20/2/2010	38.26	496.92	16/2/2013	43.71	498.72	20/6/2017	38.11	497.07
20/2/2010	38.27	496.91	16/2/2013	43.71	498.72	21/6/2017	38.12	497.06
21/2/2010	38.26	496.92	17/2/2013	43.71	498.72	22/6/2017	38.11	497.07
21/2/2010	38.26	496.92	17/2/2013	43.71	498.72	23/6/2017	38.12	497.06
21/2/2010	38.27	496.91	17/2/2013	43.71	498.72	24/6/2017	38.11	497.07
22/2/2010	38.26	496.92	18/2/2013	43.71	498.72	25/6/2017	38.12	497.06
22/2/2010	38.26	496.92	18/2/2013	43.71	498.72	26/6/2017	38.12	497.06
22/2/2010	38.27	496.91	18/2/2013	43.71	498.72	27/6/2017	38.11	497.07

Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
23/2/2010	38.27	496.91	19/2/2013	43.71	498.72	28/6/2017	38.11	497.07
23/2/2010	38.27	496.91	19/2/2013	43.71	498.72	29/6/2017	38.12	497.06
23/2/2010	38.27	496.91	19/2/2013	43.71	498.72	30/6/2017	38.12	497.06
24/2/2010	38.27	496.91	20/2/2013	43.71	498.72	1/7/2017	38.12	497.06
24/2/2010	38.27	496.91	20/2/2013	43.71	498.72	2/7/2017	38.12	497.06
24/2/2010	38.28	496.9	20/2/2013	43.71	498.72	3/7/2017	38.12	497.06
25/2/2010	38.28	496.9	21/2/2013	43.71	498.72	4/7/2017	38.12	497.06
25/2/2010	38.28	496.9	21/2/2013	43.71	498.72	5/7/2017	38.12	497.06
25/2/2010	38.28	496.9	21/2/2013	43.71	498.72	6/7/2017	38.12	497.06
26/2/2010	38.28	496.9	22/2/2013	43.71	498.72	7/7/2017	38.13	497.05
26/2/2010	38.29	496.89	22/2/2013	43.71	498.72	8/7/2017	38.12	497.06
26/2/2010	38.28	496.9	22/2/2013	43.71	498.72	9/7/2017	38.12	497.06
27/2/2010	38.28	496.9	23/2/2013	43.71	498.72	10/7/2017	38.12	497.06
27/2/2010	38.29	496.89	23/2/2013	43.71	498.72	11/7/2017	38.13	497.05
27/2/2010	38.29	496.89	23/2/2013	43.71	498.72	12/7/2017	38.12	497.06
28/2/2010	38.29	496.89	24/2/2013	43.71	498.72	13/7/2017	38.13	497.05
28/2/2010	38.29	496.89	24/2/2013	43.71	498.72	14/7/2017	38.13	497.05
28/2/2010	38.28	496.9	24/2/2013	43.71	498.72	15/7/2017	38.13	497.05
1/3/2010	38.29	496.89	25/2/2013	43.71	498.72	16/7/2017	38.13	497.05
1/3/2010	38.29	496.89	25/2/2013	43.71	498.72	17/7/2017	38.13	497.05
1/3/2010	38.29	496.89	25/2/2013	43.71	498.72	18/7/2017	38.12	497.06
2/3/2010	38.29	496.89	26/2/2013	43.71	498.72	19/7/2017	38.13	497.05
2/3/2010	38.29	496.89	26/2/2013	43.73	498.7	20/7/2017	38.13	497.05
2/3/2010	38.31	496.87	26/2/2013	43.73	498.7	21/7/2017	38.13	497.05
3/3/2010	38.3	496.88	27/2/2013	43.73	498.7	22/7/2017	38.13	497.05
3/3/2010	38.3	496.88	27/2/2013	43.73	498.7	23/7/2017	38.13	497.05
3/3/2010	38.31	496.87	27/2/2013	43.73	498.7	24/7/2017	38.13	497.05
4/3/2010	38.3	496.88	28/2/2013	43.76	498.67	25/7/2017	38.13	497.05
4/3/2010	38.3	496.88	28/2/2013	43.76	498.67	26/7/2017	38.13	497.05
4/3/2010	38.31	496.87	28/2/2013	43.75	498.68	27/7/2017	38.13	497.05
5/3/2010	38.3	496.88	1/3/2013	43.75	498.68	28/7/2017	38.12	497.06
5/3/2010	38.31	496.87	1/3/2013	43.76	498.67	29/7/2017	38.12	497.06
5/3/2010	38.32	496.86	1/3/2013	43.75	498.68	30/7/2017	38.12	497.06
6/3/2010	38.31	496.87	2/3/2013	43.76	498.67	31/7/2017	38.12	497.06
6/3/2010	38.3	496.88	2/3/2013	43.76	498.67	1/8/2017	38.12	497.06
6/3/2010	38.31	496.87	2/3/2013	43.76	498.67	2/8/2017	38.12	497.06
7/3/2010	38.31	496.87	3/3/2013	43.77	498.66	3/8/2017	38.12	497.06
7/3/2010	38.3	496.88	3/3/2013	43.77	498.66	4/8/2017	38.11	497.07
7/3/2010	38.32	496.86	3/3/2013	43.76	498.67	5/8/2017	38.11	497.07
8/3/2010	38.31	496.87	4/3/2013	43.77	498.66	6/8/2017	38.11	497.07
8/3/2010	38.31	496.87	4/3/2013	43.77	498.66	7/8/2017	38.11	497.07
8/3/2010	38.31	496.87	4/3/2013	43.59	498.64	8/8/2017	38.11	497.07
9/3/2010	38.31	496.87	5/3/2013	43.61	498.64	9/8/2017	38.1	497.08
9/3/2010	38.31	496.87	5/3/2013	43.61	498.64	10/8/2017	38.11	497.07
9/3/2010	38.32	496.86	5/3/2013	43.6	498.65	11/8/2017	38.11	497.07
10/3/2010	38.31	496.87	6/3/2013	43.61	498.64	12/8/2017	38.11	497.07
10/3/2010	38.31	496.87	6/3/2013	43.61	498.64	13/8/2017	38.11	497.07
10/3/2010	38.31	496.87	6/3/2013	43.61	498.64	14/8/2017	38.1	497.08
11/3/2010	38.32	496.86	7/3/2013	43.62	498.63	15/8/2017	38.1	497.08
11/3/2010	38.32	496.86	7/3/2013	43.61	498.64	16/8/2017	38.1	497.08
11/3/2010	38.32	496.86	7/3/2013	43.61	498.64	17/8/2017	38.1	497.08
12/3/2010	38.32	496.86	8/3/2013	43.62	498.63	18/8/2017	38.1	497.08
12/3/2010	38.31	496.87	8/3/2013	43.62	498.63	19/8/2017	38.09	497.09
12/3/2010	38.32	496.86	8/3/2013	43.61	498.64	20/8/2017	38.1	497.08
13/3/2010	38.32	496.86	9/3/2013	43.62	498.63	21/8/2017	38.1	497.08
13/3/2010	38.32	496.86	9/3/2013	43.62	498.63	22/8/2017	38.1	497.08
13/3/2010	38.33	496.85	9/3/2013	43.61	498.64	23/8/2017	38.1	497.08
14/3/2010	38.32	496.86	10/3/2013	43.62	498.63	24/8/2017	38.1	497.08
14/3/2010	38.32	496.86	10/3/2013	43.62	498.63	25/8/2017	38.09	497.09



Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
14/3/2010	38.33	496.85	10/3/2013	43.62	498.63	26/8/2017	38.1	497.08
15/3/2010	38.33	496.85	11/3/2013	43.62	498.63	27/8/2017	38.1	497.08
15/3/2010	38.33	496.85	11/3/2013	43.62	498.63	28/8/2017	38.1	497.08
15/3/2010	38.34	496.84	11/3/2013	43.62	498.63	29/8/2017	38.09	497.09
16/3/2010	38.32	496.86	12/3/2013	43.63	498.62	30/8/2017	38.09	497.09
16/3/2010	38.33	496.85	12/3/2013	43.63	498.62	31/8/2017	38.09	497.09
16/3/2010	38.34	496.84	12/3/2013	43.62	498.63	1/9/2017	38.09	497.09
17/3/2010	38.33	496.85	13/3/2013	43.63	498.62	2/9/2017	38.09	497.09
17/3/2010	38.33	496.85	13/3/2013	43.63	498.62	3/9/2017	38.09	497.09
17/3/2010	38.35	496.83	13/3/2013	43.63	498.62	4/9/2017	38.09	497.09
18/3/2010	38.34	496.84	14/3/2013	43.63	498.62	5/9/2017	38.09	497.09
18/3/2010	38.33	496.85	14/3/2013	43.63	498.62	6/9/2017	38.09	497.09
18/3/2010	38.35	496.83	14/3/2013	43.63	498.62	7/9/2017	38.09	497.09
19/3/2010	38.34	496.84	15/3/2013	43.63	498.62	8/9/2017	38.09	497.09
19/3/2010	38.33	496.85	15/3/2013	43.63	498.62	9/9/2017	38.09	497.09
19/3/2010	38.34	496.84	15/3/2013	43.63	498.62	10/9/2017	38.1	497.08
20/3/2010	38.34	496.84	16/3/2013	43.63	498.62	11/9/2017	38.1	497.08
20/3/2010	38.34	496.84	16/3/2013	43.63	498.62	12/9/2017	38.1	497.08
20/3/2010	38.34	496.84	16/3/2013	43.63	498.62	13/9/2017	38.1	497.08
21/3/2010	38.35	496.83	17/3/2013	43.63	498.62	14/9/2017	38.1	497.08
21/3/2010	38.34	496.84	17/3/2013	43.63	498.62	15/9/2017	38.1	497.08
21/3/2010	38.35	496.83	17/3/2013	43.63	498.62	16/9/2017	38.1	497.08
22/3/2010	38.35	496.83	18/3/2013	43.63	498.62	17/9/2017	38.1	497.08
22/3/2010	38.34	496.84	18/3/2013	43.63	498.62	18/9/2017	38.11	497.07
22/3/2010	38.35	496.83	18/3/2013	43.63	498.62	19/9/2017	38.1	497.08
23/3/2010	38.35	496.83	19/3/2013	43.63	498.62	20/9/2017	38.1	497.08
23/3/2010	38.35	496.83	19/3/2013	43.63	498.62	21/9/2017	38.1	497.08
23/3/2010	38.35	496.83	19/3/2013	43.63	498.62	22/9/2017	38.1	497.08
24/3/2010	38.35	496.83	20/3/2013	43.63	498.62	23/9/2017	38.1	497.08
24/3/2010	38.35	496.83	20/3/2013	43.63	498.62	24/9/2017	38.1	497.08
24/3/2010	38.35	496.83	20/3/2013	43.63	498.62	25/9/2017	38.09	497.09
25/3/2010	38.35	496.83	21/3/2013	43.63	498.62	26/9/2017	38.09	497.09
25/3/2010	38.35	496.83	21/3/2013	43.63	498.62	27/9/2017	38.09	497.09
25/3/2010	38.37	496.81	21/3/2013	43.63	498.62	28/9/2017	38.09	497.09
26/3/2010	38.36	496.82	22/3/2013	43.66	498.59	29/9/2017	38.09	497.09
26/3/2010	38.35	496.83	22/3/2013	43.67	498.58	30/9/2017	38.09	497.09
26/3/2010	38.36	496.82	22/3/2013	43.66	498.59	1/10/2017	38.08	497.1
27/3/2010	38.36	496.82	23/3/2013	43.67	498.58	2/10/2017	38.08	497.1
27/3/2010	38.36	496.82	23/3/2013	43.67	498.58	3/10/2017	38.08	497.1
27/3/2010	38.37	496.81	23/3/2013	43.66	498.59	4/10/2017	38.08	497.1
28/3/2010	38.36	496.82	24/3/2013	43.67	498.58	5/10/2017	38.07	497.11
28/3/2010	38.36	496.82	24/3/2013	43.67	498.58	6/10/2017	38.07	497.11
28/3/2010	38.36	496.82	24/3/2013	43.66	498.59	7/10/2017	38.07	497.11
29/3/2010	38.37	496.81	25/3/2013	43.67	498.58	8/10/2017	38.07	497.11
29/3/2010	38.37	496.81	25/3/2013	43.68	498.57	9/10/2017	38.07	497.11
29/3/2010	38.38	496.8	25/3/2013	43.67	498.58	10/10/2017	38.06	497.12
30/3/2010	38.37	496.81	26/3/2013	43.68	498.57	11/10/2017	38.06	497.12
30/3/2010	38.37	496.81	26/3/2013	43.68	498.57	12/10/2017	38.06	497.12
30/3/2010	38.37	496.81	26/3/2013	43.68	498.57	13/10/2017	38.06	497.12
31/3/2010	38.38	496.8	27/3/2013	43.69	498.56	14/10/2017	38.06	497.12
31/3/2010	38.37	496.81	27/3/2013	43.68	498.57	15/10/2017	38.06	497.12
31/3/2010	38.37	496.81	27/3/2013	43.68	498.57	16/10/2017	38.06	497.12
1/4/2010	38.37	496.81	28/3/2013	43.69	498.56	17/10/2017	38.06	497.12
1/4/2010	38.37	496.81	28/3/2013	43.69	498.56	18/10/2017	38.05	497.13
1/4/2010	38.37	496.81	28/3/2013	43.68	498.57	19/10/2017	38.05	497.13
2/4/2010	38.37	496.81	29/3/2013	43.69	498.56	20/10/2017	38.05	497.13
2/4/2010	38.37	496.81	29/3/2013	43.69	498.56	21/10/2017	38.05	497.13
2/4/2010	38.38	496.8	29/3/2013	43.68	498.57	22/10/2017	38.05	497.13
3/4/2010	38.38	496.8	30/3/2013	43.69	498.56	23/10/2017	38.05	497.13

Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
3/4/2010	38.38	496.8	30/3/2013	43.69	498.56	24/10/2017	38.05	497.13
3/4/2010	38.38	496.8	30/3/2013	43.69	498.56	25/10/2017	38.05	497.13
4/4/2010	38.38	496.8	31/3/2013	43.69	498.56	26/10/2017	38.05	497.13
4/4/2010	38.38	496.8	31/3/2013	43.69	498.56	27/10/2017	38.05	497.13
4/4/2010	38.39	496.79	31/3/2013	43.69	498.56	28/10/2017	38.05	497.13
5/4/2010	38.39	496.79	1/4/2013	43.69	498.56	29/10/2017	38.05	497.13
5/4/2010	38.39	496.79	1/4/2013	43.7	498.55	30/10/2017	38.05	497.13
5/4/2010	38.38	496.8	1/4/2013	43.69	498.56	31/10/2017	38.05	497.13
6/4/2010	38.39	496.79	2/4/2013	43.7	498.55	1/11/2017	38.05	497.13
6/4/2010	38.39	496.79	2/4/2013	43.7	498.55	2/11/2017	38.05	497.13
6/4/2010	38.4	496.78	2/4/2013	43.7	498.55	3/11/2017	38.05	497.13
7/4/2010	38.39	496.79	3/4/2013	43.7	498.55	4/11/2017	38.04	497.14
7/4/2010	38.39	496.79	3/4/2013	43.7	498.55	5/11/2017	38.04	497.14
7/4/2010	38.39	496.79	3/4/2013	43.7	498.55	6/11/2017	38.04	497.14
8/4/2010	38.39	496.79	4/4/2013	43.71	498.54	7/11/2017	38.04	497.14
8/4/2010	38.39	496.79	4/4/2013	43.71	498.54	8/11/2017	38.04	497.14
8/4/2010	38.41	496.77	4/4/2013	43.71	498.54	9/11/2017	38.04	497.14
9/4/2010	38.39	496.79	5/4/2013	43.71	498.54	10/11/2017	38.04	497.14
9/4/2010	38.39	496.79	5/4/2013	43.71	498.54	11/11/2017	38.04	497.14
9/4/2010	38.41	496.77	5/4/2013	43.71	498.54	12/11/2017	38.04	497.14
10/4/2010	38.4	496.78	6/4/2013	43.71	498.54	13/11/2017	38.04	497.14
10/4/2010	38.4	496.78	6/4/2013	43.71	498.54	14/11/2017	38.04	497.14
10/4/2010	38.4	496.78	6/4/2013	43.71	498.54	15/11/2017	38.04	497.14
11/4/2010	38.4	496.78	7/4/2013	43.71	498.54	16/11/2017	38.04	497.14
11/4/2010	38.39	496.79	7/4/2013	43.71	498.54	17/11/2017	38.05	497.13
11/4/2010	38.4	496.78	7/4/2013	43.71	498.54	18/11/2017	38.04	497.14
12/4/2010	38.4	496.78	8/4/2013	43.71	498.54	19/11/2017	38.05	497.13
12/4/2010	38.4	496.78	8/4/2013	43.71	498.54	20/11/2017	38.05	497.13
12/4/2010	38.41	496.77	8/4/2013	43.71	498.54	21/11/2017	38.05	497.13
13/4/2010	38.4	496.78	9/4/2013	43.71	498.54	22/11/2017	38.05	497.13
13/4/2010	38.41	496.77	9/4/2013	43.71	498.54	23/11/2017	38.05	497.13
13/4/2010	38.41	496.77	9/4/2013	43.71	498.54	24/11/2017	38.05	497.13
14/4/2010	38.41	496.77	10/4/2013	43.71	498.54	25/11/2017	38.05	497.13
14/4/2010	38.41	496.77	10/4/2013	43.71	498.54	26/11/2017	38.05	497.13
14/4/2010	38.41	496.77	10/4/2013	43.71	498.54	27/11/2017	38.05	497.13
15/4/2010	38.41	496.77	11/4/2013	43.71	498.54	28/11/2017	38.06	497.12
15/4/2010	38.41	496.77	11/4/2013	43.71	498.54	29/11/2017	38.06	497.12
15/4/2010	38.41	496.77	11/4/2013	43.71	498.54	30/11/2017	38.06	497.12
16/4/2010	38.41	496.77	12/4/2013	43.71	498.54	1/12/2017	38.06	497.12
16/4/2010	38.41	496.77	12/4/2013	43.71	498.54	2/12/2017	38.07	497.11
16/4/2010	38.42	496.76	12/4/2013	43.71	498.54	3/12/2017	38.07	497.11
17/4/2010	38.41	496.77	13/4/2013	43.71	498.54	4/12/2017	38.07	497.11
17/4/2010	38.41	496.77	13/4/2013	43.71	498.54	5/12/2017	38.07	497.11
17/4/2010	38.42	496.76	13/4/2013	43.71	498.54	6/12/2017	38.07	497.11
18/4/2010	38.42	496.76	14/4/2013	43.71	498.54	7/12/2017	38.07	497.11
18/4/2010	38.41	496.77	14/4/2013	43.71	498.54	8/12/2017	38.08	497.1
18/4/2010	38.42	496.76	14/4/2013	43.71	498.54	9/12/2017	38.08	497.1
19/4/2010	38.42	496.76	15/4/2013	43.71	498.54	10/12/2017	38.08	497.1
19/4/2010	38.42	496.76	15/4/2013	43.71	498.54	11/12/2017	38.08	497.1
19/4/2010	38.42	496.76	15/4/2013	43.71	498.54	12/12/2017	38.08	497.1
20/4/2010	38.42	496.76	16/4/2013	43.76	498.49	13/12/2017	38.08	497.1
20/4/2010	38.42	496.76	16/4/2013	43.76	498.49	14/12/2017	38.08	497.1
20/4/2010	38.42	496.76	16/4/2013	43.75	498.5	15/12/2017	38.08	497.1
21/4/2010	38.42	496.76	17/4/2013	43.76	498.49	16/12/2017	38.09	497.09
21/4/2010	38.42	496.76	17/4/2013	43.76	498.49	17/12/2017	38.09	497.09
21/4/2010	38.42	496.76	17/4/2013	43.76	498.49	18/12/2017	38.09	497.09
22/4/2010	38.42	496.76	18/4/2013	43.76	498.49	19/12/2017	38.09	497.09
22/4/2010	38.42	496.76	18/4/2013	43.75	498.5	20/12/2017	38.09	497.09
22/4/2010	38.43	496.75	18/4/2013	43.75	498.5	21/12/2017	38.11	497.07

Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
23/4/2010	38.43	496.75	19/4/2013	43.75	498.5	22/12/2017	38.12	497.06
23/4/2010	38.43	496.75	19/4/2013	43.76	498.49	23/12/2017	38.11	497.07
23/4/2010	38.43	496.75	19/4/2013	43.76	498.49	24/12/2017	38.12	497.06
24/4/2010	38.43	496.75	20/4/2013	43.76	498.49	25/12/2017	38.12	497.06
24/4/2010	38.43	496.75	20/4/2013	43.76	498.49	26/12/2017	38.12	497.06
24/4/2010	38.43	496.75	20/4/2013	43.76	498.49	27/12/2017	38.12	497.06
25/4/2010	38.43	496.75	21/4/2013	43.76	498.49	28/12/2017	38.12	497.06
25/4/2010	38.43	496.75	21/4/2013	43.76	498.49	29/12/2017	38.13	497.05
25/4/2010	38.43	496.75	21/4/2013	43.76	498.49	30/12/2017	38.13	497.05
26/4/2010	38.43	496.75	22/4/2013	43.76	498.49	31/12/2017	38.13	497.05
26/4/2010	38.43	496.75	22/4/2013	43.76	498.49	1/1/2018	38.13	497.05
26/4/2010	38.44	496.74	22/4/2013	43.76	498.49	2/1/2018	38.13	497.05
27/4/2010	38.43	496.75	23/4/2013	43.76	498.49	3/1/2018	38.14	497.04
27/4/2010	38.44	496.74	23/4/2013	43.76	498.49	4/1/2018	38.14	497.04
27/4/2010	38.44	496.74	23/4/2013	43.76	498.49	5/1/2018	38.14	497.04
28/4/2010	38.44	496.74	24/4/2013	43.77	498.48	6/1/2018	38.14	497.04
28/4/2010	38.44	496.74	24/4/2013	43.77	498.48	7/1/2018	38.14	497.04
28/4/2010	38.44	496.74	24/4/2013	43.76	498.49	8/1/2018	38.14	497.04
29/4/2010	38.44	496.74	25/4/2013	43.76	498.49	9/1/2018	38.14	497.04
29/4/2010	38.44	496.74	25/4/2013	43.76	498.49	10/1/2018	38.15	497.03
29/4/2010	38.44	496.74	25/4/2013	43.76	498.49	11/1/2018	38.15	497.03
30/4/2010	38.44	496.74	26/4/2013	43.76	498.49	12/1/2018	38.15	497.03
30/4/2010	38.44	496.74	26/4/2013	43.77	498.48	13/1/2018	38.16	497.02
30/4/2010	38.45	496.73	26/4/2013	43.77	498.48	14/1/2018	38.16	497.02
1/5/2010	38.44	496.74	27/4/2013	43.77	498.48	15/1/2018	38.16	497.02
1/5/2010	38.44	496.74	27/4/2013	43.77	498.48	16/1/2018	38.16	497.02
1/5/2010	38.44	496.74	27/4/2013	43.77	498.48	17/1/2018	38.17	497.01
2/5/2010	38.44	496.74	28/4/2013	43.77	498.48	18/1/2018	38.17	497.01
2/5/2010	38.45	496.73	28/4/2013	43.77	498.48	19/1/2018	38.17	497.01
2/5/2010	38.45	496.73	28/4/2013	43.77	498.48	20/1/2018	38.17	497.01
3/5/2010	38.45	496.73	29/4/2013	43.77	498.48	21/1/2018	38.17	497.01
3/5/2010	38.45	496.73	29/4/2013	43.77	498.48	22/1/2018	38.17	497.01
3/5/2010	38.45	496.73	29/4/2013	43.77	498.48	23/1/2018	38.17	497.01
4/5/2010	38.45	496.73	30/4/2013	43.77	498.48	24/1/2018	38.19	496.99
4/5/2010	38.45	496.73	30/4/2013	43.77	498.48	25/1/2018	38.19	496.99
4/5/2010	38.45	496.73	30/4/2013	43.77	498.48	26/1/2018	38.19	496.99
5/5/2010	38.45	496.73	1/5/2013	43.77	498.48	27/1/2018	38.19	496.99
5/5/2010	38.45	496.73	1/5/2013	43.77	498.48	28/1/2018	38.2	496.98
5/5/2010	38.45	496.73	1/5/2013	43.77	498.48	29/1/2018	38.21	496.97
6/5/2010	38.45	496.73	2/5/2013	43.77	498.48	30/1/2018	38.21	496.97
6/5/2010	38.45	496.73	2/5/2013	43.77	498.48	31/1/2018	38.22	496.96
6/5/2010	38.45	496.73	2/5/2013	43.77	498.48	1/2/2018	38.21	496.97
7/5/2010	38.45	496.73	3/5/2013	43.77	498.48	2/2/2018	38.22	496.96
7/5/2010	38.45	496.73	3/5/2013	43.77	498.48	3/2/2018	38.22	496.96
7/5/2010	38.46	496.72	3/5/2013	43.77	498.48	4/2/2018	38.22	496.96
8/5/2010	38.45	496.73	4/5/2013	43.77	498.48	5/2/2018	38.23	496.95
8/5/2010	38.45	496.73	4/5/2013	43.77	498.48	6/2/2018	38.23	496.95
8/5/2010	38.46	496.72	4/5/2013	43.77	498.48	7/2/2018	38.23	496.95
9/5/2010	38.46	496.72	5/5/2013	43.77	498.48	8/2/2018	38.24	496.94
9/5/2010	38.46	496.72	5/5/2013	43.77	498.48	9/2/2018	38.24	496.94
9/5/2010	38.45	496.73	5/5/2013	43.77	498.48	10/2/2018	38.25	496.93
10/5/2010	38.45	496.73	6/5/2013	43.77	498.48	11/2/2018	38.25	496.93
10/5/2010	38.46	496.72	6/5/2013	43.77	498.48	12/2/2018	38.25	496.93
10/5/2010	38.47	496.71	6/5/2013	43.77	498.48	13/2/2018	38.25	496.93
11/5/2010	38.46	496.72	7/5/2013	43.77	498.48	14/2/2018	38.25	496.93
11/5/2010	38.46	496.72	7/5/2013	43.77	498.48	15/2/2018	38.25	496.93
11/5/2010	38.47	496.71	7/5/2013	43.77	498.48	16/2/2018	38.27	496.91
12/5/2010	38.46	496.72	8/5/2013	43.77	498.48	17/2/2018	38.27	496.91
12/5/2010	38.46	496.72	8/5/2013	43.82	498.43	18/2/2018	38.28	496.9

Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
12/5/2010	38.47	496.71	8/5/2013	43.8	498.45	19/2/2018	38.28	496.9
13/5/2010	38.46	496.72	9/5/2013	43.8	498.45	20/2/2018	38.28	496.9
13/5/2010	38.46	496.72	9/5/2013	43.81	498.44	21/2/2018	38.28	496.9
13/5/2010	38.47	496.71	9/5/2013	43.81	498.44	22/2/2018	38.29	496.89
14/5/2010	38.47	496.71	10/5/2013	43.81	498.44	23/2/2018	38.29	496.89
14/5/2010	38.47	496.71	10/5/2013	43.81	498.44	24/2/2018	38.29	496.89
14/5/2010	38.47	496.71	10/5/2013	43.81	498.44	25/2/2018	38.3	496.88
15/5/2010	38.47	496.71	11/5/2013	43.81	498.44	26/2/2018	38.3	496.88
15/5/2010	38.47	496.71	11/5/2013	43.81	498.44	27/2/2018	38.3	496.88
15/5/2010	38.47	496.71	11/5/2013	43.8	498.45	28/2/2018	38.3	496.88
16/5/2010	38.47	496.71	12/5/2013	43.8	498.45	1/3/2018	38.3	496.88
16/5/2010	38.47	496.71	12/5/2013	43.8	498.45	2/3/2018	38.32	496.86
16/5/2010	38.47	496.71	12/5/2013	43.8	498.45	3/3/2018	38.31	496.87
17/5/2010	38.47	496.71	13/5/2013	43.8	498.45	4/3/2018	38.32	496.86
17/5/2010	38.47	496.71	13/5/2013	43.81	498.44	5/3/2018	38.32	496.86
17/5/2010	38.47	496.71	13/5/2013	43.8	498.45	6/3/2018	38.32	496.86
18/5/2010	38.47	496.71	14/5/2013	43.81	498.44	7/3/2018	38.33	496.85
18/5/2010	38.47	496.71	14/5/2013	43.81	498.44	8/3/2018	38.33	496.85
18/5/2010	38.47	496.71	14/5/2013	43.81	498.44	9/3/2018	38.33	496.85
19/5/2010	38.47	496.71	15/5/2013	43.81	498.44	10/3/2018	38.33	496.85
19/5/2010	38.47	496.71	15/5/2013	43.81	498.44	11/3/2018	38.33	496.85
19/5/2010	38.47	496.71	15/5/2013	43.81	498.44	12/3/2018	38.36	496.82
20/5/2010	38.47	496.71	16/5/2013	43.81	498.44	13/3/2018	38.36	496.82
20/5/2010	38.47	496.71	16/5/2013	43.81	498.44	14/3/2018	38.36	496.82
20/5/2010	38.48	496.7	16/5/2013	43.81	498.44	15/3/2018	38.36	496.82
21/5/2010	38.47	496.71	17/5/2013	43.81	498.44	16/3/2018	38.36	496.82
21/5/2010	38.47	496.71	17/5/2013	43.81	498.44	17/3/2018	38.37	496.81
21/5/2010	38.48	496.7	17/5/2013	43.82	498.43	18/3/2018	38.37	496.81
22/5/2010	38.47	496.71	18/5/2013	43.82	498.43	19/3/2018	38.37	496.81
22/5/2010	38.47	496.71	18/5/2013	43.81	498.44	20/3/2018	38.38	496.8
22/5/2010	38.49	496.69	18/5/2013	43.82	498.43	21/3/2018	38.38	496.8
23/5/2010	38.47	496.71	19/5/2013	43.82	498.43	22/3/2018	38.39	496.79
23/5/2010	38.47	496.71	19/5/2013	43.82	498.43	23/3/2018	38.39	496.79
23/5/2010	38.48	496.7	19/5/2013	43.82	498.43	24/3/2018	38.39	496.79
24/5/2010	38.47	496.71	20/5/2013	43.82	498.43	25/3/2018	38.4	496.78
24/5/2010	38.48	496.7	20/5/2013	43.82	498.43	26/3/2018	38.4	496.78
24/5/2010	38.48	496.7	20/5/2013	43.82	498.43	27/3/2018	38.4	496.78
25/5/2010	38.47	496.71	21/5/2013	43.82	498.43	28/3/2018	38.41	496.77
25/5/2010	38.48	496.7	21/5/2013	43.82	498.43	29/3/2018	38.41	496.77
25/5/2010	38.48	496.7	21/5/2013	43.82	498.43	30/3/2018	38.41	496.77
26/5/2010	38.47	496.71	22/5/2013	43.82	498.43	31/3/2018	38.41	496.77
26/5/2010	38.48	496.7	22/5/2013	43.82	498.43	1/4/2018	38.41	496.77
26/5/2010	38.48	496.7	22/5/2013	43.82	498.43	2/4/2018	38.41	496.77
27/5/2010	38.48	496.7	23/5/2013	43.82	498.43	3/4/2018	38.43	496.75
27/5/2010	38.48	496.7	23/5/2013	43.82	498.43	4/4/2018	38.44	496.74
27/5/2010	38.49	496.69	23/5/2013	43.82	498.43	5/4/2018	38.44	496.74
28/5/2010	38.48	496.7	24/5/2013	43.82	498.43	6/4/2018	38.44	496.74
28/5/2010	38.48	496.7	24/5/2013	43.82	498.43	7/4/2018	38.44	496.74
28/5/2010	38.48	496.7	24/5/2013	43.82	498.43	8/4/2018	38.45	496.73
29/5/2010	38.48	496.7	25/5/2013	43.83	498.42	9/4/2018	38.45	496.73
29/5/2010	38.48	496.7	25/5/2013	43.83	498.42	10/4/2018	38.46	496.72
29/5/2010	38.48	496.7	25/5/2013	43.83	498.42	11/4/2018	38.46	496.72
30/5/2010	38.48	496.7	26/5/2013	43.83	498.42	12/4/2018	38.47	496.71
30/5/2010	38.48	496.7	26/5/2013	43.83	498.42	13/4/2018	38.47	496.71
30/5/2010	38.48	496.7	26/5/2013	43.83	498.42	14/4/2018	38.47	496.71
31/5/2010	38.48	496.7	27/5/2013	43.83	498.42	15/4/2018	38.48	496.7
31/5/2010	38.48	496.7	27/5/2013	43.83	498.42	16/4/2018	38.48	496.7
31/5/2010	38.48	496.7	27/5/2013	43.83	498.42	17/4/2018	38.48	496.7
1/6/2010	38.48	496.7	28/5/2013	43.83	498.42	18/4/2018	38.49	496.69

Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
1/6/2010	38.48	496.7	28/5/2013	43.83	498.42	19/4/2018	38.49	496.69
1/6/2010	38.48	496.7	28/5/2013	43.83	498.42	20/4/2018	38.49	496.69
2/6/2010	38.48	496.7	29/5/2013	43.83	498.42	21/4/2018	38.49	496.69
2/6/2010	38.48	496.7	29/5/2013	43.83	498.42	22/4/2018	38.49	496.69
2/6/2010	38.48	496.7	29/5/2013	43.83	498.42	23/4/2018	38.49	496.69
3/6/2010	38.47	496.71	30/5/2013	43.83	498.42	24/4/2018	38.52	496.66
3/6/2010	38.47	496.71	30/5/2013	43.83	498.42	25/4/2018	38.52	496.66
3/6/2010	38.47	496.71	30/5/2013	43.83	498.42	26/4/2018	38.53	496.65
4/6/2010	38.47	496.71	31/5/2013	43.83	498.42	27/4/2018	38.53	496.65
4/6/2010	38.47	496.71	31/5/2013	43.83	498.42	28/4/2018	38.53	496.65
4/6/2010	38.47	496.71	31/5/2013	43.83	498.42	29/4/2018	38.54	496.64
5/6/2010	38.47	496.71	1/6/2013	43.84	498.41	30/4/2018	38.54	496.64
5/6/2010	38.47	496.71	1/6/2013	43.84	498.41	1/5/2018	38.54	496.64
5/6/2010	38.47	496.71	1/6/2013	43.84	498.41	29/8/2018	38.87	496.31
6/6/2010	38.47	496.71	2/6/2013	43.84	498.41	6/11/2018	38.89	496.29
6/6/2010	38.47	496.71	2/6/2013	43.84	498.41	12/12/2018	38.93	496.25
6/6/2010	38.46	496.72	2/6/2013	43.84	498.41	19/3/2019	39.22	495.96
7/6/2010	38.46	496.72	3/6/2013	43.84	498.41	20/3/2019	39.2	495.98
7/6/2010	38.46	496.72	3/6/2013	43.84	498.41	21/3/2019	39.21	495.97
7/6/2010	38.46	496.72	3/6/2013	43.84	498.41	21/3/2019	39.21	495.97
8/6/2010	38.46	496.72	4/6/2013	43.84	498.41	21/3/2019	39.22	495.96
8/6/2010	38.46	496.72	4/6/2013	43.84	498.41	22/3/2019	39.21	495.97
8/6/2010	38.46	496.72	4/6/2013	43.84	498.41	23/3/2019	39.21	495.97
9/6/2010	38.46	496.72	5/6/2013	43.84	498.41	23/3/2019	39.22	495.96
9/6/2010	38.46	496.72	5/6/2013	43.84	498.41	23/3/2019	39.21	495.97
9/6/2010	38.46	496.72	5/6/2013	43.84	498.41	23/3/2019	39.23	495.95
10/6/2010	38.46	496.72	6/6/2013	43.84	498.41	24/3/2019	39.22	495.96
10/6/2010	38.46	496.72	6/6/2013	43.84	498.41	24/3/2019	39.22	495.96
10/6/2010	38.46	496.72	6/6/2013	43.84	498.41	24/3/2019	39.21	495.97
11/6/2010	38.46	496.72	7/6/2013	43.84	498.41	24/3/2019	39.23	495.95
11/6/2010	38.46	496.72	7/6/2013	43.84	498.41	25/3/2019	39.22	495.96
11/6/2010	38.46	496.72	7/6/2013	43.84	498.41	25/3/2019	39.23	495.95
12/6/2010	38.45	496.73	8/6/2013	43.84	498.41	25/3/2019	39.23	495.95
12/6/2010	38.45	496.73	8/6/2013	43.84	498.41	25/3/2019	39.23	495.95
12/6/2010	38.45	496.73	8/6/2013	43.84	498.41	26/3/2019	39.23	495.95
13/6/2010	38.45	496.73	9/6/2013	43.84	498.41	26/3/2019	39.23	495.95
13/6/2010	38.45	496.73	9/6/2013	43.84	498.41	26/3/2019	39.22	495.96
13/6/2010	38.45	496.73	9/6/2013	43.84	498.41	26/3/2019	39.24	495.94
14/6/2010	38.44	496.74	10/6/2013	43.84	498.41	27/3/2019	39.23	495.95
14/6/2010	38.44	496.74	10/6/2013	43.84	498.41	27/3/2019	39.24	495.94
14/6/2010	38.45	496.73	10/6/2013	43.84	498.41	27/3/2019	39.24	495.94
15/6/2010	38.44	496.74	11/6/2013	43.84	498.41	27/3/2019	39.25	495.93
15/6/2010	38.44	496.74	11/6/2013	43.84	498.41	28/3/2019	39.24	495.94
15/6/2010	38.45	496.73	11/6/2013	43.84	498.41	28/3/2019	39.24	495.94
16/6/2010	38.44	496.74	12/6/2013	43.84	498.41	28/3/2019	39.23	495.95
16/6/2010	38.44	496.74	12/6/2013	43.84	498.41	28/3/2019	39.25	495.93
16/6/2010	38.45	496.73	12/6/2013	43.84	498.41	28/3/2019	39.24	495.94
17/6/2010	38.44	496.74	13/6/2013	43.84	498.41	29/3/2019	39.24	495.94
17/6/2010	38.44	496.74	13/6/2013	43.84	498.41	29/3/2019	39.24	495.94
17/6/2010	38.44	496.74	13/6/2013	43.84	498.41	29/3/2019	39.25	495.93
18/6/2010	38.44	496.74	14/6/2013	43.84	498.41	30/3/2019	39.24	495.94
18/6/2010	38.44	496.74	14/6/2013	43.84	498.41	30/3/2019	39.25	495.93
18/6/2010	38.44	496.74	14/6/2013	43.84	498.41	30/3/2019	39.23	495.95
19/6/2010	38.44	496.74	15/6/2013	43.84	498.41	30/3/2019	39.26	495.92
19/6/2010	38.44	496.74	15/6/2013	43.84	498.41	31/3/2019	39.24	495.94
19/6/2010	38.44	496.74	15/6/2013	43.84	498.41	31/3/2019	39.25	495.93
20/6/2010	38.43	496.75	16/6/2013	43.84	498.41	31/3/2019	39.25	495.93
20/6/2010	38.43	496.75	16/6/2013	43.84	498.41	31/3/2019	39.26	495.92
20/6/2010	38.43	496.75	16/6/2013	43.84	498.41	1/4/2019	39.25	495.93

Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
21/6/2010	38.43	496.75	17/6/2013	43.87	498.38	1/4/2019	39.25	495.93
21/6/2010	38.43	496.75	17/6/2013	43.87	498.38	1/4/2019	39.25	495.93
21/6/2010	38.43	496.75	17/6/2013	43.87	498.38	1/4/2019	39.27	495.91
22/6/2010	38.43	496.75	18/6/2013	43.87	498.38	2/4/2019	39.26	495.92
22/6/2010	38.43	496.75	18/6/2013	43.87	498.38	2/4/2019	39.26	495.92
22/6/2010	38.43	496.75	18/6/2013	43.87	498.38	2/4/2019	39.26	495.92
23/6/2010	38.42	496.76	19/6/2013	43.87	498.38	2/4/2019	39.27	495.91
23/6/2010	38.43	496.75	19/6/2013	43.87	498.38	3/4/2019	39.26	495.92
23/6/2010	38.42	496.76	19/6/2013	43.87	498.38	3/4/2019	39.27	495.91
24/6/2010	38.42	496.76	20/6/2013	43.88	498.37	3/4/2019	39.26	495.92
24/6/2010	38.42	496.76	20/6/2013	43.88	498.37	3/4/2019	39.27	495.91
24/6/2010	38.43	496.75	20/6/2013	43.87	498.38	4/4/2019	39.26	495.92
25/6/2010	38.42	496.76	21/6/2013	43.87	498.38	4/4/2019	39.27	495.91
25/6/2010	38.42	496.76	21/6/2013	43.87	498.38	4/4/2019	39.27	495.91
25/6/2010	38.43	496.75	21/6/2013	43.88	498.37	4/4/2019	39.27	495.91
26/6/2010	38.41	496.77	22/6/2013	43.87	498.38	5/4/2019	39.27	495.91
26/6/2010	38.41	496.77	22/6/2013	43.87	498.38	5/4/2019	39.27	495.91
26/6/2010	38.41	496.77	22/6/2013	43.87	498.38	5/4/2019	39.27	495.91
27/6/2010	38.41	496.77	23/6/2013	43.87	498.38	5/4/2019	39.28	495.9
27/6/2010	38.41	496.77	23/6/2013	43.87	498.38	6/4/2019	39.28	495.9
27/6/2010	38.41	496.77	23/6/2013	43.87	498.38	6/4/2019	39.27	495.91
28/6/2010	38.41	496.77	24/6/2013	43.87	498.38	6/4/2019	39.28	495.9
28/6/2010	38.41	496.77	24/6/2013	43.87	498.38	6/4/2019	39.28	495.9
28/6/2010	38.41	496.77	24/6/2013	43.87	498.38	7/4/2019	39.28	495.9
29/6/2010	38.4	496.78	25/6/2013	43.88	498.37	7/4/2019	39.28	495.9
29/6/2010	38.41	496.77	25/6/2013	43.87	498.38	7/4/2019	39.27	495.91
29/6/2010	38.4	496.78	25/6/2013	43.87	498.38	7/4/2019	39.28	495.9
30/6/2010	38.4	496.78	26/6/2013	43.87	498.38	8/4/2019	39.28	495.9
30/6/2010	38.41	496.77	26/6/2013	43.87	498.38	8/4/2019	39.28	495.9
30/6/2010	38.4	496.78	26/6/2013	43.87	498.38	8/4/2019	39.29	495.89
1/7/2010	38.39	496.79	27/6/2013	43.87	498.38	8/4/2019	39.3	495.88
1/7/2010	38.4	496.78	27/6/2013	43.87	498.38	9/4/2019	39.28	495.9
1/7/2010	38.4	496.78	27/6/2013	43.87	498.38	9/4/2019	39.29	495.89
2/7/2010	38.4	496.78	28/6/2013	43.88	498.37	9/4/2019	39.29	495.89
2/7/2010	38.4	496.78	28/6/2013	43.87	498.38	9/4/2019	39.29	495.89
2/7/2010	38.41	496.77	28/6/2013	43.87	498.38	10/4/2019	39.29	495.89
3/7/2010	38.39	496.79	29/6/2013	43.87	498.38	10/4/2019	39.29	495.89
3/7/2010	38.39	496.79	29/6/2013	43.87	498.38	10/4/2019	39.29	495.89
3/7/2010	38.39	496.79	29/6/2013	43.87	498.38	10/4/2019	39.3	495.88
4/7/2010	38.39	496.79	30/6/2013	43.87	498.38	11/4/2019	39.29	495.89
4/7/2010	38.39	496.79	30/6/2013	43.87	498.38	11/4/2019	39.3	495.88
4/7/2010	38.4	496.78	30/6/2013	43.87	498.38	11/4/2019	39.29	495.89
5/7/2010	38.39	496.79	1/7/2013	43.87	498.38	11/4/2019	39.31	495.87
5/7/2010	38.39	496.79	1/7/2013	43.87	498.38	12/4/2019	39.3	495.88
5/7/2010	38.4	496.78	1/7/2013	43.87	498.38	12/4/2019	39.3	495.88
6/7/2010	38.38	496.8	2/7/2013	43.87	498.38	12/4/2019	39.31	495.87
6/7/2010	38.38	496.8	2/7/2013	43.87	498.38	12/4/2019	39.32	495.86
6/7/2010	38.38	496.8	2/7/2013	43.87	498.38	13/4/2019	39.3	495.88
7/7/2010	38.38	496.8	3/7/2013	43.87	498.38	13/4/2019	39.31	495.87
7/7/2010	38.39	496.79	3/7/2013	43.87	498.38	13/4/2019	39.3	495.88
7/7/2010	38.38	496.8	3/7/2013	43.87	498.38	13/4/2019	39.33	495.85
8/7/2010	38.38	496.8	4/7/2013	43.88	498.37	14/4/2019	39.31	495.87
8/7/2010	38.38	496.8	4/7/2013	43.88	498.37	14/4/2019	39.31	495.87
8/7/2010	38.38	496.8	4/7/2013	43.88	498.37	14/4/2019	39.31	495.87
9/7/2010	38.38	496.8	5/7/2013	43.88	498.37	14/4/2019	39.32	495.86
9/7/2010	38.38	496.8	5/7/2013	43.87	498.38	15/4/2019	39.31	495.87
9/7/2010	38.38	496.8	5/7/2013	43.87	498.38	15/4/2019	39.31	495.87
10/7/2010	38.38	496.8	6/7/2013	43.87	498.38	15/4/2019	39.31	495.87
10/7/2010	38.38	496.8	6/7/2013	43.87	498.38	15/4/2019	39.32	495.86









Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
7/9/2010	38.08	497.1	3/9/2013	43.73	498.52	30/5/2019	39.45	495.73
8/9/2010	38.08	497.1	4/9/2013	43.73	498.52	30/5/2019	39.47	495.71
8/9/2010	38.08	497.1	4/9/2013	43.73	498.52	30/5/2019	39.46	495.72
8/9/2010	38.07	497.11	4/9/2013	43.73	498.52	31/5/2019	39.46	495.72
9/9/2010	38.07	497.11	5/9/2013	43.73	498.52	31/5/2019	39.46	495.72
9/9/2010	38.07	497.11	5/9/2013	43.73	498.52	31/5/2019	39.46	495.72
9/9/2010	38.07	497.11	5/9/2013	43.73	498.52	31/5/2019	39.47	495.71
10/9/2010	38.07	497.11	6/9/2013	43.73	498.52	1/6/2019	39.45	495.73
10/9/2010	38.07	497.11	6/9/2013	43.73	498.52	1/6/2019	39.46	495.72
10/9/2010	38.06	497.12	6/9/2013	43.72	498.53	1/6/2019	39.46	495.72
11/9/2010	38.06	497.12	7/9/2013	43.71	498.54	1/6/2019	39.46	495.72
11/9/2010	38.06	497.12	7/9/2013	43.7	498.55	2/6/2019	39.46	495.72
11/9/2010	38.06	497.12	7/9/2013	43.7	498.55	2/6/2019	39.46	495.72
12/9/2010	38.05	497.13	8/9/2013	43.7	498.55	2/6/2019	39.47	495.71
12/9/2010	38.05	497.13	8/9/2013	43.7	498.55	2/6/2019	39.47	495.71
12/9/2010	38.05	497.13	8/9/2013	43.69	498.56	2/6/2019	39.46	495.72
13/9/2010	38.05	497.13	9/9/2013	43.7	498.55	3/6/2019	39.46	495.72
13/9/2010	38.05	497.13	9/9/2013	43.7	498.55	3/6/2019	39.48	495.7
13/9/2010	38.04	497.14	9/9/2013	43.69	498.56	3/6/2019	39.47	495.71
14/9/2010	38.04	497.14	10/9/2013	43.7	498.55	4/6/2019	39.46	495.72
14/9/2010	38.04	497.14	10/9/2013	36.6	498.58	4/6/2019	39.47	495.71
14/9/2010	38.04	497.14	10/9/2013	36.6	498.58	4/6/2019	39.47	495.71
15/9/2010	38.04	497.14	10/9/2013	36.6	498.58	4/6/2019	39.47	495.71
15/9/2010	38.04	497.14	11/9/2013	36.6	498.58	5/6/2019	39.47	495.71
15/9/2010	38.03	497.15	11/9/2013	36.6	498.58	5/6/2019	39.47	495.71
16/9/2010	38.02	497.16	11/9/2013	36.6	498.58	5/6/2019	39.48	495.7
16/9/2010	38.03	497.15	12/9/2013	36.6	498.58	5/6/2019	39.47	495.71
16/9/2010	38.03	497.15	12/9/2013	36.6	498.58	6/6/2019	39.47	495.71
17/9/2010	38.02	497.16	12/9/2013	36.6	498.58	6/6/2019	39.47	495.71
17/9/2010	38.02	497.16	13/9/2013	36.6	498.58	6/6/2019	39.47	495.71
17/9/2010	38.02	497.16	13/9/2013	36.6	498.58	6/6/2019	39.47	495.71
18/9/2010	38.02	497.16	13/9/2013	36.6	498.58	7/6/2019	39.47	495.71
18/9/2010	38.02	497.16	14/9/2013	36.59	498.59	7/6/2019	39.47	495.71
18/9/2010	38.02	497.16	14/9/2013	36.59	498.59	7/6/2019	39.48	495.7
18/9/2010	38.02	497.16	14/9/2013	36.59	498.59	7/6/2019	39.48	495.7
19/9/2010	38.01	497.17	14/9/2013	36.6	498.58	7/6/2019	39.49	495.69
19/9/2010	38.01	497.17	15/9/2013	36.59	498.59	8/6/2019	39.47	495.71
19/9/2010	38.01	497.17	15/9/2013	36.59	498.59	8/6/2019	39.47	495.71
19/9/2010	38.01	497.17	15/9/2013	36.59	498.59	8/6/2019	39.48	495.7
20/9/2010	38.01	497.17	15/9/2013	36.6	498.58	8/6/2019	39.48	495.7
20/9/2010	38.01	497.17	16/9/2013	36.59	498.59	8/6/2019	39.48	495.7
20/9/2010	38	497.18	16/9/2013	36.59	498.59	9/6/2019	39.48	495.7
21/9/2010	38	497.18	16/9/2013	36.6	498.58	9/6/2019	39.48	495.7
21/9/2010	38	497.18	17/9/2013	36.59	498.59	9/6/2019	39.48	495.7
21/9/2010	38	497.18	17/9/2013	36.59	498.59	9/6/2019	39.48	495.7
21/9/2010	38	497.18	17/9/2013	36.59	498.59	9/6/2019	39.48	495.7
22/9/2010	38	497.18	17/9/2013	36.6	498.58	10/6/2019	39.47	495.71
22/9/2010	38	497.18	18/9/2013	36.59	498.59	10/6/2019	39.48	495.7
22/9/2010	38	497.18	18/9/2013	36.59	498.59	10/6/2019	39.48	495.7
22/9/2010	37.99	497.19	18/9/2013	36.59	498.59	10/6/2019	39.48	495.7
23/9/2010	37.99	497.19	18/9/2013	36.59	498.59	10/6/2019	39.49	495.69
23/9/2010	37.99	497.19	19/9/2013	36.59	498.59	11/6/2019	39.48	495.7
23/9/2010	37.99	497.19	19/9/2013	36.59	498.59	11/6/2019	39.48	495.7
23/9/2010	37.99	497.19	19/9/2013	36.59	498.59	11/6/2019	39.48	495.7
24/9/2010	37.98	497.2	19/9/2013	36.6	498.58	11/6/2019	39.47	495.71
24/9/2010	37.98	497.2	20/9/2013	36.59	498.59	11/6/2019	39.47	495.71
24/9/2010	37.98	497.2	20/9/2013	36.59	498.59	11/6/2019	39.5	495.68
24/9/2010	37.97	497.21	20/9/2013	36.59	498.59	12/6/2019	39.48	495.7
24/9/2010	37.97	497.21	20/9/2013	36.6	498.58	12/6/2019	39.48	495.7
25/9/2010	37.97	497.21	21/9/2013	36.6	498.58	12/6/2019	39.48	495.7
25/9/2010	37.97	497.21	21/9/2013	36.6	498.58	12/6/2019	39.49	495.69
25/9/2010	37.97	497.21	21/9/2013	36.6	498.58	13/6/2019	39.48	495.7
26/9/2010	37.96	497.22	21/9/2013	36.6	498.58	13/6/2019	39.48	495.7
26/9/2010	37.97	497.21	22/9/2013	36.6	498.58	13/6/2019	39.49	495.69
26/9/2010	37.97	497.21	22/9/2013	36.6	498.58	13/6/2019	39.49	495.69
26/9/2010	37.96	497.22	22/9/2013	36.6	498.58	13/6/2019	39.49	495.69
27/9/2010	37.96	497.22	22/9/2013	36.6	498.58	13/6/2019	39.5	495.68







Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
25/11/2010	37.48	497.7	21/11/2013	36.45	498.73	28/7/2019	39.56	495.62
25/11/2010	37.48	497.7	21/11/2013	36.45	498.73	28/7/2019	39.57	495.61
26/11/2010	37.47	497.71	21/11/2013	36.45	498.73	29/7/2019	39.57	495.61
26/11/2010	37.47	497.71	22/11/2013	36.45	498.73	29/7/2019	39.56	495.62
26/11/2010	37.47	497.71	22/11/2013	36.45	498.73	29/7/2019	39.57	495.61
27/11/2010	37.47	497.71	22/11/2013	36.44	498.74	29/7/2019	39.57	495.61
27/11/2010	37.47	497.71	23/11/2013	36.44	498.74	30/7/2019	39.57	495.61
27/11/2010	37.47	497.71	23/11/2013	36.44	498.74	30/7/2019	39.57	495.61
28/11/2010	37.46	497.72	23/11/2013	36.44	498.74	30/7/2019	39.57	495.61
28/11/2010	37.46	497.72	24/11/2013	36.44	498.74	30/7/2019	39.58	495.6
28/11/2010	37.46	497.72	24/11/2013	36.44	498.74	31/7/2019	39.58	495.6
29/11/2010	37.46	497.72	24/11/2013	36.44	498.74	31/7/2019	39.57	495.61
29/11/2010	37.45	497.73	25/11/2013	36.44	498.74	31/7/2019	39.59	495.59
29/11/2010	37.45	497.73	25/11/2013	36.44	498.74	31/7/2019	39.58	495.6
30/11/2010	37.45	497.73	25/11/2013	36.42	498.76	1/8/2019	39.57	495.61
30/11/2010	37.45	497.73	26/11/2013	36.42	498.76	1/8/2019	39.57	495.61
30/11/2010	37.46	497.72	26/11/2013	36.42	498.76	1/8/2019	39.58	495.6
1/12/2010	37.45	497.73	26/11/2013	36.42	498.76	1/8/2019	39.58	495.6
1/12/2010	37.45	497.73	27/11/2013	36.41	498.77	2/8/2019	39.58	495.6
1/12/2010	37.45	497.73	27/11/2013	36.42	498.76	2/8/2019	39.57	495.61
2/12/2010	37.44	497.74	27/11/2013	36.42	498.76	2/8/2019	39.59	495.59
2/12/2010	37.45	497.73	28/11/2013	36.41	498.77	2/8/2019	39.59	495.59
2/12/2010	37.46	497.72	28/11/2013	36.41	498.77	2/8/2019	39.58	495.6
3/12/2010	37.44	497.74	28/11/2013	36.41	498.77	3/8/2019	39.58	495.6
3/12/2010	37.44	497.74	29/11/2013	36.41	498.77	3/8/2019	39.58	495.6
3/12/2010	37.44	497.74	29/11/2013	36.41	498.77	3/8/2019	39.59	495.59
4/12/2010	37.43	497.75	29/11/2013	36.41	498.77	4/8/2019	39.58	495.6
4/12/2010	37.44	497.74	30/11/2013	36.4	498.78	4/8/2019	39.58	495.6
4/12/2010	37.43	497.75	30/11/2013	36.41	498.77	4/8/2019	39.6	495.58
5/12/2010	37.43	497.75	30/11/2013	36.4	498.78	4/8/2019	39.59	495.59
5/12/2010	37.43	497.75	1/12/2013	36.4	498.78	4/8/2019	39.59	495.59
5/12/2010	37.43	497.75	1/12/2013	36.4	498.78	5/8/2019	39.58	495.6
6/12/2010	37.43	497.75	1/12/2013	36.4	498.78	5/8/2019	39.59	495.59
6/12/2010	37.43	497.75	2/12/2013	36.4	498.78	5/8/2019	39.59	495.59
6/12/2010	37.42	497.76	2/12/2013	36.4	498.78	5/8/2019	39.59	495.59
7/12/2010	37.42	497.76	2/12/2013	36.4	498.78	6/8/2019	39.59	495.59
7/12/2010	37.42	497.76	3/12/2013	36.4	498.78	6/8/2019	39.59	495.59
7/12/2010	37.42	497.76	3/12/2013	36.4	498.78	6/8/2019	39.6	495.58
8/12/2010	37.42	497.76	3/12/2013	36.4	498.78	6/8/2019	39.59	495.59
8/12/2010	37.42	497.76	4/12/2013	36.39	498.79	7/8/2019	39.59	495.59
8/12/2010	37.41	497.77	4/12/2013	36.4	498.78	7/8/2019	39.59	495.59
9/12/2010	37.41	497.77	4/12/2013	36.39	498.79	7/8/2019	39.6	495.58
9/12/2010	37.41	497.77	5/12/2013	36.39	498.79	7/8/2019	39.6	495.58
9/12/2010	37.41	497.77	5/12/2013	36.39	498.79	8/8/2019	39.59	495.59
10/12/2010	37.41	497.77	5/12/2013	36.39	498.79	8/8/2019	39.6	495.58
10/12/2010	37.41	497.77	6/12/2013	36.39	498.79	8/8/2019	39.59	495.59
10/12/2010	37.41	497.77	6/12/2013	36.39	498.79	8/8/2019	39.61	495.57
11/12/2010	37.4	497.78	6/12/2013	36.39	498.79	9/8/2019	39.59	495.59
11/12/2010	37.4	497.78	7/12/2013	36.39	498.79	9/8/2019	39.59	495.59
11/12/2010	37.4	497.78	7/12/2013	36.39	498.79	9/8/2019	39.59	495.59
12/12/2010	37.4	497.78	7/12/2013	36.39	498.79	9/8/2019	39.6	495.58
12/12/2010	37.4	497.78	8/12/2013	36.39	498.79	9/8/2019	39.6	495.58
12/12/2010	37.4	497.78	8/12/2013	36.39	498.79	10/8/2019	39.59	495.59
12/12/2010	37.4	497.78	8/12/2013	36.39	498.79	10/8/2019	39.6	495.58
13/12/2010	37.4	497.78	8/12/2013	36.39	498.79	10/8/2019	39.6	495.58
13/12/2010	37.39	497.79	9/12/2013	36.38	498.8	10/8/2019	39.6	495.58
13/12/2010	37.4	497.78	9/12/2013	36.38	498.8	11/8/2019	39.6	495.58
14/12/2010	37.39	497.79	9/12/2013	36.38	498.8	11/8/2019	39.6	495.58
14/12/2010	37.39	497.79	10/12/2013	36.38	498.8	11/8/2019	39.6	495.58
14/12/2010	37.39	497.79	10/12/2013	36.38	498.8	11/8/2019	39.61	495.57
						12/8/2019	39.6	495.58







Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
23/1/2011	37.32	497.86	19/1/2014	36.35	498.83	11/9/2019	39.66	495.52
23/1/2011	37.32	497.86	19/1/2014	36.35	498.83	11/9/2019	39.65	495.53
24/1/2011	37.32	497.86	19/1/2014	36.35	498.83	11/9/2019	39.67	495.51
24/1/2011	37.33	497.85	20/1/2014	36.35	498.83	12/9/2019	39.66	495.52
24/1/2011	37.32	497.86	20/1/2014	36.35	498.83	12/9/2019	39.66	495.52
25/1/2011	37.32	497.86	20/1/2014	36.35	498.83	12/9/2019	39.7	495.48
25/1/2011	37.32	497.86	21/1/2014	36.35	498.83	13/9/2019	39.68	495.5
25/1/2011	37.32	497.86	21/1/2014	36.36	498.82	13/9/2019	39.67	495.51
26/1/2011	37.32	497.86	21/1/2014	36.35	498.83	13/9/2019	39.68	495.5
26/1/2011	37.33	497.85	22/1/2014	36.35	498.83	13/9/2019	39.68	495.5
26/1/2011	37.32	497.86	22/1/2014	36.35	498.83	14/9/2019	39.67	495.51
27/1/2011	37.32	497.86	22/1/2014	36.35	498.83	14/9/2019	39.67	495.51
27/1/2011	37.33	497.85	23/1/2014	36.35	498.83	14/9/2019	39.67	495.51
27/1/2011	37.32	497.86	23/1/2014	36.35	498.83	14/9/2019	39.68	495.5
28/1/2011	37.32	497.86	23/1/2014	36.35	498.83	15/9/2019	39.67	495.51
28/1/2011	37.32	497.86	24/1/2014	36.35	498.83	15/9/2019	39.67	495.51
28/1/2011	37.32	497.86	24/1/2014	36.36	498.82	15/9/2019	39.68	495.5
29/1/2011	37.32	497.86	24/1/2014	36.36	498.82	15/9/2019	39.68	495.5
29/1/2011	37.33	497.85	25/1/2014	36.36	498.82	16/9/2019	39.68	495.5
29/1/2011	37.33	497.85	25/1/2014	36.36	498.82	16/9/2019	39.67	495.51
30/1/2011	37.33	497.85	25/1/2014	36.36	498.82	16/9/2019	39.67	495.51
30/1/2011	37.33	497.85	26/1/2014	36.36	498.82	16/9/2019	39.68	495.5
30/1/2011	37.32	497.86	26/1/2014	36.36	498.82	16/9/2019	39.68	495.5
31/1/2011	37.32	497.86	26/1/2014	36.36	498.82	17/9/2019	39.68	495.5
31/1/2011	37.33	497.85	27/1/2014	36.36	498.82	17/9/2019	39.68	495.5
31/1/2011	37.32	497.86	27/1/2014	36.36	498.82	17/9/2019	39.69	495.49
1/2/2011	37.32	497.86	27/1/2014	36.36	498.82	18/9/2019	39.68	495.5
1/2/2011	37.33	497.85	28/1/2014	36.36	498.82	18/9/2019	39.68	495.5
1/2/2011	37.32	497.86	28/1/2014	36.36	498.82	18/9/2019	39.69	495.49
2/2/2011	37.32	497.86	28/1/2014	36.36	498.82	19/9/2019	39.67	495.51
2/2/2011	37.33	497.85	29/1/2014	36.36	498.82	19/9/2019	39.69	495.49
2/2/2011	37.32	497.86	29/1/2014	36.36	498.82	19/9/2019	39.69	495.49
3/2/2011	37.32	497.86	29/1/2014	36.36	498.82	19/9/2019	39.7	495.48
3/2/2011	37.33	497.85	30/1/2014	36.36	498.82	20/9/2019	39.68	495.5
3/2/2011	37.33	497.85	30/1/2014	36.36	498.82	20/9/2019	39.69	495.49
4/2/2011	37.33	497.85	30/1/2014	36.36	498.82	20/9/2019	39.68	495.5
4/2/2011	37.33	497.85	31/1/2014	36.36	498.82	20/9/2019	39.7	495.48
4/2/2011	37.33	497.85	31/1/2014	36.36	498.82	20/9/2019	39.69	495.49
5/2/2011	37.33	497.85	31/1/2014	36.36	498.82	21/9/2019	39.69	495.49
5/2/2011	37.33	497.85	1/2/2014	36.36	498.82	21/9/2019	39.7	495.48
5/2/2011	37.33	497.85	1/2/2014	36.36	498.82	21/9/2019	39.7	495.48
6/2/2011	37.33	497.85	1/2/2014	36.36	498.82	22/9/2019	39.69	495.49
6/2/2011	37.33	497.85	2/2/2014	36.36	498.82	22/9/2019	39.69	495.49
6/2/2011	37.33	497.85	2/2/2014	36.36	498.82	22/9/2019	39.68	495.5
7/2/2011	37.33	497.85	2/2/2014	36.36	498.82	22/9/2019	39.7	495.48
7/2/2011	37.33	497.85	3/2/2014	36.36	498.82	22/9/2019	39.69	495.49
7/2/2011	37.33	497.85	3/2/2014	36.36	498.82	23/9/2019	39.7	495.48
8/2/2011	37.33	497.85	3/2/2014	36.36	498.82	23/9/2019	39.7	495.48
8/2/2011	37.33	497.85	4/2/2014	36.36	498.82	23/9/2019	39.7	495.48
8/2/2011	37.33	497.85	4/2/2014	36.36	498.82	24/9/2019	39.69	495.49
9/2/2011	37.33	497.85	4/2/2014	36.36	498.82	24/9/2019	39.69	495.49
9/2/2011	37.33	497.85	5/2/2014	36.36	498.82	24/9/2019	39.69	495.49
9/2/2011	37.33	497.85	5/2/2014	36.36	498.82	24/9/2019	39.71	495.47
10/2/2011	37.33	497.85	5/2/2014	36.36	498.82	25/9/2019	39.7	495.48
10/2/2011	37.33	497.85	6/2/2014	36.36	498.82	25/9/2019	39.69	495.49
10/2/2011	37.33	497.85	6/2/2014	36.36	498.82	25/9/2019	39.71	495.47
11/2/2011	37.33	497.85	6/2/2014	36.36	498.82	25/9/2019	39.72	495.46
11/2/2011	37.34	497.84	7/2/2014	36.36	498.82	26/9/2019	39.7	495.48
11/2/2011	37.33	497.85	7/2/2014	36.36	498.82	26/9/2019	39.7	495.48





Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
23/3/2011	37.39	497.79	19/3/2014	36.48	498.7	26/10/2019	39.71	495.47
23/3/2011	37.39	497.79	19/3/2014	36.49	498.69	26/10/2019	39.71	495.47
24/3/2011	37.39	497.79	19/3/2014	36.49	498.69	26/10/2019	39.71	495.47
24/3/2011	37.4	497.78	20/3/2014	36.49	498.69	26/10/2019	39.72	495.46
24/3/2011	37.39	497.79	20/3/2014	36.49	498.69	27/10/2019	39.71	495.47
25/3/2011	37.4	497.78	20/3/2014	36.49	498.69	27/10/2019	39.71	495.47
25/3/2011	37.4	497.78	21/3/2014	36.49	498.69	27/10/2019	39.72	495.46
25/3/2011	37.39	497.79	21/3/2014	36.5	498.68	27/10/2019	39.73	495.45
26/3/2011	37.39	497.79	21/3/2014	36.5	498.68	28/10/2019	39.71	495.47
26/3/2011	37.4	497.78	22/3/2014	36.5	498.68	28/10/2019	39.7	495.48
26/3/2011	37.4	497.78	22/3/2014	36.5	498.68	28/10/2019	39.71	495.47
27/3/2011	37.4	497.78	22/3/2014	36.5	498.68	28/10/2019	39.72	495.46
27/3/2011	37.4	497.78	23/3/2014	36.5	498.68	29/10/2019	39.71	495.47
27/3/2011	37.4	497.78	23/3/2014	36.5	498.68	29/10/2019	39.71	495.47
28/3/2011	37.4	497.78	23/3/2014	36.51	498.67	29/10/2019	39.71	495.47
28/3/2011	37.41	497.77	23/3/2014	36.5	498.68	29/10/2019	39.72	495.46
28/3/2011	37.4	497.78	24/3/2014	36.5	498.68	29/10/2019	39.71	495.47
29/3/2011	37.4	497.78	24/3/2014	36.51	498.67	30/10/2019	39.71	495.47
29/3/2011	37.41	497.77	25/3/2014	36.51	498.67	30/10/2019	39.71	495.47
29/3/2011	37.41	497.77	25/3/2014	36.51	498.67	30/10/2019	39.72	495.46
29/3/2011	37.41	497.77	25/3/2014	36.51	498.67	30/10/2019	39.72	495.46
30/3/2011	37.41	497.77	25/3/2014	36.51	498.67	31/10/2019	39.71	495.47
30/3/2011	37.41	497.77	26/3/2014	36.51	498.67	31/10/2019	39.72	495.46
30/3/2011	37.4	497.78	26/3/2014	36.51	498.67	31/10/2019	39.71	495.47
31/3/2011	37.41	497.77	26/3/2014	36.51	498.67	31/10/2019	39.73	495.45
31/3/2011	37.41	497.77	27/3/2014	36.51	498.67	1/11/2019	39.71	495.47
31/3/2011	37.41	497.77	27/3/2014	36.52	498.66	1/11/2019	39.71	495.47
1/4/2011	37.41	497.77	27/3/2014	36.51	498.67	1/11/2019	39.71	495.47
1/4/2011	37.42	497.76	28/3/2014	36.51	498.67	1/11/2019	39.73	495.45
1/4/2011	37.41	497.77	28/3/2014	36.52	498.66	2/11/2019	39.71	495.47
2/4/2011	37.41	497.77	28/3/2014	36.52	498.66	2/11/2019	39.71	495.47
2/4/2011	37.42	497.76	29/3/2014	36.52	498.66	2/11/2019	39.71	495.47
2/4/2011	37.41	497.77	29/3/2014	36.52	498.66	2/11/2019	39.73	495.45
3/4/2011	37.41	497.77	29/3/2014	36.52	498.66	3/11/2019	39.71	495.47
3/4/2011	37.42	497.76	30/3/2014	36.52	498.66	3/11/2019	39.71	495.47
3/4/2011	37.42	497.76	30/3/2014	36.52	498.66	3/11/2019	39.71	495.47
4/4/2011	37.42	497.76	30/3/2014	36.52	498.66	3/11/2019	39.72	495.46
4/4/2011	37.42	497.76	31/3/2014	36.52	498.66	4/11/2019	39.71	495.47
4/4/2011	37.42	497.76	31/3/2014	36.52	498.66	4/11/2019	39.72	495.46
5/4/2011	37.42	497.76	31/3/2014	36.52	498.66	4/11/2019	39.71	495.47
5/4/2011	37.43	497.75	1/4/2014	36.52	498.66	4/11/2019	39.72	495.46
5/4/2011	37.42	497.76	1/4/2014	36.52	498.66	5/11/2019	39.71	495.47
6/4/2011	37.42	497.76	1/4/2014	36.53	498.65	5/11/2019	39.72	495.46
6/4/2011	37.43	497.75	2/4/2014	36.53	498.65	5/11/2019	39.71	495.47
6/4/2011	37.42	497.76	2/4/2014	36.53	498.65	5/11/2019	39.73	495.45
7/4/2011	37.43	497.75	2/4/2014	36.53	498.65	6/11/2019	39.71	495.47
7/4/2011	37.43	497.75	3/4/2014	36.53	498.65	6/11/2019	39.72	495.46
7/4/2011	37.42	497.76	3/4/2014	36.53	498.65	6/11/2019	39.71	495.47
8/4/2011	37.42	497.76	3/4/2014	36.53	498.65	6/11/2019	39.73	495.45
8/4/2011	37.43	497.75	4/4/2014	36.53	498.65	7/11/2019	39.71	495.47
8/4/2011	37.43	497.75	4/4/2014	36.53	498.65	7/11/2019	39.72	495.46
9/4/2011	37.43	497.75	4/4/2014	36.53	498.65	7/11/2019	39.71	495.47
9/4/2011	37.43	497.75	5/4/2014	36.53	498.65	7/11/2019	39.73	495.45
9/4/2011	37.43	497.75	5/4/2014	36.54	498.64	7/11/2019	39.72	495.46
10/4/2011	37.44	497.74	5/4/2014	36.54	498.64	8/11/2019	39.72	495.46
10/4/2011	37.43	497.75	6/4/2014	36.54	498.64	8/11/2019	39.71	495.47
10/4/2011	37.43	497.75	6/4/2014	36.54	498.64	8/11/2019	39.73	495.45
11/4/2011	37.43	497.75	6/4/2014	36.54	498.64	8/11/2019	39.72	495.46
11/4/2011	37.43	497.75	7/4/2014	36.54	498.64	9/11/2019	39.72	495.46
11/4/2011	37.44	497.74	7/4/2014	36.56	498.62	9/11/2019	39.72	495.46



Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
1/5/2011	37.47	497.71	27/4/2014	36.21	498.63	24/11/2019	39.75	495.43
2/5/2011	37.47	497.71	27/4/2014	36.21	498.63	24/11/2019	39.76	495.42
2/5/2011	37.47	497.71	28/4/2014	36.21	498.63	25/11/2019	39.75	495.43
2/5/2011	37.47	497.71	28/4/2014	36.21	498.63	25/11/2019	39.75	495.43
3/5/2011	37.47	497.71	28/4/2014	36.21	498.63	25/11/2019	39.75	495.43
3/5/2011	37.47	497.71	29/4/2014	36.21	498.63	25/11/2019	39.76	495.42
3/5/2011	37.47	497.71	29/4/2014	36.21	498.63	26/11/2019	39.76	495.42
4/5/2011	37.47	497.71	29/4/2014	36.21	498.63	26/11/2019	39.76	495.42
4/5/2011	37.47	497.71	30/4/2014	36.21	498.63	26/11/2019	39.75	495.43
4/5/2011	37.47	497.71	30/4/2014	36.21	498.63	26/11/2019	39.78	495.4
5/5/2011	37.47	497.71	30/4/2014	36.27	498.57	27/11/2019	39.76	495.42
5/5/2011	37.47	497.71	1/5/2014	36.25	498.65	27/11/2019	39.76	495.42
5/5/2011	37.48	497.7	1/5/2014	36.26	498.64	27/11/2019	39.75	495.43
6/5/2011	37.48	497.7	1/5/2014	36.26	498.64	27/11/2019	39.78	495.4
6/5/2011	37.48	497.7	2/5/2014	36.26	498.64	28/11/2019	39.76	495.42
6/5/2011	37.47	497.71	2/5/2014	36.26	498.64	28/11/2019	39.76	495.42
7/5/2011	37.47	497.71	2/5/2014	36.26	498.64	28/11/2019	39.75	495.43
7/5/2011	37.48	497.7	3/5/2014	36.26	498.64	28/11/2019	39.77	495.41
7/5/2011	37.48	497.7	3/5/2014	36.26	498.64	29/11/2019	39.76	495.42
8/5/2011	37.48	497.7	3/5/2014	36.25	498.65	29/11/2019	39.76	495.42
8/5/2011	37.48	497.7	4/5/2014	36.25	498.65	29/11/2019	39.76	495.42
8/5/2011	37.48	497.7	4/5/2014	36.25	498.65	29/11/2019	39.77	495.41
9/5/2011	37.48	497.7	4/5/2014	36.25	498.65	29/11/2019	39.77	495.41
9/5/2011	37.48	497.7	5/5/2014	36.25	498.65	30/11/2019	39.76	495.42
9/5/2011	37.47	497.71	5/5/2014	36.26	498.64	30/11/2019	39.76	495.42
10/5/2011	37.48	497.7	5/5/2014	36.25	498.65	30/11/2019	39.78	495.4
10/5/2011	37.48	497.7	6/5/2014	36.25	498.65	1/12/2019	39.76	495.42
10/5/2011	37.48	497.7	6/5/2014	36.25	498.65	1/12/2019	39.77	495.41
11/5/2011	37.48	497.7	6/5/2014	36.26	498.64	1/12/2019	39.76	495.42
11/5/2011	37.49	497.69	7/5/2014	36.26	498.64	1/12/2019	39.78	495.4
11/5/2011	37.48	497.7	7/5/2014	36.26	498.64	2/12/2019	39.77	495.41
12/5/2011	37.48	497.7	7/5/2014	36.26	498.64	2/12/2019	39.77	495.41
12/5/2011	37.49	497.69	8/5/2014	36.26	498.64	2/12/2019	39.77	495.41
12/5/2011	37.49	497.69	8/5/2014	36.27	498.63	2/12/2019	39.79	495.39
12/5/2011	37.49	497.69	8/5/2014	36.27	498.63	3/12/2019	39.77	495.41
13/5/2011	37.48	497.7	8/5/2014	36.27	498.63	3/12/2019	39.77	495.41
13/5/2011	37.48	497.7	9/5/2014	36.27	498.63	3/12/2019	39.77	495.41
13/5/2011	37.48	497.7	9/5/2014	36.27	498.63	3/12/2019	39.77	495.41
14/5/2011	37.48	497.7	9/5/2014	36.26	498.64	3/12/2019	39.79	495.39
14/5/2011	37.49	497.69	10/5/2014	36.26	498.64	4/12/2019	39.78	495.4
14/5/2011	37.49	497.69	10/5/2014	36.27	498.63	4/12/2019	39.78	495.4
15/5/2011	37.49	497.69	10/5/2014	36.27	498.63	4/12/2019	39.77	495.41
15/5/2011	37.49	497.69	11/5/2014	36.26	498.64	4/12/2019	39.79	495.39
15/5/2011	37.49	497.69	11/5/2014	36.27	498.63	5/12/2019	39.78	495.4
16/5/2011	37.49	497.69	11/5/2014	36.27	498.63	5/12/2019	39.78	495.4
16/5/2011	37.49	497.69	12/5/2014	36.27	498.63	5/12/2019	39.77	495.41
16/5/2011	37.49	497.69	12/5/2014	36.27	498.63	5/12/2019	39.79	495.39
17/5/2011	37.48	497.7	12/5/2014	36.27	498.63	6/12/2019	39.78	495.4
17/5/2011	37.49	497.69	13/5/2014	36.27	498.63	6/12/2019	39.78	495.4
17/5/2011	37.49	497.69	13/5/2014	36.27	498.63	6/12/2019	39.78	495.4
18/5/2011	37.49	497.69	13/5/2014	36.28	498.62	6/12/2019	39.8	495.38
18/5/2011	37.49	497.69	14/5/2014	36.28	498.62	7/12/2019	39.78	495.4
18/5/2011	37.49	497.69	14/5/2014	36.28	498.62	7/12/2019	39.79	495.39
19/5/2011	37.49	497.69	14/5/2014	36.28	498.62	7/12/2019	39.79	495.39
19/5/2011	37.49	497.69	15/5/2014	36.28	498.62	7/12/2019	39.78	495.4
19/5/2011	37.49	497.69	15/5/2014	36.28	498.62	7/12/2019	39.79	495.39
20/5/2011	37.49	497.69	15/5/2014	36.28	498.62	8/12/2019	39.79	495.39
20/5/2011	37.49	497.69	16/5/2014	36.28	498.62	8/12/2019	39.79	495.39
20/5/2011	37.49	497.69	16/5/2014	36.28	498.62	8/12/2019	39.78	495.4
20/5/2011	37.49	497.69	16/5/2014	36.28	498.62	8/12/2019	39.78	495.4
21/5/2011	37.49	497.69	16/5/2014	36.28	498.62	8/12/2019	39.8	495.38
			16/5/2014	36.28	498.62	9/12/2019	39.78	495.4







Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
29/6/2011	37.53	497.65	25/6/2014	36.28	498.62	8/1/2020	39.97	495.21
30/6/2011	37.53	497.65	25/6/2014	36.28	498.62	8/1/2020	39.98	495.2
30/6/2011	37.54	497.64	26/6/2014	36.28	498.62	8/1/2020	39.97	495.21
30/6/2011	37.53	497.65	26/6/2014	36.28	498.62	8/1/2020	39.99	495.19
1/7/2011	37.53	497.65	26/6/2014	36.28	498.62	9/1/2020	39.97	495.21
1/7/2011	37.54	497.64	27/6/2014	36.28	498.62	9/1/2020	39.97	495.21
1/7/2011	37.53	497.65	27/6/2014	36.28	498.62	9/1/2020	39.98	495.2
2/7/2011	37.53	497.65	27/6/2014	36.28	498.62	9/1/2020	39.98	495.2
2/7/2011	37.54	497.64	28/6/2014	36.28	498.62	10/1/2020	39.98	495.2
2/7/2011	37.55	497.63	28/6/2014	36.28	498.62	10/1/2020	39.98	495.2
3/7/2011	37.53	497.65	28/6/2014	36.28	498.62	10/1/2020	39.98	495.2
3/7/2011	37.53	497.65	29/6/2014	36.28	498.62	10/1/2020	39.98	495.2
3/7/2011	37.53	497.65	29/6/2014	36.28	498.62	11/1/2020	39.98	495.2
4/7/2011	37.53	497.65	29/6/2014	36.28	498.62	11/1/2020	39.98	495.2
4/7/2011	37.53	497.65	30/6/2014	36.28	498.62	11/1/2020	39.98	495.2
4/7/2011	37.53	497.65	30/6/2014	36.28	498.62	11/1/2020	39.99	495.19
5/7/2011	37.53	497.65	30/6/2014	36.28	498.62	12/1/2020	39.99	495.19
5/7/2011	37.54	497.64	1/7/2014	36.28	498.62	12/1/2020	39.98	495.2
5/7/2011	37.53	497.65	1/7/2014	36.28	498.62	12/1/2020	39.99	495.19
6/7/2011	37.53	497.65	1/7/2014	36.28	498.62	12/1/2020	39.99	495.19
6/7/2011	37.54	497.64	2/7/2014	36.28	498.62	13/1/2020	39.99	495.19
6/7/2011	37.55	497.63	2/7/2014	36.28	498.62	13/1/2020	39.99	495.19
7/7/2011	37.53	497.65	2/7/2014	36.28	498.62	13/1/2020	39.99	495.19
7/7/2011	37.53	497.65	3/7/2014	36.28	498.62	14/1/2020	39.99	495.19
7/7/2011	37.53	497.65	3/7/2014	36.28	498.62	14/1/2020	39.98	495.2
8/7/2011	37.53	497.65	3/7/2014	36.28	498.62	15/1/2020	39.99	495.19
8/7/2011	37.53	497.65	4/7/2014	36.28	498.62	15/1/2020	40.01	495.17
8/7/2011	37.54	497.64	4/7/2014	36.28	498.62	16/1/2020	39.99	495.19
9/7/2011	37.53	497.65	4/7/2014	36.28	498.56	16/1/2020	40.01	495.17
9/7/2011	37.54	497.64	5/7/2014	36.28	498.56	17/1/2020	40.01	495.17
9/7/2011	37.54	497.64	5/7/2014	36.28	498.56	18/1/2020	40.01	495.17
10/7/2011	37.53	497.65	5/7/2014	36.28	498.56	18/1/2020	40.02	495.16
10/7/2011	37.53	497.65	6/7/2014	36.28	498.56	19/1/2020	40.01	495.17
10/7/2011	37.54	497.64	6/7/2014	36.28	498.56	19/1/2020	40.01	495.17
11/7/2011	37.53	497.65	6/7/2014	36.28	498.56	19/1/2020	40.01	495.17
11/7/2011	37.54	497.64	7/7/2014	36.28	498.56	19/1/2020	40.03	495.15
11/7/2011	37.53	497.65	7/7/2014	36.27	498.57	20/1/2020	40.01	495.17
12/7/2011	37.53	497.65	7/7/2014	36.27	498.57	20/1/2020	40.02	495.16
12/7/2011	37.54	497.64	8/7/2014	36.27	498.57	20/1/2020	40.01	495.17
12/7/2011	37.53	497.65	8/7/2014	36.27	498.57	20/1/2020	40.03	495.15
13/7/2011	37.53	497.65	8/7/2014	36.27	498.57	21/1/2020	40.01	495.17
13/7/2011	37.54	497.64	9/7/2014	36.27	498.57	21/1/2020	40.02	495.16
13/7/2011	37.53	497.65	9/7/2014	36.27	498.57	21/1/2020	40.02	495.16
14/7/2011	37.52	497.66	9/7/2014	36.27	498.57	21/1/2020	40.03	495.15
14/7/2011	37.53	497.65	10/7/2014	36.27	498.57	22/1/2020	40.02	495.16
14/7/2011	37.53	497.65	10/7/2014	36.27	498.57	22/1/2020	40.02	495.16
15/7/2011	37.52	497.66	10/7/2014	36.27	498.57	22/1/2020	40.02	495.16
15/7/2011	37.52	497.66	11/7/2014	36.27	498.57	22/1/2020	40.03	495.15
15/7/2011	37.52	497.66	11/7/2014	36.27	498.57	23/1/2020	40.02	495.16
16/7/2011	37.52	497.66	11/7/2014	36.27	498.57	23/1/2020	40.02	495.16
16/7/2011	37.53	497.65	12/7/2014	36.28	498.56	23/1/2020	40.02	495.16
16/7/2011	37.52	497.66	12/7/2014	36.28	498.56	23/1/2020	40.03	495.15
17/7/2011	37.52	497.66	12/7/2014	36.28	498.56	24/1/2020	40.03	495.15
17/7/2011	37.53	497.65	13/7/2014	36.28	498.56	24/1/2020	40.03	495.15
17/7/2011	37.52	497.66	13/7/2014	36.28	498.56	24/1/2020	40.03	495.15
18/7/2011	37.52	497.66	13/7/2014	36.28	498.56	24/1/2020	40.04	495.14
18/7/2011	37.53	497.65	14/7/2014	36.28	498.56	25/1/2020	40.03	495.15
18/7/2011	37.52	497.66	14/7/2014	36.28	498.56	25/1/2020	40.03	495.15
19/7/2011	37.52	497.66	14/7/2014	36.28	498.56	25/1/2020	40.04	495.14









Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
2/12/2011	36.62	498.56	1/10/2014	36.58	498.6	24/3/2020	40.27	494.91
2/12/2011	36.62	498.56	2/10/2014	36.58	498.6	25/3/2020	40.26	494.92
3/12/2011	36.62	498.56	2/10/2014	36.58	498.6	25/3/2020	40.26	494.92
3/12/2011	36.61	498.57	2/10/2014	36.58	498.6	25/3/2020	40.26	494.92
3/12/2011	36.61	498.57	3/10/2014	36.58	498.6	25/3/2020	40.27	494.91
4/12/2011	36.61	498.57	3/10/2014	36.58	498.6	26/3/2020	40.26	494.92
4/12/2011	36.61	498.57	3/10/2014	36.56	498.62	26/3/2020	40.27	494.91
4/12/2011	36.6	498.58	4/10/2014	36.56	498.62	26/3/2020	40.26	494.92
5/12/2011	36.6	498.58	4/10/2014	36.56	498.62	26/3/2020	40.28	494.9
5/12/2011	36.6	498.58	4/10/2014	36.55	498.63	27/3/2020	40.27	494.91
5/12/2011	36.6	498.58	5/10/2014	36.55	498.63	27/3/2020	40.27	494.91
6/12/2011	36.6	498.58	5/10/2014	36.55	498.63	27/3/2020	40.27	494.91
6/12/2011	36.6	498.58	5/10/2014	36.55	498.63	27/3/2020	40.28	494.9
6/12/2011	36.6	498.58	6/10/2014	36.55	498.63	28/3/2020	40.27	494.91
7/12/2011	36.6	498.58	6/10/2014	36.55	498.63	28/3/2020	40.28	494.9
7/12/2011	36.6	498.58	6/10/2014	36.55	498.63	28/3/2020	40.27	494.91
7/12/2011	36.59	498.59	7/10/2014	36.55	498.63	28/3/2020	40.29	494.89
8/12/2011	36.59	498.59	7/10/2014	36.55	498.63	29/3/2020	40.27	494.91
8/12/2011	36.59	498.59	7/10/2014	36.54	498.64	29/3/2020	40.28	494.9
8/12/2011	36.59	498.59	8/10/2014	36.54	498.64	29/3/2020	40.28	494.9
9/12/2011	36.59	498.59	8/10/2014	36.54	498.64	29/3/2020	40.29	494.89
9/12/2011	36.59	498.59	8/10/2014	36.53	498.65	30/3/2020	40.28	494.9
9/12/2011	36.59	498.59	9/10/2014	36.54	498.64	30/3/2020	40.28	494.9
10/12/2011	36.59	498.59	9/10/2014	36.54	498.64	30/3/2020	40.28	494.9
10/12/2011	36.59	498.59	9/10/2014	36.53	498.65	30/3/2020	40.29	494.89
10/12/2011	36.59	498.59	10/10/2014	36.53	498.65	31/3/2020	40.28	494.9
11/12/2011	36.59	498.59	10/10/2014	36.54	498.64	31/3/2020	40.29	494.89
11/12/2011	36.59	498.59	10/10/2014	36.53	498.65	31/3/2020	40.28	494.9
11/12/2011	36.59	498.59	11/10/2014	36.53	498.65	31/3/2020	40.28	494.89
11/12/2011	36.59	498.59	11/10/2014	36.53	498.65	31/3/2020	40.3	494.88
12/12/2011	36.59	498.59	11/10/2014	36.53	498.65	1/4/2020	40.28	494.9
12/12/2011	36.59	498.59	12/10/2014	36.53	498.65	1/4/2020	40.29	494.89
12/12/2011	36.59	498.59	12/10/2014	36.53	498.65	1/4/2020	40.28	494.9
13/12/2011	36.59	498.59	12/10/2014	36.53	498.65	1/4/2020	40.3	494.88
13/12/2011	36.59	498.59	12/10/2014	36.52	498.66	2/4/2020	40.29	494.89
13/12/2011	36.59	498.59	13/10/2014	36.53	498.65	2/4/2020	40.29	494.89
14/12/2011	36.59	498.59	13/10/2014	36.53	498.65	2/4/2020	40.29	494.89
14/12/2011	36.59	498.59	13/10/2014	36.52	498.66	2/4/2020	40.29	494.89
14/12/2011	36.59	498.59	14/10/2014	38.07	498.66	2/4/2020	40.31	494.87
15/12/2011	36.59	498.59	14/10/2014	38.07	498.66	3/4/2020	40.29	494.89
15/12/2011	36.58	498.6	14/10/2014	38.07	498.66	3/4/2020	40.3	494.88
15/12/2011	36.58	498.6	15/10/2014	38.07	498.66	3/4/2020	40.3	494.88
15/12/2011	36.58	498.6	15/10/2014	38.07	498.66	3/4/2020	40.31	494.87
16/12/2011	36.58	498.6	15/10/2014	38.07	498.66	4/4/2020	40.3	494.88
16/12/2011	36.58	498.6	15/10/2014	38.07	498.66	4/4/2020	40.3	494.88
16/12/2011	36.58	498.6	16/10/2014	38.07	498.66	4/4/2020	40.3	494.88
17/12/2011	36.58	498.6	16/10/2014	38.07	498.66	4/4/2020	40.32	494.86
17/12/2011	36.58	498.6	16/10/2014	38.07	498.66	4/4/2020	40.3	494.88
17/12/2011	36.58	498.6	17/10/2014	38.07	498.66	5/4/2020	40.3	494.88
18/12/2011	36.58	498.6	17/10/2014	38.07	498.66	5/4/2020	40.3	494.88
18/12/2011	36.58	498.6	17/10/2014	38.07	498.66	5/4/2020	40.31	494.87
18/12/2011	36.58	498.6	18/10/2014	38.07	498.66	5/4/2020	40.31	494.87
19/12/2011	36.58	498.6	18/10/2014	38.07	498.66	6/4/2020	40.31	494.87
19/12/2011	36.58	498.6	18/10/2014	38.06	498.66	6/4/2020	40.31	494.87
19/12/2011	36.58	498.6	19/10/2014	38.06	498.66	6/4/2020	40.31	494.87
20/12/2011	36.58	498.6	19/10/2014	38.06	498.67	6/4/2020	40.32	494.86
20/12/2011	36.58	498.6	19/10/2014	38.06	498.67	7/4/2020	40.31	494.87
6/2/2012	36.44	498.74	20/10/2014	38.06	498.67	7/4/2020	40.31	494.87
6/2/2012	36.44	498.74	20/10/2014	38.06	498.67	7/4/2020	40.31	494.87
6/2/2012	36.42	498.76	20/10/2014	38.06	498.67	7/4/2020	40.32	494.86
7/2/2012	36.43	498.75	21/10/2014	38.06	498.67	8/4/2020	40.31	494.87
						8/4/2020	40.32	494.86

Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
7/2/2012	36.43	498.75	21/10/2014	38.06	498.67	8/4/2020	40.31	494.87
7/2/2012	36.42	498.76	21/10/2014	38.06	498.67	8/4/2020	40.32	494.86
8/2/2012	36.43	498.75	22/10/2014	38.06	498.67	9/4/2020	40.32	494.86
8/2/2012	36.43	498.75	22/10/2014	38.06	498.67	9/4/2020	40.32	494.86
8/2/2012	36.42	498.76	22/10/2014	38.06	498.67	9/4/2020	40.32	494.86
9/2/2012	36.43	498.75	23/10/2014	38.06	498.67	9/4/2020	40.33	494.85
9/2/2012	36.43	498.75	23/10/2014	38.04	498.67	10/4/2020	40.32	494.86
9/2/2012	36.42	498.76	23/10/2014	38.03	498.67	10/4/2020	40.32	494.86
10/2/2012	36.43	498.75	24/10/2014	38.03	498.69	10/4/2020	40.33	494.85
10/2/2012	36.43	498.75	24/10/2014	38.03	498.7	10/4/2020	40.33	494.85
10/2/2012	36.42	498.76	24/10/2014	38.03	498.7	11/4/2020	40.33	494.85
11/2/2012	36.43	498.75	25/10/2014	38.03	498.7	11/4/2020	40.32	494.86
11/2/2012	36.43	498.75	25/10/2014	38.03	498.7	11/4/2020	40.33	494.85
11/2/2012	36.42	498.76	25/10/2014	38.03	498.7	11/4/2020	40.34	494.84
12/2/2012	36.43	498.75	26/10/2014	38.03	498.7	12/4/2020	40.33	494.85
12/2/2012	36.43	498.75	26/10/2014	38.02	498.7	12/4/2020	40.33	494.85
12/2/2012	36.42	498.76	26/10/2014	38.02	498.7	12/4/2020	40.33	494.85
13/2/2012	36.42	498.76	27/10/2014	38.02	498.71	12/4/2020	40.35	494.83
13/2/2012	36.43	498.75	27/10/2014	38.02	498.71	13/4/2020	40.33	494.85
13/2/2012	36.42	498.76	27/10/2014	38.02	498.71	13/4/2020	40.34	494.84
14/2/2012	36.43	498.75	28/10/2014	38.02	498.71	13/4/2020	40.34	494.84
14/2/2012	36.42	498.76	28/10/2014	38.02	498.71	13/4/2020	40.34	494.84
14/2/2012	36.42	498.76	28/10/2014	38.02	498.71	14/4/2020	40.34	494.84
15/2/2012	36.42	498.76	29/10/2014	38.02	498.71	14/4/2020	40.34	494.84
15/2/2012	36.43	498.75	29/10/2014	38.02	498.71	14/4/2020	40.34	494.84
15/2/2012	36.42	498.76	29/10/2014	38.01	498.71	14/4/2020	40.35	494.83
16/2/2012	36.43	498.75	30/10/2014	38.01	498.71	15/4/2020	40.34	494.84
16/2/2012	36.42	498.76	30/10/2014	38.01	498.72	15/4/2020	40.34	494.84
16/2/2012	36.42	498.76	30/10/2014	38.01	498.72	15/4/2020	40.34	494.84
17/2/2012	36.42	498.76	31/10/2014	38	498.72	15/4/2020	40.36	494.82
17/2/2012	36.43	498.75	31/10/2014	38.01	498.72	16/4/2020	40.35	494.83
17/2/2012	36.41	498.77	31/10/2014	38	498.73	16/4/2020	40.35	494.83
18/2/2012	36.42	498.76	1/11/2014	38	498.72	16/4/2020	40.34	494.84
18/2/2012	36.42	498.76	1/11/2014	38.01	498.73	16/4/2020	40.37	494.81
18/2/2012	36.42	498.76	1/11/2014	38	498.73	17/4/2020	40.35	494.83
19/2/2012	36.42	498.76	2/11/2014	38	498.72	17/4/2020	40.35	494.83
19/2/2012	36.42	498.76	2/11/2014	38.01	498.73	17/4/2020	40.35	494.83
19/2/2012	36.41	498.77	2/11/2014	38	498.73	17/4/2020	40.37	494.81
20/2/2012	36.42	498.76	3/11/2014	38	498.72	17/4/2020	40.37	494.81
20/2/2012	36.43	498.75	3/11/2014	38	498.73	18/4/2020	40.35	494.83
20/2/2012	36.42	498.76	3/11/2014	38	498.73	18/4/2020	40.36	494.82
20/2/2012	36.42	498.76	3/11/2014	38	498.73	18/4/2020	40.36	494.82
21/2/2012	36.42	498.76	4/11/2014	38	498.73	18/4/2020	40.37	494.81
21/2/2012	36.42	498.76	4/11/2014	37.99	498.73	18/4/2020	40.37	494.81
21/2/2012	36.42	498.76	4/11/2014	37.99	498.73	19/4/2020	40.36	494.82
22/2/2012	36.42	498.76	5/11/2014	37.99	498.74	19/4/2020	40.36	494.82
22/2/2012	36.42	498.76	5/11/2014	37.99	498.74	19/4/2020	40.36	494.82
22/2/2012	36.41	498.77	5/11/2014	37.99	498.74	19/4/2020	40.37	494.81
22/2/2012	36.41	498.77	5/11/2014	37.99	498.74	20/4/2020	40.36	494.82
23/2/2012	36.42	498.76	6/11/2014	37.99	498.74	20/4/2020	40.37	494.81
23/2/2012	36.42	498.76	6/11/2014	37.99	498.74	20/4/2020	40.36	494.82
23/2/2012	36.41	498.77	6/11/2014	37.99	498.74	20/4/2020	40.37	494.81
24/2/2012	36.42	498.76	7/11/2014	37.99	498.74	20/4/2020	40.37	494.81
24/2/2012	36.42	498.76	7/11/2014	37.99	498.74	21/4/2020	40.36	494.82
24/2/2012	36.42	498.76	7/11/2014	37.99	498.74	21/4/2020	40.37	494.81
24/2/2012	36.42	498.76	7/11/2014	37.99	498.74	21/4/2020	40.37	494.81
25/2/2012	36.42	498.76	8/11/2014	37.99	498.74	21/4/2020	40.37	494.81
25/2/2012	36.42	498.76	8/11/2014	37.99	498.74	21/4/2020	40.38	494.8
25/2/2012	36.41	498.77	8/11/2014	37.99	498.74	22/4/2020	40.37	494.81
25/2/2012	36.41	498.77	8/11/2014	37.98	498.74	22/4/2020	40.37	494.81
26/2/2012	36.42	498.76	9/11/2014	37.98	498.74	22/4/2020	40.37	494.81
26/2/2012	36.42	498.76	9/11/2014	37.98	498.75	22/4/2020	40.38	494.8
26/2/2012	36.41	498.77	9/11/2014	37.98	498.75	23/4/2020	40.37	494.81

Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
27/2/2012	36.42	498.76	10/11/2014	37.98	498.75	23/4/2020	40.37	494.81
27/2/2012	36.42	498.76	10/11/2014	37.98	498.75	23/4/2020	40.38	494.8
27/2/2012	36.41	498.77	10/11/2014	37.98	498.75	23/4/2020	40.39	494.79
28/2/2012	36.42	498.76	11/11/2014	37.98	498.75	24/4/2020	40.38	494.8
28/2/2012	36.42	498.76	11/11/2014	37.98	498.75	24/4/2020	40.38	494.8
28/2/2012	36.41	498.77	11/11/2014	37.98	498.75	24/4/2020	40.38	494.8
29/2/2012	36.42	498.76	12/11/2014	37.98	498.75	24/4/2020	40.39	494.79
29/2/2012	36.42	498.76	12/11/2014	37.98	498.75	25/4/2020	40.38	494.8
29/2/2012	36.41	498.77	12/11/2014	37.98	498.75	25/4/2020	40.39	494.79
1/3/2012	36.42	498.76	13/11/2014	37.98	498.75	25/4/2020	40.39	494.79
1/3/2012	36.42	498.76	13/11/2014	37.98	498.75	25/4/2020	40.39	494.79
1/3/2012	36.41	498.77	13/11/2014	37.95	498.75	26/4/2020	40.38	494.8
2/3/2012	36.41	498.77	14/11/2014	37.95	498.75	26/4/2020	40.39	494.79
2/3/2012	36.42	498.76	14/11/2014	37.95	498.78	26/4/2020	40.39	494.79
2/3/2012	36.41	498.77	14/11/2014	37.95	498.78	26/4/2020	40.4	494.78
3/3/2012	36.41	498.77	15/11/2014	37.95	498.78	27/4/2020	40.4	494.78
3/3/2012	36.41	498.77	15/11/2014	37.95	498.78	27/4/2020	40.39	494.79
3/3/2012	36.41	498.77	15/11/2014	37.95	498.78	27/4/2020	40.39	494.79
4/3/2012	36.41	498.77	16/11/2014	37.95	498.78	27/4/2020	40.4	494.78
4/3/2012	36.42	498.76	16/11/2014	37.95	498.78	28/4/2020	40.39	494.79
4/3/2012	36.41	498.77	16/11/2014	37.94	498.78	28/4/2020	40.4	494.78
5/3/2012	36.42	498.76	17/11/2014	37.94	498.78	28/4/2020	40.4	494.78
5/3/2012	36.42	498.76	17/11/2014	37.95	498.79	28/4/2020	40.41	494.77
5/3/2012	36.42	498.76	17/11/2014	37.95	498.79	29/4/2020	40.4	494.78
6/3/2012	36.42	498.76	18/11/2014	37.94	498.78	29/4/2020	40.4	494.78
6/3/2012	36.42	498.76	18/11/2014	37.95	498.78	29/4/2020	40.4	494.78
6/3/2012	36.42	498.76	18/11/2014	37.94	498.79	29/4/2020	40.41	494.77
7/3/2012	36.42	498.76	19/11/2014	37.94	498.78	30/4/2020	40.4	494.78
7/3/2012	36.42	498.76	19/11/2014	37.95	498.79	30/4/2020	40.41	494.77
7/3/2012	36.41	498.77	19/11/2014	37.94	498.79	30/4/2020	40.4	494.78
8/3/2012	36.42	498.76	20/11/2014	37.94	498.78	30/4/2020	40.42	494.76
8/3/2012	36.42	498.76	20/11/2014	37.94	498.79	1/5/2020	40.4	494.78
8/3/2012	36.41	498.77	20/11/2014	37.94	498.79	1/5/2020	40.41	494.77
9/3/2012	36.42	498.76	21/11/2014	37.94	498.79	1/5/2020	40.41	494.77
9/3/2012	36.43	498.75	21/11/2014	37.94	498.79	1/5/2020	40.42	494.76
9/3/2012	36.41	498.77	21/11/2014	37.94	498.79	2/5/2020	40.4	494.78
10/3/2012	36.43	498.75	22/11/2014	37.94	498.79	2/5/2020	40.41	494.77
10/3/2012	36.42	498.76	22/11/2014	37.94	498.79	2/5/2020	40.41	494.77
10/3/2012	36.41	498.77	22/11/2014	37.93	498.79	2/5/2020	40.43	494.75
11/3/2012	36.42	498.76	23/11/2014	37.93	498.79	3/5/2020	40.41	494.77
11/3/2012	36.43	498.75	23/11/2014	37.93	498.8	3/5/2020	40.42	494.76
11/3/2012	36.41	498.77	23/11/2014	37.92	498.8	3/5/2020	40.41	494.77
12/3/2012	36.42	498.76	24/11/2014	37.93	498.8	3/5/2020	40.43	494.75
12/3/2012	36.42	498.76	24/11/2014	37.93	498.81	4/5/2020	40.41	494.77
12/3/2012	36.42	498.76	24/11/2014	37.92	498.8	4/5/2020	40.42	494.76
13/3/2012	36.42	498.76	25/11/2014	37.93	498.8	4/5/2020	40.42	494.76
13/3/2012	36.43	498.75	25/11/2014	37.93	498.81	4/5/2020	40.43	494.75
13/3/2012	36.41	498.77	25/11/2014	37.93	498.8	5/5/2020	40.43	494.75
14/3/2012	36.43	498.75	26/11/2014	37.93	498.8	5/5/2020	40.42	494.76
14/3/2012	36.42	498.76	26/11/2014	37.93	498.8	5/5/2020	40.43	494.75
14/3/2012	36.42	498.76	26/11/2014	37.93	498.8	5/5/2020	40.43	494.75
15/3/2012	36.42	498.76	27/11/2014	37.93	498.8	5/5/2020	40.43	494.75
15/3/2012	36.43	498.75	27/11/2014	37.93	498.8	6/5/2020	40.42	494.76
15/3/2012	36.42	498.76	27/11/2014	37.93	498.8	6/5/2020	40.43	494.75
16/3/2012	36.43	498.75	28/11/2014	37.92	498.8	6/5/2020	40.42	494.76
16/3/2012	36.43	498.75	28/11/2014	37.92	498.8	6/5/2020	40.43	494.75
16/3/2012	36.42	498.76	28/11/2014	37.92	498.8	7/5/2020	40.43	494.75
16/3/2012	36.42	498.76	28/11/2014	37.92	498.81	7/5/2020	40.43	494.75
17/3/2012	36.43	498.75	29/11/2014	37.92	498.81	7/5/2020	40.43	494.75
17/3/2012	36.43	498.75	29/11/2014	37.92	498.81	7/5/2020	40.43	494.75
17/3/2012	36.43	498.75	29/11/2014	37.92	498.81	7/5/2020	40.44	494.74







Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
26/4/2012	36.45	498.73	8/1/2015	37.9	498.83	6/6/2020	40.5	494.68
26/4/2012	36.45	498.73	8/1/2015	37.9	498.83	6/6/2020	40.51	494.67
26/4/2012	36.44	498.74	8/1/2015	37.9	498.83	7/6/2020	40.5	494.68
27/4/2012	36.45	498.73	9/1/2015	37.9	498.83	7/6/2020	40.49	494.69
27/4/2012	36.45	498.73	9/1/2015	37.9	498.83	7/6/2020	40.5	494.68
27/4/2012	36.44	498.74	9/1/2015	37.9	498.83	7/6/2020	40.5	494.68
28/4/2012	36.45	498.73	10/1/2015	37.9	498.83	8/6/2020	40.5	494.68
28/4/2012	36.45	498.73	10/1/2015	37.9	498.83	8/6/2020	40.49	494.69
28/4/2012	36.45	498.73	10/1/2015	37.9	498.83	8/6/2020	40.5	494.68
29/4/2012	36.45	498.73	11/1/2015	37.9	498.83	8/6/2020	40.5	494.68
29/4/2012	36.45	498.73	11/1/2015	37.9	498.83	9/6/2020	40.49	494.69
29/4/2012	36.45	498.73	11/1/2015	37.9	498.83	9/6/2020	40.49	494.69
30/4/2012	36.45	498.73	12/1/2015	37.9	498.83	9/6/2020	40.49	494.69
30/4/2012	36.45	498.73	12/1/2015	37.9	498.83	9/6/2020	40.5	494.68
30/4/2012	36.45	498.73	12/1/2015	37.9	498.83	10/6/2020	40.49	494.69
1/5/2012	36.46	498.72	13/1/2015	37.9	498.83	10/6/2020	40.5	494.68
1/5/2012	36.45	498.73	13/1/2015	37.92	498.83	10/6/2020	40.49	494.69
1/5/2012	36.45	498.73	13/1/2015	37.91	498.83	10/6/2020	40.49	494.69
2/5/2012	36.45	498.73	14/1/2015	37.91	498.81	11/6/2020	40.48	494.7
2/5/2012	36.46	498.72	14/1/2015	37.92	498.82	11/6/2020	40.49	494.69
2/5/2012	36.45	498.73	14/1/2015	37.91	498.82	11/6/2020	40.49	494.69
3/5/2012	36.46	498.72	15/1/2015	37.91	498.81	11/6/2020	40.49	494.69
3/5/2012	36.46	498.72	15/1/2015	37.92	498.82	12/6/2020	40.48	494.7
3/5/2012	36.45	498.73	15/1/2015	37.91	498.82	12/6/2020	40.48	494.7
4/5/2012	36.46	498.72	16/1/2015	37.91	498.81	12/6/2020	40.48	494.7
4/5/2012	36.46	498.72	16/1/2015	37.92	498.82	12/6/2020	40.49	494.69
4/5/2012	36.46	498.72	16/1/2015	37.91	498.82	13/6/2020	40.47	494.71
5/5/2012	36.46	498.72	17/1/2015	37.92	498.81	13/6/2020	40.48	494.7
5/5/2012	36.46	498.72	17/1/2015	37.92	498.82	13/6/2020	40.48	494.7
5/5/2012	36.46	498.72	17/1/2015	37.91	498.81	13/6/2020	40.49	494.69
6/5/2012	36.46	498.72	18/1/2015	37.92	498.81	14/6/2020	40.47	494.71
6/5/2012	36.46	498.72	18/1/2015	37.92	498.82	14/6/2020	40.47	494.71
6/5/2012	36.46	498.72	18/1/2015	37.91	498.81	14/6/2020	40.47	494.71
7/5/2012	36.46	498.72	19/1/2015	37.92	498.81	14/6/2020	40.49	494.69
7/5/2012	36.46	498.72	19/1/2015	37.93	498.82	15/6/2020	40.47	494.71
7/5/2012	36.46	498.72	19/1/2015	37.91	498.81	15/6/2020	40.47	494.71
8/5/2012	36.46	498.72	20/1/2015	37.92	498.8	15/6/2020	40.47	494.71
8/5/2012	36.46	498.72	20/1/2015	37.93	498.82	15/6/2020	40.48	494.7
8/5/2012	36.46	498.72	20/1/2015	37.91	498.81	16/6/2020	40.47	494.71
9/5/2012	36.46	498.72	21/1/2015	37.92	498.8	16/6/2020	40.47	494.71
9/5/2012	36.46	498.72	21/1/2015	37.93	498.82	16/6/2020	40.46	494.72
9/5/2012	36.46	498.72	21/1/2015	37.91	498.81	16/6/2020	40.47	494.71
10/5/2012	36.46	498.72	22/1/2015	37.92	498.8	17/6/2020	40.47	494.71
10/5/2012	36.46	498.72	22/1/2015	37.93	498.82	17/6/2020	40.47	494.71
10/5/2012	36.46	498.72	22/1/2015	37.92	498.81	17/6/2020	40.46	494.72
11/5/2012	36.46	498.72	23/1/2015	37.93	498.8	17/6/2020	40.47	494.71
11/5/2012	36.46	498.72	23/1/2015	37.93	498.81	18/6/2020	40.46	494.72
11/5/2012	36.46	498.72	23/1/2015	37.92	498.8	18/6/2020	40.47	494.71
12/5/2012	36.46	498.72	24/1/2015	37.92	498.8	18/6/2020	40.46	494.72
12/5/2012	36.46	498.72	24/1/2015	37.93	498.81	18/6/2020	40.47	494.71
12/5/2012	36.46	498.72	24/1/2015	37.92	498.81	19/6/2020	40.46	494.72
13/5/2012	36.46	498.72	25/1/2015	37.93	498.8	19/6/2020	40.46	494.72
13/5/2012	36.46	498.72	25/1/2015	37.93	498.81	19/6/2020	40.46	494.72
13/5/2012	36.45	498.73	25/1/2015	37.92	498.8	19/6/2020	40.47	494.71
14/5/2012	36.46	498.72	26/1/2015	37.93	498.8	20/6/2020	40.46	494.72
14/5/2012	36.46	498.72	26/1/2015	37.93	498.81	20/6/2020	40.46	494.72
14/5/2012	36.45	498.73	26/1/2015	37.92	498.8	20/6/2020	40.46	494.72
15/5/2012	36.46	498.72	27/1/2015	37.93	498.8	20/6/2020	40.47	494.71
15/5/2012	36.45	498.73	27/1/2015	37.93	498.81	21/6/2020	40.46	494.72

Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)	Fecha	NE (m)	NF (msnm)
15/5/2012	36.46	498.72	27/1/2015	37.92	498.8	21/6/2020	40.46	494.72
16/5/2012	36.46	498.72	28/1/2015	37.93	498.8	21/6/2020	40.46	494.72
16/5/2012	36.46	498.72	28/1/2015	37.93	498.81	21/6/2020	40.46	494.72
16/5/2012	36.46	498.72	28/1/2015	37.92	498.8	22/6/2020	40.45	494.73
17/5/2012	36.46	498.72	29/1/2015	37.93	498.8	22/6/2020	40.45	494.73
17/5/2012	36.46	498.72	29/1/2015	37.93	498.81	22/6/2020	40.46	494.72
17/5/2012	36.45	498.73	29/1/2015	37.92	498.8	22/6/2020	40.46	494.72
18/5/2012	36.46	498.72	30/1/2015	37.93	498.8	23/6/2020	40.45	494.73
18/5/2012	36.46	498.72	30/1/2015	37.93	498.81	23/6/2020	40.45	494.73
18/5/2012	36.45	498.73	30/1/2015	37.92	498.8	23/6/2020	40.45	494.73
19/5/2012	36.46	498.72	31/1/2015	37.93	498.8	23/6/2020	40.46	494.72
19/5/2012	36.46	498.72	31/1/2015	37.93	498.81	24/6/2020	40.45	494.73
19/5/2012	36.45	498.73	31/1/2015	37.92	498.8	24/6/2020	40.45	494.73
20/5/2012	36.45	498.73	1/2/2015	37.93	498.8			

#### 4. REGISTRO DE CÁLCULOS DE LA PRECIPITACIÓN Y ETP PROMEDIO, MÉTODO DE THIESSEN MODIFICADO.

##### 4.1 Precipitación promedio microcuena Río Colón (Serie temporal 1970-2001).

COD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	Área Pol. Thiessen	Coef. Alfa	Precip. p/Isoyeta	Coef. Beta	Coef. Lambda
L04	4.77	3.87	12.01	50.71	159.7	287.1	321.2	317.9	298.8	150.9	40.87	8.87	1656.86	222267.91	0.003	1633.92	0.986	0.0032
L06	3.31	0.64	18.06	60.97	189.8	285.9	275.5	315.7	275.2	157.9	31.02	12.83	1626.78	24184056.7	0.358	1736.34	1.067	0.3822
L08	5.57	1.48	12.58	35.02	170.2	319.9	348.8	336.8	356.7	196.3	56.8	8.1	1848.15	6065572.63	0.09	1894.54	1.025	0.0921
L18	4.37	3.12	13.79	44.62	178.1	367.8	395.8	387.2	417.8	246	48.08	16.86	2123.63	2194921.09	0.033	1950.88	0.919	0.0299
L20	10.99	1.76	15.44	47.89	150.4	282.5	273.2	318.8	315.6	155.5	26.45	7.77	1606.38	5755084.06	0.085	1636	1.018	0.0868
L25	8.22	2.26	12.13	38.03	157.4	324.7	346.2	346.4	405.9	229.6	35.36	6.62	1912.75	3269828.58	0.048	1783.37	0.932	0.0451
L28	7.55	2.07	12.75	52.86	159.6	341	363.3	372.6	390.3	206.4	29.22	5.48	1943.12	1548003.31	0.023	1739.35	0.895	0.0205
L29	4.81	1	11.6	53.05	165.3	359	373.4	383.5	417.4	230.9	31.3	8.8	2040.01	6649513.71	0.099	1966.39	0.964	0.0949
L31	7.45	5.76	23.16	42.63	222.4	433.9	427.5	420.9	378.9	241.4	51.85	11.39	2267.22	2960821.44	0.044	1969.86	0.869	0.0381
L38	7.15	4.77	13.11	62.69	156.8	303.5	318.4	350.9	300.9	156.2	29.27	1.92	1705.62	4250493.56	0.063	1670.15	0.979	0.0616
L39	7.79	2.55	12.37	57.86	149.3	280.1	277	331.8	300.4	153	29.93	6.73	1608.75	10439037	0.155	1619.97	1.007	0.1556
	5.8	1.83	15.17	53.71	172.6	308.4	310.6	339	323.7	178.6	34.36	9.53	1753.2	67539600	1			
Precip. Prom.	5.8	1.79	15.38	54.51	174.5	309.7	311.5	340.9	324.5	178.9	34.55	9.7	1761.71					

4.2 ETP promedio microcuenca Río Colón (Serie temporal 1970-2001).

COD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	Área Pol. Thiessen	Coef. Alfa
L04	132.9	137.9	172.3	176.2	171.6	150.8	158.6	156.1	139.8	138	126	126.4	1786.55	21076466.9	0.312
L08	122.1	125.5	150.3	152	144.6	137.4	152	147.2	128.5	127.3	118.2	115.6	1620.77	46463133.1	0.688
	125.5	129.4	157.1	159.6	153	141.6	154.1	150	132	130.6	120.6	119	1672.51	67539600	1
ETP Prom.	5.8	1.79	15.38	54.51	174.5	309.7	311.5	340.9	324.5	178.9	34.55	9.7	1761.71		

**5. REGISTRO DE CÁLCULOS DE LA RECARGA ACUÍFERA SUBTERRÁNEA, MÉTODO RAS-FORGAES.**

RECARGA (mm)	ÁREA (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	RECARGA (mm)	ÁREA (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
2.0	25610.622	51.221	451.0	1781345.867	803386.986
2.0	75191.852	150.384	451.0	1331781.476	600633.446
211.0	299117.817	63113.859	451.0	308810.014	139273.316
211.0	55204.482	11648.146	451.0	718.956	324.249
211.0	39949.192	8429.279	451.0	1105433.596	498550.552
211.0	83639.399	17647.913	451.0	11686317.194	5270529.054
215.0	127138.112	27334.694	455.0	248984.676	113288.028
215.0	458517.146	98581.186	455.0	5887055.823	2678610.400
250.0	16096447.841	4024111.960	455.0	1087.721	494.913
286.0	1220194.423	348975.605	455.0	5377.484	2446.755
286.0	10829716.105	3097298.806	480.0	66100.572	31728.275
286.0	1429771.308	408914.594	490.0	32845.468	16094.279
306.0	812312.027	248567.480	490.0	105168.858	51532.740
320.0	136947.912	43823.332	515.0	3699687.110	1905338.862
335.0	231685.714	77614.714	520.0	62402.368	32449.231
435.0	1707060.608	742571.364	551.0	3932347.347	2166723.388
435.0	1246383.866	542176.982			
450.0	512756.167	230740.275			
450.0	274217.991	123398.096			
450.0	1621900.893	729855.402			
451.0	371.994	167.769			
			<b>Área Total (Km<sup>2</sup>)</b>		<b>67.54</b>
			<b>Volumen Total (Millones m<sup>3</sup>)</b>		<b>25.16</b>
			<b>Recarga media (mm/año)</b>		<b>372.47</b>
			<b>Volumen de recarga (L/s)</b>		<b>797.71</b>







# Guelph Permeameter Calculations

Input   Result  

## Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
 (Enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner Reservoir): 35.22  
 Enter water Head Height ("H" in cm): 4  
 Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

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): 4.1881

Res Type: 35.22  
 H: 4  
 a: 3  
 H/a: 1.333  
 $a^*$ : 0.12  
 C = 0.682985  
 Q = 2.458415  
 $K_p$  = 5.12E-03 cm/sec  
 3.07E-01 cm/min  
 5.12E-06 m/sec  
 1.21E-01 inch/min  
 4.42E-06 m/day  
 $\Phi_m$  = 4.27E-02  $\text{cm}^2/\text{min}$   
 pH: 3.142

## Single Head Method (2)

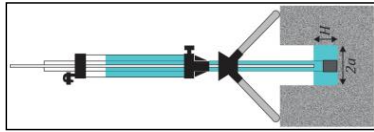
Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
 (Enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner Reservoir): 35.22  
 Enter water Head Height ("H" in cm): 3  
 Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

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):  

Res Type: 35.22  
 H: 0  
 a: 3  
 H/a: 0  
 $a^*$ : 0.12  $\text{cm}^{-1}$   
 C = 0  
 Q = 0  
 $K_p$  = #DIV/0! cm/sec  
 #DIV/0! cm/min  
 #DIV/0! m/sec  
 #DIV/0! inch/min  
 #DIV/0! m/day  
 $\Phi_m$  = #DIV/0!  $\text{cm}^2/\text{min}$   
 pH: 3.1415



## Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
 (Enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner Reservoir): 35.22  
 Enter the first water Head Height ("H1" in cm):    
 Enter the second water Head Height ("H2" in cm): 3  
 Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

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):  

Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min):    
 $\alpha^*$  = 0.12  $\text{cm}^{-1}$   
 Q = #DIV/0!  
 $K_p$  = #DIV/0! cm/sec  
 #DIV/0! cm/min  
 #DIV/0! m/sec  
 #DIV/0! inch/min  
 #DIV/0! m/day  
 $\Phi_m$  = #DIV/0!  $\text{cm}^2/\text{min}$   
 pH: 3.1415

Calculation Formulas related to one-head and two-head methods. Where  $H_1$  is the first water head height (cm),  $H_2$  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 (Zhang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*$ (cm <sup>-1</sup> )	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{2.081 + 0.121(H_1/a)^{0.672}} \right)$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{1.992 + 0.091(H_1/a)^{0.683}} \right)$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{1.992 + 0.091(H_2/a)^{0.683}} \right)$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)^{0.734}} \right)$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)^{0.734}} \right)$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.	0.36	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)^{0.734}} \right)$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)^{0.734}} \right)$

One Head, Combined Reservoir	One Head, Inner Reservoir	Two Head, Combined Reservoir	Two Head, Inner Reservoir
$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$
$Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$
$K_p = \frac{2\pi H_1^2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1)}{H_1C_1}$	$K_p = \frac{2\pi H_1^2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1)}{H_1C_1}$	$K_p = G_1Q_1 - G_2Q_2$	$K_p = G_1Q_1 - G_2Q_2$
$\Phi_m = \frac{2\pi(H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}{H_1C_1}$	$\Phi_m = \frac{2\pi(H_1H_2(H_2 - H_1) + a^2(H_1C_2 - H_2C_1))}{H_1C_1}$	$\Phi_m = G_1Q_1 - G_2Q_2$	$\Phi_m = G_1Q_1 - G_2Q_2$

Res Type: 35.22  
 H1/R: 0  
 H2/R: 0  
 C1-0.01: 0  
 C2-0.01: 0  
 C1-0.04: 0  
 C2-0.04: 0  
 C1-0.12: 0  
 C2-0.12: 0  
 C1-0.36: 0  
 C2-0.36: 0  
 G-Denominator: 0

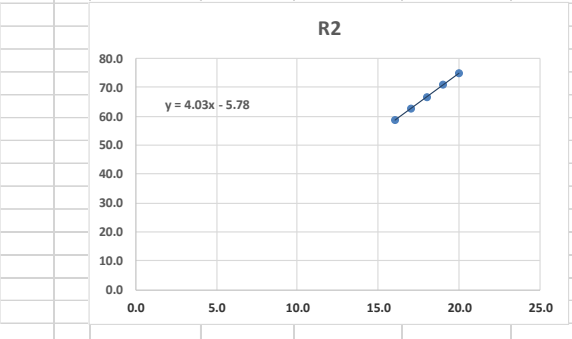
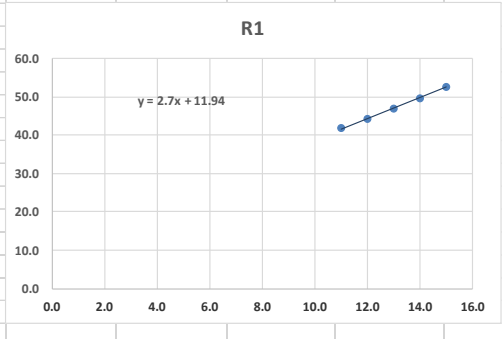
$K_p$  = #DIV/0! cm/sec  
 #DIV/0! cm/min  
 #DIV/0! m/sec  
 #DIV/0! inch/min  
 #DIV/0! m/day  
 $\Phi_m$  = #DIV/0!  $\text{cm}^2/\text{min}$   
 $\Theta_1$  = 0.65  $\text{cm}^3/\text{cm}^3$   
 $\Theta_2$  = 0.4  $\text{cm}^3/\text{cm}^3$

Soil Texture-Structure Category: #DIV/0!  
 Single Head Average Sorptivity = #DIV/0! (cm min<sup>-0.5</sup>)  
 #DIV/0! (cm min<sup>-0.5</sup>)

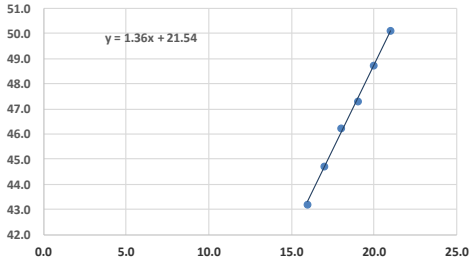
Proyecto:	Caracterización Hidrogeológica Microcuenca Río Colón										HOJA DE CAMPO: PRUEBAS PERMEÁMETRO DE GUELPH
Departamento:	La Libertad										
Municipio:	Huizúcar			Cantón/Caserío:	Ctón. Nazareth						
Coordenadas Geográficas Lambert				Responsable:				Adiel Molina			
N (m):	276673	13.611217		E (m):	471570	-89.262717					
Elev. (msnm):	832										

Nivel del agua en el agujero/carga H1 (cm)= 4.0					R1	Nivel del agua en el agujero/carga H2 (cm)= 8.0					R2
Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua		Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua	
min	min	cm	cm	2.70		min	min	cm	cm	4.03	
1.0		12.5				16.0		58.7			
2.0	1.0	16.0	3.5	3.5		17.0	1.0	62.7	4.0	4.0	
3.0	1.0	19.0	3.0	3.0		18.0	1.0	66.7	4.0	4.0	
4.0	1.0	22.0	3.0	3.0		19.0	1.0	71.0	4.3	4.3	
5.0	1.0	25.0	3.0	3.0		20.0	1.0	74.7	3.7	3.7	
6.0	1.0	28.0	3.0	3.0							
7.0	1.0	31.0	3.0	3.0							
8.0	1.0	33.5	2.5	2.5							
9.0	1.0	36.3	2.8	2.8							
10.0	1.0	39.0	2.7	2.7							
11.0	1.0	41.7	2.7	2.7							
12.0	1.0	44.3	2.6	2.6							
13.0	1.0	47.0	2.7	2.7							
14.0	1.0	49.7	2.7	2.7							
15.0	1.0	52.5	2.8	2.8							

Descripción del entorno y suelo / Observaciones: **Suelo bien desarrollado, levemente húmedo**  
**Miembro b1 Fm. Bálsamo, Uso suelo café, arbustos y árboles varios**





Proyecto:	Caracterización Hidrogeológica Microcuenca Río Colón				HOJA DE CAMPO: PRUEBAS PERMEÁMETRO DE GUELPH				
Departamento:	La Libertad								
Municipio:	Nuevo Cuscatlán		Cantón/Caserío:	Res. La Florida					
Coordenadas Geográficas Lambert			Responsable:	Adiel Molina					
N (m):	280841	13.648867	E (m):	470034	-89.276950				
Elev. (msnm):	951								
Nivel del agua en el agujero/carga H1 (cm)=			5.0	R1	Nivel del agua en el agujero/carga H2 (cm)=		R2		
Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua	Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua
min	min	cm	cm	1.36	min	min			
1.0		18.4							
2.0	1.0	21.0	2.6	2.6					
3.0	1.0	23.0	2.0	2.0					
4.0	1.0	25.0	2.0	2.0					
5.0	1.0	27.0	2.0	2.0					
6.0	1.0	28.5	1.5	1.5					
7.0	1.0	30.2	1.7	1.7					
8.0	1.0	31.7	1.5	1.5					
9.0	1.0	34.0	2.3	2.3					
10.0	1.0	35.0	1.0	1.0					
11.0	1.0	36.5	1.5	1.5					
12.0	1.0	38.0	1.5	1.5					
13.0	1.0	39.3	1.3	1.3					
14.0	1.0	40.6	1.3	1.3					
15.0	1.0	42.2	1.6	1.6					
16.0	1.0	43.2	1.0	1.0					
17.0	1.0	44.7	1.5	1.5					
18.0	1.0	46.2	1.5	1.5					
19.0	1.0	47.3	1.1	1.1					
20.0	1.0	48.7	1.4	1.4					
21.0	1.0	50.1	1.4	1.4					
Descripción del entorno y suelo / Observaciones:				Suelo bien desarrollado, levemente húmedo					
				Miembro c1 Fm. Cuscatlán, Uso suelo café, arbustos y árboles varios (Capulín)					
R1									
									



# SOILMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

Input  Result

## Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(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): 3

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.

