



**ESTUDIO PARA LA DETERMINACIÓN DE ZONAS  
POTENCIALES DE RECARGA HÍDRICA EN LAS  
MICROCUENCAS DE LOS RÍOS LAS MINAS Y PINULA**

**Carlos Chavarria & Mynor Juárez**

Fundación para la Conservación del Agua de la Región Metropolitana de Guatemala  
-FUNCAGUA-  
Mancomunidad Gran Ciudad del Sur  
-MGCS-

## Agradecimientos

---

Un agradecimiento a las personas que apoyaron a la elaboración de este estudio, en especial a:

**Facultad de Agronomía USAC:** Dr. Francisco Vásquez. **Fundación para la Conservación del Agua en la Región Metropolitana de Guatemala -FUNCAGUA-:** Ing. Héctor Espinoza, Ing. Óscar Ávalos, Ing. Ángela Méndez. **Instituto Nacional de Bosques INAB:** Ing. Francisco Visoni. **Mancomunidad Gran Ciudad del Sur -MGCS-:** Ing. Thomas Henry, Ing. Obdulio Cotuc, Arq. Diana Osorio, Ing. Tom Luna. **Municipalidad de Santa Catarina Pinula:** Lic. Francisco Archila, Ing. Miguel López, Christian Gómez. **Municipalidad de Villa Canales, Dirección de Servicios Públicos, Agua y Saneamiento:** Arq. Luis Leiva, Giovanni Osorio. **Personas Particulares:** Dr. Allan Cosillo, Ing. Daniel Manzo.

## Acrónimos

- **AMSA:** Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán
- **Anacafé:** Asociación Nacional del Café
- **CC:** Capacidad de Campo
- **CONAP:** Consejo Nacional de Áreas Protegidas
- **DAP:** Densidad Aparente del Suelo
- **ETP:** Evapotranspiración Potencial
- **fc:** Capacidad de Infiltración
- **FUNCAGUA:** Fundación para la Conservación del Agua en la Región Metropolitana de Guatemala
- **IARNA:** Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente
- **IGN:** Instituto Geográfico Nacional
- **INAB:** Instituto Nacional de Bosques
- **INSIVUMEH:** Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
- **MAGA:** Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
- **MGCS:** Mancomunidad Gran Ciudad del Sur
- **PINPEP:** programa de Incentivos Forestales para poseedores de pequeñas extensiones de tierra de vocación forestal o agroforestal
- **PMP:** Punto de Marchitez Permanente
- **Pp:** Precipitación
- **PROBOSQUE:** Fomento al Establecimiento, Recuperación, Restauración, Manejo, Producción y Protección de Bosques en Guatemala
- **RAD:** Rango de Agua Disponible
- **RMG:** Región Metropolitana de Guatemala
- **Rp:** Recarga Hídrica Potencial
- **USAID:** Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

## Glosario

- **Nivel dinámico:** Es el nivel que se registra del manto freático cuando la bomba del pozo se encuentra activada.
- **Nivel estático:** Es el nivel que se registra del manto freático cuando la bomba del pozo se encuentra desactivada.
- **Recarga hídrica potencial (Rp):** Es la fracción de la precipitación que llega al suelo y que puede ser conducida hacia el manto freático.

## Resumen

---

Las microcuencas de los ríos Las Minas y Pinula forman parte de la cuenca del Lago de Amatitlán, ocupando un 15.79% del territorio de dicha cuenca. Las mismas, están ubicadas en la parte alta de dicha cuenca, por lo que son vitales para la recarga hídrica de este territorio. En el estudio “Análisis Piezométrico de Pozos para los Municipios de Mancomunidad Gran Ciudad del Sur”, publicado por FUNCAGUA en el año 2019, se ha comprobado un rápido descenso en los niveles tanto dinámicos como estáticos de esta región entre los años 1978 y 2018, en la cual se incluye el territorio ocupado por las microcuencas de los ríos Las Minas y Pinula. Esta es una de las razones principales para realizar estudios sobre el comportamiento de la recarga hídrica potencial en estas microcuencas, y de esta manera tomar decisiones en el territorio para que las condiciones del mismo favorezcan a la recarga hídrica. Para determinar la recarga hídrica potencial en las microcuencas mencionadas anteriormente se utilizó la metodología del Balance Hídrico de Suelos de Gunther Schosinsky (2006). Esta metodología considera distintas variables del territorio que influyen en la recarga hídrica, como los factores de la topografía del territorio, la vegetación del territorio, datos climáticos históricos y factores de los suelos del territorio. Algunos de estos factores están representados por coeficientes preestablecidos por el autor de la metodología, mientras que otros requieren de pruebas en campo para la determinación de su valor numérico. Para la obtención de estos últimos, se elaboraron dos diferentes mapas de unidades de mapeo, uno que fue utilizado específicamente para la toma de muestras de suelo, a partir de las cuales se obtuvieron las constantes de humedad del suelo, y el otro que se utilizó para la determinación de la capacidad de infiltración mediante la realización de pruebas de infiltración. Una vez obtenidos todos los datos que son considerados en la metodología de Schosinsky, se procedió a realizar el cálculo de la recarga hídrica potencial del suelo, que es el valor que indica los milímetros de lámina de agua que son infiltrados al suelo durante un periodo de un año. En las microcuencas de los ríos Las Minas y Pinula, se determinaron valores de recarga hídrica potencial que oscilan entre los 98.24 mm/año y los 750.98 mm/año. Una vez se obtuvieron los valores de recarga hídrica potencial en los puntos de muestreo considerados, se realizó una interpolación de los datos de dichos puntos para obtener una capa con valores asignados a todo el territorio de las microcuencas en estudio. Los valores de recarga hídrica potencial contenidos en esta capa fueron clasificados en siete clases con intervalos iguales, agrupando así los valores de recarga hídrica potencial en Muy Baja, Baja, Moderadamente Baja, Moderada, Moderadamente Alta, Alta y Muy Alta, esto con el objetivo de facilitar la comprensión del presente estudio. Asimismo, el estudio contiene un apartado en el que se compara la recarga hídrica potencial con la intensidad de uso del suelo del territorio, obteniendo polígonos a los que se les asigna una recomendación basada en los dos factores antes mencionados, para que las mismas puedan ser tomadas en cuenta por las municipalidades en sus Planes de Ordenamiento Territorial (POT), contribuyendo de esta forma a la sostenibilidad en la utilización del recurso hídrico en la RMG.



## Índice

1. Introducción	8
2. Objetivos	9
2.1. General	9
2.2. Específicos	9
3. Antecedentes	9
3.1. Estudio de nivel piezométrico de pozos municipales, FUNCAGUA 2018.	9
3.2. Nivel piezométrico de los pozos municipales en época lluviosa.	11
3.3. Nivel piezométrico de los pozos municipales en época seca.	13
4. Alcance del Estudio	16
5. Resultados	17
5.1. Unidades de mapeo para muestreo de suelos.	17
5.2. Puntos de muestreo para análisis de constantes de humedad del suelo.	18
5.3. Unidades de mapeo para pruebas de infiltración.	20
5.4. Resultados de las pruebas de infiltración.	25
5.5. Datos de capacidad de infiltración.	35
5.6. Balances hídricos, método de Schosinsky.	39
5.6.1. Polígonos de Thiessen de las estaciones analizadas.	39
5.6.2. Densidad aparente.	41
5.7. Balances hídricos de suelos.	43
5.8. Mapa de Recarga Hídrica Potencial del Suelo (Rp) en mm/año.	46
5.9. Zonificación de la recarga hídrica potencial (Rp) en mm/año.	47
6. Recomendaciones	50
6.1. Incentivos Aplicables	55
6.2. Especies forestales adecuadas para el territorio.	57
7. Bibliografía	61
8. Anexos	63
8.1. Líneas de Perfil	63
8.2. Resultados de Análisis de Laboratorio de Muestras de Suelo.	68
8.3. Datos de Campo de Pruebas de Infiltración Realizadas.	73
8.4. Coeficientes Preestablecidos para el Balance Hídrico de Suelos de Shcosinsky.	82
8.5. Valores Usados para Cálculo de Evapotranspiración Potencial (ETP).	83
8.6. Información Climática de Estaciones Meteorológicas Analizadas.	84
8.7. Balances Hídricos de Suelos.	91
8.8. Mapas Utilizados para la Obtención de la Intensidad de Uso de la Tierra.	105
8.9. Fotografías de Campo	107

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Mapa de Ubicación.	10
<b>Figura 2.</b> Mapa de Unidades de Mapeo para Muestreo de Suelos.	11
<b>Figura 3.</b> Mapa de Puntos de Muestreo de Suelos.	13
<b>Figura 4.</b> Mapa de Unidades de Mapeo para Pruebas de Infiltración.	15
<b>Figura 5.</b> Mapa de Puntos con Información Existente de fc.	17
<b>Figura 6.</b> Mapa de Puntos de Muestreo para Pruebas de Infiltración.	18
<b>Figura 7.</b> Mapa de Puntos totales con Información de fc.	29
<b>Figura 8.</b> Mapa de Capacidad de Infiltración.	32
<b>Figura 9.</b> Mapa de Polígonos de Thiessen.	34
<b>Figura 10.</b> Mapa de Densidad Aparente del Suelo.	36
<b>Figura 11.</b> Mapa de Recarga Hídrica Potencial del Suelo.	40
<b>Figura 12.</b> Mapa de Zonificación de la Recarga Hídrica Potencial.	42
<b>Figura 13.</b> Mapa de Intensidad de Uso de la Tierra.	44
<b>Figura 14.</b> Mapa de Propuestas de Planes de Acción.	46

## Índice de Gráficas

<b>Gráfica 1.</b> Gráfica de Infiltración del Suelo, Punto “P1”.	19
<b>Gráfica 2.</b> Gráfica de Infiltración del Suelo, Punto “P2”.	20
<b>Gráfica 3.</b> Gráfica de Infiltración del Suelo, Punto “P3”.	21
<b>Gráfica 4.</b> Gráfica de Infiltración del Suelo, Punto “P4”.	22
<b>Gráfica 5.</b> Gráfica de Infiltración del Suelo, Punto “P5”.	23
<b>Gráfica 6.</b> Gráfica de Infiltración del Suelo, Punto “P6”.	24
<b>Gráfica 7.</b> Gráfica de Infiltración del Suelo, Punto “P7”.	25
<b>Gráfica 8.</b> Gráfica de Infiltración del Suelo, Punto “P8”.	26
<b>Gráfica 9.</b> Gráfica de Infiltración del Suelo, Punto “P9”.	27
<b>Gráfica 10.</b> Gráfica de Infiltración del Suelo, Punto “P10”.	28