Res Type: 35.22

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 1.3600

H = 5

a = 3

H/a = 1.667

a<sup>2</sup> = 9

C = 0.893154

Q = 0.79832

K<sub>s</sub> =  $\frac{1.455 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}}{8.715 \times 10^{-3} \text{ cm/min}}$

C<sub>1</sub> =  $\frac{1.455 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}}{8.715 \times 10^{-3} \text{ cm/min}}$

C<sub>2</sub> =  $\frac{1.455 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}}{8.715 \times 10^{-3} \text{ cm/min}}$

Q<sub>1</sub> =  $\frac{1.455 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}}{8.715 \times 10^{-3} \text{ cm/min}}$

Q<sub>2</sub> =  $\frac{1.455 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}}{8.715 \times 10^{-3} \text{ cm/min}}$

Φ<sub>m</sub> =  $\frac{1.216 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{min}}{1.254 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{min}}$

H/2/a = 0

C1-0.01 = 0

C1-0.04 = 0

C1-0.12 = 0

C1-0.36 = 0

C2-0.04 = 0

C2-0.12 = 0

C2-0.36 = 0

G-Denominator: 0

α\* = 0.12 cm<sup>-1</sup>

C = 0.893154

Q = 0.79832

K<sub>s</sub> = 1.65E-08 cm/sec

C<sub>1</sub> = 8.715E-03 cm/min

C<sub>2</sub> = 8.715E-03 cm/min

Q<sub>1</sub> = 1.455E-06 m/sec

Q<sub>2</sub> = 1.455E-06 m/sec

Φ<sub>m</sub> = 1.216E-06 cm<sup>2</sup>/min

Calculate formulas related to shape factor (C). Where H/a is the external water head height (cm), a is borehole radius (cm) and R is macroscopic capillary length factor which is defined according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C<sub>1</sub> needs to be calculated while for two-head method, C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> are calculated (Zeng et al, 1998).

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

## Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner Reservoir): 35.22

Enter water Head Height ("H" in cm): 3

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

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.

Res Type: 35.22

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): 0

H = 0

a = 3

H/a = 0

C = 0

Q = 0

K<sub>s</sub> =  $\frac{1.65 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}}{1.65 \times 10^{-8} \text{ cm/min}}$

C<sub>1</sub> =  $\frac{1.65 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}}{1.65 \times 10^{-8} \text{ cm/min}}$

C<sub>2</sub> =  $\frac{1.65 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}}{1.65 \times 10^{-8} \text{ cm/min}}$

Q<sub>1</sub> =  $\frac{1.65 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}}{1.65 \times 10^{-8} \text{ cm/min}}$

Q<sub>2</sub> =  $\frac{1.65 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}}{1.65 \times 10^{-8} \text{ cm/min}}$

Φ<sub>m</sub> =  $\frac{1.65 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{min}}{1.65 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{min}}$

H/2/a = 0

C1-0.01 = 0

C1-0.04 = 0

C1-0.12 = 0

C1-0.36 = 0

C2-0.04 = 0

C2-0.12 = 0

C2-0.36 = 0

G-Denominator: 0

α\* = 0 cm<sup>-1</sup>

C = 0

Q = 0

K<sub>s</sub> = 1.65E-08 cm/sec

C<sub>1</sub> = 1.65E-08 cm/min

C<sub>2</sub> = 1.65E-08 cm/min

Q<sub>1</sub> = 1.65E-08 m/sec

Q<sub>2</sub> = 1.65E-08 m/sec

Φ<sub>m</sub> = 1.65E-08 cm<sup>2</sup>/min

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<sub>s</sub> is soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ<sub>m</sub> is soil matrix flux potential (cm<sup>2</sup>/s), a is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H<sub>1</sub> is the first head of water established in borehole (cm), H<sub>2</sub> is the second head of water established in borehole (cm) and C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> are Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	One Head, Inner Reservoir	Two Head, Combined Reservoir	Two Head, Inner Reservoir
Q <sub>1</sub> = R <sub>1</sub> × 35.22	Q <sub>1</sub> = R <sub>1</sub> × 2.16	Q <sub>1</sub> = R <sub>1</sub> × 35.22	Q <sub>1</sub> = R <sub>1</sub> × 2.16
Q <sub>2</sub> = R <sub>2</sub> × 2.16	Q <sub>2</sub> = R <sub>2</sub> × 2.16	Q <sub>2</sub> = R <sub>2</sub> × 35.22	Q <sub>2</sub> = R <sub>2</sub> × 2.16
$G_1 = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 / a}$	$G_1 = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 / a}$	$G_1 = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 / a}$	$G_1 = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 / a}$
$G_2 = \frac{C_2 \times Q_2}{2\pi H_2^2 + \pi a^2 C_2 / a}$	$G_2 = \frac{C_2 \times Q_2}{2\pi H_2^2 + \pi a^2 C_2 / a}$	$G_2 = \frac{C_2 \times Q_2}{2\pi H_2^2 + \pi a^2 C_2 / a}$	$G_2 = \frac{C_2 \times Q_2}{2\pi H_2^2 + \pi a^2 C_2 / a}$
$\Phi_m = \frac{G_1 + G_2}{G_1 + G_2}$	$\Phi_m = \frac{G_1 + G_2}{G_1 + G_2}$	$\Phi_m = \frac{G_1 + G_2}{G_1 + G_2}$	$\Phi_m = \frac{G_1 + G_2}{G_1 + G_2}$

## Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner Reservoir): 35.22

Enter the first water Head Height ("H<sub>1</sub>" in cm): 3

Enter the second water Head Height ("H<sub>2</sub>" in cm): 3

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): 3

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.

Res Type: 35.22

H<sub>1</sub>/a = 0

H<sub>2</sub>/a = 0

C1-0.01 = 0

C1-0.04 = 0

C1-0.12 = 0

C1-0.36 = 0

C2-0.04 = 0

C2-0.12 = 0

C2-0.36 = 0

G-Denominator: 0

α\* = 0 cm<sup>-1</sup>

C = 0

Q = 0

Q<sub>1</sub> = 0

Q<sub>2</sub> = 0

C<sub>1</sub> = 0

C<sub>2</sub> = 0

G<sub>1</sub> = 0

G<sub>2</sub> = 0

G<sub>3</sub> = 0

G<sub>4</sub> = 0

K<sub>s</sub> = 0

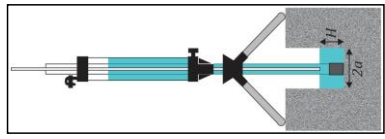
Φ<sub>m</sub> = 0

Θ<sub>1</sub> = 0.65

Θ<sub>2</sub> = 0.4

Scripture =  $\frac{H_1 - H_2}{H_1 + H_2}$  (cm min<sup>-1</sup>)

Single Head Average Sorptivity =  $\frac{H_1 - H_2}{H_1 + H_2}$  (cm min<sup>-1</sup>)







# SOILMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

Input  
Result

## Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner Reservoir): **35.22**  
Enter water Head Height (" $H_1$ " in cm): **5**  
Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): **3**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **4**

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.

Res Type: 35.22  
H: 5  
r: 3  
 $H/a$ : 1.667  
 $r/a$ : 0.36  
CO1: 0.809  
CO2: 0.862  
CO3: 0.863  
CO4: 0.863  
C: 0.803154  
Q: 1.15932  
 $K_{fs} = 3.465 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}$   
 $K_{fs} = 2.088 \times 10^{-8} \text{ cm/min}$   
 $K_{fs} = 2.465 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$   
 $K_{fs} = 8.175 \times 10^{-7} \text{ m/min}$   
 $K_{fs} = 2.956 \times 10^{-8} \text{ m/day}$   
 $\phi_m = 9.615 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{min}$

Calculate formulas related to shape factors ( $C_1$  Where  $H_1$  is the external water head height (cm),  $a$  is borehole radius (cm) and  $r$  is macroscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only  $C_1$  needs to be calculated while for two-head method,  $C_1$  and  $C_2$  are calculated (Zeng et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*$ (cm <sup>2</sup> )	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	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{1.992 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.683}$ $C_2 = \left( \frac{H_1/a}{1.992 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.754}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.74}$ $C_2 = \left( \frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.784}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.	0.36	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.74}$ $C_2 = \left( \frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.784}$

## Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner Reservoir): **35.22**  
Enter water Head Height (" $H_1$ " in cm): **9**  
Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): **3**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **4**

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.

Res Type: 35.22  
H: 9  
r: 3  
 $H/a$ : 0.36  
CO1: 1.147983  
CO2: 1.211008  
CO3: 1.40301  
CO4: 1.40301  
C: 1.20101  
Q: 1.37946  
 $K_{fs} = 2.275 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}$   
 $K_{fs} = 1.365 \times 10^{-8} \text{ cm/min}$   
 $K_{fs} = 2.756 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$   
 $K_{fs} = 8.558 \times 10^{-7} \text{ m/min}$   
 $K_{fs} = 2.956 \times 10^{-8} \text{ m/day}$   
 $\phi_m = 6.575 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{min}$

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),  $\phi_m$  is soil matrix flux potential (cm<sup>2</sup>/s),  $a$  is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2),  $\alpha$  is Borehole radius (cm),  $H_1$  is the first head of water established in borehole (cm),  $H_2$  is the second head of water established in borehole (cm) and  $C_{1a}$  Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	One Head, Inner Reservoir	Two Head, Combined Reservoir	Two Head, Inner Reservoir
$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$
$Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$
$K_{fs} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{a}\right) H_2 C_1}$	$\phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1) \alpha^* + 2\pi \left(\frac{H_1}{a}\right) H_2 C_1}$	$G_1 = \frac{C_1 \times Q_1}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2(H_2 C_2 - H_2 C_1))}$	$G_2 = \frac{C_2 \times Q_2}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2(H_2 C_2 - H_2 C_1))}$
$K_{fs} = G_1 C_1 - G_2 C_2$	$G_3 = \frac{2\pi(H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2(H_2 C_2 - H_2 C_1))}{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_1}$	$G_4 = \frac{2\pi(H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2(H_2 C_2 - H_2 C_1))}{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_2}$	$G_5 = \frac{2\pi(H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2(H_2 C_2 - H_2 C_1))}{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_2}$
$\phi_m = G_3 C_1 - G_4 C_2$	$\phi_m = G_5 C_1 - G_6 C_2$		

## Double Head Method

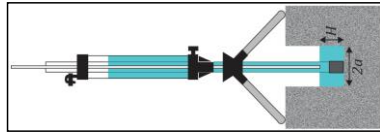
Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner Reservoir): **35.22**  
Enter the first water Head Height (" $H_1$ " in cm): **5**  
Enter the second water Head Height (" $H_2$ " in cm): **9**

Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): **3**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **4**

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.

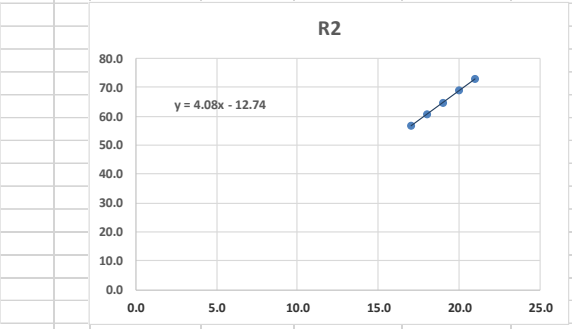
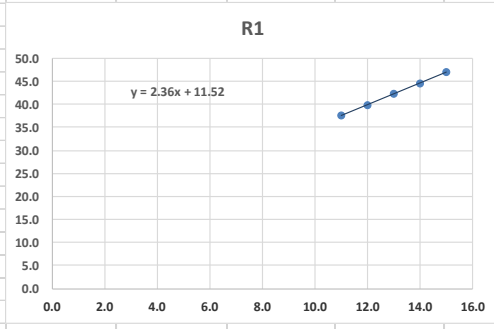
Res Type: 35.22  
H1/a: 1.666667  
H2/a: 3  
C1-001: 0.8030859  
C2-001: 1.470822  
C1-004: 0.842059  
C2-004: 1.211008  
C1-012: 0.803054  
C2-012: 1.20011  
C1-036: 0.803054  
C2-036: 1.20011  
G-Denominator: 1096.352  
 $\alpha^* = 0.36 \text{ cm}^2$   
 $Q = -0.0010$   
Steady State Rate of Water Level Change (" $R$ " in cm/min): **1.3600**  
Steady State Rate of Water Level Change (" $R$ " in cm/min): **-2.9300**  
 $Q_1 = 1.15052$   
 $Q_2 = 1.37946$   
 $C_1 = 0.803154257$   
 $C_2 = 1.201006839$   
 $G_1 = 0.006593218$   
 $G_2 = 0.0054773$   
 $G_3 = 0.065297357$   
 $G_4 = 0.031545795$   
 $K_{fs} = 2.99E-05 \text{ cm/sec}$   
 $K_{fs} = 1.79E-03 \text{ cm/min}$   
 $K_{fs} = 2.99E-07 \text{ m/sec}$   
 $K_{fs} = 7.08E-04 \text{ m/min}$   
 $K_{fs} = 2.98E-02 \text{ m/day}$   
 $\phi_m = 2.96E-02 \text{ cm}^2/\text{min}$   
 $\phi_m = 0.65 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$   
 $\phi_m = 0.4 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$   
Sorptivity = **0.1216 (cm min<sup>-0.5</sup>)**  
Single Head Average Sorptivity = **0.0938 (cm min<sup>-0.5</sup>)**



Proyecto:	Caracterización Hidrogeológica Microcuenca Río Colón			HOJA DE CAMPO: PRUEBAS PERMEÁMETRO DE GUELPH	
Departamento:	La Libertad				
Municipio:	Santa Tecla		Cantón/Casero:	Ctón. Los Amates	
Coordenadas Geográficas Lambert			Responsable:	Adiel Molina	
N (m):	283793	13.675471	E (m):	463998	-89.332788
Elev. (msnm):	1174				

Nivel del agua en el agujero/carga H1 (cm)= 5.0					R1	Nivel del agua en el agujero/carga H2 (cm)= 8.0					R2
Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua		Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua	
min	min	cm	cm	2.36		min	min	cm	cm	4.08	
2.0		16.4				16.0		52.7			
3.0	1.0	18.7	2.3	2.3		17.0	1.0	56.7	4.0	4.0	
4.0	1.0	21.2	2.5	2.5		18.0	1.0	60.6	3.9	3.9	
5.0	1.0	23.3	2.1	2.1		19.0	1.0	64.7	4.1	4.1	
6.0	1.0	25.7	2.4	2.4		20.0	1.0	69.0	4.3	4.3	
7.0	1.0	28.0	2.3	2.3		21.0	1.0	72.9	3.9	3.9	
8.0	1.0	30.4	2.4	2.4							
9.0	1.0	32.6	2.2	2.2							
10.0	1.0	35.1	2.5	2.5							
11.0	1.0	37.5	2.4	2.4							
12.0	1.0	39.8	2.3	2.3							
13.0	1.0	42.2	2.4	2.4							
14.0	1.0	44.6	2.4	2.4							
15.0	1.0	46.9	2.3	2.3							

Descripción del entorno y suelo / Observaciones: Suelo bien desarrollado, levemente húmedo  
 Miembro b3 Fm. Bálsamo, Uso suelo café, arbustos y árboles varios (Pino, Guacalchía)





# SOILMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

## Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
 (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**  
 Enter water Head Height (" $H_1$ " in cm): **5**  
 Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): **3**

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  $\text{cm}/\text{min}$ ): **2.3600**

Res Type: 35.22  
 H: 5  
 $\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$   
 $C = 0.893154$   
 $Q = 1.38532$   
 $K_h = 2.576 \times 10^{-8} \text{ cm}/\text{sec}$   
 $1.476 \times 10^{-8} \text{ cm}/\text{min}$   
 $2.576 \times 10^{-6} \text{ m}/\text{sec}$   
 $5.956 \times 10^{-6} \text{ m}/\text{min}$   
 $2.360 \times 10^{-3} \text{ m}/\text{day}$   
 $\Phi_m = 2.106 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{min}$

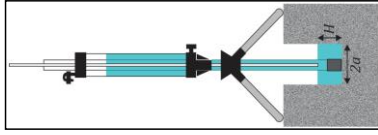
Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
 (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**  
 Enter water Head Height (" $H_1$ " in cm): **8**  
 Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): **3**

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  $\text{cm}/\text{min}$ ): **4.0800**

Res Type: 35.22  
 H: 8  
 $\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$   
 $C = 1.109993$   
 $Q = 2.39496$   
 $K_h = 3.125 \times 10^{-8} \text{ cm}/\text{sec}$   
 $1.876 \times 10^{-8} \text{ cm}/\text{min}$   
 $3.125 \times 10^{-6} \text{ m}/\text{sec}$   
 $7.376 \times 10^{-6} \text{ m}/\text{min}$   
 $2.694 \times 10^{-3} \text{ m}/\text{day}$   
 $\Phi_m = 2.696 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{min}$

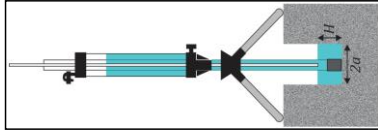


Calculate formulas related to shape factor ( $C$ ). Where  $H_1/a$  is the external water head height (cm),  $a$  is borehole radius (cm) and  $r_a$  or macroscopic capillary length factor which is divided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only  $C_1$  needs to be calculated while for two-head method,  $C_1$  and  $C_2$  are calculated (Zeng 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	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{2.081 + 0.121(H_1/a)} \right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{1.992 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.683}$
		$C_2 = \left( \frac{H_1/a}{1.992 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.754}$
		$C_2 = \left( \frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.754}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large- and/or numerous cracks, macropores, etc.	0.36	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.754}$
		$C_2 = \left( \frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.754}$

## Single Head Method (2)

$K_h = 2.89E-08 \text{ cm}/\text{sec}$   
 $1.69E-01 \text{ cm}/\text{min}$   
 $2.89E-05 \text{ m}/\text{s}$   
 $6.66E-02 \text{ inch}/\text{min}$   
 $2.44E-00 \text{ m}/\text{day}$   
 $\Phi_m = 2.39E-02 \text{ cm}^2/\text{min}$



## Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
 (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**  
 Enter the first water Head Height (" $H_1$ " in cm): **5**  
 Enter the second water Head Height (" $H_2$ " in cm): **8**  
 Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): **3**

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 (" $R_1$ " in  $\text{cm}/\text{min}$ ): **2.3600**

Res Type: 35.22  
 $\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$   
 $C = 6.2916$   
 $Q = 4.8800$   
 $K_h = 1.3032$   
 $Q_1 = 2.39496$   
 $Q_2 = 0.803154257$   
 $C_1 = 1.10999318$   
 $G_1 = 0.00851108$   
 $G_2 = 0.007510897$   
 $G_3 = 0.07590659$   
 $G_4 = 0.04855588$   
 $K_h = 6.02E-03 \text{ cm}/\text{sec}$   
 $3.61E-01 \text{ cm}/\text{min}$   
 $6.02E-05 \text{ m}/\text{sec}$   
 $1.42E-01 \text{ inch}/\text{min}$   
 $5.26E-00 \text{ m}/\text{day}$   
 $\Phi_m = 9.57E-04 \text{ cm}^2/\text{min}$   
 $\Theta_1 = 0.65$   
 $\Theta_2 = 0.4$   
 Sorptivity = **0.0219** ( $\text{cm}/\text{min}^{-0.5}$ )  
 Single Head Average Sorptivity = **0.0084** ( $\text{cm}/\text{min}^{-0.5}$ )

Proyecto:	Caracterización Hidrogeológica Microcuenca Río Colón				HOJA DE CAMPO: PRUEBAS PERMEÁMETRO DE GUELPH														
Departamento:	La Libertad																		
Municipio:	Santa Tecla		Cantón/Caserío:		Ctón. Los Amates														
Coordenadas Geográficas Lambert				Responsable:		Adiel Molina													
N (m):		284161	13.678783	E (m):		462315	-89.348350												
Elev. (msnm):		1178																	
Nivel del agua en el agujero/carga H1 (cm)= 5.0					R1					Nivel del agua en el agujero/carga H2 (cm)= 10.0					R2				
Tiempo		Intervalo de tiempo		Nivel del agua en reservorio		Cambio del Nivel del Agua		Tasa de cambio de Nivel del Agua		Tiempo		Intervalo de tiempo		Nivel del agua en reservorio		Cambio del Nivel del Agua		Tasa de cambio de Nivel del Agua	
min		min		cm		cm		1.21		min		min		cm		cm		2.15	
1.0				11.6						21.0				37.4					
2.0		1.0		11.6		0.0		0.0		22.0		1.0		39.1		1.7		1.7	
3.0		1.0		11.8		0.2		0.2		23.0		1.0		41.3		2.2		2.2	
4.0		1.0		12.8		1.0		1.0		24.0		1.0		43.4		2.1		2.1	
5.0		1.0		13.8		1.0		1.0		25.0		1.0		45.6		2.2		2.2	
6.0		1.0		14.8		1.0		1.0		26.0		1.0		48.0		2.4		2.4	
7.0		1.0		15.9		1.1		1.1		27.0		1.0		50.1		2.1		2.1	
8.0		1.0		17.0		1.1		1.1		28.0		1.0		52.5		2.4		2.4	
9.0		1.0		18.1		1.1		1.1		29.0		1.0		54.4		1.9		1.9	
10.0		1.0		19.5		1.4		1.4		30.0		1.0		56.6		2.2		2.2	
11.0		1.0		20.5		1.0		1.0											
12.0		1.0		21.7		1.2		1.2											
13.0		1.0		23.0		1.3		1.3											
14.0		1.0		24.1		1.1		1.1											
15.0		1.0		25.2		1.1		1.1											
16.0		1.0		26.4		1.2		1.2											
17.0		1.0		27.6		1.2		1.2											
18.0		1.0		28.9		1.3		1.3											
19.0		1.0		30.1		1.2		1.2											
20.0		1.0		31.2		1.1		1.1											
Descripción del entorno y suelo / Observaciones:					Suelo bien desarrollado, levemente húmedo														
					Miembro c3 Fm. Cuscatlán, Uso suelo café, arbustos y árboles varios (Cedro, Volador, Pepeto)														
<p style="text-align: center;">R1</p>										<p style="text-align: center;">R2</p>									



# SOILMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

Input Result

## Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(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): **3**

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.

Res Type: 35.22  
H: 5  
a: 3  
H/a: 1.667  
a: 0.167  
CO1: 0.869  
CO1: 0.862  
CO1: 0.863  
CO2: 0.863  
C: 0.863  
Q: 0.170  
pi: 3.142

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **1.2100**

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$   
 $C = 0.893154$   
 $Q = 0.71027$

$K_b = 1.29588 \text{ cm/sec}$   
 $7.98162 \text{ cm/min}$   
 $1.32636 \text{ m/sec}$   
 $3.65582 \text{ inch/min}$   
 $1.185400 \text{ m/day}$

$\Phi_m = 1.086402 \text{ cm}^2/\text{min}$

Calculate formulas related to shape factor (C). Where H<sub>1/a</sub> is the first water head height (cm), H<sub>2/a</sub> is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and R is macroscopic capillary length parameter which is defined according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C<sub>1</sub> needs to be calculated while for two-head method, C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> are calculated (Zeng et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*$ (cm <sup>-1</sup> )	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	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{1.992 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.683}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{1.992 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.683}$
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, macropores, etc.	0.36	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.754}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$

## Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(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): **3**

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.

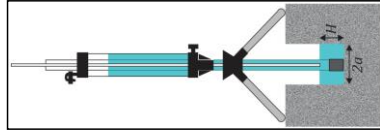
Res Type: 35.22  
H: 10  
a: 3  
H/a: 3.33333  
a: 0.167  
CO1: 1.21841  
CO1: 1.28754  
CO1: 1.28754  
CO2: 1.28754  
C: 1.28754  
Q: 1.28754  
pi: 3.14159

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **2.1500**

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$   
 $C = 1.287543$   
 $Q = 1.28205$

$K_b = 1.32763 \text{ cm/sec}$   
 $8.26578 \text{ cm/min}$   
 $1.32763 \text{ m/sec}$   
 $3.23543 \text{ inch/min}$   
 $1.185400 \text{ m/day}$

$\Phi_m = 1.146402 \text{ cm}^2/\text{min}$



Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s),  $K_b$  is soil saturated hydraulic conductivity (cm/s),  $\Phi_m$  is soil matrix flux potential (cm<sup>2</sup>/s),  $\alpha^*$  is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H<sub>1</sub> is the first head of water established in borehole (cm), H<sub>2</sub> is the second head of water established in borehole (cm) and C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	One Head, Inner Reservoir	Two Head, Combined Reservoir	Two Head, Inner Reservoir
$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$
$Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$
$K_b = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \frac{H_1^2}{a^2}}$	$K_b = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \frac{H_1^2}{a^2}}$	$K_b = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \frac{H_1^2}{a^2}}$	$K_b = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \frac{H_1^2}{a^2}}$
$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \frac{H_1^2}{a^2}}$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \frac{H_1^2}{a^2}}$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \frac{H_1^2}{a^2}}$	$\Phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \frac{H_1^2}{a^2}}$

## Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner Reservoir): **35.22**  
Enter the first water Head Height ("H<sub>1</sub>" in cm): **5**  
Enter the second water Head Height ("H<sub>2</sub>" in cm): **10**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **3**

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.

Res Type: 35.22  
H1/a: 1.66667  
H2/a: 3.33333  
CO1: 0.808855  
CO1: 1.21841  
CO1: 0.842059  
CO2: 0.842059  
CO2: 0.842059  
CO2: 0.842059  
CO2: 0.842059  
C: 0.842059  
Q: 0.71027  
pi: 3.14159

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): **1.2100**  
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **2.1500**

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$   
 $Q = 0.1747$   
 $Q = 2.1500$

$Q_1 = 0.71027$   
 $Q_2 = 1.26205$   
 $C_1 = 0.803154257$   
 $C_2 = 1.28747259$   
 $G_1 = 0.00556424$   
 $G_2 = 0.004219551$   
 $G_3 = 0.05559298$   
 $G_4 = 0.02447811$

$K_b = 1.598403 \text{ cm/sec}$   
 $9.58802 \text{ cm/min}$   
 $1.598403 \text{ m/sec}$   
 $3.798402 \text{ inch/min}$   
 $1.185400 \text{ m/day}$

$\Phi_m = 9.006403 \text{ cm}^2/\text{min}$   
 $\Phi_m = 0.65 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$   
 $\Theta = 0.4$

Scapillary = **0.0574 (cm min<sup>-0.5</sup>)**  
Single Head Average Sorptivity = **0.0944 (cm min<sup>-0.5</sup>)**

Proyecto:	Caracterización Hidrogeológica Microcuenca Río Colón				HOJA DE CAMPO: PRUEBAS PERMEÁMETRO DE GUELPH						
Departamento:	La Libertad										
Municipio:	Santa Tecla		Cantón/Caserío:		Ctón. Álvarez						
Coordenadas Geográficas Lambert				Responsable: Adiel Molina							
N (m):	288195	13.715350	E (m):	470041	-89.276967						
Elev. (msnm):	1391										
Nivel del agua en el agujero/carga H1 (cm)=				5.0	R1		Nivel del agua en el agujero/carga H2 (cm)=				R2
Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua	Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua		
min	min	cm	cm	3.10	min	min			0.13		
1.0		19.1									
2.0	1.0	22.5	3.4	3.4							
3.0	1.0	25.8	3.3	3.3							
4.0	1.0	29.0	3.2	3.2							
5.0	1.0	32.4	3.4	3.4							
6.0	1.0	35.6	3.2	3.2							
7.0	1.0	38.8	3.2	3.2							
8.0	1.0	42.0	3.2	3.2							
9.0	1.0	45.0	3.0	3.0							
10.0	1.0	48.0	3.0	3.0							
11.0	1.0	51.2	3.2	3.2							
12.0	1.0	54.3	3.1	3.1							
13.0	1.0	57.4	3.1	3.1							
14.0	1.0	60.5	3.1	3.1							
15.0	1.0	63.4	2.9	2.9							
Descripción del entorno y suelo / Observaciones:				Suelo bien desarrollado, humedad media							
				Miembro s2 Fm. Sn. Salvador, Uso suelo café, arbustos y árboles de sombra							
				(Baquelita, Aguacate, Mango, etc.)							
<p style="text-align: center;">R1</p>											



# SOILMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

Input Result

## Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35.22

Enter water Head Height (" $H_1$ " in cm): 5

Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): 3

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.

Res Type: 35.22

Steady State Rate of Water Level Change (" $R$ " in  $\text{cm}/\text{min}$ ): 3.018

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$

$C = 0.893154$

$Q = 1.809797$

$K_h = 3.31508 \text{ cm}/\text{sec}$

$K_h = 1.346 \text{ cm}/\text{min}$

$K_h = 3.31506 \text{ m}/\text{day}$

$\phi_m = 2.76600 \text{ cm}^2/\text{min}$

Calculate the formulas related to shape factors ( $C_1$  Where  $H_1$  is the external water head height (cm),  $\alpha$  is borehole radius (cm) and  $r_a$  is macroscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only  $C_1$  needs to be calculated while for two-head method,  $C_1$  and  $C_2$  are calculated (Zeng 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	$C_1 = \left( \frac{H_1/\alpha}{2.081 + 0.121(H_1/\alpha)} \right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left( \frac{H_1/\alpha}{1.992 + 0.093(H_1/\alpha)} \right)^{0.683}$
		$C_2 = \left( \frac{H_1/\alpha}{1.992 + 0.093(H_1/\alpha)} \right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left( \frac{H_1/\alpha}{2.074 + 0.093(H_1/\alpha)} \right)^{0.754}$
		$C_2 = \left( \frac{H_1/\alpha}{2.074 + 0.093(H_1/\alpha)} \right)^{0.754}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.	0.36	$C_1 = \left( \frac{H_1/\alpha}{2.074 + 0.093(H_1/\alpha)} \right)^{0.754}$
		$C_2 = \left( \frac{H_1/\alpha}{2.074 + 0.093(H_1/\alpha)} \right)^{0.754}$

## Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35.22

Enter water Head Height (" $H_1$ " in cm): 3

Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): 3

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.

Res Type: 35.22

Steady State Rate of Water Level Change (" $R$ " in  $\text{cm}/\text{min}$ ):

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$

$C = 0$

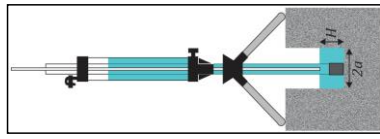
$Q = 0$

$K_h = 1.346 \text{ cm}/\text{min}$

$K_h = 1.346 \text{ cm}/\text{min}$

$K_h = 1.346 \text{ m}/\text{day}$

$\phi_m = 1.346 \text{ cm}^2/\text{min}$



Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where  $R$  is steady-state rate of fall of water in reservoir ( $\text{cm}/\text{s}$ ),  $K_h$  is Soil saturated hydraulic conductivity ( $\text{cm}/\text{s}$ ),  $\phi_m$  is Soil matrix flux potential ( $\text{cm}^2/\text{s}$ ),  $\alpha^*$  is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2),  $\alpha$  is Borehole radius (cm),  $H_1$  is the first head of water established in borehole (cm),  $H_2$  is the second head of water established in borehole (cm) and  $C_{1a}$  Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	One Head, Inner Reservoir	Two Head, Combined Reservoir	Two Head, Inner Reservoir
$Q_1 = R_1 \times 35.22$	$Q_1 = R_1 \times 2.16$	$Q_1 = R_1 \times 35.22$	$Q_1 = R_1 \times 2.16$
$Q_2 = R_2 \times 2.16$	$Q_2 = R_2 \times 35.22$	$Q_2 = R_2 \times 35.22$	$Q_2 = R_2 \times 2.16$
$K_h = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi \alpha^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{\alpha}\right)^2}$	$K_h = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi \alpha^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{\alpha}\right)^2}$	$K_h = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi \alpha^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{\alpha}\right)^2}$	$K_h = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi \alpha^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{\alpha}\right)^2}$
$\phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi \alpha^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{\alpha}\right)^2}$	$\phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi \alpha^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{\alpha}\right)^2}$	$\phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi \alpha^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{\alpha}\right)^2}$	$\phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi \alpha^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{\alpha}\right)^2}$
$G_1 = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi \alpha^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{\alpha}\right)^2}$	$G_1 = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi \alpha^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{\alpha}\right)^2}$	$G_1 = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi \alpha^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{\alpha}\right)^2}$	$G_1 = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi \alpha^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{\alpha}\right)^2}$
$G_2 = \frac{C_2 \times Q_2}{2\pi H_2^2 + \pi \alpha^2 C_2 + 2\pi \left(\frac{H_2}{\alpha}\right)^2}$	$G_2 = \frac{C_2 \times Q_2}{2\pi H_2^2 + \pi \alpha^2 C_2 + 2\pi \left(\frac{H_2}{\alpha}\right)^2}$	$G_2 = \frac{C_2 \times Q_2}{2\pi H_2^2 + \pi \alpha^2 C_2 + 2\pi \left(\frac{H_2}{\alpha}\right)^2}$	$G_2 = \frac{C_2 \times Q_2}{2\pi H_2^2 + \pi \alpha^2 C_2 + 2\pi \left(\frac{H_2}{\alpha}\right)^2}$
$G_3 = \frac{C_3 \times Q_3}{2\pi H_3^2 + \pi \alpha^2 C_3 + 2\pi \left(\frac{H_3}{\alpha}\right)^2}$	$G_3 = \frac{C_3 \times Q_3}{2\pi H_3^2 + \pi \alpha^2 C_3 + 2\pi \left(\frac{H_3}{\alpha}\right)^2}$	$G_3 = \frac{C_3 \times Q_3}{2\pi H_3^2 + \pi \alpha^2 C_3 + 2\pi \left(\frac{H_3}{\alpha}\right)^2}$	$G_3 = \frac{C_3 \times Q_3}{2\pi H_3^2 + \pi \alpha^2 C_3 + 2\pi \left(\frac{H_3}{\alpha}\right)^2}$
$G_4 = \frac{C_4 \times Q_4}{2\pi H_4^2 + \pi \alpha^2 C_4 + 2\pi \left(\frac{H_4}{\alpha}\right)^2}$	$G_4 = \frac{C_4 \times Q_4}{2\pi H_4^2 + \pi \alpha^2 C_4 + 2\pi \left(\frac{H_4}{\alpha}\right)^2}$	$G_4 = \frac{C_4 \times Q_4}{2\pi H_4^2 + \pi \alpha^2 C_4 + 2\pi \left(\frac{H_4}{\alpha}\right)^2}$	$G_4 = \frac{C_4 \times Q_4}{2\pi H_4^2 + \pi \alpha^2 C_4 + 2\pi \left(\frac{H_4}{\alpha}\right)^2}$

## Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): 35.22

Enter the first water Head Height (" $H_1$ " in cm):

Enter the second water Head Height (" $H_2$ " in cm):

Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): 3

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.

Res Type: 35.22

Steady State Rate of Water Level Change (" $R_1$ " in  $\text{cm}/\text{min}$ ):

Steady State Rate of Water Level Change (" $R_2$ " in  $\text{cm}/\text{min}$ ):

$Q_1 = 0$

$Q_2 = 0$

$C_1 = 0$

$C_2 = 0$

$G_1 = R_1 \times 35.22$

$G_2 = R_2 \times 35.22$

$G_3 = R_1 \times 2.16$

$G_4 = R_2 \times 2.16$

$K_h = \frac{R_1 \times 35.22}{2\pi H_1^2 + \pi \alpha^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{\alpha}\right)^2}$

$K_h = \frac{R_2 \times 35.22}{2\pi H_2^2 + \pi \alpha^2 C_2 + 2\pi \left(\frac{H_2}{\alpha}\right)^2}$

$\phi_m = \frac{R_1 \times 35.22}{2\pi H_1^2 + \pi \alpha^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{\alpha}\right)^2}$

$\phi_m = \frac{R_2 \times 35.22}{2\pi H_2^2 + \pi \alpha^2 C_2 + 2\pi \left(\frac{H_2}{\alpha}\right)^2}$

Single Head Average Sorptivity =  $\frac{R_1 \times 35.22}{K_h}$  ( $\text{cm}/\text{min}^{-0.5}$ )

Single Head Average Sorptivity =  $\frac{R_2 \times 35.22}{K_h}$  ( $\text{cm}/\text{min}^{-0.5}$ )





# SOILMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

Input  
Result

## Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(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): **3**

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.

Res Type: 35.22  
H: 5  
a: 3  
H/a: 1.667  
a/H: 0.12  
C01: 0.869  
C02: 0.862  
C03: 0.863  
C04: 0.863  
C: 0.863  
Q: 1.85328

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **3.1571**

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$   
C = 0.863154  
Q = 1.85328

$K_h = 3.375 \text{ cm/sec}$   
3.375 cm/min  
3.375 cm/h  
7.668 m/day  
2.915E-02 m/day

$\Phi_m = 2.915E-02 \text{ cm}^2/\text{min}$

Calculate the formulae related to shape factors (C). Where H<sub>1</sub> is the first water head height (cm), H<sub>2</sub> is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and/or macroscopic capillary length factor which is divided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C<sub>1</sub> needs to be calculated while for two-head method, C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> are calculated (Zeng et al, 1998).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*$ (cm <sup>-1</sup> )	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	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{1.992 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.683}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{1.992 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.683}$
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, macropores, etc.	0.36	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$

## Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**

Enter water Head Height ("H" in cm): **9**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **3**

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.

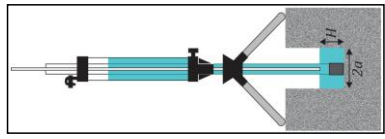
Res Type: 35.22  
H: 9  
a: 3  
H/a: 0.12  
C01: 1.147563  
C04: 1.121008  
C012: 1.40301  
C036: 1.20001  
C: 1.20001  
Q: 2.56848

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **5.0000**

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$   
C = 1.20001  
Q = 2.56848

$K_h = 3.456 \text{ cm/sec}$   
3.456 cm/min  
3.456 cm/h  
8.386 m/day  
3.035E-02 m/day

$\Phi_m = 2.935E-02 \text{ cm}^2/\text{min}$



Calculation formulae related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s),  $K_h$  is soil saturated hydraulic conductivity (cm/s),  $\Phi_m$  is soil matrix flux potential (cm<sup>2</sup>/s),  $\alpha^*$  is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H<sub>1</sub> is the first head of water established in borehole (cm), H<sub>2</sub> is the second head of water established in borehole (cm) and C<sub>1a</sub> Shape factor (from Table 2).

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

## Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(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): **9**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **3**

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.

Res Type: 35.22  
H1/a: 1.66667  
H2/a: 3  
C1-001: 0.803855  
C2-001: 1.147882  
C1-004: 0.842059  
C2-004: 1.211608  
C1-012: 0.803514  
C2-012: 1.20001  
C1-036: 0.803514  
C2-036: 1.20001  
G-Denominator: 1096.352

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): **3.1571**

Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **5.0000**

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$   
C = 0.1622  
Q = 3.1571  
5.0000

$Q_1 = 1.8532177$   
 $Q_2 = 2.9348$   
 $C_1 = 0.803154257$   
 $C_2 = 1.201006839$   
 $G_1 = 0.006593218$   
 $G_2 = 0.0054773$   
 $G_3 = 0.065297357$   
 $G_4 = 0.031545795$

$K_h = 3.398 \text{ cm/sec}$   
3.398-01 cm/min  
3.398-05 m/s  
9.424-02 inch/min  
3.44E-00 m/day

$\Phi_m = 2.46E-02 \text{ cm}^2/\text{min}$

$\Theta_1 = 0.65 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$   
 $\Theta_2 = 0.4 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$

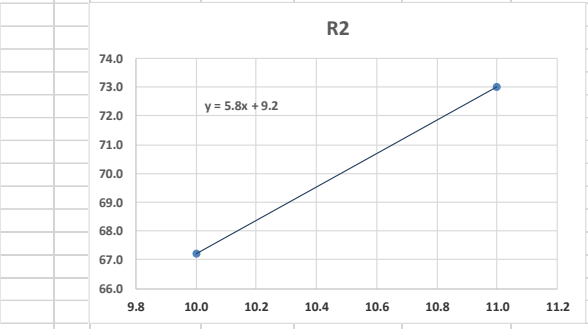
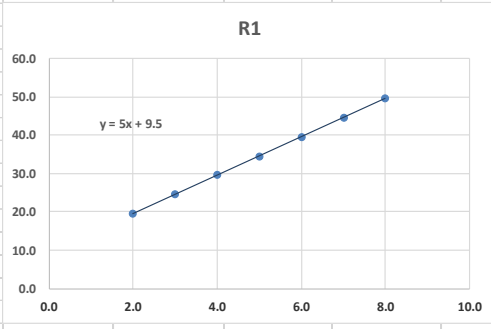
Scapillary = 0.1108 (cm min<sup>-0.5</sup>)  
0.1139 (cm min<sup>-0.5</sup>)

Single Head Average Sorptivity =

Proyecto:	Caracterización Hidrogeológica Microcuenca Río Colón			HOJA DE CAMPO: PRUEBAS PERMEÁMETRO DE GUELPH	
Departamento:	La Libertad				
Municipio:	Colón	Cantón/Caserío:		Ctón. Entre Ríos	
Coordenadas Geográficas Lambert			Responsable:	Adiel Molina	
N (m):	291227	13.742567	E (m):	455603	-89.410500
Elev. (msnm):	479				

Nivel del agua en el agujero/carga H1 (cm)= 5.0					R1	Nivel del agua en el agujero/carga H2 (cm)= 10.0					R2
Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua		Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua	
min	min	cm	cm	5.00		min	min			5.80	
1.0		14.2				9.0		61.5			
2.0	1.0	19.5	5.3	5.3		10.0	1.0	67.2	5.7	5.7	
3.0	1.0	24.5	5.0	5.0		11.0	1.0	73.0	5.8	5.8	
4.0	1.0	29.5	5.0	5.0							
5.0	1.0	34.5	5.0	5.0							
6.0	1.0	39.5	5.0	5.0							
7.0	1.0	44.5	5.0	5.0							
8.0	1.0	49.5	5.0	5.0							

Descripción del entorno y suelo / Observaciones: **Suelo bien desarrollado, humedad media, arenas finas mezcladas con arcillas**  
**Miembro Qf Fm. Sn. Salvador, Uso suelo Caña de azúcar y pastos naturales**







# SOLMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

## Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**  
Enter water Head Height (" $H_1$ " in cm): **5**  
Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): **3**

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.