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Descripción de Unidades de Mapeo de Suelos.	12
<b>Tabla 2.</b> Resultado de Constantes de Humedad.	14
<b>Tabla 3.</b> Descripción de Unidades de Mapeo para Infiltración.	16
<b>Tabla 4.</b> Datos de Capacidad de Infiltración.	30
<b>Tabla 5.</b> Datos de Precipitación por Estación Analizada.	33
<b>Tabla 6.</b> Datos de Temperatura por Estación Analizada.	33
<b>Tabla 7.</b> Datos de Evapotranspiración Potencial por Estación Analizada.	34
<b>Tabla 8.</b> Área de Influencia de las Estaciones Analizadas.	35
<b>Tabla 9.</b> Resultados de los Balances Hídricos en mm/año.	38
<b>Tabla 10.</b> Principales Resultados de los Balances Hídricos en Porcentaje.	39
<b>Tabla 11.</b> Clases de Recarga Hídrica Potencial.	43
<b>Tabla 12.</b> Descripción de Intensidad de Uso del Suelo.	45
<b>Tabla 13.</b> Matriz de Recomendaciones.	47
<b>Tabla 14.</b> Incentivos Aplicables a las Recomendaciones.	49

<b>Tabla 15.</b> Listado de Especies Forestales Recomendadas por INAB.	51
<b>Tabla 16.</b> Listado de Especies Arbóreas Identificadas por FUNCAGUA.	52

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1.</b> Líneas de Perfil del Nivel Dinámico, Época Lluviosa.	63
<b>Anexo 2.</b> Líneas de Perfil del Nivel Estático, Época Lluviosa.	64
<b>Anexo 3.</b> Líneas de Perfil del Nivel Dinámico, Época Seca.	65
<b>Anexo 4.</b> Líneas de Perfil del Nivel Estático, Época Seca.	66
<b>Anexo 5.</b> Líneas de Perfil para Recomendación de Especies Forestales.	67
<b>Anexo 6.</b> Resultados de Laboratorio en Textura Arenoso-Franco.	68
<b>Anexo 7.</b> Resultados de Laboratorio en Textura Franco.	69
<b>Anexo 8.</b> Resultados de Laboratorio en Textura Franco-Arenoso.	70
<b>Anexo 9.</b> Resultados de Laboratorio en Textura Franco-Arcillo-Arenoso.	71
<b>Anexo 10.</b> Resultados de Laboratorio en Textura Franco-Arcilloso y Arcilloso.	72
<b>Anexo 11.</b> Tabla de Datos de Prueba de Infiltración Punto "P1"	74
<b>Anexo 12.</b> Tabla de Datos de Prueba de Infiltración, Punto "P2"	74
<b>Anexo 13.</b> Tabla de Datos de Prueba de Infiltración, Punto "P3"	75
<b>Anexo 14.</b> Tabla de Datos de Prueba de Infiltración, Punto "P4"	75
<b>Anexo 15.</b> Tabla de Datos de Prueba de Infiltración, Punto "P5"	76
<b>Anexo 16.</b> Tabla de Datos de Prueba de Infiltración, Punto "P6"	77
<b>Anexo 17.</b> Tabla de Datos de Prueba de Infiltración, Punto "P7"	77
<b>Anexo 18.</b> Tabla de Datos de Prueba de Infiltración, Punto "P8"	78
<b>Anexo 19.</b> Tabla de Datos de Prueba de Infiltración, Punto "P9"	79
<b>Anexo 20.</b> Tabla de Datos de Prueba de Infiltración, Punto "P10"	79
<b>Anexo 21.</b> Factor por Pendiente (Kp).	80
<b>Anexo 22.</b> Factor por Vegetación (Kv).	80
<b>Anexo 23.</b> Profundidad de las Raíces (PR).	81
<b>Anexo 24.</b> Valores medios de radiación solar (RS) en mm/día.	81
<b>Anexo 25.</b> Duración del día media mensual (S) en hrs/día.	81
<b>Anexo 26.</b> Información Climática Estación INSIVUMEH, Zona 13.	81
<b>Anexo 27.</b> Información Climática Estación INSIVUMEH, La Aurora.	82
<b>Anexo 28.</b> Información Climática Estación INSIVUMEH, Villa Canales.	83
<b>Anexo 29.</b> Información Climática Estación AMSA 8, Guardabarranca Colmenas.	84
<b>Anexo 30.</b> Información Climática Estación AMSA 5, Cuchilla del Carmen.	85
<b>Anexo 31.</b> Información Climática Estación Anacafé, Agua Tibia.	86
<b>Anexo 32.</b> Información Climática Estación Anacafé, Florencia.	87
<b>Anexo 33.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "C1"	88
<b>Anexo 34.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "C2"	89
<b>Anexo 35.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "E1"	89
<b>Anexo 36.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "E2"	90
<b>Anexo 37.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "E3"	90
<b>Anexo 38.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "E4"	91
<b>Anexo 39.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "E5"	91

<b>Anexo 40.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "E6"	92
<b>Anexo 41.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "E7"	92
<b>Anexo 42.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "M1"	93
<b>Anexo 43.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "M2"	93
<b>Anexo 44.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "M3"	94
<b>Anexo 45.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "M4"	94
<b>Anexo 46.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "M5"	95
<b>Anexo 47.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "M6"	95
<b>Anexo 48.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "M7"	96
<b>Anexo 49.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "M8"	96
<b>Anexo 50.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "M9"	97
<b>Anexo 51.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "P1"	97
<b>Anexo 52.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "P2"	98
<b>Anexo 53.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "P3"	98
<b>Anexo 54.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "P4"	99
<b>Anexo 55.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "P5"	99
<b>Anexo 56.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "P6"	100
<b>Anexo 57.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "P7"	100
<b>Anexo 58.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "P8"	101
<b>Anexo 59.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "P9"	101
<b>Anexo 60.</b> Balance Hídrico de Suelo Punto "P10"	102
<b>Anexo 61.</b> Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra.	102
<b>Anexo 62.</b> Mapa de Uso del Suelo.	103
<b>Anexo 63.</b> Limpieza del Lugar a Realizar la Prueba.	104
<b>Anexo 64.</b> Realización de Agujero.	105
<b>Anexo 65.</b> Limpieza del Agujero.	105
<b>Anexo 66.</b> Prueba de Infiltración.	106
<b>Anexo 67.</b> Transporte del Material al Punto.	106
<b>Anexo 68.</b> Toma de Datos de Prueba de Infiltración.	107
<b>Anexo 69.</b> Pozo el Pueblito Santa Catarina Pinula.	107
<b>Anexo 70.</b> Verificación de Saturación del Suelo.	108
<b>Anexo 71.</b> Prueba de Infiltración en Salvadora II "P3"	108
<b>Anexo 72.</b> Verificación de Profundidad del Agujero.	109
<b>Anexo 73.</b> Prueba de Infiltración en Día Lluvioso.	109
<b>Anexo 74.</b> Acompañamiento de Personal de la Municipalidad de Villa Canales.	110
<b>Anexo 75.</b> Fotografía con Propietario del Terreno en Villa Canales.	110
<b>Anexo 76.</b> Acompañamiento de Personal de la Municipalidad de Santa Catarina Pinula.	111

## 1. Introducción

---

Cuando se habla de recarga hídrica, se hace referencia al porcentaje de la precipitación que es infiltrada al suelo y que llega hasta el manto freático, como parte del ciclo hidrológico. En el caso específico de la región metropolitana de Guatemala, se conoce que entre un 50% y un 60% del agua potable es proporcionada por fuentes de agua subterránea (FUNCAGUA, 2019), lo que hace a esta fuente de agua potable una de las más importantes para el desarrollo de la Región Metropolitana de Guatemala.

Sin embargo, la alta demanda de agua subterránea, combinada con un uso incorrecto del suelo en la Región Metropolitana de Guatemala han sido las principales causas para el descenso en el nivel del manto freático. Esto se ha demostrado en el estudio de “Análisis Piezométrico de Pozos de Agua para los Municipios de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur”, publicado por FUNCAGUA en el 2019, que indica que el nivel piezométrico de algunos pozos dentro de la zona de estudio ha disminuido considerablemente en los últimos años; hasta 120 metros en el caso de Santa Catarina Pinula y hasta 50 metros en el caso de Villa Canales. (FUNCAGUA, 2019)

Lo anteriormente expuesto ha motivado la recarga del acuífero de esta región. Se conoce que la presencia de vegetación boscosa favorece a la recarga hídrica en el suelo, por lo que han surgido varias iniciativas de reforestación en las periferias del casco urbano del departamento de Guatemala, impulsadas por instituciones como el INAB, MARN y AMSA.

Si bien es cierto que la reforestación es una acción que favorece a la recarga hídrica, no todas las reforestaciones se realizan en terrenos que presentan condiciones ideales para la recarga del agua proveniente de la precipitación. Es por ello que se realiza el presente estudio, con el objetivo de contribuir a la determinación de Zonas Potenciales de Recarga Hídrica en las microcuencas de los ríos Las Minas y Pinula, con el fin de promover acciones estratégicas de seguridad hídrica en áreas donde los porcentajes de infiltración son mayores. De hecho, las microcuencas en estudio están ubicadas en la parte alta de la cuenca del Lago de Amatitlán, por lo que es esencial dar prioridad a las acciones que favorezcan a la recarga hídrica en esta zona.

## 2. Objetivos

---

### 2.1. General

- Contribuir con la generación de información hídrica para la toma de decisiones en la Región Metropolitana de Guatemala.

### 2.2. Específicos

- Generar información geográfica del territorio que ocupa la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur (MGCS), utilizando para el efecto los Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Elaborar mapas temáticos del territorio y hacer estimaciones de su capacidad de infiltración.
- Proponer pautas de manejo forestal y especies adecuadas en los territorios estudiados.

## 3. Antecedentes

---

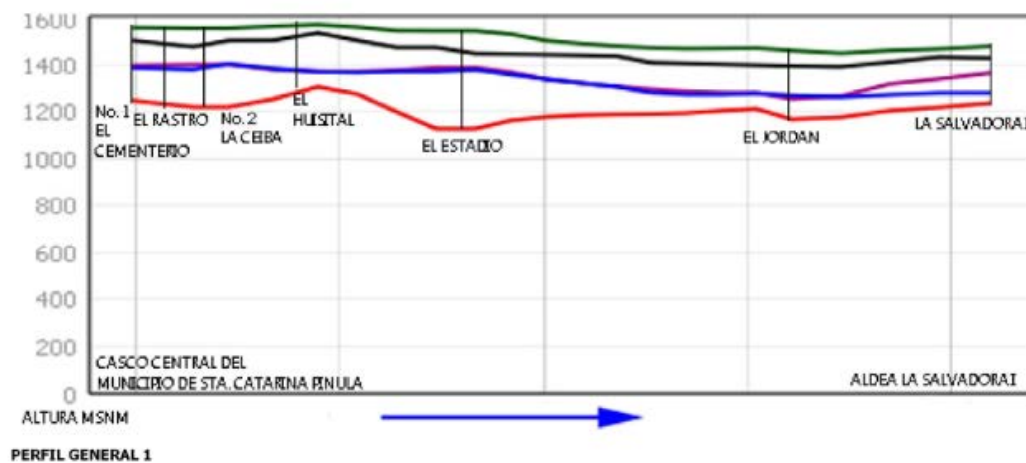
La recarga hídrica potencial se describe como la fracción del agua proveniente de la precipitación que se infiltra en el suelo y llega a formar parte del manto freático del territorio. En el caso específico de la Región Metropolitana de Guatemala, región en la cual se ubican las microcuencas en estudio, se conoce que entre un 50% y un 60% del agua potable es proporcionada por fuentes de agua subterránea (FUNCAGUA, 2019), esto debido a que una gran parte del agua superficial de la RMG se encuentra contaminada en la actualidad. (FUNCAGUA, 2022)

Sin embargo, el uso desmedido del agua proveniente de fuentes subterráneas ha causado un rápido descenso en el nivel del acuífero. Según el documento publicado por FUNCAGUA en el año 2019, en el que se realiza una comparación de los niveles piezométricos de los pozos en los años 1978 y 2018, en el municipio de Santa Catarina Pinula, en el que se ubica la microcuenca del Río Pinula y parte de la microcuenca del Río Las Minas, se registra un descenso de hasta 120 metros en los últimos 40 años, mientras que en el municipio de Villa Canales, en el que se ubica la mayor parte de la microcuenca del Río Las Minas, existen varias zonas en las que los niveles piezométricos casi alcanzan la profundidad total de la perforación del pozo, como se demuestra en las gráficas siguientes:

### 3.1. Estudio de nivel piezométrico de pozos municipales, FUNCAGUA 2018.

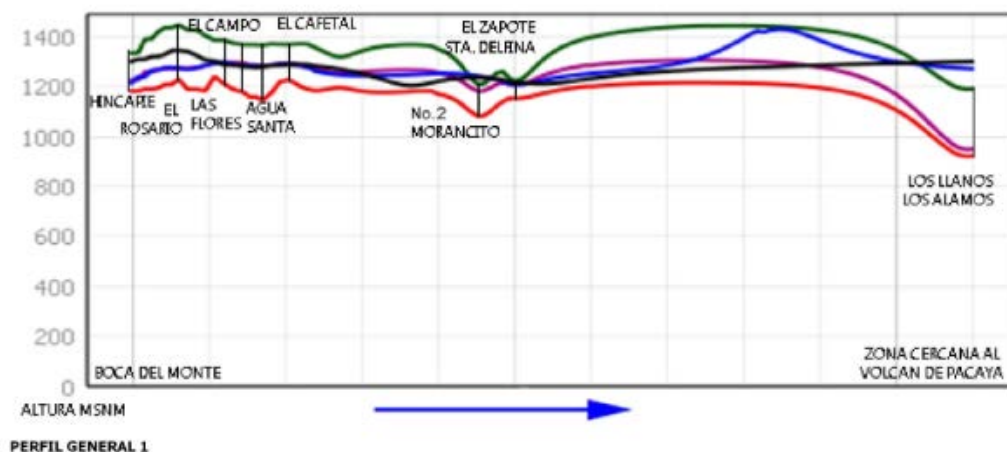
En este inciso se presenta un resumen del estudio del nivel piezométrico de los pozos municipales, realizado para los municipios de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur. La información citada es específicamente de los pozos ubicados en los municipios de Santa Catarina Pinula y Villa Canales, dentro de los cuales se encuentra el territorio que abarcan las microcuencas de los ríos Las Minas y Pinula.

**Figura 1.** Nivel Piezométrico de Pozos en los años 1978 y 2018, Municipio de Santa Catarina Pinula.



(FUNCAGUA, 2019)

**Figura 2.** Nivel Piezométrico de Pozos en los años 1978 y 2018, Municipio de Villa Canales.



(FUNCAGUA, 2019)

En las gráficas presentadas anteriormente, tomadas del estudio publicado por FUNCAGUA en el 2019 (utilizado como base para el presente documento) se representa el nivel piezométrico monitoreado en el año 1978 en color negro, el nivel piezométrico medido durante la época seca del año 2018 en color morado, el nivel piezométrico medido durante la época lluviosa del año 2018 en color azul y la profundidad total de los pozos en color rojo.

A partir del año 2018, la FUNCAGUA ha monitoreado anualmente los niveles piezométricos de los pozos, con el objetivo de tener registros del comportamiento del manto freático en la RGM. Como punto de partida del presente estudio, se analizaron los datos anuales de dichos monitoreos, para tener conocimiento de la problemática que causa el interés por la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica, en las cuales se espera que posteriormente se tomen iniciativas para favorecer a la recarga del acuífero.

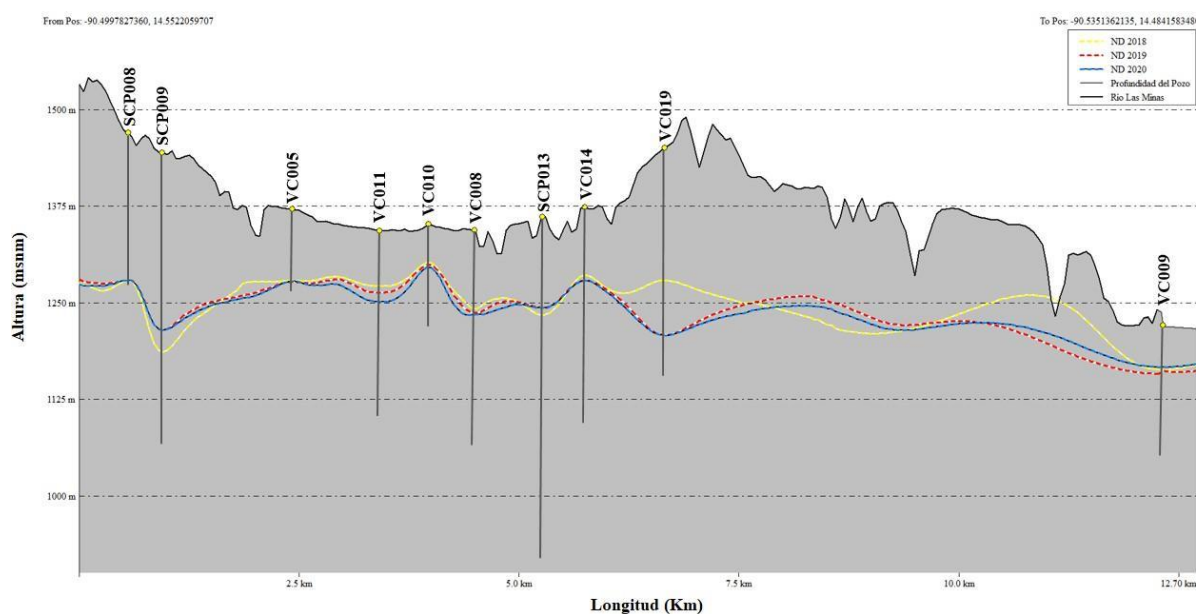


A continuación, se presentan los perfiles de los niveles estáticos y dinámicos de los pozos que han sido monitoreados por la FUNCAGUA en los años que presentan datos entre el 2018 y el 2022, tanto en época seca como en época lluviosa.

### 3.2. Nivel piezométrico de los pozos municipales en época lluviosa.

El presente inciso detalla gráficamente, mediante perfiles piezométricos de pozos, el análisis de los niveles tanto estático como dinámico de los pozos municipales ubicados dentro del territorio de las microcuencas de los ríos Las Minas y Pinula que cuentan con dichos datos. Estas mediciones fueron realizadas durante la época lluviosa en los últimos años.

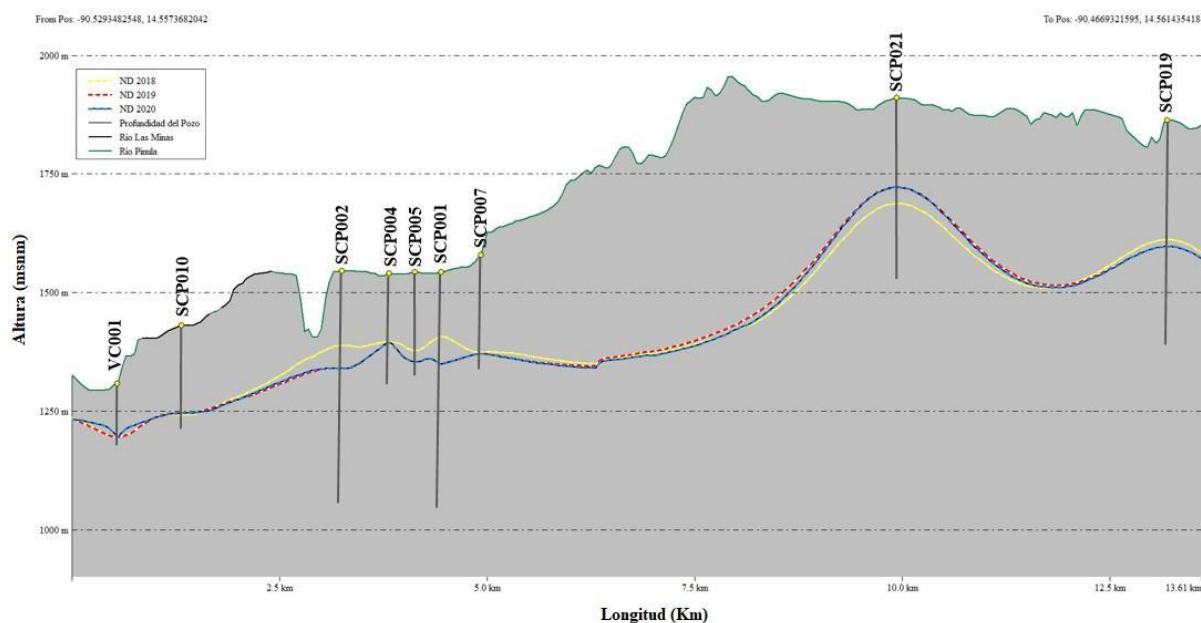
**Gráfica 1.** Perfil del Nivel Dinámico de Pozos Municipales en Época Lluviosa, años 2018, 2019 y 2020, Microcuenca del Río Las Minas.



En el perfil de los pozos en época lluviosa de la microcuenca del río Las Minas se observa que la mayoría de los pozos poseen un nivel dinámico estable durante los años 2018, 2019 y 2020. No obstante, en el pozo SCP009 se observa una mejoría con respecto al nivel dinámico del 2018, caso contrario al del pozo VC019, en el que se observa una disminución del nivel dinámico en los años 2019 y 2020 con respecto al nivel observado en el 2018. En pozos como SCP008 y VC005, el nivel dinámico casi llega a la profundidad total de dichos pozos.