Res Type: 35.22  
H: 5  
 $\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$   
C = 0.893154  
Q = 2.935  
 $K_h = 5.346 \text{ cm/sec}$   
 $\phi_m = 4.455 \text{ cm}^3/\text{min}$

Steady State Rate of Water Level Change (" $R$ " in  $\text{cm}/\text{min}$ ): **5.0000**  
H/A: 0.1697  
C/O1: 0.069  
C/O2: 0.862  
C/O3: 0.693  
C/O4: 0.693  
R: 0.693  
Q: 2.935  
pi: 3.142

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**  
Enter water Head Height (" $H_1$ " in cm): **5**  
Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): **3**

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.

Res Type: 35.22  
H: 5  
 $\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$   
C = 0.893154  
Q = 2.935  
 $K_h = 5.346 \text{ cm/sec}$   
 $\phi_m = 4.455 \text{ cm}^3/\text{min}$

Steady State Rate of Water Level Change (" $R$ " in  $\text{cm}/\text{min}$ ): **5.0000**  
H/A: 0.1697  
C/O1: 0.069  
C/O2: 0.862  
C/O3: 0.693  
C/O4: 0.693  
R: 0.693  
Q: 2.935  
pi: 3.142

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**  
Enter water Head Height (" $H_1$ " in cm): **5**  
Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): **3**

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.

Res Type: 35.22  
H: 5  
 $\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$   
C = 0.893154  
Q = 2.935  
 $K_h = 5.346 \text{ cm/sec}$   
 $\phi_m = 4.455 \text{ cm}^3/\text{min}$

Steady State Rate of Water Level Change (" $R$ " in  $\text{cm}/\text{min}$ ): **5.0000**  
H/A: 0.1697  
C/O1: 0.069  
C/O2: 0.862  
C/O3: 0.693  
C/O4: 0.693  
R: 0.693  
Q: 2.935  
pi: 3.142

## Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**  
Enter water Head Height (" $H_1$ " in cm): **10**  
Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): **3**

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.

Res Type: 35.22  
H: 10  
 $\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$   
C = 1.327543  
Q = 3.406  
 $K_h = 3.656 \text{ cm/sec}$   
 $\phi_m = 3.075 \text{ cm}^3/\text{min}$

Steady State Rate of Water Level Change (" $R$ " in  $\text{cm}/\text{min}$ ): **5.0000**  
H/A: 3.33333  
C/O1: 1.23841  
C/O2: 1.28754  
C/O3: 1.28754  
C/O4: 1.28754  
R: 1.28754  
Q: 3.406  
pi: 3.1415

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**  
Enter water Head Height (" $H_1$ " in cm): **10**  
Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): **3**

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.

Res Type: 35.22  
H: 10  
 $\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$   
C = 1.327543  
Q = 3.406  
 $K_h = 3.656 \text{ cm/sec}$   
 $\phi_m = 3.075 \text{ cm}^3/\text{min}$

Steady State Rate of Water Level Change (" $R$ " in  $\text{cm}/\text{min}$ ): **5.0000**  
H/A: 3.33333  
C/O1: 1.23841  
C/O2: 1.28754  
C/O3: 1.28754  
C/O4: 1.28754  
R: 1.28754  
Q: 3.406  
pi: 3.1415

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**  
Enter water Head Height (" $H_1$ " in cm): **10**  
Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): **3**

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.

Res Type: 35.22  
H: 10  
 $\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$   
C = 1.327543  
Q = 3.406  
 $K_h = 3.656 \text{ cm/sec}$   
 $\phi_m = 3.075 \text{ cm}^3/\text{min}$

Steady State Rate of Water Level Change (" $R$ " in  $\text{cm}/\text{min}$ ): **5.0000**  
H/A: 3.33333  
C/O1: 1.23841  
C/O2: 1.28754  
C/O3: 1.28754  
C/O4: 1.28754  
R: 1.28754  
Q: 3.406  
pi: 3.1415

## Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**  
Enter the first water Head Height (" $H_1$ " in cm): **5**  
Enter the second water Head Height (" $H_2$ " in cm): **10**  
Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): **3**

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.

Res Type: 35.22  
H1/A: 1.66667  
H2/A: 3.33333  
C/O1: 0.808855  
C/O2: 1.21841  
C/O3: 0.84059  
C/O4: 1.29024  
C/O5: 1.60254  
C/O6: 1.28754  
C/O7: 1.28754  
G-Denominator: 1525.087

Steady State Rate of Water Level Change (" $R_1$ " in  $\text{cm}/\text{min}$ ): **5.0000**  
Steady State Rate of Water Level Change (" $R_2$ " in  $\text{cm}/\text{min}$ ): **5.0000**  
 $Q_1 = 2.935$   
 $Q_2 = 3.406$   
 $C_1 = 0.893154257$   
 $C_2 = 1.28754759$   
 $G_1 = 0.00556424$   
 $G_2 = 0.004219551$   
 $G_3 = 0.05559298$   
 $G_4 = 0.02447811$   
 $K_h = 5.346 \text{ cm/sec}$   
 $\phi_m = 4.455 \text{ cm}^3/\text{min}$

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**  
Enter the first water Head Height (" $H_1$ " in cm): **5**  
Enter the second water Head Height (" $H_2$ " in cm): **10**  
Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): **3**

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.

Res Type: 35.22  
H1/A: 1.66667  
H2/A: 3.33333  
C/O1: 0.808855  
C/O2: 1.21841  
C/O3: 0.84059  
C/O4: 1.29024  
C/O5: 1.60254  
C/O6: 1.28754  
C/O7: 1.28754  
G-Denominator: 1525.087

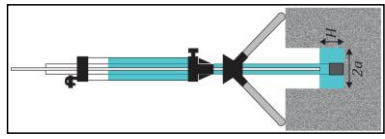
Steady State Rate of Water Level Change (" $R_1$ " in  $\text{cm}/\text{min}$ ): **5.0000**  
Steady State Rate of Water Level Change (" $R_2$ " in  $\text{cm}/\text{min}$ ): **5.0000**  
 $Q_1 = 2.935$   
 $Q_2 = 3.406$   
 $C_1 = 0.893154257$   
 $C_2 = 1.28754759$   
 $G_1 = 0.00556424$   
 $G_2 = 0.004219551$   
 $G_3 = 0.05559298$   
 $G_4 = 0.02447811$   
 $K_h = 5.346 \text{ cm/sec}$   
 $\phi_m = 4.455 \text{ cm}^3/\text{min}$

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**  
Enter the first water Head Height (" $H_1$ " in cm): **5**  
Enter the second water Head Height (" $H_2$ " in cm): **10**  
Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): **3**

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.

Res Type: 35.22  
H1/A: 1.66667  
H2/A: 3.33333  
C/O1: 0.808855  
C/O2: 1.21841  
C/O3: 0.84059  
C/O4: 1.29024  
C/O5: 1.60254  
C/O6: 1.28754  
C/O7: 1.28754  
G-Denominator: 1525.087

Steady State Rate of Water Level Change (" $R_1$ " in  $\text{cm}/\text{min}$ ): **5.0000**  
Steady State Rate of Water Level Change (" $R_2$ " in  $\text{cm}/\text{min}$ ): **5.0000**  
 $Q_1 = 2.935$   
 $Q_2 = 3.406$   
 $C_1 = 0.893154257$   
 $C_2 = 1.28754759$   
 $G_1 = 0.00556424$   
 $G_2 = 0.004219551$   
 $G_3 = 0.05559298$   
 $G_4 = 0.02447811$   
 $K_h = 5.346 \text{ cm/sec}$   
 $\phi_m = 4.455 \text{ cm}^3/\text{min}$



Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where  $R$  is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s),  $K_{fz}$  is soil saturated hydraulic conductivity (cm/s),  $\phi_m$  is soil matrix flux potential (cm<sup>3</sup>/s),  $\alpha$  is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2),  $\alpha$  is Borehole radius (cm),  $H_1$  is the first head of water established in borehole (cm),  $H_2$  is the second head of water established in borehole (cm) and  $C_{1a}$  Shape factor (from Table 2).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*$ (cm <sup>-1</sup> )	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left( \frac{H_2/A}{2.081 + 0.121(H_2/A)^{0.672}} \right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left( \frac{H_2/A}{1.992 + 0.093(H_2/A)^{0.683}} \right)^{0.683}$ $C_2 = \left( \frac{H_2/A}{1.992 + 0.093(H_2/A)^{0.683}} \right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left( \frac{H_2/A}{2.074 + 0.093(H_2/A)^{0.74}} \right)^{0.74}$ $C_2 = \left( \frac{H_2/A}{2.074 + 0.093(H_2/A)^{0.74}} \right)^{0.74}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.	0.36	$C_1 = \left( \frac{H_2/A}{2.074 + 0.093(H_2/A)^{0.94}} \right)^{0.94}$ $C_2 = \left( \frac{H_2/A}{2.074 + 0.093(H_2/A)^{0.94}} \right)^{0.94}$





# SOILMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

Input  
Result

## Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(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): **3**

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): **1.9300**  
Res Type: 35.22  
H: 5  
a: 3  
H/a: 1.667  
a/R: 0.156  
C01: 0.893154  
C02: 0.862  
C03: 0.862  
C04: 0.862  
C05: 0.863  
C: **0.893154**  
Q: **1.13291**  
K<sub>s</sub> = **2.05E-08** cm/sec  
1.34E-08 cm/min  
2.65E-06 m/sec  
4.97E-02 m/day  
1.28E+00 m/day  
Φ<sub>m</sub> = **1.72E-02** cm<sup>2</sup>/min

α\* = **0.12** cm<sup>-1</sup>  
C = **0.893154**  
Q = **1.13291**  
K<sub>s</sub> = **2.05E-08** cm/sec  
1.34E-08 cm/min  
2.65E-06 m/sec  
4.97E-02 m/day  
1.28E+00 m/day  
Φ<sub>m</sub> = **1.72E-02** cm<sup>2</sup>/min

Res Type: 35.22  
H: 5  
a: 3  
H/a: 1.667  
a/R: 0.156  
C01: 0.893154  
C02: 0.862  
C03: 0.862  
C04: 0.862  
C05: 0.863  
C: **0.893154**  
Q: **1.13291**  
K<sub>s</sub> = **2.05E-08** cm/sec  
1.34E-08 cm/min  
2.65E-06 m/sec  
4.97E-02 m/day  
1.28E+00 m/day  
Φ<sub>m</sub> = **1.72E-02** cm<sup>2</sup>/min

Res Type: 35.22  
H: 5  
a: 3  
H/a: 1.667  
a/R: 0.156  
C01: 0.893154  
C02: 0.862  
C03: 0.862  
C04: 0.862  
C05: 0.863  
C: **0.893154**  
Q: **1.13291**  
K<sub>s</sub> = **2.05E-08** cm/sec  
1.34E-08 cm/min  
2.65E-06 m/sec  
4.97E-02 m/day  
1.28E+00 m/day  
Φ<sub>m</sub> = **1.72E-02** cm<sup>2</sup>/min

Calculate formulas related to shape factor (C). Where H<sub>1/a</sub> is the first water head height (cm), H<sub>2/a</sub> is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and R is macroscopic capillary length factor which is defined according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C<sub>1</sub> needs to be calculated while for two-head method, C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> are calculated (Zeng et al, 1998).

Soil Texture-Structure Category	α* (cm <sup>-1</sup> )	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	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{1.992 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.683}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{1.992 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.683}$
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, macropores, etc.	0.36	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.754}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$

## Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(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): **3**

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): **2.4700**  
Res Type: 35.22  
H: 10  
a: 3  
H/a: 3.33333  
a/R: 0.156  
C01: 1.22641  
C02: 1.22641  
C03: 1.22641  
C04: 1.22641  
C05: 1.22641  
C: **1.22641**  
Q: **1.44989**  
K<sub>s</sub> = **1.57E-08** cm/sec  
9.82E-09 cm/min  
1.57E-06 m/sec  
3.21E-02 m/day  
1.16E+00 m/day  
Φ<sub>m</sub> = **1.31E-02** cm<sup>2</sup>/min

Res Type: 35.22  
H: 10  
a: 3  
H/a: 3.33333  
a/R: 0.156  
C01: 1.22641  
C02: 1.22641  
C03: 1.22641  
C04: 1.22641  
C05: 1.22641  
C: **1.22641**  
Q: **1.44989**  
K<sub>s</sub> = **1.57E-08** cm/sec  
9.82E-09 cm/min  
1.57E-06 m/sec  
3.21E-02 m/day  
1.16E+00 m/day  
Φ<sub>m</sub> = **1.31E-02** cm<sup>2</sup>/min

Res Type: 35.22  
H: 10  
a: 3  
H/a: 3.33333  
a/R: 0.156  
C01: 1.22641  
C02: 1.22641  
C03: 1.22641  
C04: 1.22641  
C05: 1.22641  
C: **1.22641**  
Q: **1.44989**  
K<sub>s</sub> = **1.57E-08** cm/sec  
9.82E-09 cm/min  
1.57E-06 m/sec  
3.21E-02 m/day  
1.16E+00 m/day  
Φ<sub>m</sub> = **1.31E-02** cm<sup>2</sup>/min

Res Type: 35.22  
H: 10  
a: 3  
H/a: 3.33333  
a/R: 0.156  
C01: 1.22641  
C02: 1.22641  
C03: 1.22641  
C04: 1.22641  
C05: 1.22641  
C: **1.22641**  
Q: **1.44989**  
K<sub>s</sub> = **1.57E-08** cm/sec  
9.82E-09 cm/min  
1.57E-06 m/sec  
3.21E-02 m/day  
1.16E+00 m/day  
Φ<sub>m</sub> = **1.31E-02** cm<sup>2</sup>/min

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<sub>s</sub> is soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ<sub>m</sub> is soil matrix flux potential (cm<sup>2</sup>/s), a is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H<sub>1</sub> is the first head of water established in borehole (cm), H<sub>2</sub> is the second head of water established in borehole (cm) and C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> Shape factor (from Table 2).

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

## Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(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): **3**

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): **3.9300**  
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **2.4700**  
Res Type: 35.22  
H1/a: 1.66667  
H2/a: 3.33333  
C1-001: 0.893855  
C1-001: 1.21841  
C1-004: 0.842059  
C2-004: 1.230234  
C1-012: 0.893854  
C2-012: 1.230543  
C1-036: 0.893854  
C2-036: 1.230543  
G-Denominator: 1525.087

Res Type: 35.22  
H1/a: 1.66667  
H2/a: 3.33333  
C1-001: 0.893855  
C1-001: 1.21841  
C1-004: 0.842059  
C2-004: 1.230234  
C1-012: 0.893854  
C2-012: 1.230543  
C1-036: 0.893854  
C2-036: 1.230543  
G-Denominator: 1525.087

Res Type: 35.22  
H1/a: 1.66667  
H2/a: 3.33333  
C1-001: 0.893855  
C1-001: 1.21841  
C1-004: 0.842059  
C2-004: 1.230234  
C1-012: 0.893854  
C2-012: 1.230543  
C1-036: 0.893854  
C2-036: 1.230543  
G-Denominator: 1525.087

Res Type: 35.22  
H1/a: 1.66667  
H2/a: 3.33333  
C1-001: 0.893855  
C1-001: 1.21841  
C1-004: 0.842059  
C2-004: 1.230234  
C1-012: 0.893854  
C2-012: 1.230543  
C1-036: 0.893854  
C2-036: 1.230543  
G-Denominator: 1525.087

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<sub>s</sub> is soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), Φ<sub>m</sub> is soil matrix flux potential (cm<sup>2</sup>/s), a is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H<sub>1</sub> is the first head of water established in borehole (cm), H<sub>2</sub> is the second head of water established in borehole (cm) and C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> Shape factor (from Table 2).

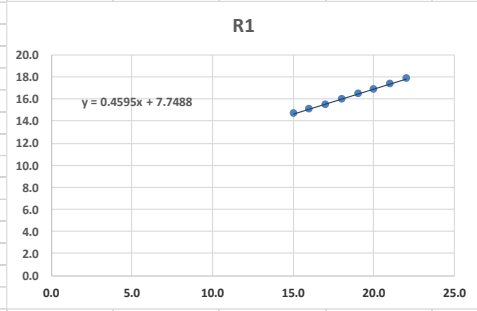
One Head, Combined Reservoir	One Head, Inner Reservoir	Two Head, Combined Reservoir	Two Head, Inner Reservoir
$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$ $Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$Q_1 =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

Single Head Average Sorptivity = **0.1185** (cm min<sup>-0.5</sup>)  
Double Head Average Sorptivity = **0.0939** (cm min<sup>-0.5</sup>)

Proyecto:	Caracterización Hidrogeológica Microcuenca Río Colón				HOJA DE CAMPO: PRUEBAS PERMEÁMETRO DE GUELPH
Departamento:	La Libertad				
Municipio:	Ciudad Arce		Cantón/Caserío:	Ctón. Veracruz	
Coordenadas Geográficas Lambert			Responsable:	Adiel Molina	
N (m):	297606	13.800225	E (m):	456409	-89.403155
Elev. (msnm):	457				

Nivel del agua en el agujero/carga H1 (cm)= 5.0					R1	Nivel del agua en el agujero/carga H2 (cm)=					R2
Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua		Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua	
min	min	cm	cm	0.46		min	min				
1.0		8.0									
2.0	1.0	8.4	0.4	0.4							
3.0	1.0	9.0	0.6	0.6							
4.0	1.0	9.5	0.5	0.5							
5.0	1.0	10.0	0.5	0.5							
6.0	1.0	10.5	0.5	0.5							
7.0	1.0	10.9	0.4	0.4							
8.0	1.0	11.4	0.5	0.5							
9.0	1.0	11.9	0.5	0.5							
10.0	1.0	12.4	0.5	0.5							
11.0	1.0	12.8	0.4	0.4							
12.0	1.0	13.4	0.6	0.6							
13.0	1.0	13.8	0.4	0.4							
14.0	1.0	14.2	0.4	0.4							
15.0	1.0	14.7	0.5	0.5							
16.0	1.0	15.1	0.4	0.4							
17.0	1.0	15.5	0.4	0.4							
18.0	1.0	16.0	0.5	0.5							
19.0	1.0	16.5	0.5	0.5							
20.0	1.0	16.9	0.4	0.4							
21.0	1.0	17.4	0.5	0.5							
22.0	1.0	17.9	0.5	0.5							

Descripción del entorno y suelo / Observaciones: **Suelo bien desarrollado, levemente húmedo**  
**Miembro s5c Fm. Sn. Salvador, Uso suelo cultivos granos básicos y pastos naturales**





# SOILMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

## Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(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): **3**

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.

Res Type: 35.22

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.6995**

H = 5

a = 3

H/a = 1.667

a<sup>2</sup> = 0.12

C = **0.893154**

Q = **0.269727**

K<sub>s</sub> = **4.91548** cm/sec

**7.3448** cm/min

**4.91548** m/sec

**1.16589** m/min

**0.6995** m/day

φ<sub>m</sub> = **4.09548** cm<sup>2</sup>/min

Calculate formulas related to shape factors (C). Where H<sub>1/a</sub> is the first water head height (cm), H<sub>2/a</sub> is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and R is macroscopic capillary length parameter which is defined according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C<sub>1</sub> needs to be calculated while for two-head method, C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> are calculated (Zeng et al, 1998).

Soil Texture-Structure Category	α <sup>*</sup> (cm <sup>2</sup> )	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	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{1.992 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.683}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{1.992 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.683}$
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, macropores, etc.	0.36	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.754}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$

## Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner Reservoir): **35.22**

Enter water Head Height ("H" in cm): **3**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **3**

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.

Res Type: 35.22

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.12**

H = 3

a = 3

H/a = 0.12

C = **0**

Q = **0**

K<sub>s</sub> = **0.012** cm/sec

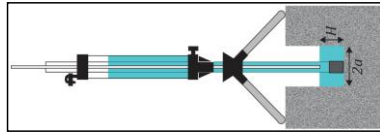
**0.012** cm/min

**0.012** m/sec

**0.012** m/min

**0.012** m/day

φ<sub>m</sub> = **0.012** cm<sup>2</sup>/min



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<sub>s</sub> is soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), φ<sub>m</sub> is soil matrix flux potential (cm<sup>2</sup>/s), a is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H<sub>1</sub> is the first head of water established in borehole (cm), H<sub>2</sub> is the second head of water established in borehole (cm) and C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> are calculated (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	One Head, Inner Reservoir	Two Head, Combined Reservoir	Two Head, Inner Reservoir
Q <sub>1</sub> = R <sub>1</sub> × 35.22	Q <sub>1</sub> = R <sub>1</sub> × 2.16	Q <sub>1</sub> = R <sub>1</sub> × 35.22	Q <sub>1</sub> = R <sub>1</sub> × 2.16
Q <sub>2</sub> = R <sub>2</sub> × 35.22	Q <sub>2</sub> = R <sub>2</sub> × 2.16	Q <sub>2</sub> = R <sub>2</sub> × 35.22	Q <sub>2</sub> = R <sub>2</sub> × 2.16
$G_1 = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{a}\right) H_2 C_1}$	$G_1 = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \left(\frac{H_1}{a}\right) H_2 C_1}$	$G_1 = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$	$G_1 = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$
$G_2 = \frac{C_2 \times Q_2}{2\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$	$G_2 = \frac{C_2 \times Q_2}{2\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$	$G_2 = \frac{C_2 \times Q_2}{2\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$	$G_2 = \frac{C_2 \times Q_2}{2\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$
$G_3 = \frac{C_3 \times Q_3}{2\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$	$G_3 = \frac{C_3 \times Q_3}{2\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$	$G_3 = \frac{C_3 \times Q_3}{2\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$	$G_3 = \frac{C_3 \times Q_3}{2\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$
$G_4 = \frac{C_4 \times Q_4}{2\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$	$G_4 = \frac{C_4 \times Q_4}{2\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$	$G_4 = \frac{C_4 \times Q_4}{2\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$	$G_4 = \frac{C_4 \times Q_4}{2\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$

## Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner Reservoir): **35.22**

Enter the first water Head Height ("H<sub>1</sub>" in cm): **3**

Enter the second water Head Height ("H<sub>2</sub>" in cm): **3**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **3**

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.

Res Type: 35.22

H<sub>1</sub>/a = 0

H<sub>2</sub>/a = 0

C<sub>1</sub>-0.01: 0

C<sub>2</sub>-0.04: 0

C<sub>2</sub>-0.04: 0

C<sub>1</sub>-0.12: 0

C<sub>2</sub>-0.12: 0

C<sub>1</sub>-0.36: 0

C<sub>2</sub>-0.36: 0

G-Denominator: 0

Steady State Rate of Water Level Change ("R<sub>1</sub>" in cm/min): **0.12**

Steady State Rate of Water Level Change ("R<sub>2</sub>" in cm/min): **0**

Q<sub>1</sub> = 0

Q<sub>2</sub> = 0

C<sub>1</sub> = 0

C<sub>2</sub> = 0

G<sub>1</sub> = #DIV/0!

G<sub>2</sub> = #DIV/0!

G<sub>3</sub> = #DIV/0!

G<sub>4</sub> = #DIV/0!

K<sub>s</sub> = **0.012** cm/sec

**0.012** cm/min

**0.012** m/sec

**0.012** m/day

φ<sub>m</sub> = **0.012** cm<sup>2</sup>/min

θ<sub>1</sub> = **0.65**

θ<sub>2</sub> = **0.4**

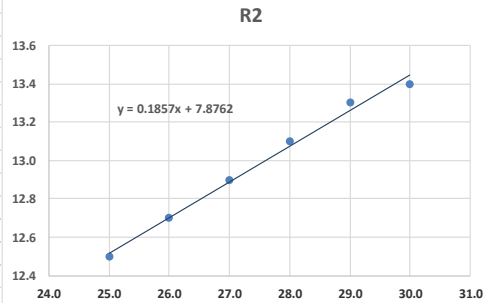
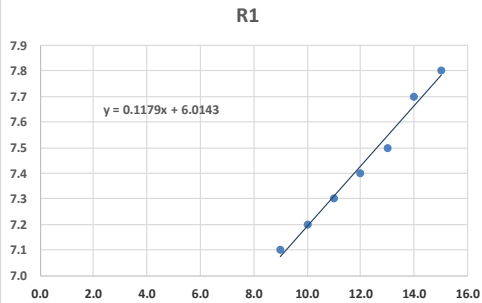
Single Head Average Sorptivity =  $\frac{S_1}{H_1/0}$  (cm min<sup>-0.5</sup>)

Single Head Average Sorptivity =  $\frac{S_2}{H_2/0}$  (cm min<sup>-0.5</sup>)

Proyecto:	Caracterización Hidrogeológica Microcuenca Río Colón			HOJA DE CAMPO: PRUEBAS PERMEÁMETRO DE GUELPH	
Departamento:	La Libertad				
Municipio:	Ciudad Arce	Cantón/Caserío:	Ctón. Veracruz		
Coordenadas Geográficas Lambert	Responsable:			Adiel Molina	
N (m):	294085	13.768382	E (m):	455377	-89.412645
Elev. (msnm):	458				

Nivel del agua en el agujero/carga H1 (cm)= 5.0					R1	Nivel del agua en el agujero/carga H2 (cm)= 10.0					R2
Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua		Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua	
min	min	cm	cm	0.12		min	min			0.19	
1.0		7.0				16.0		11.2			
2.0	1.0	7.0	0.0	0.0		17.0	1.0	11.3	0.1	0.1	
3.0	1.0	7.0	0.0	0.0		18.0	1.0	11.5	0.2	0.2	
4.0	1.0	7.0	0.0	0.0		19.0	1.0	11.6	0.1	0.1	
5.0	1.0	7.0	0.0	0.0		20.0	1.0	11.7	0.1	0.1	
6.0	1.0	7.0	0.0	0.0		21.0	1.0	11.8	0.1	0.1	
7.0	1.0	7.0	0.0	0.0		22.0	1.0	12.0	0.2	0.2	
8.0	1.0	7.0	0.0	0.0		23.0	1.0	12.2	0.2	0.2	
9.0	1.0	7.1	0.1	0.1		24.0	1.0	12.4	0.2	0.2	
10.0	1.0	7.2	0.1	0.1		25.0	1.0	12.5	0.1	0.1	
11.0	1.0	7.3	0.1	0.1		26.0	1.0	12.7	0.2	0.2	
12.0	1.0	7.4	0.1	0.1		27.0	1.0	12.9	0.2	0.2	
13.0	1.0	7.5	0.1	0.1		28.0	1.0	13.1	0.2	0.2	
14.0	1.0	7.7	0.2	0.2		29.0	1.0	13.3	0.2	0.2	
15.0	1.0	7.8	0.1	0.1		30.0	1.0	13.4	0.1	0.1	

Descripción del entorno y suelo / Observaciones: Suelo bien desarrollado, humedad media y presencia de arcillas  
 Miembro Qf Fm. Sn. Salvador, Uso suelo mosaico cultivos (maíz) y pastos, arbustos y árboles dispersos





# SOILMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

Input   Result  

## Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in  $cm^2$   
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**  
Enter water Head Height (" $H_1$ " in cm): **5**  
Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): **3**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **2**

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.

Res Type: 35.22  
H: 5  
R: 3  
H/A: 1.667  
R/A: 0.149  
COI: 0.069  
COI1: 0.862  
COI2: 0.863  
COI3: 0.863  
C: **0.82059**  
Q: **0.068207**

$\alpha^* = 0.04 \text{ cm}^{-1}$   
 $C = 0.82059$   
 $Q = 0.068207$   
 $K_h = 6.035 \text{ cm/sec}$   
 $3.275 \text{ cm/min}$   
 $6.035 \text{ m/sec}$   
 $1.458 \text{ m/day}$   
 $5.215 \text{ cm/day}$

$\phi_m = 1.515 \text{ cm}^2/\text{min}$

Calculate formulas related to shape factor (S). Where  $H_1$  is the first water head height (cm),  $H_2$  is the second water head height (cm),  $\alpha$  is borehole radius (cm) and  $r_a$  is macroscopic capillary length factor which is defined 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., 1998).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*$ (cm <sup>-1</sup> )	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	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{1.992 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.683}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{1.992 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.74}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.	0.36	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.74}$ $C_2 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$

## Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in  $cm^2$   
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**  
Enter water Head Height (" $H_1$ " in cm): **10**  
Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): **3**

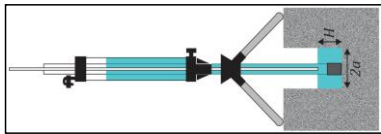
Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **2**

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.

Res Type: 35.22  
H: 10  
R: 3  
H/A: 3.33333  
R/A: 0.149  
COI: 1.22841  
COI1: 1.22841  
COI2: 1.22841  
COI3: 1.22841  
C: **1.20034**  
Q: **0.10006**

$\alpha^* = 0.04 \text{ cm}^{-1}$   
 $C = 1.20034$   
 $Q = 0.10006$   
 $K_h = 6.035 \text{ cm/sec}$   
 $3.275 \text{ cm/min}$   
 $6.035 \text{ m/sec}$   
 $1.458 \text{ m/day}$   
 $5.215 \text{ cm/day}$

$\phi_m = 1.575 \text{ cm}^2/\text{min}$



Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where R is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s),  $K_h$  is soil saturated hydraulic conductivity (cm/s),  $\phi_m$  is soil matrix flux potential (cm<sup>2</sup>/s),  $\alpha$  is macroscopic capillary length parameter (from Table 2),  $\alpha$  is borehole radius (cm),  $H_1$  is the first head of water established in borehole (cm),  $H_2$  is the second head of water established in borehole (cm) and  $C_{1a}$  and  $C_{2a}$  are shape factors (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	One Head, Inner Reservoir	Two Head, Combined Reservoir	Two Head, Inner Reservoir
$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 35.22$	$Q_1 = \bar{R}_1 \times 2.16$
$Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$	$Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$Q_2 = \bar{R}_2 \times 35.22$	$Q_2 = \bar{R}_2 \times 2.16$
$K_h = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \alpha^2 C_1 + 2\pi \left( \frac{H_1}{r_a} \right)^2}$	$K_h = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \alpha^2 C_1 + 2\pi \left( \frac{H_1}{r_a} \right)^2}$	$K_h = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \alpha^2 C_1 + 2\pi \left( \frac{H_1}{r_a} \right)^2}$	$K_h = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \alpha^2 C_1 + 2\pi \left( \frac{H_1}{r_a} \right)^2}$
$\phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \alpha^2 C_1 + 2\pi \left( \frac{H_1}{r_a} \right)^2}$	$\phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \alpha^2 C_1 + 2\pi \left( \frac{H_1}{r_a} \right)^2}$	$\phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \alpha^2 C_1 + 2\pi \left( \frac{H_1}{r_a} \right)^2}$	$\phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \alpha^2 C_1 + 2\pi \left( \frac{H_1}{r_a} \right)^2}$
$G_1 = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \alpha^2 C_1 + 2\pi \left( \frac{H_1}{r_a} \right)^2}$	$G_1 = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \alpha^2 C_1 + 2\pi \left( \frac{H_1}{r_a} \right)^2}$	$G_1 = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \alpha^2 C_1 + 2\pi \left( \frac{H_1}{r_a} \right)^2}$	$G_1 = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \alpha^2 C_1 + 2\pi \left( \frac{H_1}{r_a} \right)^2}$
$G_2 = \frac{C_2 \times Q_2}{2\pi H_2^2 + \alpha^2 C_2 + 2\pi \left( \frac{H_2}{r_a} \right)^2}$	$G_2 = \frac{C_2 \times Q_2}{2\pi H_2^2 + \alpha^2 C_2 + 2\pi \left( \frac{H_2}{r_a} \right)^2}$	$G_2 = \frac{C_2 \times Q_2}{2\pi H_2^2 + \alpha^2 C_2 + 2\pi \left( \frac{H_2}{r_a} \right)^2}$	$G_2 = \frac{C_2 \times Q_2}{2\pi H_2^2 + \alpha^2 C_2 + 2\pi \left( \frac{H_2}{r_a} \right)^2}$
$G_3 = \frac{C_3 \times Q_3}{2\pi H_3^2 + \alpha^2 C_3 + 2\pi \left( \frac{H_3}{r_a} \right)^2}$	$G_3 = \frac{C_3 \times Q_3}{2\pi H_3^2 + \alpha^2 C_3 + 2\pi \left( \frac{H_3}{r_a} \right)^2}$	$G_3 = \frac{C_3 \times Q_3}{2\pi H_3^2 + \alpha^2 C_3 + 2\pi \left( \frac{H_3}{r_a} \right)^2}$	$G_3 = \frac{C_3 \times Q_3}{2\pi H_3^2 + \alpha^2 C_3 + 2\pi \left( \frac{H_3}{r_a} \right)^2}$
$G_4 = \frac{C_4 \times Q_4}{2\pi H_4^2 + \alpha^2 C_4 + 2\pi \left( \frac{H_4}{r_a} \right)^2}$	$G_4 = \frac{C_4 \times Q_4}{2\pi H_4^2 + \alpha^2 C_4 + 2\pi \left( \frac{H_4}{r_a} \right)^2}$	$G_4 = \frac{C_4 \times Q_4}{2\pi H_4^2 + \alpha^2 C_4 + 2\pi \left( \frac{H_4}{r_a} \right)^2}$	$G_4 = \frac{C_4 \times Q_4}{2\pi H_4^2 + \alpha^2 C_4 + 2\pi \left( \frac{H_4}{r_a} \right)^2}$

## Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in  $cm^2$   
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**  
Enter the first water Head Height (" $H_1$ " in cm): **5**  
Enter the second water Head Height (" $H_2$ " in cm): **10**  
Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): **3**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **2**

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.

Res Type: 35.22  
H1/A: 1.66667  
H2/A: 3.33333  
C1-001: 0.808855  
C1-001: 1.21841  
C1-004: 0.842059  
C2-004: 1.20034  
C1-012: 0.808855  
C2-012: 1.287543  
C1-036: 0.808855  
C2-036: 1.287543  
G-Denominator: 1515.068

Steady State Rate of Water Level Change (" $R$ " in cm/min): **0.1179**  
Steady State Rate of Water Level Change (" $R_2$ " in cm/min): **0.052073**  
 $Q_1 = 0.052073$   
 $Q_2 = 0.109059$   
 $C_1 = 0.82059$   
 $C_2 = 1.20034$

$\alpha^* = 0.04 \text{ cm}^{-1}$   
 $C = 0.82059$   
 $Q = 0.068207$   
 $K_h = 6.035 \text{ cm/sec}$   
 $3.275 \text{ cm/min}$   
 $6.035 \text{ m/sec}$   
 $1.458 \text{ m/day}$   
 $5.215 \text{ cm/day}$

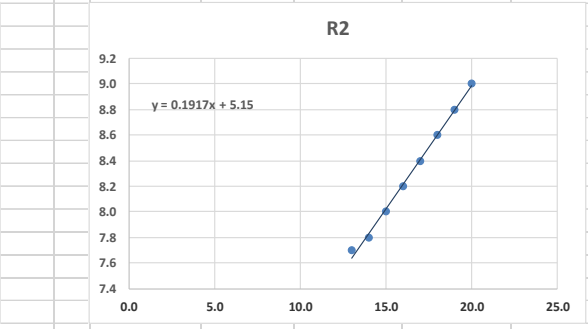
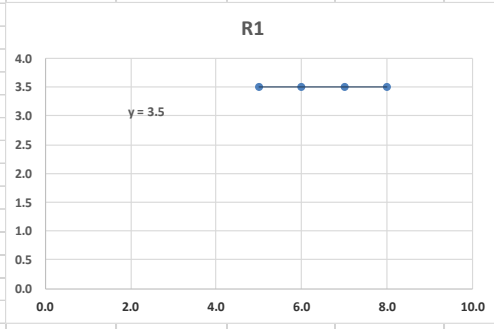
Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*$ (cm <sup>-1</sup> )	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)} \right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{1.992 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.683}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{1.992 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.74}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.	0.36	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.74}$ $C_2 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$

Single Head Average Sorptivity = **0.056 (cm min<sup>-0.5</sup>)**  
Double Head Average Sorptivity = **0.0278 (cm min<sup>-0.5</sup>)**

Proyecto:	Caracterización Hidrogeológica Microcuenca Río Colón			HOJA DE CAMPO: PRUEBAS PERMEÁMETRO DE GUELPH	
Departamento:	La Libertad				
Municipio:	Colón	Cantón/Caserío:		Ctón. Entre Ríos	
Coordenadas Geográficas Lambert			Responsable:	Adiel Molina	
N (m):	291039	13.740867	E (m):	455633	-89.410200
Elev. (msnm):	480				

Nivel del agua en el agujero/carga H1 (cm)= 5.0					R1	Nivel del agua en el agujero/carga H2 (cm)= 10.0					R2
Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua		Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua	
min	min	cm	cm	0.00		min	min	cm	cm	0.19	
1.0		3.5				9.0		7.5			
2.0	1.0	3.5	0.0	0.0		10.0	1.0	7.5	0.0	0.0	
3.0	1.0	3.5	0.0	0.0		11.0	1.0	7.5	0.0	0.0	
4.0	1.0	3.5	0.0	0.0		12.0	1.0	7.5	0.0	0.0	
5.0	1.0	3.5	0.0	0.0		13.0	1.0	7.7	0.2	0.2	
6.0	1.0	3.5	0.0	0.0		14.0	1.0	7.8	0.1	0.1	
7.0	1.0	3.5	0.0	0.0		15.0	1.0	8.0	0.2	0.2	
8.0	1.0	3.5	0.0	0.0		16.0	1.0	8.2	0.2	0.2	
						17.0	1.0	8.4	0.2	0.2	
						18.0	1.0	8.6	0.2	0.2	
						19.0	1.0	8.8	0.2	0.2	
						20.0	1.0	9.0	0.2	0.2	

Descripción del entorno y suelo / Observaciones: **Suelo alterado en superficie, humedad media, presencia de líticos y arcillas**  
**Miembro Qf Fm. Sn. Salvador, Uso suelo Tejido urbano**







# SOLMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

Input  
Result

## Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(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): **3**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **2**  
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.

Res Type: 35.22  
H: 5  
a: 3  
H/a: 1.667  
a<sup>2</sup>: 9  
C0.01: 0.869  
C0.1: 0.862  
C0.12: 0.863  
C0.2: 0.862  
C: 0.862  
R: 0.009  
pi: 3.142

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.0000**  
alpha\* = **0.04** cm<sup>-1</sup>  
C = **0.862059**  
Q = **0**  
Ks = **0.00500** cm/sec  
Ks = **0.00500** cm/min  
Ks = **0.00500** m/sec  
Ks = **0.00500** m/min  
Ks = **0.00500** m/day  
alpha\_m = **0.00500** cm<sup>2</sup>/min

Calculation formulas related to shape factors (C). Where H<sub>1</sub> is the first water head height (cm), H<sub>2</sub> is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and/or macroscopic capillary length parameter which is divided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C<sub>1</sub> needs to be calculated while for two-head method, C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> are calculated (Zeng et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	alpha* (cm <sup>-1</sup> )	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	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{1.992 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.683}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{1.992 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.74}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.784}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.	0.36	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.74}$ $C_2 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.784}$

## Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(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): **3**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **2**  
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.

Res Type: 35.22  
H: 10  
a: 3  
H/a: 3.33333  
a<sup>2</sup>: 9  
C0.01: 1.22641  
C0.1: 1.22634  
C0.12: 1.22654  
C0.2: 1.22643  
C: 1.22634  
R: 0.009  
pi: 3.1415

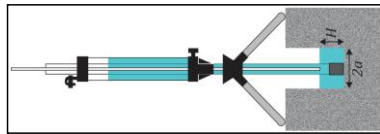
Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.1917**  
alpha\* = **0.06** cm<sup>-1</sup>  
C = **1.226234**  
Q = **0.122628**  
Ks = **6.49505** cm/sec  
Ks = **6.49505** cm/min  
Ks = **6.49505** m/sec  
Ks = **6.49505** m/min  
Ks = **6.49505** m/day  
alpha\_m = **1.62503** cm<sup>2</sup>/min

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<sub>s</sub> is soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), alpha\_m is soil matrix flux potential (cm<sup>2</sup>/s), a is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H<sub>1</sub> is the first head of water established in borehole (cm), H<sub>2</sub> is the second head of water established in borehole (cm) and C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	One Head, Inner Reservoir	Two Head, Combined Reservoir	Two Head, Inner Reservoir
$Q_1 = R_1 \times 35.22$	$Q_1 = R_1 \times 2.16$	$Q_1 = R_1 \times 35.22$	$Q_1 = R_1 \times 2.16$
$Q_2 = R_2 \times 2.16$	$Q_2 = R_2 \times 35.22$	$Q_2 = R_2 \times 35.22$	$Q_2 = R_2 \times 2.16$
$K_{s2} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \frac{H_1^2}{a}}$	$\phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1) a^2 + 2\pi H_1}$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$	$G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$
$K_{s2} = G_2 Q_2 - G_1 Q_1$	$G_3 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_2}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$	$G_4 = \frac{(2H_2^2 + a^2 C_2) C_1}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$	$G_5 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_2}{2\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$
$G_6 = G_5 Q_1 - G_4 Q_2$	$\phi_m = G_5 Q_1 - G_6 Q_2$		

## Average

K<sub>s</sub> = **3.25E-05** cm/sec  
**1.95E-07** cm/min  
**3.25E-07** m/s  
**7.67E-04** m/day  
**2.81E-02** inch/day  
alpha\_m = **8.12E-04** cm<sup>2</sup>/min



## Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(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): **3**

Enter the soil texture-structure category (enter one of the below numbers): **2**

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.