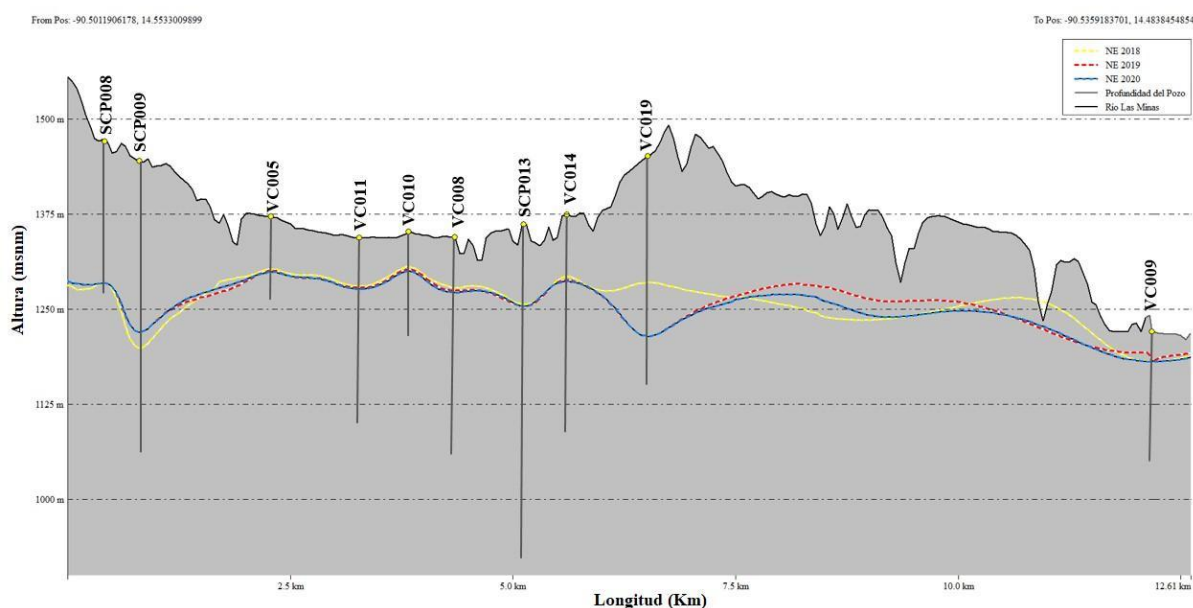


**Gráfica 2.** Perfil del Nivel Dinámico de Pozos Municipales en Época Lluviosa, años 2018, 2019 y 2020, Microcuenca del Río Pinula.



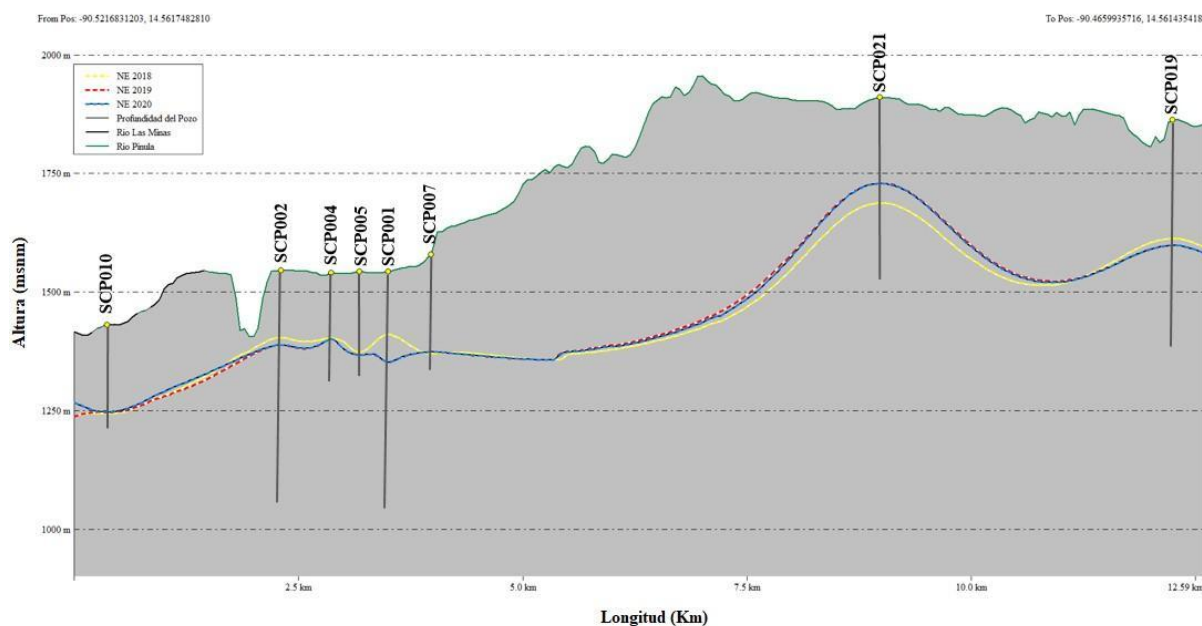
En el perfil de los pozos en época lluviosa de la microcuenca del río Pinula se observa que pozos como el SCP002 y SCP001 presentan una disminución del nivel dinámico en los años 2019 y 2020 con respecto al año 2018. Asimismo, los pozos SCP021 y SCP019 muestran una leve mejora del nivel dinámico con respecto al año 2018. En el caso del pozo VC001, el nivel dinámico está cerca de la profundidad del pozo.

**Gráfica 3.** Perfil del Nivel Estático de Pozos Municipales en Época Lluviosa, años 2018, 2019 y 2020, Microcuenca del Río Las Minas.



En este perfil se observa un leve ascenso del nivel estático del pozo SCP009 con respecto al nivel observado en el 2018, caso contrario del pozo VC019, el cual presenta un alarmante descenso del nivel estático con respecto al nivel observado en el 2018. En el pozo SCP008 se observa que el nivel estático en época lluviosa está muy cerca de la profundidad de dicho pozo.

**Gráfica 4.** Perfil del Nivel Estático de Pozos Municipales en Época Lluviosa, años 2018, 2019 y 2020, Microcuenca del Río Pinula.

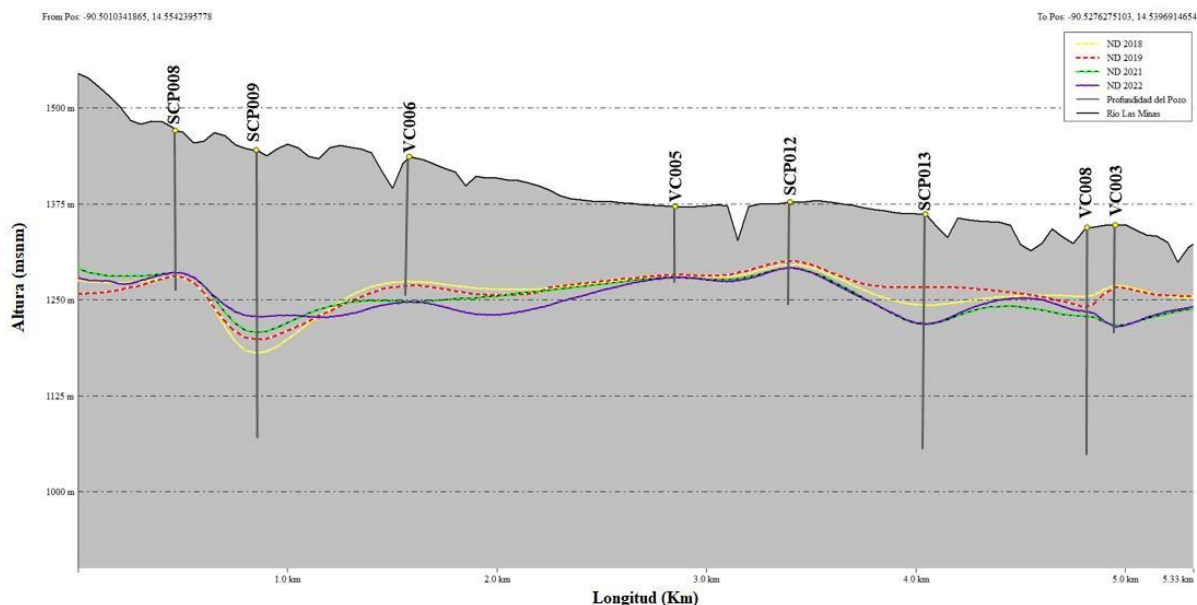


En el nivel estático en época lluviosa de los pozos SCP002 y SCP019 se observa una leve disminución con respecto al nivel observado en el 2018. Asimismo, en el pozo SCP001 se observa una disminución más pronunciada del nivel estático con respecto al 2018, caso contrario al pozo SCP021, en el que se observa un ascenso en el nivel estático con respecto al nivel medido en el 2018.

### 3.3. Nivel piezométrico de los pozos municipales en época seca.

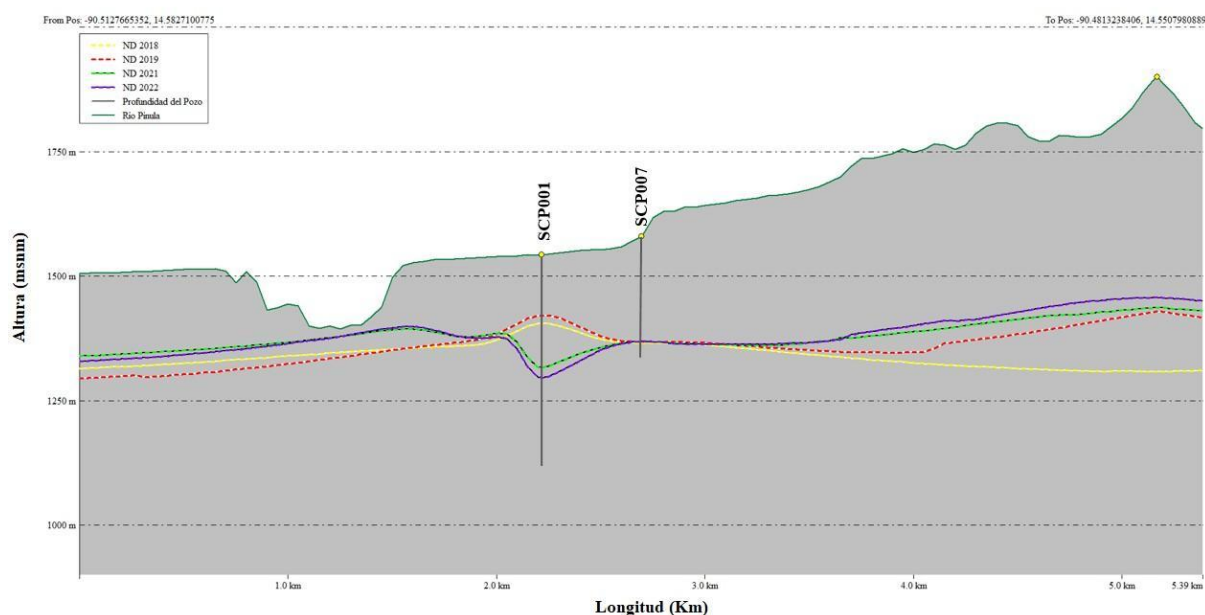
El presente inciso detalla gráficamente, mediante perfiles de pozos, el análisis de los niveles tanto estáticos como dinámicos de los pozos municipales ubicados dentro del territorio de las microcuencas de los ríos Las Minas y Pinula que cuentan con dichos datos. Estas mediciones fueron realizadas durante la época seca en los últimos años.

**Gráfica 5.** Perfil del Nivel Dinámico de los Pozos Municipales en Época Seca, años 2018, 2019, 2021 y 2022, Microcuenca del Río Las Minas.



Los pozos VC006, SCP012, SCP013, VC008 y VC003 presentan una clara disminución de su nivel dinámico en época seca, siendo los más alarmantes el VC006, SCP013 y VC003. Por el contrario, el pozo SCP009 que presenta un ascenso en su nivel dinámico en comparación con años anteriores. En pozos como SCP008, VC005 y VC003, el nivel dinámico se encuentra cerca de la profundidad del pozo. Por otra parte, el pozo VC006 presenta un nivel dinámico en los años 2021 y 2022 más bajo que la profundidad de dicho pozo.

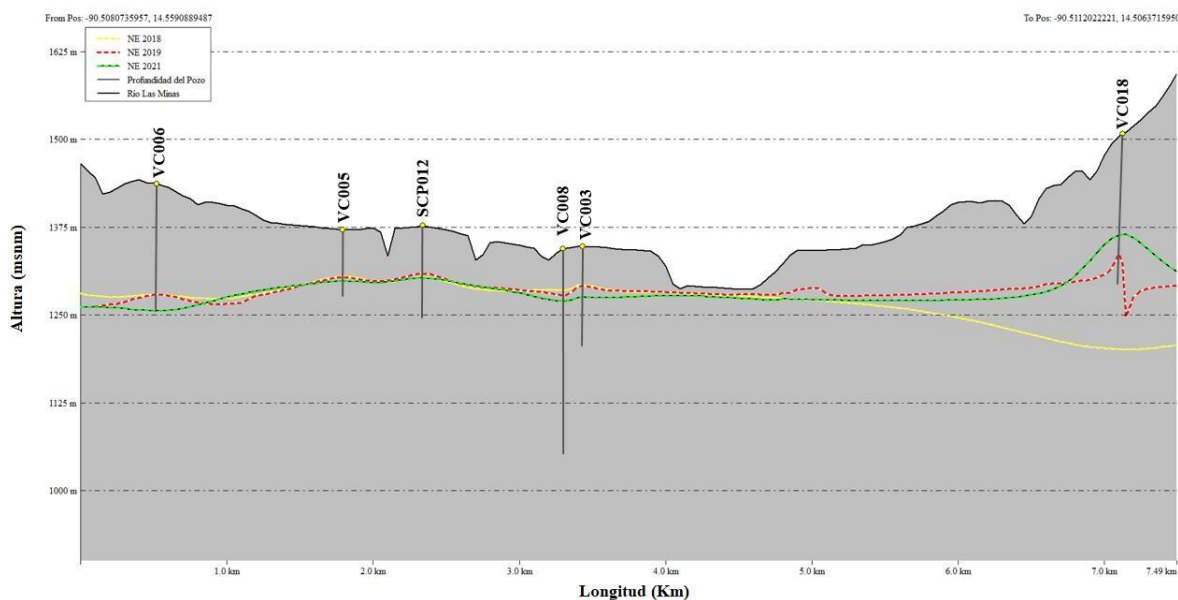
**Gráfica 6.** Perfil del Nivel Dinámico de los Pozos Municipales en Época Seca, años 2018, 2019, 2021 y 2022, Microcuenca del Río Pinula.



Para el río Pinula solamente existe información completa de los años comparados para dos pozos: el pozo SCP007, que presenta un nivel dinámico estable durante los 4 años

comparados, y el pozo SCP001, en el que se observa una preocupante disminución del nivel dinámico en época seca en los años recientes con respecto a los años 2018 y 2019.

**Gráfica 7.** Perfil del Nivel Estático de los Pozos Municipales en Época Seca, años 2019, 2019 y 2021, Microcuenca del Río Las Minas.

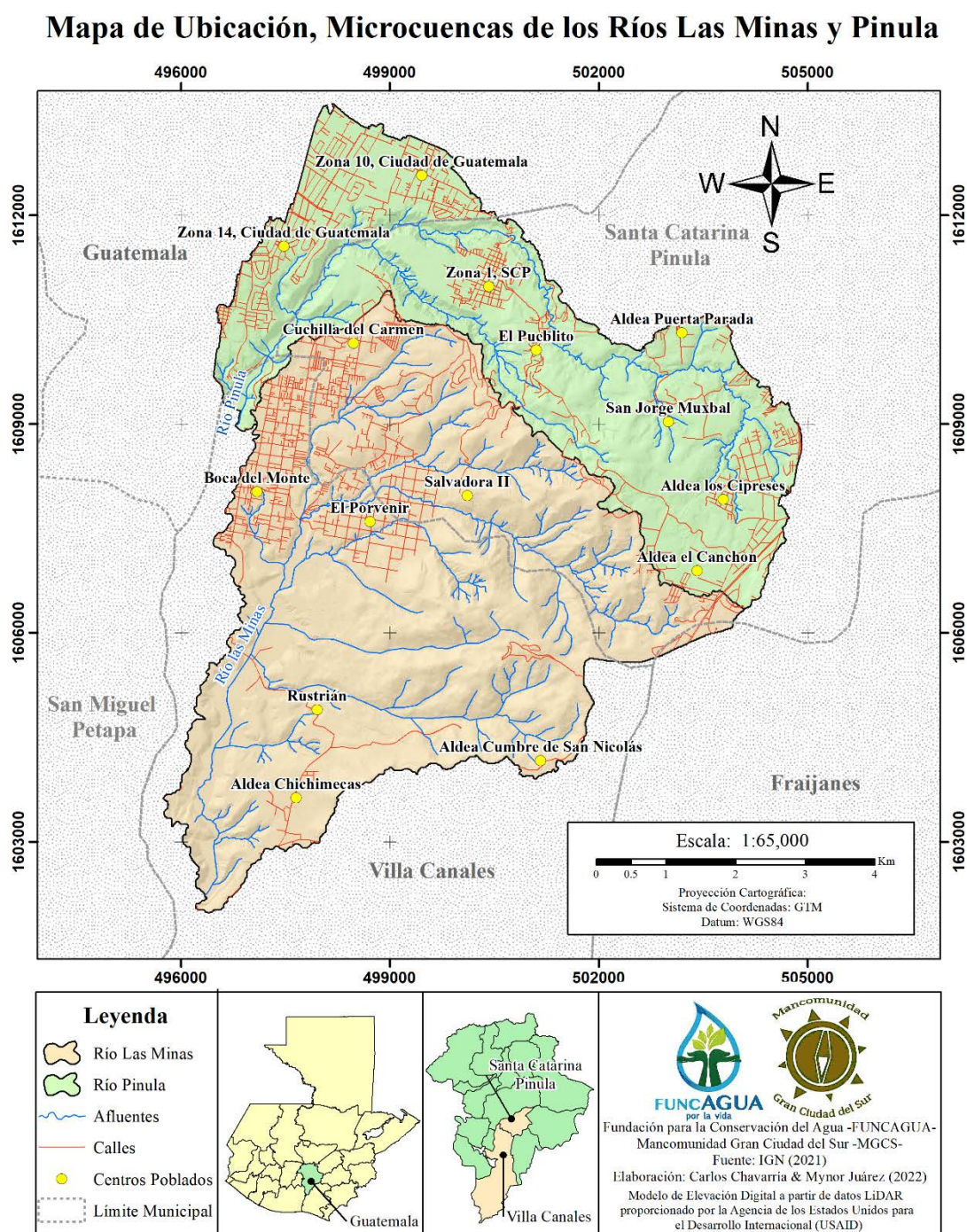


Con respecto al nivel estático en época seca del río Las Minas, en pozos como VC006 y VC003, se observa una clara disminución del nivel estático. En el pozo VC006 se logra observar que para el año 2021 el nivel estático del pozo se encuentra cerca de la profundidad del pozo, caso contrario el pozo VC018 presenta un ascenso en su nivel estático comparado con años anteriores.



## 4. Alcance del Estudio

Figura 3. Mapa de Ubicación.



El presente estudio fue realizado para las microcuencas de los ríos Las Minas y Pinula. Las mismas están ubicadas en el departamento de Guatemala, principalmente en los municipios de Santa Catarina Pinula y Villa Canales. La importancia de las microcuencas mencionadas anteriormente radica en que ambas están ubicadas en la parte alta de la cuenca del Lago de Amatitlán, por lo que son territorios que son vitales para la recarga hídrica. (IARNA, 2013)