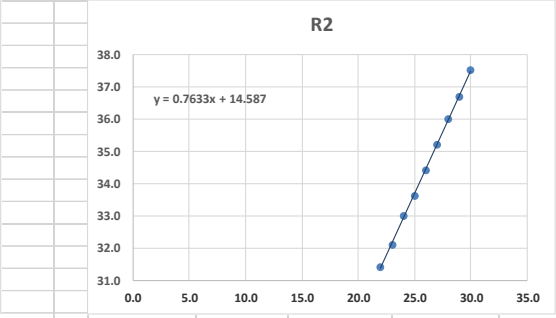
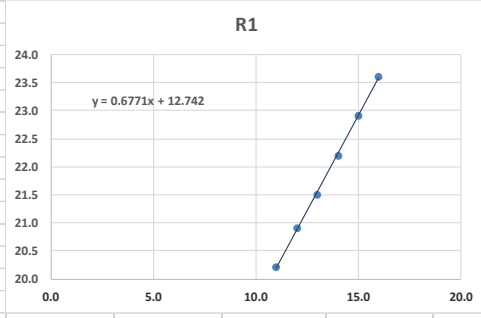
alpha\* = **0.04** cm<sup>-1</sup>  
Q = **-0.1737**  
Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): **0.0000**  
Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **0.1917**  
Q<sub>1</sub> = **0**  
Q<sub>2</sub> = **0.112529**  
C<sub>1</sub> = **0.84205852**  
C<sub>2</sub> = **1.25024432**  
G<sub>1</sub> = **0.00557884**  
G<sub>2</sub> = **0.00423608**  
G<sub>3</sub> = **0.0080588**  
G<sub>4</sub> = **0.02451683**  
K<sub>s1</sub> = **4.78E-04** cm/sec  
**2.87E-02** cm/min  
**4.78E-06** m/sec  
**1.13E-02** m/day  
**4.16E-01** inch/day  
alpha\_m = **-2.76E-03** cm<sup>2</sup>/min  
theta = **0.65** cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>  
theta = **0.4** cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>

Res Type: 35.22  
H1/a: 1.66667  
H2/a: 3.33333  
C1-0.01: 0.808855  
C1-0.01: 1.21841  
C1-0.04: 0.842059  
C2-0.04: 1.250234  
C1-0.12: 0.808554  
C2-0.12: 1.287543  
C1-0.36: 0.808554  
C2-0.36: 1.287543  
G-Denominator: 1515.068  
Serpacity =  $\frac{R1 \text{ (cm min}^{-1}\text{)}}{R2 \text{ (cm min}^{-1}\text{)}}$   
Single Head Average Serpacity = **0.0001**

Proyecto:	Caracterización Hidrogeológica Microcuenca Río Colón			HOJA DE CAMPO: PRUEBAS PERMEÁMETRO DE GUELPH	
Departamento:	La Libertad				
Municipio:	Colón		Cantón/Caserío:	Ctón. Lourdes	
Coordenadas Geográficas Lambert			Responsable:	Adiel Molina	
N (m):	289592	13.727839	E (m):	460961	-89.360945
Elev. (msnm):	565				

Nivel del agua en el agujero/carga H1 (cm)= 5.0					R1	Nivel del agua en el agujero/carga H2 (cm)= 10.0					R2
Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua		Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua	
min	min	cm	cm	0.68		min	min			0.76	
1.0		12.5				17.0		28.0			
2.0	1.0	13.4	0.9	0.9		18.0	1.0	28.4	0.4	0.4	
3.0	1.0	14.4	1.0	1.0		19.0	1.0	29.0	0.6	0.6	
4.0	1.0	15.4	1.0	1.0		20.0	1.0	29.8	0.8	0.8	
5.0	1.0	16.2	0.8	0.8		21.0	1.0	30.7	0.9	0.9	
6.0	1.0	16.9	0.7	0.7		22.0	1.0	31.4	0.7	0.7	
7.0	1.0	17.6	0.7	0.7		23.0	1.0	32.1	0.7	0.7	
8.0	1.0	18.2	0.6	0.6		24.0	1.0	33.0	0.9	0.9	
9.0	1.0	18.9	0.7	0.7		25.0	1.0	33.6	0.6	0.6	
10.0	1.0	19.5	0.6	0.6		26.0	1.0	34.4	0.8	0.8	
11.0	1.0	20.2	0.7	0.7		27.0	1.0	35.2	0.8	0.8	
12.0	1.0	20.9	0.7	0.7		28.0	1.0	36.0	0.8	0.8	
13.0	1.0	21.5	0.6	0.6		29.0	1.0	36.7	0.7	0.7	
14.0	1.0	22.2	0.7	0.7		30.0	1.0	37.5	0.8	0.8	
15.0	1.0	22.9	0.7	0.7							
16.0	1.0	23.6	0.7	0.7							

Descripción del entorno y suelo / Observaciones: **Suelo bien desarrollado, levemente húmedo**  
**Miembro sSc Fm. Sn. Salvador, Uso suelo áreas verdes dentro de tejido urbano**





# SOLMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

## Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(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): **3**

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.

Res Type: 35.22

H: 5  
a: 3  
H/a: 1.667  
a<sup>2</sup>: 9  
C: 0.893154  
Q: 0.397458

K<sub>s</sub> = **7.32E-04 cm/sec**  
4.3E-04 cm/min  
7.32E-06 m/sec  
1.71E-02 inch/min  
6.24E-01 m/day

α\* = **0.12 cm<sup>-1</sup>**  
C = **0.893154**  
Q = **0.397458**

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.6771**

φ<sub>m</sub> = **0.02E-03 cm<sup>2</sup>/min**

Calculate formulas related to shape factor (S). Where H<sub>1</sub> is the first water head height (cm), H<sub>2</sub> is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and/or macroscopic capillary length factor which is divided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C<sub>1</sub> needs to be calculated while for two-head method, C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> are calculated (Zeng et al, 1998).

Soil Texture-Structure Category	α* (cm <sup>-1</sup> )	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	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{1.992 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.683}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{1.992 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.74}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.784}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.	0.36	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.74}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.784}$

## Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(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): **3**

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.

Res Type: 35.22

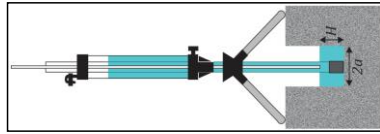
H: 10  
a: 3  
H/a: 3.33333  
a<sup>2</sup>: 9  
C: 1.182543  
Q: 0.448857

K<sub>s</sub> = **4.85E-04 cm/sec**  
2.91E-04 cm/min  
4.85E-06 m/sec  
1.15E-02 inch/min  
4.19E-01 m/day

α\* = **0.12 cm<sup>-1</sup>**  
C = **1.182543**  
Q = **0.448857**

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.7633**

φ<sub>m</sub> = **4.05E-03 cm<sup>2</sup>/min**



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<sub>s</sub> is soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), φ<sub>m</sub> is soil matrix flux potential (cm<sup>2</sup>/s), a is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is Borehole radius (cm), H<sub>1</sub> is the first head of water established in borehole (cm), H<sub>2</sub> is the second head of water established in borehole (cm) and C<sub>1</sub> Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	One Head, Inner Reservoir	Two Head, Combined Reservoir	Two Head, Inner Reservoir
Q <sub>1</sub> = R <sub>1</sub> × 35.22	Q <sub>1</sub> = R <sub>1</sub> × 2.16	Q <sub>1</sub> = R <sub>1</sub> × 35.22	Q <sub>1</sub> = R <sub>1</sub> × 2.16
Q <sub>2</sub> = R <sub>2</sub> × 2.16	Q <sub>2</sub> = R <sub>2</sub> × 35.22	Q <sub>2</sub> = R <sub>2</sub> × 35.22	Q <sub>2</sub> = R <sub>2</sub> × 2.16
$K_s = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1 + 2\pi \frac{H_1^2}{a}}$	$\phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a^2 C_1) \alpha^* + 2\pi \frac{H_1^2}{a}}$	$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$	$G_2 = \frac{H_2 C_2}{\pi(2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$
$K_s = G_1 Q_2 - G_2 Q_1$	$G_3 = \frac{2\pi(H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_2}$	$G_3 = \frac{2\pi(H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_2}$	$G_4 = \frac{2\pi(H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_2}$
$\phi_m = G_3 Q_1 - G_4 Q_2$	$\phi_m = G_3 Q_1 - G_4 Q_2$	$\phi_m = G_3 Q_1 - G_4 Q_2$	$\phi_m = G_3 Q_1 - G_4 Q_2$

## Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**

Enter the first water Head Height ("H<sub>1</sub>" in cm): **5**

Enter the second water Head Height ("H<sub>2</sub>" in cm): **10**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **3**

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.

Res Type: 35.22

H<sub>1</sub>/a: 1.66667  
H<sub>2</sub>/a: 3.33333  
C<sub>1</sub>-0.01: 0.893855  
C<sub>1</sub>-0.01: 1.21841  
C<sub>1</sub>-0.04: 0.842059  
C<sub>2</sub>-0.04: 1.290234  
C<sub>2</sub>-0.12: 0.802554  
C<sub>2</sub>-0.12: 1.287543  
C<sub>2</sub>-0.36: 0.802554  
C<sub>2</sub>-0.36: 1.287543  
G-Denominator: 1525.087

Steady State Rate of Water Level Change ("R<sub>1</sub>" in cm/min): **0.6771**

Steady State Rate of Water Level Change ("R<sub>2</sub>" in cm/min): **0.8933**

Q<sub>1</sub> = **0.397457**

Q<sub>2</sub> = **0.448857**

C<sub>1</sub> = **0.893154257**

C<sub>2</sub> = **1.28742759**

G<sub>1</sub> = **0.00556424**

G<sub>2</sub> = **0.004219551**

G<sub>3</sub> = **0.05569298**

G<sub>4</sub> = **0.02447811**

K<sub>s</sub> = **2.02E-04 cm/sec**  
1.21E-02 cm/min  
2.02E-06 m/sec  
4.9E-03 inch/min  
1.7E-01 m/day

φ<sub>m</sub> = **1.13E-02 cm<sup>2</sup>/min**

θ<sub>1</sub> = **0.65 cm<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>**

θ<sub>2</sub> = **0.4 cm<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>**

Scapillary = **0.0732 (cm min<sup>-2</sup>)**

Single Head Average Sorptivity = **0.0866 (cm min<sup>-2</sup>)**

Proyecto:	Caracterización Hidrogeológica Microcuenca Río Colón				HOJA DE CAMPO: PRUEBAS PERMEÁMETRO DE GUELPH						
Departamento:	San Salvador										
Municipio:	San Salvador		Cantón/Caserío:		Edificio Administrativo ANDA						
Coordenadas Geográficas Lambert			Responsable:		Adiel Molina						
N (m):	288645	13.719468	E (m):	477660	-89.206533						
Elev. (msnm):	700										
Nivel del agua en el agujero/carga H1 (cm)=			5.5		R1		Nivel del agua en el agujero/carga H2 (cm)=			R2	
Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua	Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua		
min	min	cm	cm	1.13	min	min					
1.0		18.4			22.0	1.0	51.2	1.1	1.1		
2.0	1.0	21.0	2.6	2.6	23.0	1.0	52.5	1.3	1.3		
3.0	1.0	23.0	2.0	2.0	24.0	1.0	54.0	1.5	1.5		
4.0	1.0	25.0	2.0	2.0	25.0	1.0	55.0	1.0	1.0		
5.0	1.0	27.0	2.0	2.0	26.0	1.0	56.3	1.3	1.3		
6.0	1.0	28.5	1.5	1.5	27.0	1.0	57.5	1.2	1.2		
7.0	1.0	30.2	1.7	1.7	28.0	1.0	59.0	1.5	1.5		
8.0	1.0	31.7	1.5	1.5	29.0	1.0	60.0	1.0	1.0		
9.0	1.0	34.0	2.3	2.3	30.0	1.0	61.0	1.0	1.0		
10.0	1.0	35.0	1.0	1.0	31.0	1.0	62.3	1.3	1.3		
11.0	1.0	36.5	1.5	1.5	32.0	1.0	63.5	1.2	1.2		
12.0	1.0	38.0	1.5	1.5	33.0	1.0	65.0	1.5	1.5		
13.0	1.0	39.3	1.3	1.3	34.0	1.0	66.0	1.0	1.0		
14.0	1.0	40.6	1.3	1.3	35.0	1.0	67.0	1.0	1.0		
15.0	1.0	42.2	1.6	1.6	36.0	1.0	68.3	1.3	1.3		
16.0	1.0	43.2	1.0	1.0	37.0	1.0	69.0	0.7	0.7		
17.0	1.0	44.7	1.5	1.5	38.0	1.0	70.5	1.5	1.5		
18.0	1.0	46.2	1.5	1.5	39.0	1.0	71.4	0.9	0.9		
19.0	1.0	47.3	1.1	1.1	40.0	1.0	73.0	1.6	1.6		
20.0	1.0	48.7	1.4	1.4	41.0	1.0	74.0	1.0	1.0		
21.0	1.0	50.1	1.4	1.4	42.0	1.0	75.0	1.0	1.0		
Descripción del entorno y suelo / Observaciones:				Suelo bien desarrollado, levemente húmedo							
				Miembro s4 Fm. Sn. Salvador, Uso suelo Áreas verdes dentro de Tejido urbano							
R1											

### Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
 (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):

Enter water Head Height (" $H_1$ " in cm):

Enter the Borehole Radius (" $r_0$ " in cm):

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

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.

Res Type: 35.22  
 H: 5.5  
 a: 3  
 W/G: 1.932  
 $\beta^*$ : 0.04  
 C: 0.89438  
 Q: 0.664643  
 C<sub>01</sub>: 0.858  
 C<sub>04</sub>: 0.894  
 C<sub>012</sub>: 0.858  
 C<sub>036</sub>: 0.858  
 C: 0.894  
 R: 1.132  
 Q: 0.665  
 pi: 3.142

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

$\alpha^*$  =   $\text{cm}^{-1}$   
 C =   
 Q =   
 K<sub>s</sub> =  cm/sec  
 3.98E-02 m/sec  
 1.98E-02 inch/min  
 4.76E-01 m/day

$\phi_m$  =   $\text{cm}^2/\text{min}$

### Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
 (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):

Enter water Head Height (" $H_1$ " in cm):

Enter the Borehole Radius (" $r_0$ " in cm):

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

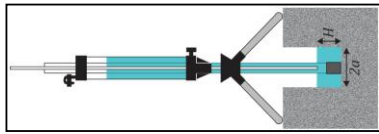
1. Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.
2. Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.
3. Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured 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.

Res Type: 35.22  
 H: 0  
 a: 3  
 W/G: 0  
 $\beta^*$ : 0  
 C = 0  
 Q = 0  
 C<sub>01</sub>: 0  
 C<sub>04</sub>: 0  
 C<sub>012</sub>: 0  
 C<sub>036</sub>: 0  
 C: 0  
 R: 0.020  
 Q: 0  
 pi: 3.1415

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

$\alpha^*$  =   $\text{cm}^{-1}$   
 C =   
 Q =   
 K<sub>s</sub> =  cm/sec  
 3.98E-02 m/sec  
 1.98E-02 inch/min  
 4.76E-01 m/day

$\phi_m$  =   $\text{cm}^2/\text{min}$



### Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
 (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir):

Enter the first water Head Height (" $H_1$ " in cm):

Enter the second water Head Height (" $H_2$ " in cm):

Enter the Borehole Radius (" $r_0$ " in cm):

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

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.

Res Type: 35.22  
 H1/G: 0  
 H2/G: 0  
 C1-0.01: 0  
 C1-0.04: 0  
 C1-0.042: 0  
 C1-0.044: 0  
 C1-0.12: 0  
 C1-0.122: 0  
 C1-0.124: 0  
 C1-0.36: 0  
 C2-0.36: 0  
 G-Denominator: 0

Steady State Rate of Water Level Change (" $R_1$ " in cm/min):

Steady State Rate of Water Level Change (" $R_2$ " in cm/min):

Q<sub>1</sub> =   
 Q<sub>2</sub> =   
 C<sub>1</sub> =   
 C<sub>2</sub> =   
 G<sub>1</sub> =   
 G<sub>2</sub> =   
 G<sub>3</sub> =   
 G<sub>4</sub> =

K<sub>s</sub> =  cm/sec  
 cm/min  
 m/sec  
 inch/min  
 m/day

$\phi_m$  =   $\text{cm}^2/\text{min}$

$\Theta_1$  =   $\text{cm}^2/\text{cm}^2$   
 $\Theta_2$  =   $\text{cm}^2/\text{cm}^2$

Sorptivity =   $\text{cm}/\text{min}^{-0.5}$   
  $\text{cm}/\text{min}^{-0.5}$

### Average

K<sub>s</sub> =  cm/sec  
 cm/min  
 m/s  
 inch/min  
 m/day

$\phi_m$  =   $\text{cm}^2/\text{min}$

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H<sub>1</sub> is the first water head height (cm), H<sub>2</sub> is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and  $\alpha^*$  is macroscopic 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, C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> are calculated (Zang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	$\alpha^*$ (cm <sup>-1</sup> )	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	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{1.992 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.689}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{1.992 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.689}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.794}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.794}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macro pores, etc.	0.36	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.794}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.794}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where  $R$  is steady-state rate of fall of water in reservoir (cm/s),  $R_1$  is Soil saturated hydraulic conductivity (cm/s),  $\phi_m$  is Soil matrix flux potential (cm<sup>2</sup>/s),  $\alpha^*$  is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2),  $a$  is Borehole radius (cm),  $H_1$  is the first head of water established in borehole (cm),  $H_2$  is the second head of water established in borehole (cm) and C is Shape factor (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	One Head, Inner Reservoir	Two Head, Combined Reservoir	Two Head, Inner Reservoir
Q <sub>1</sub> = $R_1 \times 35.22$ Q <sub>2</sub> = $R_2 \times 2.16$	Q <sub>1</sub> = $R_1 \times 35.22$ Q <sub>2</sub> = $R_2 \times 2.16$	Q <sub>1</sub> = $R_1 \times 35.22$ Q <sub>2</sub> = $R_2 \times 2.16$	Q <sub>1</sub> = $R_1 \times 2.16$ Q <sub>2</sub> = $R_2 \times 2.16$
$K_{s1} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi \alpha^* C_1 + 2\pi \left( \frac{H_1}{a} \right)^2}$ $\phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi \alpha^* C_1 + 2\pi \left( \frac{H_1}{a} \right)^2}$	$K_{s1} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi \alpha^* C_1 + 2\pi \left( \frac{H_1}{a} \right)^2}$ $\phi_m = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi \alpha^* C_1 + 2\pi \left( \frac{H_1}{a} \right)^2}$	$G_1 = \frac{\pi(2H_1(H_2 - H_1) + \alpha^*(H_1 C_2 - H_2 C_1))}{2\pi(2H_1(H_2 - H_1) + \alpha^*(H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{2\pi(2H_1(H_2 - H_1) + \alpha^*(H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $K_{s1} = G_1 Q_1 - G_2 Q_2$ $G_3 = \frac{(2H_1^2 + \alpha^* C_2) C_1}{2\pi(2H_1(H_2 - H_1) + \alpha^*(H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + \alpha^* C_2) C_2}{2\pi(2H_1(H_2 - H_1) + \alpha^*(H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $\phi_m = G_3 Q_1 - G_4 Q_2$	$G_1 = \frac{\pi(2H_1(H_2 - H_1) + \alpha^*(H_1 C_2 - H_2 C_1))}{2\pi(2H_1(H_2 - H_1) + \alpha^*(H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_2 = \frac{H_1 C_2}{2\pi(2H_1(H_2 - H_1) + \alpha^*(H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $K_{s1} = G_1 Q_1 - G_2 Q_2$ $G_3 = \frac{(2H_1^2 + \alpha^* C_2) C_1}{2\pi(2H_1(H_2 - H_1) + \alpha^*(H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_4 = \frac{(2H_1^2 + \alpha^* C_2) C_2}{2\pi(2H_1(H_2 - H_1) + \alpha^*(H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $\phi_m = G_3 Q_1 - G_4 Q_2$





# SOILMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

## Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **2.16**

Enter water Head Height ("H" in cm): **15**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **3**

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.

Res Type: 2.16  
H: 15  
a: 3  
H/a: 5  
a<sup>2</sup>: 9  
C0.01: 1.538  
C0.05: 1.659  
C0.15: 1.697  
C: 1.697  
K<sub>s</sub>: **2.67E-06** cm/sec  
K<sub>s</sub>: **1.67E-07** cm/min  
K<sub>s</sub>: **2.57E-07** m/sec  
K<sub>s</sub>: **6.31E-04** m/day  
Q: 0.008  
phi: 3.1415

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **1.0000**

alpha\* = **0.12** cm<sup>-1</sup>  
C = **1.668893**  
Q = **0.006**

K<sub>s</sub> = **2.67E-06** cm/sec  
K<sub>s</sub> = **1.67E-07** cm/min  
K<sub>s</sub> = **2.57E-07** m/sec  
K<sub>s</sub> = **6.31E-04** m/day  
Q = 0.008  
phi = 3.1415

Calculate the formulas related to shape factors (C). Where H<sub>1</sub> is the first water head height (cm), H<sub>2</sub> is the second water head height (cm), a is borehole radius (cm) and/or macroscopic capillary length factor which is divided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C<sub>1</sub> needs to be calculated while for two-head method, C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> are calculated (Zeng et al, 1998).

Soil Texture-Structure Category	alpha* (cm <sup>-1</sup> )	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	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{1.992 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.683}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{1.992 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.683}$
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, macropores, etc.	0.36	$C_1 = \left( \frac{H_1/a}{2.074 + 0.093(H_1/a)} \right)^{0.754}$ $C_2 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)} \right)^{0.754}$

## Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**

Enter water Head Height ("H" in cm): **3**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **3**

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.

Res Type: 35.22  
H: 0  
a: 3  
H/a: 0  
a<sup>2</sup>: 9  
C0.01: 0  
C0.05: 0  
C0.15: 0  
C: 0  
K<sub>s</sub> = **#DIV/0!** cm/sec  
K<sub>s</sub> = **#DIV/0!** cm/min  
K<sub>s</sub> = **#DIV/0!** m/sec  
K<sub>s</sub> = **#DIV/0!** m/day  
Q = 0  
phi: 3.1415

Steady State Rate of Water Level Change ("R" in cm/min): **0.12**

alpha\* = **0.12** cm<sup>-1</sup>  
C = **0**  
Q = **0**

K<sub>s</sub> = **#DIV/0!** cm/sec  
K<sub>s</sub> = **#DIV/0!** cm/min  
K<sub>s</sub> = **#DIV/0!** m/sec  
K<sub>s</sub> = **#DIV/0!** m/day  
Q = 0  
phi = 3.1415

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<sub>s</sub> is soil saturated hydraulic conductivity (cm/s), phi<sub>m</sub> is soil matrix flux potential (cm<sup>2</sup>/s), a' is macroscopic capillary length parameter (from Table 2), a is borehole radius (cm), H<sub>1</sub> is the first head of water established in borehole (cm), H<sub>2</sub> is the second head of water established in borehole (cm) and C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> are calculated (from Table 2).

One Head, Combined Reservoir	One Head, Inner Reservoir	Two Head, Combined Reservoir	Two Head, Inner Reservoir
Q <sub>1</sub> = R <sub>1</sub> × 35.22 Q <sub>2</sub> = R <sub>2</sub> × 2.16	Q <sub>1</sub> = R <sub>1</sub> × 2.16 Q <sub>2</sub> = R <sub>2</sub> × 2.16	Q <sub>1</sub> = R <sub>1</sub> × 35.22 Q <sub>2</sub> = R <sub>2</sub> × 35.22	Q <sub>1</sub> = R <sub>1</sub> × 2.16 Q <sub>2</sub> = R <sub>2</sub> × 2.16
$K_{fz} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a'^2 C_1 + 2\pi \left( \frac{H_1}{a} \right)}$ $\phi_{m1} = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a'^2 C_1) a' + 2\pi H_1}$	$K_{fz} = \frac{C_1 \times Q_1}{2\pi H_1^2 + \pi a'^2 C_1 + 2\pi \left( \frac{H_1}{a} \right)}$ $\phi_{m1} = \frac{C_1 \times Q_1}{(2\pi H_1^2 + \pi a'^2 C_1) a' + 2\pi H_1}$	$G_1 = \frac{H_1 C_1}{\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a'^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_2 = \frac{H_2 C_2}{\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a'^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $K_{fz} = G_1 Q_1 - G_2 Q_2$ $G_3 = \frac{2\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a'^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}{(2H_1^2 + a'^2 C_1)}$ $G_4 = \frac{2\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a'^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}{(2H_2^2 + a'^2 C_2)}$ $\phi_{m2} = G_3 Q_1 - G_4 Q_2$	$G_1 = \frac{H_1 C_1}{\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a'^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $G_2 = \frac{H_2 C_2}{\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a'^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$ $K_{fz} = G_1 Q_1 - G_2 Q_2$ $G_3 = \frac{2\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a'^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}{(2H_1^2 + a'^2 C_1)}$ $G_4 = \frac{2\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a'^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}{(2H_2^2 + a'^2 C_2)}$ $\phi_{m2} = G_3 Q_1 - G_4 Q_2$

## Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**

Enter the first water Head Height ("H1" in cm): **3**

Enter the second water Head Height ("H2" in cm): **3**

Enter the Borehole Radius ("a" in cm): **3**

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.

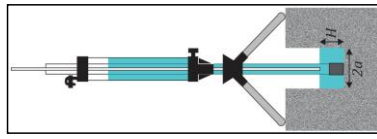
Res Type: 35.22  
H1/a: 0  
H2/a: 0  
C1-0.01: 0  
C1-0.05: 0  
C1-0.15: 0  
C2-0.04: 0  
C2-0.12: 0  
C2-0.36: 0  
C2-0.36: 0  
G-Denominator: 0

Steady State Rate of Water Level Change ("R1" in cm/min): **0.12**

Steady State Rate of Water Level Change ("R2" in cm/min): **#DIV/0!**

Q<sub>1</sub> = **0**  
Q<sub>2</sub> = **0**  
C<sub>1</sub> = **0**  
C<sub>2</sub> = **0**  
G<sub>1</sub> = **#DIV/0!**  
G<sub>2</sub> = **#DIV/0!**  
G<sub>3</sub> = **#DIV/0!**  
G<sub>4</sub> = **#DIV/0!**  
K<sub>fz</sub> = **#DIV/0!** cm/sec  
K<sub>fz</sub> = **#DIV/0!** cm/min  
K<sub>fz</sub> = **#DIV/0!** m/sec  
K<sub>fz</sub> = **#DIV/0!** m/day  
phi<sub>m1</sub> = **#DIV/0!** cm<sup>2</sup>/min  
phi<sub>m2</sub> = **0.65** cm<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>  
phi<sub>m3</sub> = **0.4** cm<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>

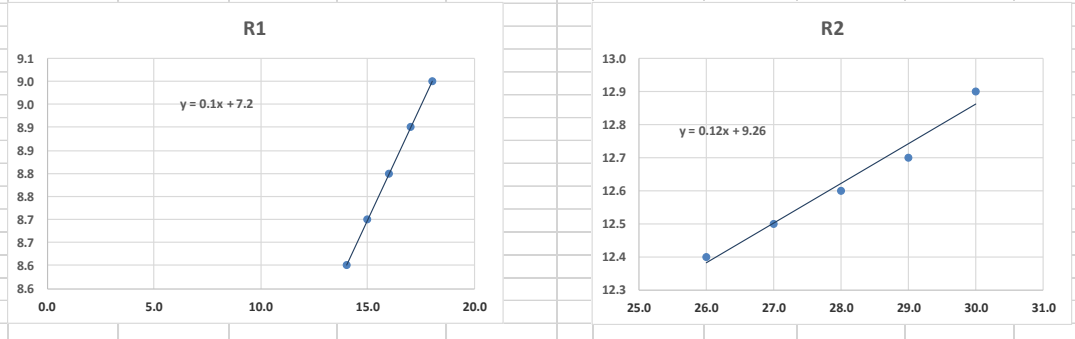
Scalptivity = **#DIV/0!** (cm min<sup>-2</sup>)  
Single Head Average Sorptivity = **#DIV/0!** (cm min<sup>-2</sup>)



Proyecto:	Caracterización Hidrogeológica Microcuenca Río Colón			HOJA DE CAMPO: PRUEBAS PERMEÁMETRO DE GUELPH	
Departamento:	San Salvador				
Municipio:	San Salvador	Cantón/Caserío:	Edificio CFI-ANDA		
Coordenadas Geográficas Lambert			Responsable:	Adiel Molina	
N (m):	288669	13.719667	E (m):	475877	-89.223000
Elev. (msnm):	763				

Nivel del agua en el agujero/carga H1 (cm)= 5.0					R1	Nivel del agua en el agujero/carga H2 (cm)= 9.0					R2
Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua		Tiempo	Intervalo de tiempo	Nivel del agua en reservorio	Cambio del Nivel del Agua	Tasa de cambio de Nivel del Agua	
min	min	cm	cm	0.10		min	min	cm	cm	0.13	
1.0		7.7				19.0		11.7			
2.0	1.0	7.7	0.0	0.0		20.0	1.0	11.8	0.1	0.1	
3.0	1.0	7.7	0.0	0.0		21.0	1.0	11.8	0.0	0.0	
4.0	1.0	7.7	0.0	0.0		22.0	1.0	11.9	0.1	0.1	
5.0	1.0	7.8	0.1	0.1		23.0	1.0	12.0	0.1	0.1	
6.0	1.0	7.9	0.1	0.1		24.0	1.0	12.0	0.0	0.0	
7.0	1.0	8.0	0.1	0.1		25.0	1.0	12.2	0.2	0.2	
8.0	1.0	8.1	0.1	0.1		26.0	1.0	12.4	0.2	0.2	
9.0	1.0	8.2	0.1	0.1		27.0	1.0	12.5	0.1	0.1	
10.0	1.0	8.3	0.1	0.1		28.0	1.0	12.6	0.1	0.1	
11.0	1.0	8.4	0.1	0.1		29.0	1.0	12.7	0.1	0.1	
12.0	1.0	8.5	0.1	0.1		30.0	1.0	12.9	0.2	0.2	
13.0	1.0	8.5	0.0	0.0							
14.0	1.0	8.6	0.1	0.1							
15.0	1.0	8.7	0.1	0.1							
16.0	1.0	8.8	0.1	0.1							
17.0	1.0	8.9	0.1	0.1							
18.0	1.0	9.0	0.1	0.1							

Descripción del entorno y suelo / Observaciones: **Suelo bien desarrollado, humedad media**  
**Miembro s3a Fm. Sn. Salvador, Uso suelo Áreas verdes dentro de Tejido urbano**







# SOILMOISTURE Guelph Permeameter Calculations

Input  
Result

## Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**  
Enter water Head Height (" $H_1$ " in cm): **5**  
Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): **3**

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  $\text{cm}/\text{min}$ ): **0.1000**

Res Type: 35.22

H 5

r 3

H/a 1.667

r/a 0.133

C0.01 1.69763

C0.04 1.71108

C0.12 1.80011

C0.36 1.80011

C 0.603

C 0.603

Q 0.059

Q 0.075468

pi 3.1415

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$

$C = 0.603154$

$Q = 0.0587$

$K_h = 1.07504 \text{ cm}/\text{sec}$

$5.24505 \text{ cm}/\text{min}$

$1.07504 \text{ m}/\text{sec}$

$2.51508 \text{ m}/\text{min}$

$9.23504 \text{ m}/\text{day}$

$\Phi_m = 8.95604 \text{ cm}^2/\text{min}$

## Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**  
Enter water Head Height (" $H_1$ " in cm): **9**  
Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): **3**

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  $\text{cm}/\text{min}$ ): **0.12616**

Res Type: 35.22

H 9

r 3

H/a 3

r/a 0.133

C0.01 1.147563

C0.04 1.16108

C0.12 1.20011

C0.36 1.20011

C 0.603

C 0.603

Q 0.059

Q 0.075468

pi 3.1415

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$

$C = 1.20011$

$Q = 0.075468$

$K_h = 8.94605 \text{ cm}/\text{sec}$

$5.24505 \text{ cm}/\text{min}$

$8.94605 \text{ m}/\text{sec}$

$2.11508 \text{ m}/\text{min}$

$7.72504 \text{ m}/\text{day}$

$\Phi_m = 7.48504 \text{ cm}^2/\text{min}$

## Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in  $\text{cm}^2$   
(enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner reservoir): **35.22**  
Enter the first water Head Height (" $H_1$ " in cm): **5**  
Enter the second water Head Height (" $H_2$ " in cm): **9**

Enter the Borehole Radius (" $r_a$ " in cm): **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 (" $R_1$ " in  $\text{cm}/\text{min}$ ): **0.1000**

Steady State Rate of Water Level Change (" $R_2$ " in  $\text{cm}/\text{min}$ ): **0.12616**

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$

$Q = 0.0587$

$Q_1 = 0.0587$

$Q_2 = 0.075468$

$C_1 = 0.603154257$

$C_2 = 1.201006839$

$G_1 = 0.006539328$

$G_2 = 0.0054773$

$G_3 = 0.065297357$

$G_4 = 0.031545795$

$K_h = 2.65605 \text{ cm}/\text{sec}$

$1.36803 \text{ cm}/\text{min}$

$2.65605 \text{ m}/\text{sec}$

$0.25604 \text{ inch}/\text{min}$

$2.29602 \text{ m}/\text{day}$

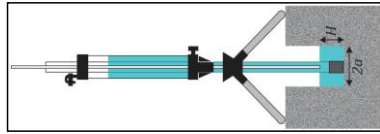
$\Phi_m = 1.35603 \text{ cm}^2/\text{min}$

$\Theta_1 = 0.65$

$\Theta_2 = 0.4$

Scarpity = **0.036** ( $\text{cm}/\text{min}^{-2}$ )

Single Head Average Scarpity = **0.026** ( $\text{cm}/\text{min}^{-2}$ )



Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where  $R$  is steady-state rate of fall of water in reservoir ( $\text{cm}/\text{s}$ ),  $K_h$  is Soil saturated hydraulic conductivity ( $\text{cm}/\text{s}$ ),  $\Phi_m$  is Soil matrix flux potential ( $\text{cm}^2/\text{s}$ ),  $\alpha^*$  is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2),  $r_a$  is Borehole radius ( $\text{cm}$ ),  $H_1$  is the first head of water established in borehole ( $\text{cm}$ ),  $H_2$  is the second head of water established in borehole ( $\text{cm}$ ) and  $C_{1a}$  Shape factor (from Table 2).

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	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)^{0.672}} \right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{1.992 + 0.093(H_2/a)^{0.683}} \right)^{0.683}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{1.992 + 0.093(H_2/a)^{0.683}} \right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)^{0.74}} \right)^{0.74}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)^{0.74}} \right)^{0.74}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.	0.36	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)^{0.74}} \right)^{0.74}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)^{0.74}} \right)^{0.74}$

Calculation formulas related to one-head and two-head methods. Where  $R$  is steady-state rate of fall of water in reservoir ( $\text{cm}/\text{s}$ ),  $K_h$  is Soil saturated hydraulic conductivity ( $\text{cm}/\text{s}$ ),  $\Phi_m$  is Soil matrix flux potential ( $\text{cm}^2/\text{s}$ ),  $\alpha^*$  is Macroscopic capillary length parameter (from Table 2),  $r_a$  is Borehole radius ( $\text{cm}$ ),  $H_1$  is the first head of water established in borehole ( $\text{cm}$ ),  $H_2$  is the second head of water established in borehole ( $\text{cm}$ ) and  $C_{1a}$  Shape factor (from Table 2).

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	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{2.081 + 0.121(H_2/a)^{0.672}} \right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{1.992 + 0.093(H_2/a)^{0.683}} \right)^{0.683}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{1.992 + 0.093(H_2/a)^{0.683}} \right)^{0.683}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)^{0.74}} \right)^{0.74}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)^{0.74}} \right)^{0.74}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.	0.36	$C_1 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)^{0.74}} \right)^{0.74}$
		$C_2 = \left( \frac{H_2/a}{2.074 + 0.093(H_2/a)^{0.74}} \right)^{0.74}$





# Guelph Permeameter Calculations

## Single Head Method (1)

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
 (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner Reservoir):

Enter the first water head height (H<sub>1</sub>) in cm:

Enter the second water head height (H<sub>2</sub>) in cm:

Enter the Borehole Radius (r) in cm:

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

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.

Res Type: 35.22  
 H: 5  
 h: 3

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$   
**C = 0.803154**  
**Q = 1.7779**

$K_h = 2.335 \text{ cm}^3/\text{sec}$   
**2.335-03 cm<sup>3</sup>/sec**  
**2.335-03 inch<sup>3</sup>/min**  
**2.00E+00 m<sup>3</sup>/day**

$\Phi_m = 1.93E-02 \text{ cm}^3/\text{min}$

Calculation formulas related to shape factor (C). Where H<sub>1</sub> is the first water head height (cm), H<sub>2</sub> is the second water head height (cm), or a 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 C<sub>1</sub> result to be calculated while for two-head method, C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> are calculated (Zhang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α* (cm <sup>-1</sup> )	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left( \frac{H_1/H_2}{2.081 + 0.121(H_1/H_2)} \right)^{0.672}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left( \frac{H_1/H_2}{1.992 + 0.091(H_1/H_2)} \right)^{0.689}$
		$C_2 = \left( \frac{H_1/H_2}{1.992 + 0.091(H_1/H_2)} \right)^{0.544}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left( \frac{H_1/H_2}{2.074 + 0.093(H_1/H_2)} \right)^{0.734}$
		$C_2 = \left( \frac{H_1/H_2}{2.074 + 0.093(H_1/H_2)} \right)^{0.544}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.	0.36	$C_1 = \left( \frac{H_1/H_2}{2.074 + 0.093(H_1/H_2)} \right)^{0.734}$
		$C_2 = \left( \frac{H_1/H_2}{2.074 + 0.093(H_1/H_2)} \right)^{0.544}$

## Single Head Method (2)

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
 (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner Reservoir):

Enter the first water head height (H<sub>1</sub>) in cm:

Enter the Borehole Radius (r) in cm:

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

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.

Res Type: 35.22  
 H: 5  
 h: 3

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$   
**C = 1.287543**  
**Q = 2.40083**

$K_h = 2.695 \text{ cm}^3/\text{sec}$   
**2.695-03 cm<sup>3</sup>/sec**  
**2.695-03 inch<sup>3</sup>/min**  
**2.25E+00 m<sup>3</sup>/day**

$\Phi_m = 2.17E-02 \text{ cm}^3/\text{min}$

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<sub>h</sub> is Soil Headed Hydraulic Conductivity (cm/s), α\* is macroscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C<sub>1</sub> result to be calculated while for two-head method, C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> are calculated (Zhang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α* (cm <sup>-1</sup> )	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left( \frac{H_1/H_2}{2.081 + 0.121(H_1/H_2)} \right)^{0.672}$
		$C_2 = \left( \frac{H_1/H_2}{2.081 + 0.121(H_1/H_2)} \right)^{0.544}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left( \frac{H_1/H_2}{1.992 + 0.091(H_1/H_2)} \right)^{0.689}$
		$C_2 = \left( \frac{H_1/H_2}{1.992 + 0.091(H_1/H_2)} \right)^{0.544}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left( \frac{H_1/H_2}{2.074 + 0.093(H_1/H_2)} \right)^{0.734}$
		$C_2 = \left( \frac{H_1/H_2}{2.074 + 0.093(H_1/H_2)} \right)^{0.544}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.	0.36	$C_1 = \left( \frac{H_1/H_2}{2.074 + 0.093(H_1/H_2)} \right)^{0.734}$
		$C_2 = \left( \frac{H_1/H_2}{2.074 + 0.093(H_1/H_2)} \right)^{0.544}$

## Double Head Method

Reservoir Cross-sectional area in cm<sup>2</sup>  
 (enter "35.22" for Combined and "2.16" for Inner Reservoir):

Enter the first water head height (H<sub>1</sub>) in cm:

Enter the second water head height (H<sub>2</sub>) in cm:

Enter the Borehole Radius (r) in cm:

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

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.

Res Type: 35.22  
 H1: 5  
 H2: 10  
 r: 3

$\alpha^* = 0.12 \text{ cm}^{-1}$   
**C = 0.3562**  
**Q = 2.7000**

$K_h = 1.27379$   
**1.27379**

$\Phi_m = 2.40083$   
**2.40083**

$C_1 = 0.80315427$   
**0.80315427**

$C_2 = 1.28754279$   
**1.28754279**

$G_1 = 0.005264214$   
**0.005264214**

$G_2 = 0.004219551$   
**0.004219551**

$G_3 = 0.005992198$   
**0.005992198**

$G_4 = 0.004478111$   
**0.004478111**

$K_h = 3.03E-03 \text{ cm}^3/\text{sec}$   
**3.03E-03 cm<sup>3</sup>/sec**  
**3.03E-03 inch<sup>3</sup>/min**  
**2.96E+00 m<sup>3</sup>/day**

$\Phi_m = 1.93E-02 \text{ cm}^3/\text{min}$   
**1.93E-02 cm<sup>3</sup>/min**  
**1.93E-02 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>**  
**0.4**

Steady State Rate of Water Level Change (H<sub>1</sub>) in cm/min:  
**2.7000**

Steady State Rate of Water Level Change (H<sub>2</sub>) in cm/min:  
**0.6580**

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<sub>h</sub> is Soil Headed Hydraulic Conductivity (cm/s), α\* is macroscopic capillary length factor which is decided according to the soil texture-structure category. For one-head method, only C<sub>1</sub> result to be calculated while for two-head method, C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> are calculated (Zhang et al., 1998).