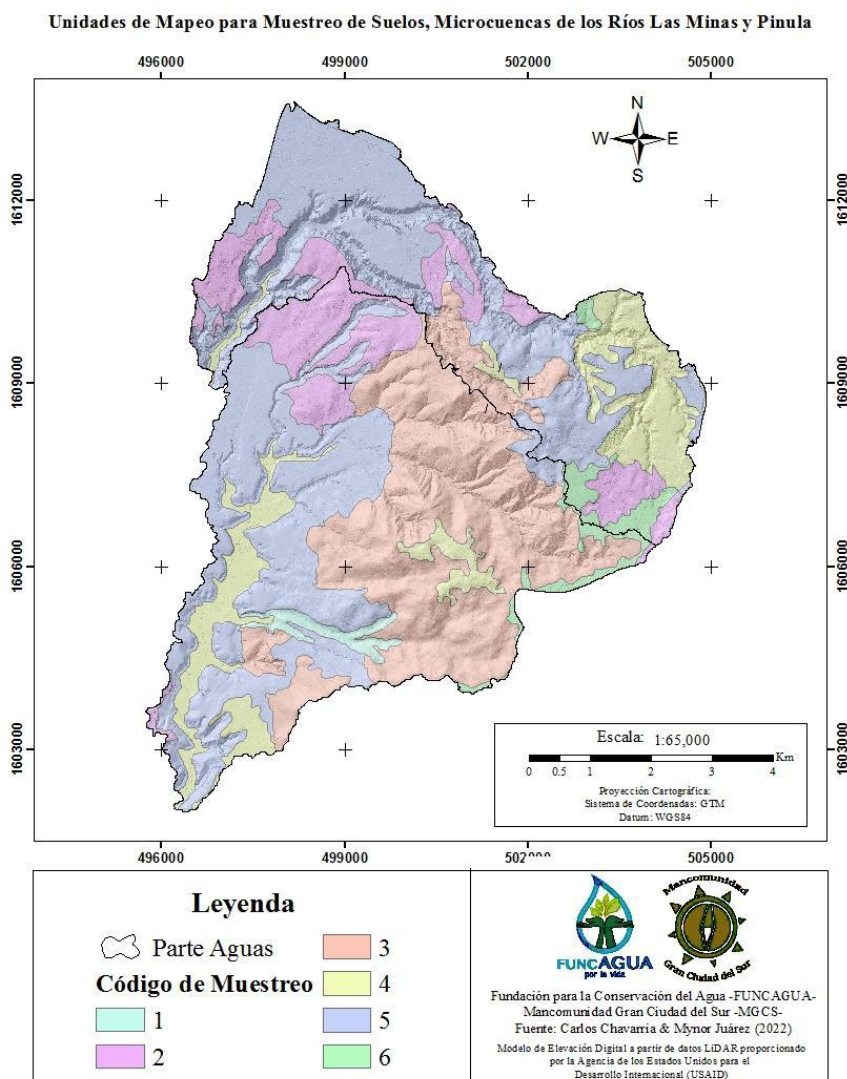
## 5. Resultados

### 5.1. Unidades de mapeo para muestreo de suelos.

Las unidades de mapeo para la toma de muestras de suelo indican los polígonos que comparten similares características en cuanto a la textura del suelo, ya que los suelos que comparten la misma textura tienden a tener datos de Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP) muy similares (Cosillo, Orientación para Realización de Estudio de Determinación de Zonas de Recarga Hídrica, 2022), datos que son requeridos para el cálculo de la recarga hídrica potencial. Es por ello que el Mapa de Unidades de Mapeo de Suelos se elaboró partiendo del Mapa de Texturas del suelo.

En conjunto, las microcuencas de los ríos Las Minas y Pinula tienen un total de seis texturas diferentes, por lo que existen seis unidades de mapeo para la toma de muestras de suelo, representadas en el siguiente mapa.

**Figura 4.** Mapa de Unidades de Mapeo para Muestreo de Suelos.



Se le asignó un código a cada unidad de mapeo para tener un mejor control sobre las muestras obtenidas en cada una de ellas. Estos códigos se describen en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Descripción de Unidades de Mapeo de Suelos.

Unidad de Mapeo	Textura	Código de Textura	Porcentaje de Área
1	Arenoso – franco	AF	1.30 %
2	Arcilloso	Ar	12.44 %
3	Franco	F	28.94 %
4	Franco – arenoso	FA	12.79 %
5	Franco – arcilloso	Far	41.83 %
6	Franco – arcilloso – arenoso	FarA	2.70 %

La delimitación de estas unidades de mapeo sirvió para identificar los puntos en los que se tomaron las muestras de suelo para su posterior análisis en el laboratorio. Lo recomendable es determinar al menos un punto por cada zona de muestreo identificada, ya que los valores de CC y PMP resultantes del análisis de laboratorio serán asignados a los polígonos con el mismo código de muestreo.

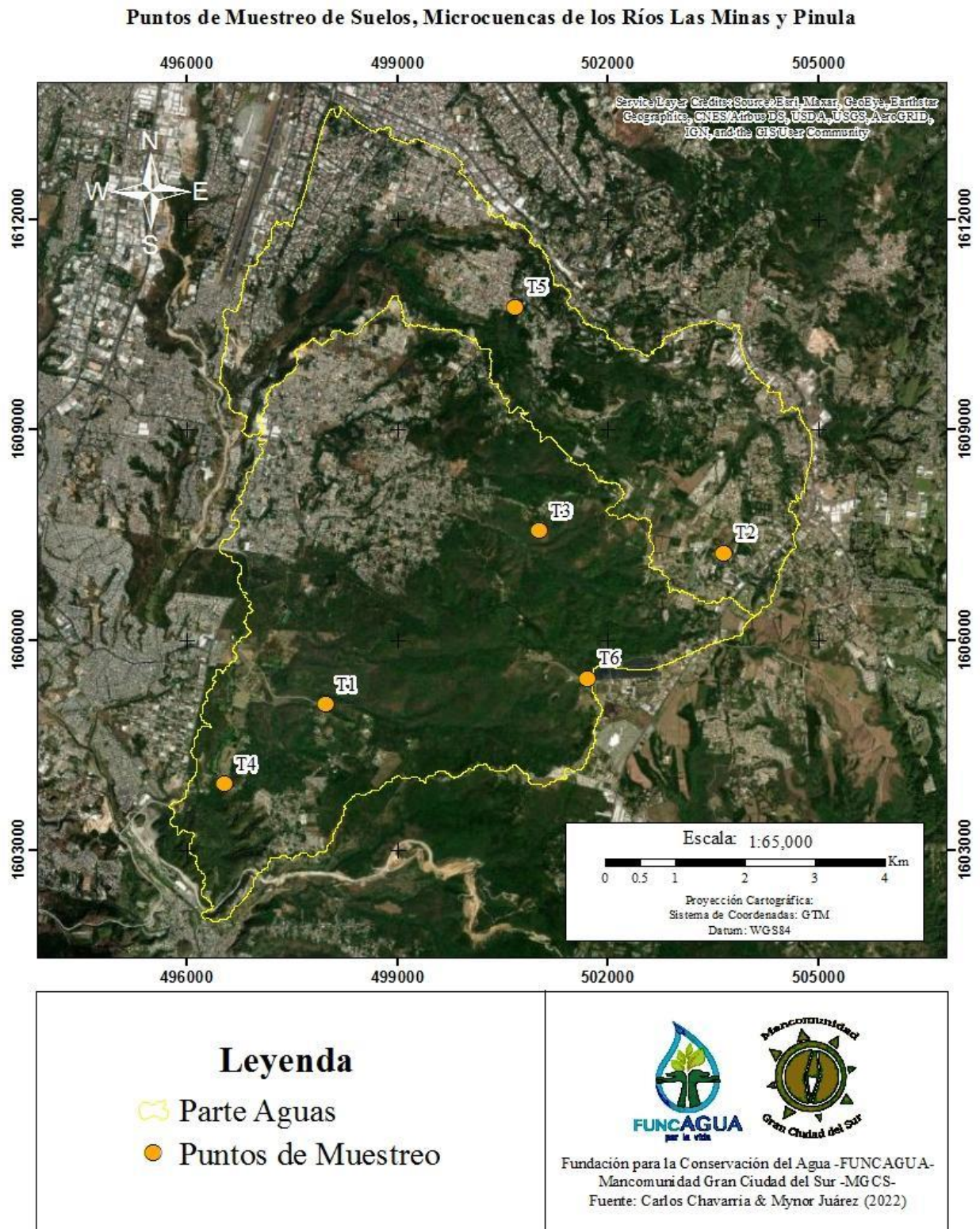
## 5.2. Puntos de muestreo para análisis de constantes de humedad del suelo.

Para la determinación de los puntos de muestreo de suelos, se trabajó con las municipalidades de los municipios de Santa Catarina Pinula y Villa Canales y, con base a las unidades de mapeo delimitadas anteriormente, se establecieron un total de seis puntos de muestreo de suelos.

Las muestras tomadas en campo en cada uno de los puntos graficados en el mapa 5 fueron enviadas al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para la determinación de las constantes de humedad del suelo (CC y PMP).



Figura 5. Mapa de Puntos de Muestreo de Suelos.





En la siguiente tabla, se presentan los resultados de los análisis de laboratorio para cada uno de los puntos de muestreo.

**Tabla 2.** Resultado de Constantes de Humedad.

Punto de Muestreo	X	Y	Código de Unidad de Mapeo	Código de Textura	Capacidad de Campo (CC)	Punto de Marchitez Permanente (PMP)	Rango de Agua Disponible (RAD)
T1	497971	1605073	1	AF	31.47 17.75*	26.93 9.65*	4.54 8.10*
T2	503654	1607235	2	Ar	45.29	33.13	12.16
T3	501022	1607556	3	F	36.84	26.36	10.48
T4	496532	1603941	4	FA	27.82	18.40	9.42
T5	500673	1610744	5	Far	27.99	18.65	9.34
T6	501713	1605444	6	FarA	38.91	28.58	10.33

\*Nota: Los valores de las constantes de humedad obtenidos de los análisis de laboratorio coinciden con los rangos establecidos en el Manual de Hidrología (3ra edición, año 2014) del Dr. Isaac Herrera a excepción del punto “T1”.

Este punto, según las unidades de mapeo, coincide con la textura arenosa – franca. Sin embargo, los valores obtenidos de las pruebas de laboratorio se encuentran dentro del rango que tendría un suelo con textura franca, según (Herrera, 2014).

Esto puede deberse a la escala con la que se trabajaron las unidades de mapeo. Como se puede notar comparando el mapa de unidades de mapeo con el mapa de puntos de muestreo, el punto “T1” se encuentra muy cerca de la división entre la zona de muestreo 1 y la zona de muestreo 3, por lo que posiblemente la escala afectó la delimitación exacta de las diferentes texturas y consecuentemente, las unidades de mapeo.