Soil Texture-Structure Category	α* (cm <sup>-1</sup> )	Shape Factor
Compacted, Structure-less, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01	$C_1 = \left( \frac{H_1/H_2}{2.081 + 0.121(H_1/H_2)} \right)^{0.672}$
		$C_2 = \left( \frac{H_1/H_2}{2.081 + 0.121(H_1/H_2)} \right)^{0.544}$
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04	$C_1 = \left( \frac{H_1/H_2}{1.992 + 0.091(H_1/H_2)} \right)^{0.689}$
		$C_2 = \left( \frac{H_1/H_2}{1.992 + 0.091(H_1/H_2)} \right)^{0.544}$
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12	$C_1 = \left( \frac{H_1/H_2}{2.074 + 0.093(H_1/H_2)} \right)^{0.734}$
		$C_2 = \left( \frac{H_1/H_2}{2.074 + 0.093(H_1/H_2)} \right)^{0.544}$
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.	0.36	$C_1 = \left( \frac{H_1/H_2}{2.074 + 0.093(H_1/H_2)} \right)^{0.734}$
		$C_2 = \left( \frac{H_1/H_2}{2.074 + 0.093(H_1/H_2)} \right)^{0.544}$

## 7. REGISTRO DE CÁLCULOS PARA EL BH DE SCHOSINSKY.

BALANCE HIDRICO DE SUELOS															
Gunther Schosinsky															
Zona de Estudio:	s3'a Café														
Fecha:	9/7/2021														
Textura de Suelo:	Franco-Arenoso														
Simbología															
fc: Capacidad de Infiltración.							P: Precipitación Media Mensual.								
I: Infiltración.							Pi: Precipitación que infiltra.								
CC: Capacidad de Campo.							ESC: Escorrentía Superficial								
PM: Punto de Marchitez.							ETP: Evapotranspiración Potencial.								
PR: Profundidad de Raíces.							ETR: Evapotranspiración Real.								
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.							HSI: Humedad de Suelo Inicial.								
DS: Densidad de Suelo.							HD: Humedad Disponible								
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR							HSf: Humedad de Suelo Final.								
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR							DCC: Déficit de Capacidad de Campo.								
Kp: Factor por pendiente ( ver léame)							Rp: Recarga Potencial								
Kv: Factor por vegetación ( ver léame)							NR: Necesidad de Riego.								
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración							Ret: Retención de Iluvia								
fc [mm/d]	4424.02														
Kp [0.01%]	0.06														
Kv [0.01%]	0.19														
Kfc [0.01%]	1						por peso (%) (mm)								
I [0.01%] =	1						CC		14.00					25.20	
DS (g/cm³):	1.50						PM		6.00					10.80	
PR (mm)	120.00						(CC-PM)		8.00					14.40	
HSi (mm)	25.20														
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11														
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.20														
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total		
P (mm)	6.00	2.00	15.00	55.00	175.00	310.00	312.00	341.00	325.00	179.00	35.00	10.00	1765.00	final de mes	
Ret [mm]	5.00	2.00	5.00	11.00	35.00	62.00	62.40	68.20	65.00	35.80	7.00	5.00	363.40	final de mes	
Pi (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	140.00	248.00	249.60	272.80	260.00	143.20	28.00	5.00	1401.60	final de mes	
ESC (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	final de mes	
ETP (mm)	125.00	129.00	157.00	160.00	153.00	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	121.00	119.00	1673.00	final de mes	
HSi (mm)	10.80	10.80	10.80	10.80	10.80	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	10.80		inicio de mes	
C1	0.07	0.00	0.69	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.35		final de mes antes de ETR	
C2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00		final de mes despues de ETR	
HD (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	140.00	262.40	264.00	287.20	274.40	157.60	42.40	5.00		final de mes antes de ETR	
ETR (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	76.50	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	42.40	5.00	887.90	final de mes	
HSf (mm)	10.80	10.80	10.80	10.80	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	25.20	10.80	10.80		final de mes	
DCC (mm)	14.40	14.40	14.40	14.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.40	14.40		final de mes	
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	49.10	106.00	95.60	122.80	128.00	12.20	0.00	0.00	513.70	final de mes	
NR (mm)	138.40	143.40	161.40	130.40	76.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	93.00	128.40	871.50	final de mes	

BALANCE HIDRICO DE SUELOS														
Gunther Schosinsky														
Zona de Estudio:	b1 Café													
Fecha:	28/5/2021													
Textura de Suelo:	Franco-Arcilloso													
Simbología														
fc: Capacidad de Infiltración.							P: Precipitación Media Mensual.							
I: Infiltración.							Pi: Precipitación que infiltra.							
CC: Capacidad de Campo.							ESC: Escorrentía Superficial							
PM: Punto de Marchitez.							ETP: Evapotranspiración Potencial.							
PR: Profundidad de Raíces.							ETR: Evapotranspiración Real.							
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.							HSi: Humedad de Suelo Inicial.							
DS: Densidad de Suelo.							HD: Humedad Disponible							
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR							HSF: Humedad de Suelo Final.							
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR							DCC: Déficit de Capacidad de Campo.							
Kp: Factor por pendiente ( ver léame)							Rp: Recarga Potencial							
Kv: Factor por vegetación ( ver léame)							NR: Necesidad de Riego.							
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración							Ret: Retención de Iluvia							
fc [mm/d]	2013.89													
Kp [0.01%]	0.06													
Kv [0.01%]	0.19													
Kfc [0.01%]	1						por peso (%)							
I [0.01%] =	1						CC		27.00 54.68					
DS (g/cm³):	1.35						PM		13.00 26.33					
PR (mm)	150.00						(CC-PM)		14.00 28.35					
HSi (mm)	54.68													
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11													
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.20													
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	
P (mm)	6.00	2.00	15.00	55.00	175.00	310.00	312.00	341.00	325.00	179.00	35.00	10.00	1765.00	final de mes
Ret [mm]	5.00	2.00	5.00	11.00	35.00	62.00	62.40	68.20	65.00	35.80	7.00	5.00	363.40	final de mes
Pi (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	140.00	248.00	249.60	272.80	260.00	143.20	28.00	5.00	1401.60	final de mes
ESC (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	final de mes
ETP (mm)	125.00	129.00	157.00	160.00	153.00	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	121.00	119.00	1673.00	final de mes
HSi (mm)	26.33	26.33	26.33	26.33	26.33	54.68	54.68	54.68	54.68	54.68	54.68	26.33		inicio de mes
C1	0.04	0.00	0.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.18		final de mes antes de ETR
C2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00		final de mes despues de ETR
HD (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	140.00	276.35	277.95	301.15	288.35	171.55	56.35	5.00		final de mes antes de ETR
ETR (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	76.50	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	56.35	5.00	901.85	final de mes
HSf (mm)	26.33	26.33	26.33	26.33	54.68	54.68	54.68	54.68	54.68	54.68	26.33	26.33		final de mes
DCC (mm)	28.35	28.35	28.35	28.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.35	28.35		final de mes
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	35.15	106.00	95.60	122.80	128.00	12.20	0.00	0.00	499.75	final de mes
NR (mm)	152.35	157.35	175.35	144.35	76.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	93.00	142.35	941.25	final de mes

BALANCE HIDRICO DE SUELOS														
Gunther Schosinsky														
Zona de Estudio:	c1 Café													
Fecha:	27/5/2021													
Textura de Suelo:	Franco													
Simbología														
fc: Capacidad de Infiltración.							P: Precipitación Media Mensual.							
I: Infiltración.							Pi: Precipitación que infiltra.							
CC: Capacidad de Campo.							ESC: Escorrentía Superficial							
PM: Punto de Marchitez.							ETP: Evapotranspiración Potencial.							
PR: Profundidad de Raíces.							ETR: Evapotranspiración Real.							
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.							HSi: Humedad de Suelo Inicial.							
DS: Densidad de Suelo.							HD: Humedad Disponible							
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR							HSF: Humedad de Suelo Final.							
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR							DCC: Déficit de Capacidad de Campo.							
Kp: Factor por pendiente ( ver léame)							Rp: Recarga Potencial							
Kv: Factor por vegetación ( ver léame)							NR: Necesidad de Riego.							
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración							Ret: Retención de Iluvia							
fc [mm/d]														1254.54
Kp [0.01%]														0.06
Kv [0.01%]														0.19
Kfc [0.01%]														0.988719
I [0.01%] =														1
DS (g/cm³):														1.43
PR (mm)														120.00
HSi (mm)														37.62
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?														11
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12														0.20

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	
P (mm)	6.00	2.00	15.00	55.00	175.00	310.00	312.00	341.00	325.00	179.00	35.00	10.00	1765.00	final de mes
Ret [mm]	5.00	2.00	5.00	11.00	35.00	62.00	62.40	68.20	65.00	35.80	7.00	5.00	363.40	final de mes
Pi (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	140.00	248.00	249.60	272.80	260.00	143.20	28.00	5.00	1401.60	final de mes
ESC (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	final de mes
ETP (mm)	125.00	129.00	157.00	160.00	153.00	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	121.00	119.00	1673.00	final de mes
HSi (mm)	17.10	17.10	17.10	17.10	17.10	37.62	37.62	37.62	37.62	37.62	37.62	17.10		inicio de mes
C1	0.05	0.00	0.49	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.24		final de mes antes de ETR
C2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00		final de mes despues de ETR
HD (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	140.00	268.52	270.12	293.32	280.52	163.72	48.52	5.00		final de mes antes de ETR
ETR (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	76.50	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	48.52	5.00	894.02	final de mes
HSf (mm)	17.10	17.10	17.10	17.10	37.62	37.62	37.62	37.62	37.62	37.62	17.10	17.10		final de mes
DCC (mm)	20.52	20.52	20.52	20.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.52	20.52		final de mes
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	42.98	106.00	95.60	122.80	128.00	12.20	0.00	0.00	507.58	final de mes
NR (mm)	144.52	149.52	167.52	136.52	76.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	93.00	134.52	902.10	final de mes

BALANCE HIDRICO DE SUELOS														
Gunther Schosinsky														
Zona de Estudio:	s5'c Café													
Fecha:	10/6/2021													
Textura de Suelo:	Arenoso													
Simbología														
fc: Capacidad de Infiltración.	P: Precipitación Media Mensual.													
I: Infiltración.	Pi: Precipitación que infiltra.													
CC: Capacidad de Campo.	ESC: Escorrentía Superficial													
PM: Punto de Marchitez.	ETP: Evapotranspiración Potencial.													
PR: Profundidad de Raíces.	ETR: Evapotranspiración Real.													
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.	HSi: Humedad de Suelo Inicial.													
DS: Densidad de Suelo.	HD: Humedad Disponible													
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR	HSF: Humedad de Suelo Final.													
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR	DCC: Déficit de Capacidad de Campo.													
Kp: Factor por pendiente ( ver léame)	Rp: Recarga Potencial													
Kv: Factor por vegetación ( ver léame)	NR: Necesidad de Riego.													
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración	Ret: Retención de Iluvia													
fc [mm/d]	2517.33													
Kp [0.01%]	0.06													
Kv [0.01%]	0.19													
Kfc [0.01%]	1													
I [0.01%] =	1													
DS (g/cm³):	1.68													
PR (mm)	150.00													
HSi (mm)	22.61													
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11													
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.20													
	por peso (%) (mm)													
	CC 9.00 22.61													
	PM 4.00 10.05													
	(CC-PM) 5.00 12.56													
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	
P (mm)	6.00	2.00	15.00	55.00	175.00	310.00	312.00	341.00	325.00	179.00	35.00	10.00	1765.00	final de mes
Ret (mm)	5.00	2.00	5.00	11.00	35.00	62.00	62.40	68.20	65.00	35.80	7.00	5.00	363.40	final de mes
Pi (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	140.00	248.00	249.60	272.80	260.00	143.20	28.00	5.00	1401.60	final de mes
ESC (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	final de mes
ETP (mm)	125.00	129.00	157.00	160.00	153.00	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	121.00	119.00	1673.00	final de mes
HSi (mm)	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	22.61	22.61	22.61	22.61	22.61	22.61	10.05		inicio de mes
C1	0.08	0.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.40		final de mes antes de ETR
C2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00		final de mes despues de ETR
HD (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	140.00	260.56	262.16	285.36	272.56	155.76	40.56	5.00		final de mes antes de ETR
ETR (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	76.50	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	40.56	5.00	886.06	final de mes
HSf (mm)	10.05	10.05	10.05	10.05	22.61	22.61	22.61	22.61	22.61	22.61	10.05	10.05		final de mes
DCC (mm)	12.56	12.56	12.56	12.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.56	12.56		final de mes
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	50.94	106.00	95.60	122.80	128.00	12.20	0.00	0.00	515.54	final de mes
NR (mm)	136.56	141.56	159.56	128.56	76.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	93.00	126.56	862.31	final de mes

BALANCE HIDRICO DE SUELOS														
Gunther Schosinsky														
Zona de Estudio:	b3 Café													
Fecha:	27/5/2021													
Textura de Suelo:	Franco													
Simbología														
fc: Capacidad de Infiltración.							P: Precipitación Media Mensual.							
I: Infiltración.							Pi: Precipitación que infiltra.							
CC: Capacidad de Campo.							ESC: Escorrentía Superficial							
PM: Punto de Marchitez.							ETP: Evapotranspiración Potencial.							
PR: Profundidad de Raíces.							ETR: Evapotranspiración Real.							
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.							HSi: Humedad de Suelo Inicial.							
DS: Densidad de Suelo.							HD: Humedad Disponible							
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR							HSF: Humedad de Suelo Final.							
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR							DCC: Déficit de Capacidad de Campo.							
Kp: Factor por pendiente ( ver léame)							Rp: Recarga Potencial							
Kv: Factor por vegetación ( ver léame)							NR: Necesidad de Riego.							
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración							Ret: Retención de Iluvia							
fc [mm/d]	5200.00													
Kp [0.01%]	0.06													
Kv [0.01%]	0.19													
Kfc [0.01%]	1						por peso (%)							
I [0.01%] =	1						CC		22.00 47.19					
DS (g/cm³):	1.43						PM		10.00 21.45					
PR (mm)	150.00						(CC-PM)		12.00 25.74					
HSi (mm)	47.19													
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11													
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.20													
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	
P (mm)	6.00	2.00	15.00	55.00	175.00	310.00	312.00	341.00	325.00	179.00	35.00	10.00	1765.00	final de mes
Ret [mm]	5.00	2.00	5.00	11.00	35.00	62.00	62.40	68.20	65.00	35.80	7.00	5.00	363.40	final de mes
Pi (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	140.00	248.00	249.60	272.80	260.00	143.20	28.00	5.00	1401.60	final de mes
ESC (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	final de mes
ETP (mm)	125.00	129.00	157.00	160.00	153.00	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	121.00	119.00	1673.00	final de mes
HSi (mm)	21.45	21.45	21.45	21.45	21.45	47.19	47.19	47.19	47.19	47.19	47.19	21.45		inicio de mes
C1	0.04	0.00	0.39	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.19		final de mes antes de ETR
C2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00		final de mes despues de ETR
HD (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	140.00	273.74	275.34	298.54	285.74	168.94	53.74	5.00		final de mes antes de ETR
ETR (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	76.50	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	53.74	5.00	899.24	final de mes
HSf (mm)	21.45	21.45	21.45	21.45	47.19	47.19	47.19	47.19	47.19	47.19	21.45	21.45		final de mes
DCC (mm)	25.74	25.74	25.74	25.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.74	25.74		final de mes
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	37.76	106.00	95.60	122.80	128.00	12.20	0.00	0.00	502.36	final de mes
NR (mm)	149.74	154.74	172.74	141.74	76.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	93.00	139.74	928.20	final de mes



BALANCE HIDRICO DE SUELOS														
Gunther Schosinsky														
Zona de Estudio:	c3 Café													
Fecha:	27/5/2021													
Textura de Suelo:	Franco-Arcilloso													
Simbología														
fc: Capacidad de Infiltración.							P: Precipitación Media Mensual.							
I: Infiltración.							Pi: Precipitación que infiltra.							
CC: Capacidad de Campo.							ESC: Escorrentía Superficial							
PM: Punto de Marchitez.							ETP: Evapotranspiración Potencial.							
PR: Profundidad de Raíces.							ETR: Evapotranspiración Real.							
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.							HSi: Humedad de Suelo Inicial.							
DS: Densidad de Suelo.							HD: Humedad Disponible							
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR							HSF: Humedad de Suelo Final.							
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR							DCC: Déficit de Capacidad de Campo.							
Kp: Factor por pendiente ( ver léame)							Rp: Recarga Potencial							
Kv: Factor por vegetación ( ver léame)							NR: Necesidad de Riego.							
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración							Ret: Retención de Iluvia							
fc [mm/d]	1370.54													
Kp [0.01%]	0.06													
Kv [0.01%]	0.19													
Kfc [0.01%]	0.994467						por peso (%)							
I [0.01%] =	1						CC	27.00	54.68					
DS (g/cm³):	1.35						PM	13.00	26.33					
PR (mm)	150.00						(CC-PM)	14.00	28.35					
HSi (mm)	54.68													
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11													
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.20													
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	
P (mm)	6.00	2.00	15.00	55.00	175.00	310.00	312.00	341.00	325.00	179.00	35.00	10.00	1765.00	final de mes
Ret [mm]	5.00	2.00	5.00	11.00	35.00	62.00	62.40	68.20	65.00	35.80	7.00	5.00	363.40	final de mes
Pi (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	140.00	248.00	249.60	272.80	260.00	143.20	28.00	5.00	1401.60	final de mes
ESC (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	final de mes
ETP (mm)	125.00	129.00	157.00	160.00	153.00	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	121.00	119.00	1673.00	final de mes
HSi (mm)	26.33	26.33	26.33	26.33	26.33	54.68	54.68	54.68	54.68	54.68	54.68	26.33		inicio de mes
C1	0.04	0.00	0.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.18		final de mes antes de ETR
C2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00		final de mes despues de ETR
HD (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	140.00	276.35	277.95	301.15	288.35	171.55	56.35	5.00		final de mes antes de ETR
ETR (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	76.50	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	56.35	5.00	901.85	final de mes
HSf (mm)	26.33	26.33	26.33	26.33	54.68	54.68	54.68	54.68	54.68	54.68	26.33	26.33		final de mes
DCC (mm)	28.35	28.35	28.35	28.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.35	28.35		final de mes
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	35.15	106.00	95.60	122.80	128.00	12.20	0.00	0.00	499.75	final de mes
NR (mm)	152.35	157.35	175.35	144.35	76.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	93.00	142.35	941.25	final de mes

BALANCE HIDRICO DE SUELOS														
Gunther Schosinsky														
Zona de Estudio:	s2 Café													
Fecha:	18/6/2021													
Textura de Suelo:	Franco-Arenoso													
Simbología														
fc: Capacidad de Infiltración.							P: Precipitación Media Mensual.							
I: Infiltración.							Pi: Precipitación que infiltra.							
CC: Capacidad de Campo.							ESC: Escorrentía Superficial							
PM: Punto de Marchitez.							ETP: Evapotranspiración Potencial.							
PR: Profundidad de Raíces.							ETR: Evapotranspiración Real.							
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.							HSi: Humedad de Suelo Inicial.							
DS: Densidad de Suelo.							HD: Humedad Disponible							
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR							HSF: Humedad de Suelo Final.							
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR							DCC: Déficit de Capacidad de Campo.							
Kp: Factor por pendiente ( ver léame)							Rp: Recarga Potencial							
Kv: Factor por vegetación ( ver léame)							NR: Necesidad de Riego.							
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración							Ret: Retención de Iluvia							
fc [mm/d]	2861.28													
Kp [0.01%]	0.06													
Kv [0.01%]	0.19													
Kfc [0.01%]	1						por peso (%)							
I [0.01%] =	1						CC		14.00		31.50			
DS (g/cm³):	1.50						PM		6.00		13.50			
PR (mm)	150.00						(CC-PM)		8.00		18.00			
HSi (mm)	31.50													
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11													
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.20													
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	
P (mm)	6.00	2.00	15.00	55.00	175.00	310.00	312.00	341.00	325.00	179.00	35.00	10.00	1765.00	final de mes
Ret [mm]	5.00	2.00	5.00	11.00	35.00	62.00	62.40	68.20	65.00	35.80	7.00	5.00	363.40	final de mes
Pi (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	140.00	248.00	249.60	272.80	260.00	143.20	28.00	5.00	1401.60	final de mes
ESC (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	final de mes
ETP (mm)	125.00	129.00	157.00	160.00	153.00	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	121.00	119.00	1673.00	final de mes
HSi (mm)	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	31.50	31.50	31.50	31.50	31.50	31.50	13.50		inicio de mes
C1	0.06	0.00	0.56	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.28		final de mes antes de ETR
C2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00		final de mes despues de ETR
HD (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	140.00	266.00	267.60	290.80	278.00	161.20	46.00	5.00		final de mes antes de ETR
ETR (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	76.50	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	46.00	5.00	891.50	final de mes
HSf (mm)	13.50	13.50	13.50	13.50	31.50	31.50	31.50	31.50	31.50	31.50	13.50	13.50		final de mes
DCC (mm)	18.00	18.00	18.00	18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.00	18.00		final de mes
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	45.50	106.00	95.60	122.80	128.00	12.20	0.00	0.00	510.10	final de mes
NR (mm)	142.00	147.00	165.00	134.00	76.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	93.00	132.00	889.50	final de mes

BALANCE HIDRICO DE SUELOS														
Gunther Schosinsky														
Zona de Estudio:	s4 Café													
Fecha:	18/6/2021													
Textura de Suelo:	Franco													
Simbología														
fc: Capacidad de Infiltración.	P: Precipitación Media Mensual.													
I: Infiltración.	Pi: Precipitación que infiltra.													
CC: Capacidad de Campo.	ESC: Escorrentía Superficial													
PM: Punto de Marchitez.	ETP: Evapotranspiración Potencial.													
PR: Profundidad de Raíces.	ETR: Evapotranspiración Real.													
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.	HSi: Humedad de Suelo Inicial.													
DS: Densidad de Suelo.	HD: Humedad Disponible													
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR	HSF: Humedad de Suelo Final.													
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR	DCC: Déficit de Capacidad de Campo.													
Kp: Factor por pendiente ( ver léame)	Rp: Recarga Potencial													
Kv: Factor por vegetación ( ver léame)	NR: Necesidad de Riego.													
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración	Ret: Retención de Iluvia													
fc [mm/d]	3443.89													
Kp [0.01%]	0.07													
Kv [0.01%]	0.19													
Kfc [0.01%]	1													
I [0.01%] =	1													
DS (g/cm³):	1.43													
PR (mm)	120.00													
HSi (mm)	37.75													
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11													
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.20													
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	
P (mm)	6.00	2.00	15.00	55.00	175.00	310.00	312.00	341.00	325.00	179.00	35.00	10.00	1765.00	final de mes
Ret [mm]	5.00	2.00	5.00	11.00	35.00	62.00	62.40	68.20	65.00	35.80	7.00	5.00	363.40	final de mes
Pi (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	140.00	248.00	249.60	272.80	260.00	143.20	28.00	5.00	1401.60	final de mes
ESC (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	final de mes
ETP (mm)	125.00	129.00	157.00	160.00	153.00	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	121.00	119.00	1673.00	final de mes
HSi (mm)	17.16	17.16	17.16	17.16	17.16	37.75	37.75	37.75	37.75	37.75	37.75	17.16		inicio de mes
C1	0.05	0.00	0.49	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.24		final de mes antes de ETR
C2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00		final de mes despues de ETR
HD (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	140.00	268.59	270.19	293.39	280.59	163.79	48.59	5.00		final de mes antes de ETR
ETR (mm)	1.00	0.00	10.00	44.00	76.50	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	48.59	5.00	894.09	final de mes
HSf (mm)	17.16	17.16	17.16	17.16	37.75	37.75	37.75	37.75	37.75	37.75	17.16	17.16		final de mes
DCC (mm)	20.59	20.59	20.59	20.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.59	20.59		final de mes
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	42.91	106.00	95.60	122.80	128.00	12.20	0.00	0.00	507.51	final de mes
NR (mm)	144.59	149.59	167.59	136.59	76.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	93.00	134.59	902.46	final de mes

BALANCE HIDRICO DE SUELOS														
Gunther Schosinsky														
Zona de Estudio:	Qf Caña de azúcar													
Fecha:	14/7/2021													
Textura de Suelo:	Arenoso													
Simbología														
fc: Capacidad de Infiltración.							P: Precipitación Media Mensual.							
I: Infiltración.							Pi: Precipitación que infiltra.							
CC: Capacidad de Campo.							ESC: Escorrentía Superficial							
PM: Punto de Marchitez.							ETP: Evapotranspiración Potencial.							
PR: Profundidad de Raíces.							ETR: Evapotranspiración Real.							
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.							HSi: Humedad de Suelo Inicial.							
DS: Densidad de Suelo.							HD: Humedad Disponible							
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR							HSf: Humedad de Suelo Final.							
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR							DCC: Déficit de Capacidad de Campo.							
Kp: Factor por pendiente ( ver léame)							Rp: Recarga Potencial							
Kv: Factor por vegetación ( ver léame)							NR: Necesidad de Riego.							
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración							Ret: Retención de Iluvia							
fc [mm/d]	3899.79													
Kp [0.01%]	0.14													
Kv [0.01%]	0.10													
Kfc [0.01%]	1						por peso (%)							
I [0.01%] =	1						CC		9.00		24.12			
DS (g/cm³):	1.68						PM		4.00		10.72			
PR (mm)	160.00						(CC-PM)		5.00		13.40			
HSi (mm)	24.12													
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11													
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.12													
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	
P (mm)	6.00	2.00	15.00	55.00	175.00	310.00	312.00	341.00	325.00	179.00	35.00	10.00	1765.00	final de mes
Ret [mm]	5.00	2.00	5.00	6.60	21.00	37.20	37.44	40.92	39.00	21.48	5.00	5.00	225.64	final de mes
Pi (mm)	1.00	0.00	10.00	48.40	154.00	272.80	274.56	300.08	286.00	157.52	30.00	5.00	1539.36	final de mes
ESC (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	final de mes
ETP (mm)	125.00	129.00	157.00	160.00	153.00	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	121.00	119.00	1673.00	final de mes
HSi (mm)	10.72	10.72	10.72	10.72	10.72	24.12	24.12	24.12	24.12	24.12	24.12	10.72		inicio de mes
C1	0.07	0.00	0.75	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.37		final de mes antes de ETR
C2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00		final de mes despues de ETR
HD (mm)	1.00	0.00	10.00	48.40	154.00	286.20	287.96	313.48	299.40	170.92	43.40	5.00		final de mes antes de ETR
ETR (mm)	1.00	0.00	10.00	48.40	82.21	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	43.40	5.00	899.01	final de mes
HSf (mm)	10.72	10.72	10.72	10.72	24.12	24.12	24.12	24.12	24.12	24.12	10.72	10.72		final de mes
DCC (mm)	13.40	13.40	13.40	13.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.40	13.40		final de mes
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	58.39	130.80	120.56	150.08	154.00	26.52	0.00	0.00	640.35	final de mes
NR (mm)	137.40	142.40	160.40	125.00	70.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	91.00	127.40	854.39	final de mes

BALANCE HIDRICO DE SUELOS															
Gunther Schosinsky															
Zona de Estudio:	s5'c Caña de azúcar														
Fecha:	13/8/2021														
Textura de Suelo:	Franco-Arenoso														
Simbología															
fc: Capacidad de Infiltración.							P: Precipitación Media Mensual.								
I: Infiltración.							Pi: Precipitación que infiltra.								
CC: Capacidad de Campo.							ESC: Escorrentía Superficial								
PM: Punto de Marchitez.							ETP: Evapotranspiración Potencial.								
PR: Profundidad de Raíces.							ETR: Evapotranspiración Real.								
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.							HSi: Humedad de Suelo Inicial.								
DS: Densidad de Suelo.							HD: Humedad Disponible								
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR							HSF: Humedad de Suelo Final.								
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR							DCC: Déficit de Capacidad de Campo.								
Kp: Factor por pendiente ( ver léame)							Rp: Recarga Potencial								
Kv: Factor por vegetación ( ver léame)							NR: Necesidad de Riego.								
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración							Ret: Retención de Iluvia								
fc [mm/d]	133.06														
Kp [0.01%]	0.11														
Kv [0.01%]	0.10														
Kfc [0.01%]	0.562351						por peso (%) (mm)								
I [0.01%] =	0.772351						CC		14.00					33.60	
DS (g/cm³):	1.50						PM		6.00					14.40	
PR (mm)	160.00						(CC-PM)		8.00					19.20	
HSi (mm)	33.60														
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	10														
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.12														
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total		
P (mm)	6.00	2.00	15.00	55.00	175.00	310.00	312.00	341.00	325.00	179.00	35.00	10.00	1765.00	final de mes	
Ret [mm]	5.00	2.00	5.00	6.60	21.00	37.20	37.44	40.92	39.00	21.48	5.00	5.00	225.64	final de mes	
Pi (mm)	0.77	0.00	7.72	37.38	118.94	210.70	212.06	231.77	220.89	121.66	23.17	3.86	1188.93	final de mes	
ESC (mm)	0.23	0.00	2.28	11.02	35.06	62.10	62.50	68.31	65.11	35.86	6.83	1.14	350.43	final de mes	
ETP (mm)	125.00	129.00	157.00	160.00	153.00	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	121.00	119.00	1673.00	final de mes	
HSi (mm)	14.40	14.40	14.40	14.40	14.40	33.60	33.60	33.60	33.60	33.60	33.60	14.40		inicio de mes	
C1	0.04	0.00	0.40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.20		final de mes antes de ETR	
C2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.51	0.00	0.00		final de mes despues de ETR	
HD (mm)	0.77	0.00	7.72	37.38	118.94	229.90	231.26	250.97	240.09	140.86	42.37	3.86		final de mes antes de ETR	
ETR (mm)	0.77	0.00	7.72	37.38	76.50	142.00	154.00	150.00	132.00	99.14	42.37	3.86	845.75	final de mes	
HSf (mm)	14.40	14.40	14.40	14.40	33.60	33.60	33.60	33.60	33.60	33.60	14.40	14.40		final de mes	
DCC (mm)	19.20	19.20	19.20	19.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.20	19.20		final de mes	
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	23.24	68.70	58.06	81.77	88.89	22.52	0.00	0.00	343.18	final de mes	
NR (mm)	143.43	148.20	168.48	141.82	76.50	0.00	0.00	0.00	0.00	31.86	97.83	134.34	942.45	final de mes	

BALANCE HIDRICO DE SUELOS														
Gunther Schosinsky														
Zona de Estudio:	s5'c Granos básicos													
Fecha:	21/7/2021													
Textura de Suelo:	Franco													
Simbología														
fc: Capacidad de Infiltración.							P: Precipitación Media Mensual.							
I: Infiltración.							Pi: Precipitación que infiltra.							
CC: Capacidad de Campo.							ESC: Escorrentía Superficial							
PM: Punto de Marchitez.							ETP: Evapotranspiración Potencial.							
PR: Profundidad de Raíces.							ETR: Evapotranspiración Real.							
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.							HSi: Humedad de Suelo Inicial.							
DS: Densidad de Suelo.							HD: Humedad Disponible							
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR							HSf: Humedad de Suelo Final.							
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR							DCC: Déficit de Capacidad de Campo.							
Kp: Factor por pendiente ( ver léame)							Rp: Recarga Potencial							
Kv: Factor por vegetación ( ver léame)							NR: Necesidad de Riego.							
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración							Ret: Retención de Iluvia							
fc [mm/d]	423.87													
Kp [0.01%]	0.08													
Kv [0.01%]	0.10													
Kfc [0.01%]	0.826921						por peso (%) (mm)							
I [0.01%] =	1						CC 22.00 314.60							
DS (g/cm³):	1.43						PM 10.00 143.00							
PR (mm)	1000.00						(CC-PM) 12.00 171.60							
HSi (mm)	314.60													
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11													
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.12													
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	
P (mm)	6.00	2.00	15.00	55.00	175.00	310.00	312.00	341.00	325.00	179.00	35.00	10.00	1765.00	final de mes
Ret [mm]	5.00	2.00	5.00	6.60	21.00	37.20	37.44	40.92	39.00	21.48	5.00	5.00	225.64	final de mes
Pi (mm)	1.00	0.00	10.00	48.40	154.00	272.80	274.56	300.08	286.00	157.52	30.00	5.00	1539.36	final de mes
ESC (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	final de mes
ETP (mm)	125.00	129.00	157.00	160.00	153.00	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	121.00	119.00	1673.00	final de mes
HSi (mm)	207.37	178.10	161.63	157.42	174.55	237.54	314.60	314.60	314.60	314.60	314.60	255.68		inicio de mes
C1	0.38	0.20	0.17	0.37	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.69		final de mes antes de ETR
C2	0.10	0.05	0.01	0.02	0.19	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.47	0.21		final de mes despues de ETR
HD (mm)	65.37	35.10	28.63	62.82	185.55	367.34	446.16	471.68	457.60	329.12	201.60	117.68		final de mes antes de ETR
ETR (mm)	30.27	16.47	14.21	31.27	91.01	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	88.92	53.31	1034.46	final de mes
HSf (mm)	178.10	161.63	157.42	174.55	237.54	314.60	314.60	314.60	314.60	314.60	255.68	207.37		final de mes
DCC (mm)	136.50	152.97	157.18	140.05	77.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.92	107.23		final de mes
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	53.74	120.56	150.08	154.00	26.52	0.00	0.00	504.90	final de mes
NR (mm)	231.23	265.50	299.97	268.78	139.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	91.00	172.92	1468.45	final de mes

BALANCE HIDRICO DE SUELOS														
Gunther Schosinsky														
Zona de Estudio:	Qf Mosaico cultivos pastos													
Fecha:	30/6/2021													
Textura de Suelo:	Franco-Arcilloso													
Simbología														
fc: Capacidad de Infiltración.							P: Precipitación Media Mensual.							
I: Infiltración.							Pi: Precipitación que infiltra.							
CC: Capacidad de Campo.							ESC: Escorrentía Superficial							
PM: Punto de Marchitez.							ETP: Evapotranspiración Potencial.							
PR: Profundidad de Raíces.							ETR: Evapotranspiración Real.							
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.							HSi: Humedad de Suelo Inicial.							
DS: Densidad de Suelo.							HD: Humedad Disponible							
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR							HSF: Humedad de Suelo Final.							
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR							DCC: Déficit de Capacidad de Campo.							
Kp: Factor por pendiente ( ver léame)							Rp: Recarga Potencial							
Kv: Factor por vegetación ( ver léame)							NR: Necesidad de Riego.							
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración							Ret: Retención de Iluvia							
fc [mm/d]	68.69													
Kp [0.01%]	0.15													
Kv [0.01%]	0.10													
Kfc [0.01%]	0.395722						por peso							
I [0.01%] =	0.645722						(%)							
DS (g/cm³):	1.35						(mm)							
PR (mm)	125.00						CC		27.00 45.56					
HSi (mm)	45.56						PM		13.00 21.94					
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11						(CC-PM)		14.00 23.63					
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.12													
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	
P (mm)	6.00	2.00	15.00	55.00	175.00	310.00	312.00	341.00	325.00	179.00	35.00	10.00	1765.00	final de mes
Ret [mm]	5.00	2.00	5.00	6.60	21.00	37.20	37.44	40.92	39.00	21.48	5.00	5.00	225.64	final de mes
Pi (mm)	0.65	0.00	6.46	31.25	99.44	176.15	177.29	193.77	184.68	101.71	19.37	3.23	994.00	final de mes
ESC (mm)	0.35	0.00	3.54	17.15	54.56	96.65	97.27	106.31	101.32	55.81	10.63	1.77	545.36	final de mes
ETP (mm)	125.00	129.00	157.00	160.00	153.00	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	121.00	119.00	1673.00	final de mes
HSi (mm)	21.94	21.94	21.94	21.94	21.94	44.88	45.56	45.56	45.56	45.56	45.56	21.94		inicio de mes
C1	0.03	0.00	0.27	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.14		final de mes antes de ETR
C2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00		final de mes despues de ETR
HD (mm)	0.65	0.00	6.46	31.25	99.44	199.09	200.91	217.39	208.30	125.34	43.00	3.23		final de mes antes de ETR
ETR (mm)	0.65	0.00	6.46	31.25	76.50	142.00	154.00	150.00	132.00	65.50	43.00	3.23	804.58	final de mes
HSf (mm)	21.94	21.94	21.94	21.94	44.88	45.56	45.56	45.56	45.56	45.56	21.94	21.94		final de mes
DCC (mm)	23.63	23.63	23.63	23.63	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.63	23.63		final de mes
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.47	23.29	43.77	52.68	36.21	0.00	0.00	189.42	final de mes
NR (mm)	147.98	152.63	174.17	152.37	77.18	0.00	0.00	0.00	0.00	65.50	101.63	139.40	1010.85	final de mes

BALANCE HIDRICO DE SUELOS															
Gunther Schosinsky															
Zona de Estudio:	Qf Tejido urbano continuo														
Fecha:	14/7/2021														
Textura de Suelo:	Arcillo-Arenoso														
Simbología															
fc: Capacidad de Infiltración.							P: Precipitación Media Mensual.								
I: Infiltración.							Pi: Precipitación que infiltra.								
CC: Capacidad de Campo.							ESC: Escorrentía Superficial								
PM: Punto de Marchitez.							ETP: Evapotranspiración Potencial.								
PR: Profundidad de Raíces.							ETR: Evapotranspiración Real.								
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.							HSi: Humedad de Suelo Inicial.								
DS: Densidad de Suelo.							HD: Humedad Disponible								
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR							HSF: Humedad de Suelo Final.								
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR							DCC: Déficit de Capacidad de Campo.								
Kp: Factor por pendiente ( ver léame)							Rp: Recarga Potencial								
Kv: Factor por vegetación ( ver léame)							NR: Necesidad de Riego.								
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración							Ret: Retención de Iluvia								
fc [mm/d]	82.80														
Kp [0.01%]	0.12														
Kv [0.01%]	0.05														
Kfc [0.01%]	0.443423						por peso (%) (mm)								
I [0.01%] =	0.616423						CC		29.00					188.50	
DS (g/cm <sup>3</sup> ):	1.30						PM		15.00					97.50	
PR (mm)	500.00						(CC-PM)		14.00					91.00	
HSi (mm)	188.50														
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11														
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.12														
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total		
P (mm)	6.00	2.00	15.00	55.00	175.00	310.00	312.00	341.00	325.00	179.00	35.00	10.00	1765.00	final de mes	
Ret [mm]	5.00	2.00	5.00	6.60	21.00	37.20	37.44	40.92	39.00	21.48	5.00	5.00	225.64	final de mes	
Pi (mm)	0.62	0.00	6.16	29.83	94.93	168.16	169.25	184.98	176.30	97.10	18.49	3.08	948.90	final de mes	
ESC (mm)	0.38	0.00	3.84	18.57	59.07	104.64	105.31	115.10	109.70	60.42	11.51	1.92	590.46	final de mes	
ETP (mm)	125.00	129.00	157.00	160.00	153.00	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	121.00	119.00	1673.00	final de mes	
HSi (mm)	115.53	103.34	99.20	98.58	101.24	119.67	179.12	188.50	188.50	188.50	188.50	146.49		inicio de mes	
C1	0.20	0.06	0.09	0.34	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.57		final de mes antes de ETR	
C2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	1.00	1.00	1.00	0.63	0.00	0.00		final de mes despues de ETR	
HD (mm)	18.64	5.84	7.86	30.92	98.67	190.33	250.87	275.98	267.30	188.10	109.49	52.07		final de mes antes de ETR	
ETR (mm)	12.80	4.14	6.78	27.18	76.50	108.71	154.00	150.00	132.00	106.60	60.50	34.05	873.26	final de mes	
HSf (mm)	103.34	99.20	98.58	101.24	119.67	179.12	188.50	188.50	188.50	179.00	146.49	115.53		final de mes	
DCC (mm)	85.16	89.30	89.92	87.26	68.83	9.38	0.00	0.00	0.00	9.50	42.01	72.97		final de mes	
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.87	34.98	44.30	0.00	0.00	0.00	85.14	final de mes	
NR (mm)	197.36	214.16	240.14	220.08	145.33	42.67	0.00	0.00	0.00	33.90	102.51	157.93	1354.08	final de mes	

\*En este balance se aplicó un factor de reducción del 20% al factor fc original (413.98 mm/día) para ajustarlo a las condiciones reales de recarga y escurrimiento observadas en zonas urbanas de El Salvador.



BALANCE HIDRICO DE SUELOS															
Gunther Schosinsky															
Zona de Estudio:	s5'c Tejido urbano continuo														
Fecha:	3/6/2021														
Textura de Suelo:	Franco-Arenoso														
Simbología															
fc: Capacidad de Infiltración.							P: Precipitación Media Mensual.								
I: Infiltración.							Pi: Precipitación que infiltra.								
CC: Capacidad de Campo.							ESC: Escorrentía Superficial								
PM: Punto de Marchitez.							ETP: Evapotranspiración Potencial.								
PR: Profundidad de Raíces.							ETR: Evapotranspiración Real.								
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.							HSi: Humedad de Suelo Inicial.								
DS: Densidad de Suelo.							HD: Humedad Disponible								
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR							HSF: Humedad de Suelo Final.								
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR							DCC: Déficit de Capacidad de Campo.								
Kp: Factor por pendiente ( ver léame)							Rp: Recarga Potencial								
Kv: Factor por vegetación ( ver léame)							NR: Necesidad de Riego.								
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración							Ret: Retención de Iluvia								
fc [mm/d]	104.41														
Kp [0.01%]	0.11														
Kv [0.01%]	0.05														
Kfc [0.01%]	0.502013						por peso (%) (mm)								
I [0.01%] =	0.665013						CC		14.00					105.00	
DS (g/cm³):	1.50						PM		6.00					45.00	
PR (mm)	500.00						(CC-PM)		8.00					60.00	
HSi (mm)	105.00														
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11														
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.12														
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total		
P (mm)	6.00	2.00	15.00	55.00	175.00	310.00	312.00	341.00	325.00	179.00	35.00	10.00	1765.00	final de mes	
Ret [mm]	5.00	2.00	5.00	6.60	21.00	37.20	37.44	40.92	39.00	21.48	5.00	5.00	225.64	final de mes	
Pi (mm)	0.67	0.00	6.65	32.19	102.41	181.42	182.59	199.56	190.19	104.75	19.95	3.33	1023.69	final de mes	
ESC (mm)	0.33	0.00	3.35	16.21	51.59	91.38	91.97	100.52	95.81	52.77	10.05	1.67	515.67	final de mes	
ETP (mm)	125.00	129.00	157.00	160.00	153.00	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	121.00	119.00	1673.00	final de mes	
HSi (mm)	45.19	45.00	45.00	45.00	45.00	70.91	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	64.45		inicio de mes	
C1	0.01	0.00	0.11	0.54	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.38		final de mes antes de ETR	
C2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.56	0.00	0.00		final de mes despues de ETR	
HD (mm)	0.85	0.00	6.65	32.19	102.41	207.33	242.59	259.56	250.19	164.75	79.95	22.78		final de mes antes de ETR	
ETR (mm)	0.85	0.00	6.65	32.19	76.50	142.00	154.00	150.00	132.00	102.35	60.50	22.59	879.62	final de mes	
HSf (mm)	45.00	45.00	45.00	45.00	70.91	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	64.45	45.19		final de mes	
DCC (mm)	60.00	60.00	60.00	60.00	34.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.55	59.81		final de mes	
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.33	28.59	49.56	58.19	2.41	0.00	0.00	144.07	final de mes	
NR (mm)	184.15	189.00	210.35	187.81	110.59	0.00	0.00	0.00	0.00	28.65	101.05	156.22	1167.82	final de mes	

\*En este balance se aplicó un factor de reducción del 20% al factor fc original (522.03 mm/día) para ajustarlo a las condiciones reales de recarga y escurrimiento observadas en zonas urbanas de El Salvador.

BALANCE HIDRICO DE SUELOS														
Gunther Schosinsky														
Zona de Estudio:	s4 Tejido urbano continuo													
Fecha:	26/5/2021													
Textura de Suelo:	Franco-Arcilloso													
Simbología														
fc: Capacidad de Infiltración.							P: Precipitación Media Mensual.							
I: Infiltración.							Pi: Precipitación que infiltra.							
CC: Capacidad de Campo.							ESC: Escorrentía Superficial							
PM: Punto de Marchitez.							ETP: Evapotranspiración Potencial.							
PR: Profundidad de Raíces.							ETR: Evapotranspiración Real.							
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.							HSi: Humedad de Suelo Inicial.							
DS: Densidad de Suelo.							HD: Humedad Disponible							
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR							HSF: Humedad de Suelo Final.							
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR							DCC: Déficit de Capacidad de Campo.							
Kp: Factor por pendiente ( ver léame)							Rp: Recarga Potencial							
Kv: Factor por vegetación ( ver léame)							NR: Necesidad de Riego.							
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración							Ret: Retención de Iluvia							
fc [mm/d]	95.21													
Kp [0.01%]	0.10													
Kv [0.01%]	0.05													
Kfc [0.01%]	0.478818						por peso (%)							
I [0.01%] =	0.631818						CC		27.00 182.25					
DS (g/cm <sup>3</sup> ):	1.35						PM		13.00 87.75					
PR (mm)	500.00						(CC-PM)		14.00 94.50					
HSi (mm)	182.25													
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11													
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.12													
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	
P (mm)	6.00	2.00	15.00	55.00	175.00	310.00	312.00	341.00	325.00	179.00	35.00	10.00	1765.00	final de mes
Ret [mm]	5.00	2.00	5.00	6.60	21.00	37.20	37.44	40.92	39.00	21.48	5.00	5.00	225.64	final de mes
Pi (mm)	0.63	0.00	6.32	30.58	97.30	172.36	173.47	189.60	180.70	99.52	18.95	3.16	972.59	final de mes
ESC (mm)	0.37	0.00	3.68	17.82	56.70	100.44	101.09	110.48	105.30	58.00	11.05	1.84	566.77	final de mes
ETP (mm)	125.00	129.00	157.00	160.00	153.00	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	121.00	119.00	1673.00	final de mes
HSi (mm)	108.53	95.00	90.05	89.21	92.67	113.47	172.69	182.25	182.25	182.25	182.25	140.70		inicio de mes
C1	0.23	0.08	0.09	0.34	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.59		final de mes antes de ETR
C2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	1.00	1.00	1.00	0.67	0.00	0.00		final de mes despues de ETR
HD (mm)	21.41	7.25	8.62	32.04	102.22	198.08	258.42	284.10	275.20	194.02	113.45	56.11		final de mes antes de ETR
ETR (mm)	14.16	4.95	7.16	27.12	76.50	113.13	154.00	150.00	132.00	109.18	60.50	35.33	884.04	final de mes
HSf (mm)	95.00	90.05	89.21	92.67	113.47	172.69	182.25	182.25	182.25	172.59	140.70	108.53		final de mes
DCC (mm)	87.25	92.20	93.04	89.58	68.78	9.56	0.00	0.00	0.00	9.66	41.55	73.72		final de mes
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.92	39.60	48.70	0.00	0.00	0.00	98.21	final de mes
NR (mm)	198.09	216.25	242.88	222.46	145.28	38.42	0.00	0.00	0.00	31.48	102.05	157.39	1354.29	final de mes

\*En este balance se aplicó un factor de reducción del 20% al factor fc original (476.06 mm/día) para ajustarlo a las condiciones reales de recarga y escurrimiento observadas en zonas urbanas de El Salvador.

BALANCE HIDRICO DE SUELOS															
Gunther Schosinsky															
Zona de Estudio:	s2 Tejido urbano continuo														
Fecha:	2/8/2021														
Textura de Suelo:	Arcillo-Arenoso														
Simbología															
fc: Capacidad de Infiltración.							P: Precipitación Media Mensual.								
I: Infiltración.							Pi: Precipitación que infiltra.								
CC: Capacidad de Campo.							ESC: Escorrentía Superficial								
PM: Punto de Marchitez.							ETP: Evapotranspiración Potencial.								
PR: Profundidad de Raíces.							ETR: Evapotranspiración Real.								
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.							HSi: Humedad de Suelo Inicial.								
DS: Densidad de Suelo.							HD: Humedad Disponible								
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR							HSF: Humedad de Suelo Final.								
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR							DCC: Déficit de Capacidad de Campo.								
Kp: Factor por pendiente ( ver léame)							Rp: Recarga Potencial								
Kv: Factor por vegetación ( ver léame)							NR: Necesidad de Riego.								
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración							Ret: Retención de Iluvia								
fc [mm/d]	23.00														
Kp [0.01%]	0.09														
Kv [0.01%]	0.05														
Kfc [0.01%]	0.110635						por peso (%) (mm)								
I [0.01%] =	0.253635						CC		29.00					188.50	
DS (g/cm³):	1.30						PM		15.00					97.50	
PR (mm)	500.00						(CC-PM)		14.00					91.00	
HSi (mm)	188.50														
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11														
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.12														
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total		
P (mm)	6.00	2.00	15.00	55.00	175.00	310.00	312.00	341.00	325.00	179.00	35.00	10.00	1765.00	final de mes	
Ret [mm]	5.00	2.00	5.00	6.60	21.00	37.20	37.44	40.92	39.00	21.48	5.00	5.00	225.64	final de mes	
Pi (mm)	0.25	0.00	2.54	12.28	39.06	69.19	69.64	76.11	72.54	39.95	7.61	1.27	390.44	final de mes	
ESC (mm)	0.75	0.00	7.46	36.12	114.94	203.61	204.92	223.97	213.46	117.57	22.39	3.73	1148.92	final de mes	
ETP (mm)	125.00	129.00	157.00	160.00	153.00	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	121.00	119.00	1673.00	final de mes	
HSi (mm)	111.13	101.85	98.77	98.02	99.05	103.97	114.13	110.77	113.22	121.75	188.50	135.61		inicio de mes	
C1	0.15	0.05	0.04	0.14	0.45	0.83	0.95	0.98	0.97	0.71	1.00	0.43		final de mes antes de ETR	
C2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		final de mes despues de ETR	
HD (mm)	13.88	4.35	3.80	12.80	40.61	75.66	86.27	89.38	88.26	64.20	98.61	39.38		final de mes antes de ETR	
ETR (mm)	9.54	3.08	3.28	11.25	34.14	59.03	73.00	73.67	64.01	46.21	60.50	25.75	463.45	final de mes	
HSf (mm)	101.85	98.77	98.02	99.05	103.97	114.13	110.77	113.22	121.75	115.49	135.61	111.13		final de mes	
DCC (mm)	86.65	89.73	90.48	89.45	84.53	74.37	77.73	75.28	66.75	73.01	52.89	77.37		final de mes	
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	final de mes	
NR (mm)	202.12	215.65	244.20	238.20	203.39	157.34	158.73	151.62	134.74	157.80	113.39	170.62	2147.81	final de mes	

BALANCE HIDRICO DE SUELOS															
Gunther Schosinsky															
Zona de Estudio:	s3a Tejido urbano continuo														
Fecha:	10/6/2021														
Textura de Suelo:	Franco-Arcilloso														
Simbología															
fc: Capacidad de Infiltración.							P: Precipitación Media Mensual.								
I: Infiltración.							Pi: Precipitación que infiltra.								
CC: Capacidad de Campo.							ESC: Escorrentía Superficial								
PM: Punto de Marchitez.							ETP: Evapotranspiración Potencial.								
PR: Profundidad de Raíces.							ETR: Evapotranspiración Real.								
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.							HSi: Humedad de Suelo Inicial.								
DS: Densidad de Suelo.							HD: Humedad Disponible								
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR							HSF: Humedad de Suelo Final.								
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR							DCC: Déficit de Capacidad de Campo.								
Kp: Factor por pendiente ( ver léame)							Rp: Recarga Potencial								
Kv: Factor por vegetación ( ver léame)							NR: Necesidad de Riego.								
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración							Ret: Retención de Iluvia								
fc [mm/d]	22.86														
Kp [0.01%]	0.08														
Kv [0.01%]	0.05														
Kfc [0.01%]	0.108992						por peso (%) (mm)								
I [0.01%] =	0.241992						CC		27.00					182.25	
DS (g/cm³):	1.35						PM		13.00					87.75	
PR (mm)	500.00						(CC-PM)		14.00					94.50	
HSi (mm)	182.25														
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11														
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.12														
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total		
P (mm)	6.00	2.00	15.00	55.00	175.00	310.00	312.00	341.00	325.00	179.00	35.00	10.00	1765.00	final de mes	
Ret [mm]	5.00	2.00	5.00	6.60	21.00	37.20	37.44	40.92	39.00	21.48	5.00	5.00	225.64	final de mes	
Pi (mm)	0.24	0.00	2.42	11.71	37.27	66.02	66.44	72.62	69.21	38.12	7.26	1.21	372.51	final de mes	
ESC (mm)	0.76	0.00	7.58	36.69	116.73	206.78	208.12	227.46	216.79	119.40	22.74	3.79	1166.85	final de mes	
ETP (mm)	125.00	129.00	157.00	160.00	153.00	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	121.00	119.00	1673.00	final de mes	
HSi (mm)	103.48	93.16	89.47	88.45	89.65	95.21	106.02	103.44	105.97	114.12	182.25	129.01		inicio de mes	
C1	0.17	0.06	0.04	0.13	0.41	0.78	0.90	0.93	0.93	0.68	1.00	0.45		final de mes antes de ETR	
C2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		final de mes despues de ETR	
HD (mm)	15.97	5.41	4.14	12.41	39.17	73.48	84.71	88.30	87.43	64.49	101.76	42.47		final de mes antes de ETR	
ETR (mm)	10.56	3.69	3.44	10.51	31.71	55.20	69.03	70.08	61.06	44.70	60.50	26.74	447.22	final de mes	
HSf (mm)	93.16	89.47	88.45	89.65	95.21	106.02	103.44	105.97	114.12	107.54	129.01	103.48		final de mes	
DCC (mm)	89.09	92.78	93.80	92.60	87.04	76.23	78.81	76.28	68.13	74.71	53.24	78.77		final de mes	
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	final de mes	
NR (mm)	203.53	218.09	247.36	242.09	208.33	163.02	163.79	156.20	139.07	161.01	113.74	171.03	2187.26	final de mes	

BALANCE HIDRICO DE SUELOS														
Gunther Schosinsky														
Zona de Estudio:	s5'c Agrícola y Vegetación natural													
Fecha:	13/8/2021													
Textura de Suelo:	Franco-Arenoso													
Simbología														
fc: Capacidad de Infiltración.							P: Precipitación Media Mensual.							
I: Infiltración.							Pi: Precipitación que infiltra.							
CC: Capacidad de Campo.							ESC: Escorrentía Superficial							
PM: Punto de Marchitez.							ETP: Evapotranspiración Potencial.							
PR: Profundidad de Raíces.							ETR: Evapotranspiración Real.							
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.							HSi: Humedad de Suelo Inicial.							
DS: Densidad de Suelo.							HD: Humedad Disponible							
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR							HSf: Humedad de Suelo Final.							
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR							DCC: Déficit de Capacidad de Campo.							
Kp: Factor por pendiente ( ver léame)							Rp: Recarga Potencial							
Kv: Factor por vegetación ( ver léame)							NR: Necesidad de Riego.							
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración							Ret: Retención de Iluvia							
fc [mm/d]	2959.13													
Kp [0.01%]	0.10													
Kv [0.01%]	0.18													
Kfc [0.01%]	1						por peso (%)							
I [0.01%] =	1						CC		14.00 26.25					
DS (g/cm³):	1.50						PM		6.00 11.25					
PR (mm)	125.00						(CC-PM)		8.00 15.00					
HSi (mm)	26.25													
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11													
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.12													
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	
P (mm)	6.00	2.00	15.00	55.00	175.00	310.00	312.00	341.00	325.00	179.00	35.00	10.00	1765.00	final de mes
Ret [mm]	5.00	2.00	5.00	6.60	21.00	37.20	37.44	40.92	39.00	21.48	5.00	5.00	225.64	final de mes
Pi (mm)	1.00	0.00	10.00	48.40	154.00	272.80	274.56	300.08	286.00	157.52	30.00	5.00	1539.36	final de mes
ESC (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	final de mes
ETP (mm)	125.00	129.00	157.00	160.00	153.00	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	121.00	119.00	1673.00	final de mes
HSi (mm)	11.25	11.25	11.25	11.25	11.25	26.25	26.25	26.25	26.25	26.25	26.25	11.25		inicio de mes
C1	0.07	0.00	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33		final de mes antes de ETR
C2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00		final de mes despues de ETR
HD (mm)	1.00	0.00	10.00	48.40	154.00	287.80	289.56	315.08	301.00	172.52	45.00	5.00		final de mes antes de ETR
ETR (mm)	1.00	0.00	10.00	48.40	81.60	142.00	154.00	150.00	132.00	131.00	45.00	5.00	900.00	final de mes
HSf (mm)	11.25	11.25	11.25	11.25	26.25	26.25	26.25	26.25	26.25	26.25	11.25	11.25		final de mes
DCC (mm)	15.00	15.00	15.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	15.00		final de mes
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	57.40	130.80	120.56	150.08	154.00	26.52	0.00	0.00	639.36	final de mes
NR (mm)	139.00	144.00	162.00	126.60	71.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	91.00	129.00	863.00	final de mes

## 8. REGISTRO DE CÁLCULO DE AFOROS REALIZADOS EN RÍO COLÓN.

SITIO No. 1						
Río Colón (Microcuenca Alta)						
Localidad: Finca El Quequeishque, Santa Tecla, La Libertad						
Coordenadas Lambert	Norte (m)	284,745		Elev. (msnm)	852	
	Oeste (m)	466,673		Sección Trans. (m):	0.7	
No.	Estación	Prof. (m)	V1 (m/s)	V2 (m/s)	SD	Q (L/s)
1	0	0	0	0	0	2.12
2	0.2	0.02	0.099	0.086	0.028	
3	0.4	0.04	0.186	0.187	0.029	
4	0.6	0.04	0.127	0.094	0.05	
5	0.7	0	0	0	0	

SITIO No. 2						
Río Colón (Microcuenca Media)						
Localidad: CA-08, Puente Río Colón, Colón, La Libertad						
Coordenadas Lambert	Norte (m)	290,102		Elev. (msnm)	505	
	Oeste (m)	458,066		Sección Trans. (m):	5.5	
No.	Estación	Prof. (m)	V1 (m/s)	V2 (m/s)	SD	Q (L/s)
1	0	0	0	0	0	245.29
2	0.55	0.11	0.174	0.179	0.019	
3	1.1	0.1	0.345	0.322	0.027	
4	1.65	0.14	0.632	0.557	0.031	
5	2.2	0.14	0.618	0.607	0.03	
6	2.75	0.13	0.608	0.585	0.024	
7	3.3	0.13	0.527	0.519	0.032	
8	3.85	0.14	0.491	0.513	0.015	
9	4.4	0.07	0.29	0.286	0.008	
10	4.95	0.04	0.234	0.236	0.006	
11	5.5	0	0	0	0	

SITIO No. 3a						
Río Colón (Microcuenca Baja)						
Localidad: Distrito de Riego Zapotitán, incorporación Río Los Patos, Ciudad Arce, La Libertad						
Coordenadas Lambert	Norte (m)	296,884		Elev. (msnm)	450	
	Oeste (m)	455,624		Sección Trans. (m):	6.0	
No.	Estación	Prof. (m)	V1 (m/s)	V2 (m/s)	SD	Q (L/s)
1	0	0	0	0	0	195.3
2	0.6	0.09	0.071	0.028	0.176	
3	1.2	0.2	0.164	0.149	0.129	
4	1.8	0.4	0.351	0.258	0.268	
5	2.4	0.28	0.463	0.329	0.192	
6	3	0.17	0.35	0.302	0.206	
7	3.6	0.16	0.158	0.075	0.232	
8	4.2	0.12	0.234	0.08	0.307	
9	4.8	0.1	0.122	0.023	0.268	
10	5.4	0.07	0.035	0.02	0.088	
11	6	0	0	0	0	

<b>SITIO No. 3b</b>	<b>Río Colón (Microcuenca Baja)</b>					
<b>Localidad:</b>	<b>Distrito de Riego Zapotitán, desembocadura en Río Sucio, Ciudad Arce, La Libertad</b>					
<b>Coordenadas Lambert</b>	<b>Norte (m)</b>	297,203		<b>Elev. (msnm)</b>	450	
	<b>Oeste (m)</b>	455,816		<b>Sección Trans. (m):</b>	5.2	
<b>No.</b>	<b>Estación</b>	<b>Prof. (m)</b>	<b>V1 (m/s)</b>	<b>V2 (m/s)</b>	<b>SD</b>	<b>Q (L/s)</b>
<b>1</b>	0	0	0	0	0	241.5
<b>2</b>	0.5	0.08	0.286	0.26	0.025	
<b>3</b>	1	0.09	0.355	0.342	0.016	
<b>4</b>	1.5	0.11	0.38	0.456	0.024	
<b>5</b>	2	0.14	0.391	0.445	0.029	
<b>6</b>	2.5	0.17	0.432	0.435	0.031	
<b>7</b>	3	0.17	0.419	0.498	0.025	
<b>8</b>	3.5	0.19	0.419	0.428	0.019	
<b>9</b>	4	0.17	0.336	0.335	0.024	
<b>10</b>	4.5	0.15	0.24	0.221	0.016	
<b>11</b>	5	0.05	0.016	0.016	0.009	
<b>12</b>	5.2	0	0	0	0	

## 9. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO EN FUENTES DE AGUA.

### 9.1 Muestreo Época Seca (Abril/2021).



MINISTERIO DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS  
NATURALES

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 : 21-0233  
Identificación de la Muestra : RCPP-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 : 21/04/2021  
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	10:15 a.m.	
Temperatura de la Muestra	27.6	°C
pH	6.79	Unidades
Conductividad Eléctrica	1437	µS/cm
Salinidad	0.07	0/00
TDS	719	mg/l

#### RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.31, 21.6°C	±0.42	Unidades	0.10	SMWW 4500-H'
4	Conductividad Eléctrica	1516.00	±2.83	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.81	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	378.38	±3.28	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	378.38	±3.28	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.73	±0.01	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	122.300	±2.360	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	34.85	±0.49	mg/l Cl'	0.62	SMWW 4500Cl' B
18	Dureza Total	820.67	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.86	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.88	±0.01	mg/l PO <sub>4</sub>	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	9.082	±0.139	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	125.300	±1.370	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	0.972	±0.017	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	<1.33	±0.02	mg/l NO <sub>3</sub>	1.33	HACH 8039
31	Potasio	11.750	±0.099	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	98.17	±0.7	mg/l SiO <sub>2</sub>	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	743.00	±1.13	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	81.510	±1.071	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	15	±0	mg/l SO <sub>4</sub>	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.058000	±0.022000	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 de análisis de: [www.osa.gob.sv](http://www.osa.gob.sv)  
Ensayos Acreditados: DBO<sub>5</sub>, 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](http://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 : 21-0235  
Identificación de la Muestra : RCPP-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	12:40 p.m.	
Temperatura de la Muestra	30.0	°C
pH	6.38	Unidades
Conductividad Eléctrica	985	µS/cm
Salinidad	0.04	0/00
TDS	492	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	6.85, 21.4°C	±0.40	Unidades	0.10	SMWW 4500-H <sup>+</sup>
4	Conductividad Eléctrica	1017.50	±2.12	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.55	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	181.07	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	181.07	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	1.51	±0.01	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	106.700	±1.500	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	44.81	±0.63	mg/l Cl <sup>-</sup>	0.62	SMWW 4500Cl <sup>-</sup> B
18	Dureza Total	496.79	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	1.10	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.33	±0.03	mg/l PO <sub>4</sub>	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.068	±0.004	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	56.040	±1.018	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	23.43	±0.02	mg/l NO <sub>3</sub>	1.33	HACH 8039
31	Potasio	13.510	±0.312	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	126.91	±1.02	mg/l SiO <sub>2</sub>	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	499.00	±0.99	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	75.610	±1.671	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	26	±0	mg/l SO <sub>4</sub>	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.046000	±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 en [www.osa.gob.sv](http://www.osa.gob.sv)  
Ensayos Acreditados: DBO<sub>5</sub>, 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](http://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 : 21-0236  
Identificación de la Muestra : RCPP-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	2:21 p.m.	
Temperatura de la Muestra	28.7	°C
pH	6.64	Unidades
Conductividad Eléctrica	598	µS/cm
Salinidad	0.03	0/00
TDS	299	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.255, 21.5°C	±0.42	Unidades	0.10	SMWW 4500-H <sup>+</sup>
4	Conductividad Eléctrica	622.90	±1.84	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.35	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	148.57	±6.57	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	148.57	±6.57	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.92	±0	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	48.390	±0.249	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	47.05	±0.66	mg/l Cl <sup>-</sup>	0.62	SMWW 4500Cl <sup>-</sup> B
18	Dureza Total	222.73	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.47	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.31	±0.02	mg/l PO <sub>4</sub>	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.143	±0.009	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	24.790	±0.206	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	12.87	±0.03	mg/l NO <sub>3</sub>	1.33	HACH 8039
31	Potasio	13.940	±0.106	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	114.75	±0.39	mg/l SiO <sub>2</sub>	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	305.70	±0.85	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	67.890	±0.665	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	35	±0	mg/l SO <sub>4</sub>	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.010900	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](http://www.osa.gob.sv)  
Ensayos Acreditados: DBO<sub>5</sub>, 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](http://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 : 21-0245  
Identificación de la Muestra : RCPP-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	10:35 a.m.	
Temperatura de la Muestra	29.1	°C
pH	6.46	Unidades
Conductividad Eléctrica	1031	µS/cm
Salinidad	0.05	0/00
TDS	516	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.095, 21.2°C	±0.41	Unidades	0.10	SMWW 4500-H <sup>+</sup>
4	Conductividad Eléctrica	1060.00	±5.66	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.57	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	160.17	±3.28	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	160.17	±3.28	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	1.26	±0.01	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	121.000	±1.510	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	14.94	±0.21	mg/l Cl <sup>-</sup>	0.62	SMWW 4500Cl <sup>-</sup> B
18	Dureza Total	546.41	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.99	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.56	±0.00	mg/l PO <sub>4</sub>	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.409	±0.003	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	59.430	±0.754	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	45.63	±0.20	mg/l NO <sub>3</sub>	1.33	HACH 8039
31	Potasio	14.030	±0.207	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	121.56	±0.72	mg/l SiO <sub>2</sub>	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	519.95	±2.47	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	77.030	±1.089	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	201	±0	mg/l SO <sub>4</sub>	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 en [www.osa.gob.sv](http://www.osa.gob.sv)  
Ensayos Acreditados: DBO<sub>5</sub>, 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](http://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 : 21-0246  
Identificación de la Muestra : RCPP-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 : 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	11:15 a.m.	
Temperatura de la Muestra	28.6	°C
pH	6.39	Unidades
Conductividad Eléctrica	625	µS/cm
Salinidad	0.03	0/00
TDS	314	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.04, 21°C	±0.41	Unidades	0.10	SMWW 4500-H <sup>+</sup>
4	Conductividad Eléctrica	663.10	±1.41	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.37	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	106.78	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	106.78	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.32	±0	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	81.630	±0.673	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	5.81	±0.08	mg/l Cl <sup>-</sup>	0.62	SMWW 4500Cl <sup>-</sup> B
18	Dureza Total	361.5	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.76	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.35	±0.00	mg/l PO <sub>4</sub>	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.098	±0.001	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	38.360	±0.273	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	13.53	±0.25	mg/l NO <sub>3</sub>	1.33	HACH 8039
31	Potasio	11.090	±0.037	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Silice	113.3	±0.38	mg/l SiO <sub>2</sub>	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	325.40	±0.71	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	37.290	±0.291	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	119	±0	mg/l SO <sub>4</sub>	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.000870	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](http://www.osa.gob.sv)  
Ensayos Acreditados: DBO<sub>5</sub>, 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](http://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 : 21-0247  
Identificación de la Muestra : RCPP-06  
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	12:22 a.m.	
Temperatura de la Muestra	27.4	°C
pH	6.38	Unidades
Conductividad Eléctrica	515	µS/cm
Salinidad	0.02	0/00
TDS	258	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	6.96, 20.9°C	±0.40	Unidades	0.10	SMWW 4500-H <sup>+</sup>
4	Conductividad Eléctrica	543.10	±0.14	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.31	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	92.85	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	92.85	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.17	±0	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	76.690	±0.758	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	3.57	±0.05	mg/l Cl <sup>-</sup>	0.62	SMWW 4500Cl <sup>-</sup> B
18	Dureza Total	310.66	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.64	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.19	±0.00	mg/l PO <sub>4</sub>	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.071	±0.002	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	29.000	±0.342	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	34.32	±0.06	mg/l NO <sub>3</sub>	1.33	HACH 8039
31	Potasio	8.510	±0.043	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	119.37	±0.57	mg/l SiO <sub>2</sub>	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	266.65	±0.07	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	25.690	±0.349	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	76	±0	mg/l SO <sub>4</sub>	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.012500	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](http://www.osa.gob.sv)  
Ensayos Acreditados: DBO<sub>5</sub>, 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](http://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 : 21-0234  
Identificación de la Muestra : RCR-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 : 21/04/2021  
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 Superficial  
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	10:40 a.m.	
Temperatura de la Muestra	No Reportado	°C
pH	No Reportado	Unidades
Conductividad Eléctrica	No Reportado	µS/cm
Salinidad	No Reportado	0/00
TDS	No Reportado	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	8.01, 21.5°C	±0.46	Unidades	0.10	SMWW 4500-H <sup>+</sup>
4	Conductividad Eléctrica	1388.50	±0.71	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.74	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	287.85	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	287.85	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.64	±0	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	115.500	±1.170	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	136.90	±1.92	mg/l Cl <sup>-</sup>	0.62	SMWW 4500Cl <sup>-</sup> B
18	Dureza Total	471.14	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.92	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	7.42	±0.08	mg/l PO <sub>4</sub>	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	4.755	±0.051	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	44.470	±0.569	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	0.618	±0.010	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	8.76	±0.03	mg/l NO <sub>3</sub>	1.33	HACH 8039
31	Potasio	23.370	±0.303	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	108.27	±0.56	mg/l SiO <sub>2</sub>	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	679.60	±2.26	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	155.400	±2.210	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	32	±0	mg/l SO <sub>4</sub>	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.025600	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](http://www.osa.gob.sv)  
Ensayos Acreditados: DBO<sub>5</sub>, 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](http://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 : 21-0237  
 Identificación de la Muestra : RCR-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 Superficial  
 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	2:50 a.m.	
Temperatura de la Muestra	No Reportado	°C
pH	No Reportado	Unidades
Conductividad Eléctrica	No Reportado	µS/cm
Salinidad	No Reportado	0/00
TDS	No Reportado	mg/l

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.795, 21.3°C	±0.45	Unidades	0.10	SMWW 4500-H <sup>+</sup>
4	Conductividad Eléctrica	780.65	±0.07	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.43	±0.00	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	194.99	±6.57	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2320B
11	Bicarbonatos	194.99	±6.57	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.46	±0	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	72.740	±0.517	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	29.87	±0.42	mg/l Cl <sup>-</sup>	0.62	SMWW 4500Cl <sup>-</sup> B
18	Dureza Total	327.18	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2340C
19	Flúor	0.78	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	7.65	±0.03	mg/l PO <sub>4</sub>	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.373	±0.008	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	35.410	±0.308	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	0.061	±0.004	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	16.16	±0.08	mg/l NO <sub>3</sub>	1.33	HACH 8039
31	Potasio	19.250	±0.241	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Silice	79.07	±0.25	mg/l SiO <sub>2</sub>	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	383.00	±0.00	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	73.980	±0.965	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	88	±0	mg/l SO <sub>4</sub>	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.018500	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](http://www.osa.gob.sv)  
 Ensayos Acreditados: DBO<sub>5</sub>, 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](http://www.marn.gov.sv)

## 9.2 Muestreo Época Lluviosa (Octubre/2021).



MINISTERIO DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS  
NATURALES

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 : 21-0552  
Identificación de la Muestra : RCR-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	10:05 a.m.	
pH	No Reportado	Unidades
Temperatura de la Muestra	No Reportado	°C
TDS	No Reportado	mg/l
Conductividad Eléctrica	No Reportado	µS/cm
Salinidad	No Reportado	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	8.18, 16.3°C	±0.47	Unidades	0.10	SMWW 4500-H <sup>+</sup>
4	Conductividad Eléctrica	1253, 16.6°C	±17.54	µS/cm	---	SMWW2510
6	Salinidad	0.67	±0.002	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	282.39	±3.19	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2320B
11	Bicarbonatos	282.39	±3.19	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2320B
12	Boro	0.41	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW3500-B
13	Calcio	120.000	±0.590	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	2.00	SMWW2320B
15	Cloruros	120.77	±1.69	mg/l Cl <sup>-</sup>	0.62	SMWW 4500Cl <sup>-</sup> B
18	Dureza Total	475.00	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2340C
19	Flúor	1.44	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	4.75	±0.00	mg/l PO <sub>4</sub>	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.562	±0.005	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	42.680	±0.182	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	0.088	±0.002	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	23.36	±0.03	mg/l NO <sub>3</sub>	1.33	HACH 8039
31	Potasio	14.960	±0.113	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Silice	81.72	±0.19	mg/l SiO <sub>2</sub>	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	614.50	±2.26	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	119.800	±0.900	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	117	±0	mg/l SO <sub>4</sub>	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.016000	±0.014800	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](http://www.osa.gob.sv)  
Ensayos Acreditados: DBO<sub>5</sub>, DCO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Cloruros, Oxígeno Disuelto y Turbidez  
Nota: En cumplimiento al Anexo 3 del DGPS 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  
Cordinadora 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](http://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 : 21-0561  
 Identificación de la Muestra : RCR-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 : 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	13:50	
pH	No Reportado	Unidades
Temperatura de la Muestra	No Reportado	°C
TDS	No Reportado	mg/l
Conductividad Eléctrica	No Reportado	µS/cm
Salinidad	No Reportado	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.58, 10.2°C	±0.44	Unidades	0.10	SMWW 4500-H*
4	Conductividad Eléctrica	1007, 18.2°C	±14.10	µS/cm	---	SMWW 2510
6	Salinidad	0.54	±0.001	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	311.75	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2320B
11	Bicarbonatos	311.75	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2320B
12	Boro	0.05	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	10.570	±0.110	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	2.00	SMWW2320B
15	Cloruros	52.50	±0.73	mg/l Cl	0.62	SMWW 4500Cl 8
18	Dureza Total	38.67	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2340C
19	Flúor	1.30	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	15.84	±0.58	mg/l PO <sub>4</sub>	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.000	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	2.990	±0.018	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	21.74	±1.03	mg/l NO <sub>3</sub>	1.33	HACH 8039
31	Potasio	3.224	±0.090	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Silice	62.30	±0.04	mg/l SiO <sub>2</sub>	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	494.05	±0.78	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	14.200	±0.011	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	137	±0	mg/l SO <sub>4</sub>	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.012700	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-0216 para el alcance detallado en el Anexo 3 del DGSC 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 : 21-0553  
 Identificación de la Muestra : RCPP-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	10:40 a.m.	
pH	6.22	Unidades
Temperatura de la Muestra	28.2	°C
TDS	673	mg/l
Conductividad Eléctrica	1346	µS/cm
Salinidad	0.06	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.33, 17.3°C	±0.43	Unidades	0.10	SMWW 4500-H*
4	Conductividad Eléctrica	1500.5, 17.6°C	±21.01	µS/cm	---	SMWW2510
6	Salinidad	0.80	±0.001	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	381.79	±3.19	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2320B
11	Bicarbonatos	381.79	±3.19	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2320B
12	Boro	0.46	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW3500-B
13	Calcio	141.300	±0.990	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	2.00	SMWW2320B
15	Cloruros	39.43	±0.55	mg/l Cl <sup>-</sup>	0.62	SMWW 4500Cl <sup>-</sup> 8
18	Dureza Total	900.17	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2340C
19	Flúor	0.91	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	1.05	±0.00	mg/l PO <sub>4</sub>	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	3.590	±0.030	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	133.100	±1.140	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	0.506	±0.010	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	2.11	±0.03	mg/l NO <sub>3</sub>	1.33	HACH 8039
31	Potasio	10.810	±0.013	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Silice	91.80	±0.36	mg/l SiO <sub>2</sub>	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	735.55	±0.92	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	76.650	±0.781	mg/l Na	0.017	SMWW3500-Na
44	Sulfatos	292	±0	mg/l SO <sub>4</sub>	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.022000	±0.001300	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](http://www.osa.gob.sv)

Ensayos Acreditados: DBO, DCO, 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 por los cuales las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente de la toma de muestra.

Lc. Regiria 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](http://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 : 21-0555  
Identificación de la Muestra : RCPP-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 : 29/11/2021  
Fecha de Generación de Reporte : 29/11/2021  
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	12:10 p.m.
pH	5.81
Temperatura de la Muestra	30.00 °C
TDS	465 mg/l
Conductividad Eléctrica	929 µS/cm
Salinidad	0.04 0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	6.985, 17.4°C	±0.41	Unidades	0.10	SMWW 4500-H*
4	Conductividad Eléctrica	1066.5, 18.1°C	±14.93	µS/cm	—	SMWW 2510
6	Salinidad	0.57	±0.002	ppt	—	Electrométrico
10	Alcalinidad	207.84	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2320B
11	Bicarbonatos	207.84	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2320B
12	Boro	1.07	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW3500-B
13	Calcio	126.700	±1.520	mg/l Ca	0.006	SMWW3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	2.00	SMWW 2320B
15	Cloruros	55.70	±0.78	mg/l Cl <sup>-</sup>	0.62	SMWW 4500cf B
18	Dureza Total	545.99	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2340C
19	Flúor	1.45	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.39	±0.01	mg/l PO <sub>4</sub>	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.002	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	55.870	±0.701	mg/lMg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	40.40	±0.01	mg/l NO <sub>3</sub>	1.33	HACH 8039
31	Potasio	11.910	±0.099	mg/l K	0.012	SMWW3500-K
32	Sílice	110.11	±0.38	mg/l SiO <sub>2</sub>	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	523.20	±2.40	mg/l	—	Electrométrico
43	Sodio	68.520	±0.748	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	238	±0	mg/l SO <sub>4</sub>	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.021000	±0.003300	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 o 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 Anexo 3 del DGSC 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 : 21-0562  
Identificación de la Muestra : RCPP-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	02:05	
pH	5.79	Unidades
Temperatura de la Muestra	26.9	°C
TDS	205	mg/l
Conductividad Eléctrica	409	µS/cm
Salinidad	0.02	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.06, 17.6°C	±0.41	Unidades	0.10	SMWW 4500-H*
4	Conductividad Eléctrica	424.75, 18.1°C	±5.95	µS/cm	---	SMWW2510
6	Salinidad	0.25	±0.001	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	158.14	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2320B
11	Bicarbonatos	158.14	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW 2320B
12	Boro	0.04	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	62.930	±1.387	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	2.00	SMWW2320B
15	Cloruros	6.90	±0.10	mg/l Cl <sup>-</sup>	0.62	SMWW 4500Cl <sup>-</sup> B
18	Dureza Total	260.53	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2340C
19	Flúor	0.82	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.72	±0.06	mg/l PO <sub>4</sub>	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.017	±0.003	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	25.160	±0.546	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	25.14	±0.02	mg/l NO <sub>3</sub>	1.33	HACH 8039
31	Potasio	7.015	±0.228	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	105.55	±1.38	mg/l SiO <sub>2</sub>	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	208.65	±0.35	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	23.750	±0.718	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	31	±0	mg/ISO <sub>4</sub>	7	HACH 8051
SS	Arsénico	<0.000177	±0.005200	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-0216 para el alcance detallado en [www.osa.gob.sv](http://www.osa.gob.sv)  
Ensayos Acreditados: DBO<sub>5</sub>, DCO, 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. Rafael Cortés  
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](http://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 : 21-0556  
 Identificación de la Muestra : RCPP-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 : 25/10/2021  
 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 : 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	13:40	
pH	5.92	Unidades
Temperatura de la Muestra	30.3	°C
TDS	492	mg/l
Conductividad Eléctrica	982	µS/cm
Salinidad	0.04	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	6.755, 17.3°C	±0.39	Unidades	0.10	SMWW 4500-H'
4	Conductividad Eléctrica	999.85, 18.1°C	±14.00	µS/cm	---	SMWW2510
6	Salinidad	0.54	±0.001	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	203.32	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2320B
11	Bicarbonatos	203.32	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2320B
12	Boro	1.25	±0.01	mg/l B	0.02	SMWW3500-B
13	Calcio	119.500	±1.810	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	2.00	SMWW2320B
15	Cloruros	53.24	±0.75	mg/l Cl <sup>-</sup>	0.62	SMWW 4500Cl <sup>-</sup> B
18	Dureza Total	518.93	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2340C
19	Flúor	1.58	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.38	±0.00	mg/l PO <sub>4</sub>	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.001	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	53.660	±0.720	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	19.10	±0.01	mg/l NO <sub>3</sub>	1.33	HACH 8039
31	Potasio	11.700	±0.231	mg/l K	0.012	SMWW3500-K
32	Sílice	113.98	±0.73	mg/l SiO <sub>2</sub>	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	490.55	±0.92	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	65.070	±0.919	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	217	±0	mg/l SO <sub>4</sub>	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.022000	±0.000300	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](http://www.osa.gob.sv)  
 Ensayos Acreditados: DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspensos 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](http://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 : 21-0554  
Identificación de la Muestra : RCPP-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 : 25/10/2021  
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 : 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	11:30 a.m.	
pH	6.00	Unidades
Temperatura de la Muestra	28.6	°C
TDS	296	mg/l
Conductividad Eléctrica	591	µS/cm
Salinidad	0.02	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	7.01, 17°C	±0.41	Unidades	0.10	SMWW 4500-H'
4	Conductividad Eléctrica	661.35, 17.8°C	±9.26	µS/cm	---	SMWW2510
6	Salinidad	0.37	±0.001	ppt	---	Electrométrico
10	Alcalinidad	140.06	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2320B
11	Bicarbonatos	140.06	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2320B
12	Boro	0.05	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	88.150	±2.437	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	2.00	SMWW2320B
15	Cloruros	19.22	±0.27	mg/l Cl'	0.62	SMWW4500Cl' B
18	Dureza Total	363.53	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2340C
19	Flúor	0.92	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.17	±0.00	mg/l PO <sub>4</sub>	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	<0.009	±0.000	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	34.900	±0.690	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	16.93	±0.00	mg/l NO <sub>3</sub>	1.33	HACH 8039
31	Potasio	9.127	±0.107	mg/l K	0.012	SMWW 3500-K
32	Sílice	101.15	±0.68	mg/l SiO <sub>2</sub>	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	324.55	±0.78	mg/l	---	Electrométrico
43	Sodio	31.630	±0.461	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	137	±0	mg/l SO <sub>4</sub>	7	HACH 8051
55	Arsénico	0.009000	±0.002000	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](http://www.osa.gob.sv) y en [www.gub.sv](http://www.gub.sv)  
Ensayos Acreditados: DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, Grasas y Aceites, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspending, Cloruros, Calcio, Sodio, Potasio, Dureza Total 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 Cortés  
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](http://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 : 21-0559  
Identificación de la Muestra : RCPP-06  
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	10:50	
pH	5.9	Unidades
Temperatura de la Muestra	27.4	°C
TDS	250	mg/l
Conductividad Eléctrica	499	µS/cm
Salinidad	0.02	0/00

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO

	PARAMETRO	RESULTADO	INCERTEZA	UNIDADES	LIMITE DE DETECCION	METODO
1	pH	6.735, 16.7°C	±0.39	Unidades	0.10	SMWW 4500-H'
4	Conductividad Eléctrica	518.4, 17.8°C	±7.26	µS/cm	—	SMWW 2510
6	Salinidad	0.30	±0.000	ppt	—	Electrométrico
10	Alcalinidad	126.51	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2320B
11	Bicarbonatos	126.51	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2320B
12	Boro	<0.02	±0.00	mg/l B	0.02	SMWW 3500-B
13	Calcio	31.350	±0.382	mg/l Ca	0.006	SMWW 3500-Ca
14	Carbonatos	0.00	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	2.00	SMWW2320B
15	Cloruros	14.79	±0.21	mg/l Cl <sup>-</sup>	0.62	SMWW 4500Cl <sup>-</sup> B
18	Dureza Total	108.72	±0.00	mg/l CaCO <sub>3</sub>	4.00	SMWW2340C
19	Flúor	0.71	±0.00	mg/l	0.02	HACH 8029
21	Fosfatos	0.53	±0.02	mg/l PO <sub>4</sub>	0.02	SMWW 4500-P C
23	Hierro	0.084	±0.001	mg/l Fe	0.009	SMWW 3500-Fe
24	Magnesio	7.414	±0.088	mg/l Mg	0.006	SMWW 3500-Mg
25	Manganeso	<0.024	±0.000	mg/l Mn	0.024	SMWW 3500-Mn
26	Nitratos	38.31	±0.21	mg/l NO <sub>3</sub>	1.33	HACH 8039
31	Potasio	3.769	±0.059	mg/l K	0.012	SMWW3500-K
32	Silice	90.81	±0.52	mg/l SiO <sub>2</sub>	1.23	SMWW 3500-Si
37	Sólidos Disueltos Totales	254.55	±0.49	mg/l	—	Electrométrico
43	Sodio	12.720	±0.141	mg/l Na	0.017	SMWW 3500-Na
44	Sulfatos	85	±0	mg/l SO <sub>4</sub>	7	HACH 8051
55	Arsénico	<0.000177	±0.028200	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](http://www.osa.gob.sv)

Ensayos Acreditados: DBO<sub>5</sub>, 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 de las muestras se ingresan cerca de la hora de salida o al día siguiente del ato mad 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](http://www.marn.gov.sv)