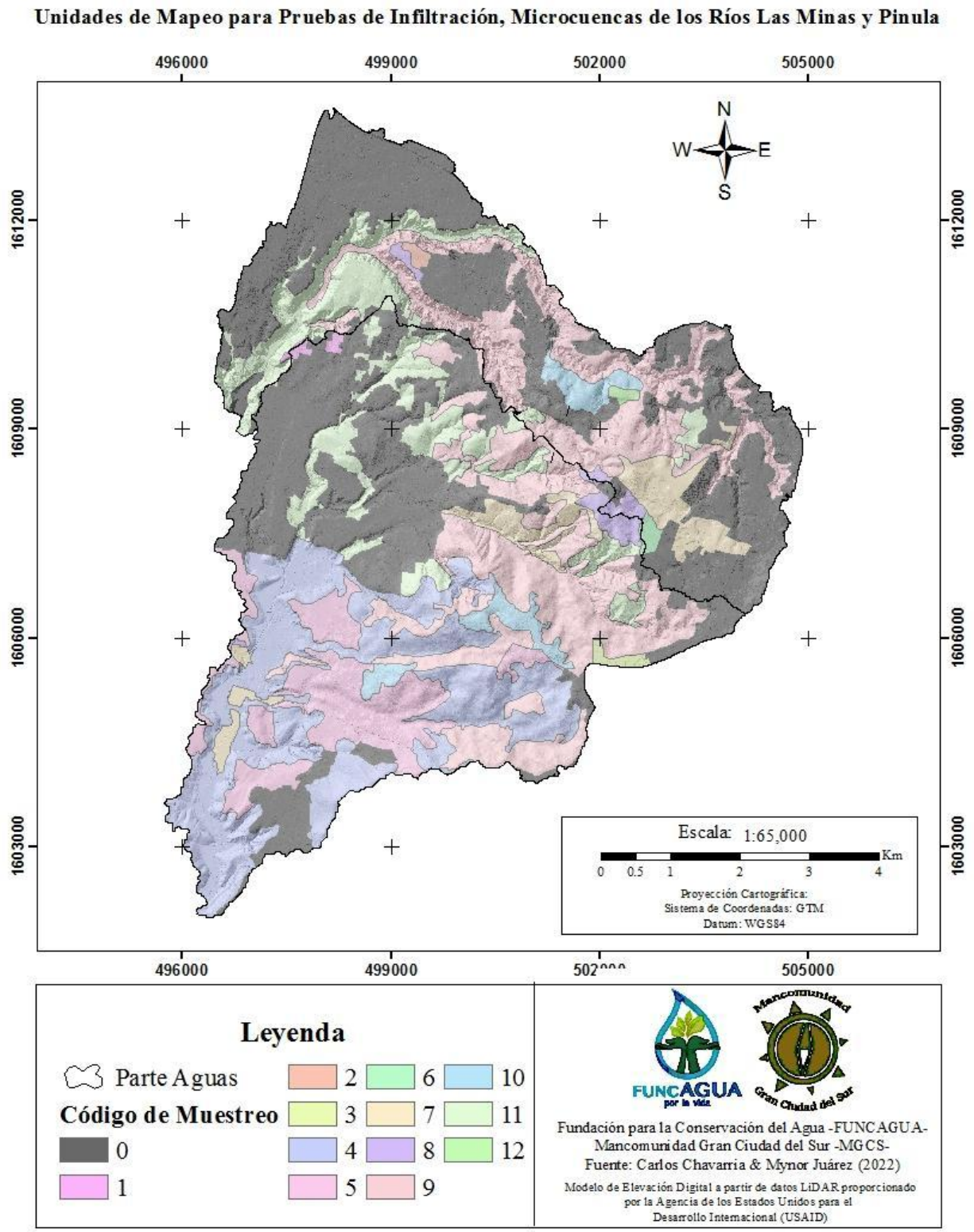
Sin embargo, la zona de muestreo 1, en la que se ubica el punto “T1”, es la que menor porcentaje de área presenta en la región de estudio con 1.30% del área total, por lo que no representa un dato significativo ante toda el área de estudio, motivo por el cual no se repitió la muestra de suelo y se tomaron valores medios del Manual de Hidrología del Dr. Herrera (marcados con “\*”).

### 5.3. Unidades de mapeo para pruebas de infiltración.

Las pruebas de infiltración se llevaron a cabo para obtener el valor de Capacidad de Infiltración del Suelo ( $f_c$ ), que es uno de los datos más importantes para la realización del balance hídrico de suelos por el método de Schosinsky. Es por ello que, para el propósito del presente estudio, se delimitaron unidades de mapeo para la determinación de “ $f_c$ ” mediante pruebas de infiltración dentro de Microcuenca del Río Las Minas y la Microcuenca del Río Pinula.

Se combinó la capa de Taxonomía de Suelos con la capa de Uso Actual del Suelo de dichas microcuencas, ya que estos dos factores son de los más influyentes en la infiltración de aguas pluviales. Se obtuvieron un total de doce unidades de mapeo aplicando lo anteriormente mencionado.

**Figura 6.** Mapa de Unidades de Mapeo para Pruebas de Infiltración.



La descripción de las unidades de mapeo resultantes se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 3.** Descripción de Unidades de Mapeo para Infiltración.

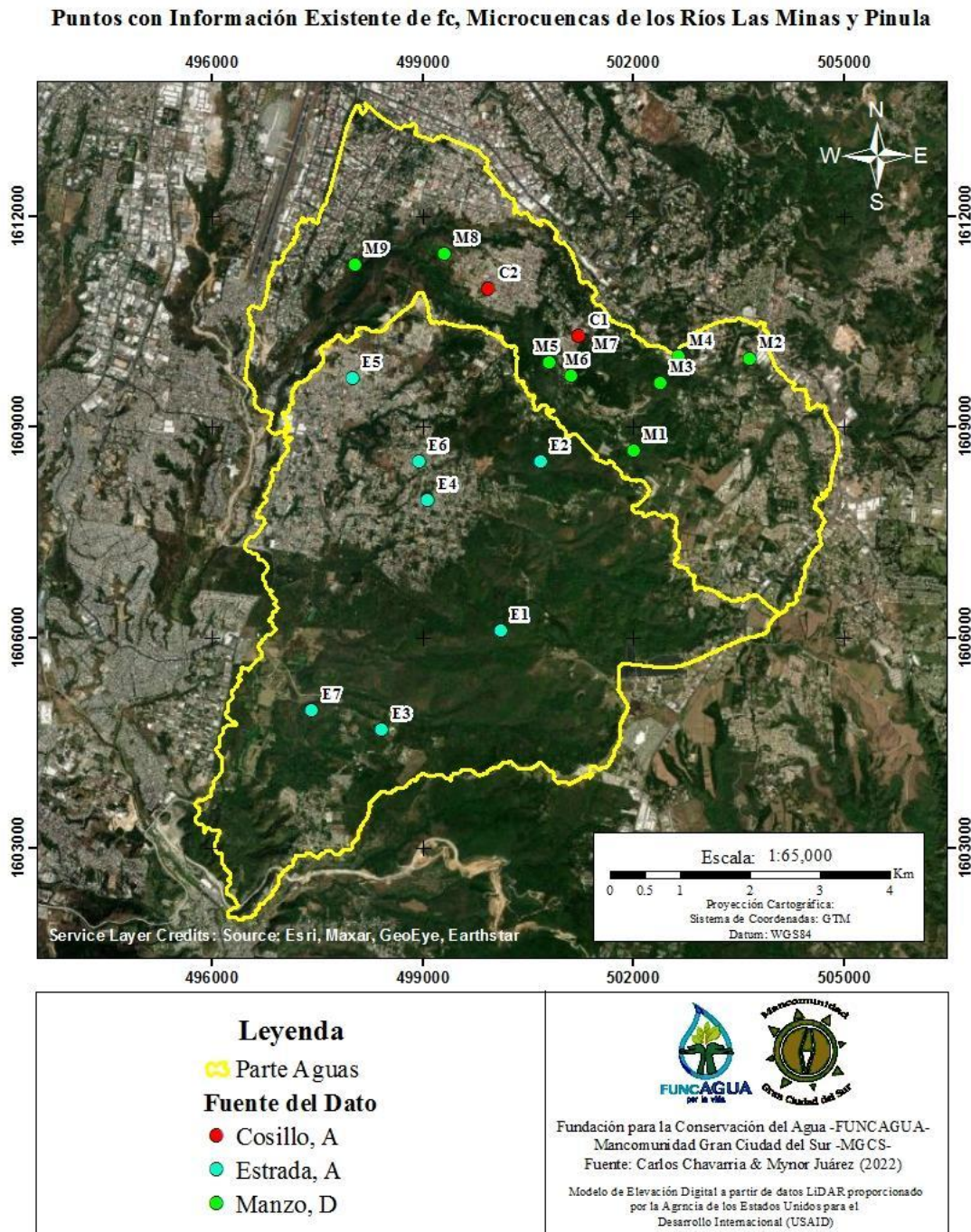
Unidades de Mapeo	Taxonomía del Suelo	Uso Actual del Suelo	Porcentaje de Área
0	Zonas Impermeables		35.66 %
1	Inceptisoles / Ustepts	Cultivos Anuales	0.24 %
2	Molisoles / Ustolls	Cultivos Anuales	0.15 %
3	Alfisoles / Ustalfs	Cultivos Permanentes	0.26 %
4	Inceptisoles / Ustepts	Cultivos Permanentes	15.9 %
5	Molisoles / Ustolls	Cultivos Permanentes	7.11 %
6	Alfisoles /Ustalfs	Pastos	0.22 %
7	Inceptisoles / Ustepts	Pastos	4.01 %
8	Molisoles /Ustolls	Pastos	1.07 %
9	Inceptisoles / Ustepts	Bosques	22.16 %
10	Molisoles / Ustolls	Bosques	2.13 %
11	Inceptisoles / Ustepts	Vegetación Arbustiva	10.94 %
12	Molisoles / Ustolls	Vegetación Arbustiva	0.15 %

Estas unidades de mapeo indican los polígonos que, según sus características físicas, presentan datos de infiltración similares. Lo recomendable es establecer al menos un punto por cada zona de muestreo identificada. (Cosillo, Orientación para Realización de Estudio de Determinación de Zonas de Recarga Hídrica , 2022)



Así mismo, para la realización del presente estudio se hizo una revisión bibliográfica para obtener datos de infiltración determinados con anterioridad por distintos autores. Se encontraron un total de 18 datos de capacidad de infiltración de pruebas llevadas a cabo dentro del territorio de las microcuencas de los ríos Las Minas y Pinula, provenientes de distintas tesis y estudios para perforación de pozos. Los puntos en los que se obtuvieron estos datos se encuentran representados en el siguiente mapa:

**Figura 7. Mapa de Puntos con Información Existente de fc.**

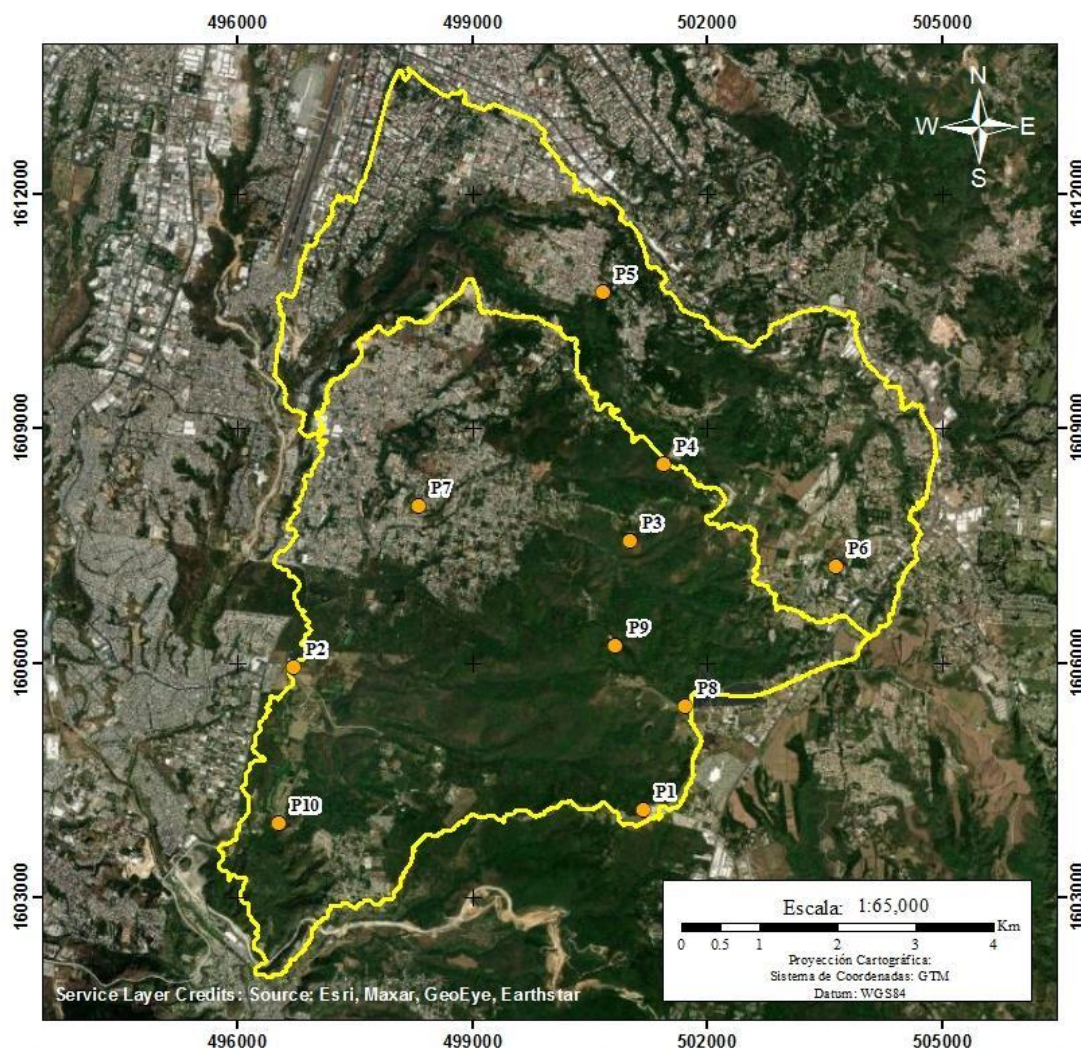




Como se puede apreciar en el mapa anterior, se utilizaron datos de capacidad de infiltración de tres fuentes diferentes. Tomando en cuenta los datos obtenidos de la revisión bibliográfica, se redujo la cantidad de puntos de muestreo para la realización de pruebas de infiltración a solamente diez. Estos puntos se identificaron tomando en cuenta tanto las unidades de mapeo generadas anteriormente como la distribución espacial de los datos existentes, con el objetivo de tener una distribución lo más homogénea posible, quedando los puntos de la siguiente forma:

**Figura 8.** *Mapa de Puntos de Muestreo para Pruebas de Infiltración.*

**Puntos de Muestreo para Pruebas de Infiltración, Microcuencas de los Ríos Las Minas y Pinula**



<p style="text-align: center;"><b>Leyenda</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Parte Aguas</li> <li> Puntos de Muestro</li> </ul>	<div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">Fundación para la Conservación del Agua -FUNCAGUA- Mancomunidad Gran Ciudad del Sur -MGCS- Fuente: Carlos Chavarria &amp; Mýnor Juárez (2022)</p> <p style="text-align: center; font-size: small;">Modelo de Elevación Digital a partir de datos LIDAR proporcionado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID)</p>
--	--

En el mapa expuesto anteriormente se puede notar que se establecieron más puntos de muestreo en la Microcuenca del Río Las Minas, esto debido a que siendo una microcuenca con mayor extensión que la Microcuenca del Río Pinula, cuenta con menos densidad de datos.

#### 5.4. Resultados de las pruebas de infiltración.

- Punto de Muestreo “P1”

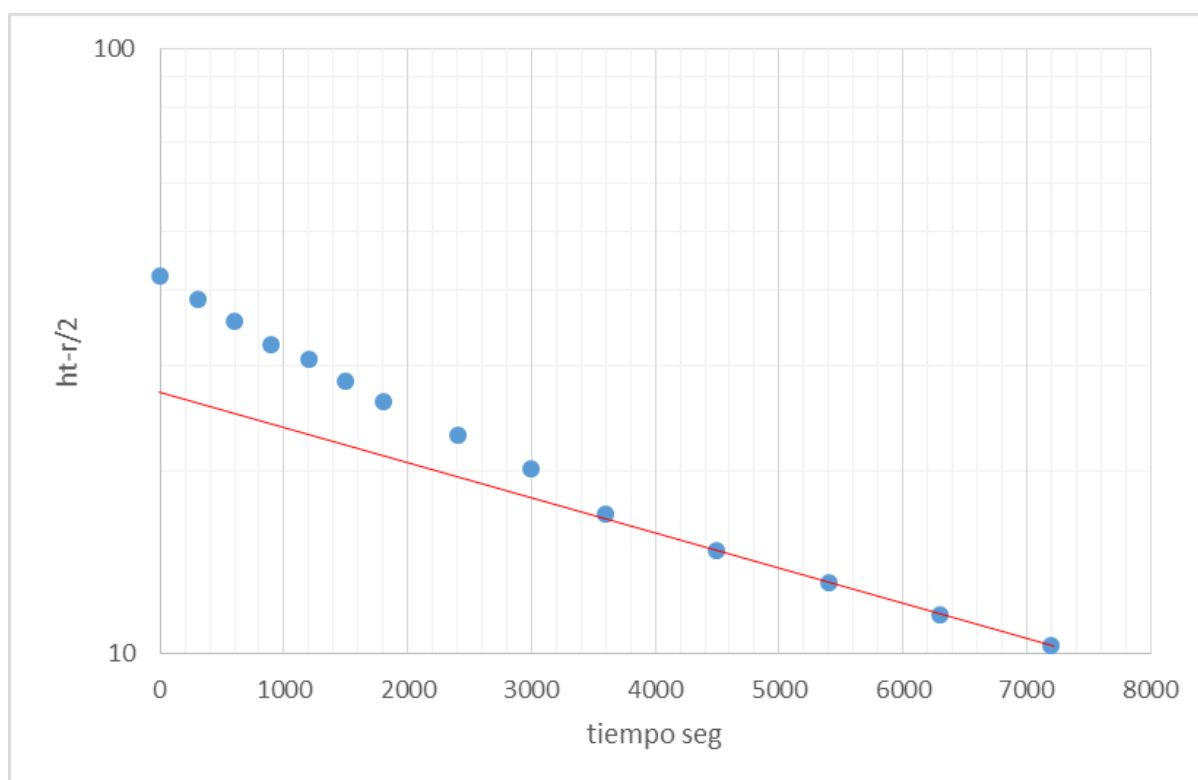
Coordenadas del Punto (GTM): 501180 E, 1604123 N

Elevación del Punto (msnm): 1850

Radio (cm): 4

Profundidad (cm): 40

**Gráfica 8.** *Gráfica de Infiltración del Suelo, Punto “P1”.*



**Capacidad de Infiltración (fc): 231.03 mm/día**

Este punto de muestreo está ubicado cerca del perímetro de la Iglesia Ciudad de Dios y presenta un suelo con textura franca, con una cobertura principalmente de pastizales. Al presentar una infiltración de 231.03 mm/día en un suelo con dichas condiciones, se considera la capacidad de infiltración obtenida como media-alta, ya que el rango de valores para capacidad de infiltración con suelos similares es de entre 72 y 360 mm/día. (Herrera, 2014)

- Punto de Muestreo “P2”

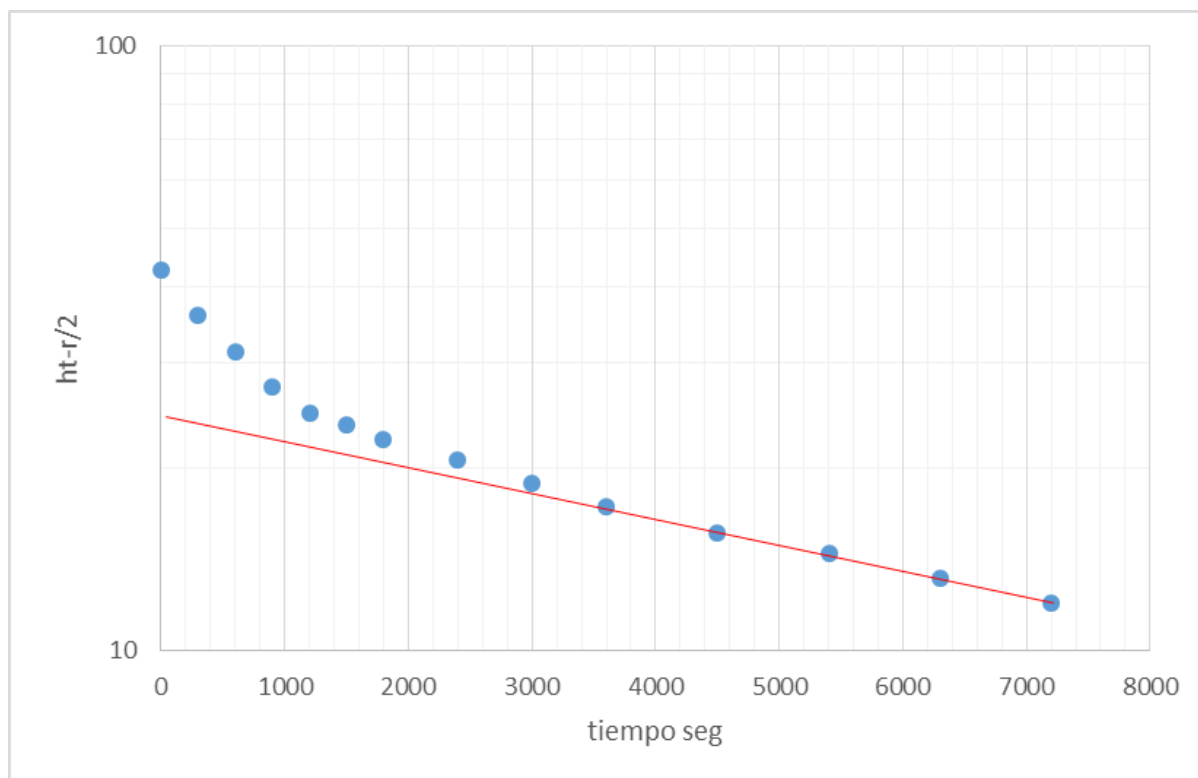
Coordenadas del Punto (GTM): 496708 E, 1605941 N

Elevación del Punto (msnm): 1298

Radio (cm): 5

Profundidad (cm): 40

**Gráfica 9.** *Gráfica de Infiltración del Suelo, Punto “P2”*



**Capacidad de Infiltración (fc): 213.89 mm/día**

El punto de muestreo “P2” está en el Municipio de Villa Canales, en los límites de un terreno a las orillas de la ruta a Chichimecas. En el mismo, se encuentra suelo sin uso específico, con presencia de zacate o pasto. Asimismo, presenta una textura franco-arcillosa.

Los suelos con características como las de este punto de muestreo presentan valores de capacidad de infiltración de entre 72 y 360 mm/día (Herrera, 2014), por lo que el valor de capacidad de infiltración obtenido en este punto se puede considerar como medio-alto.

- Punto de Muestreo “P3”

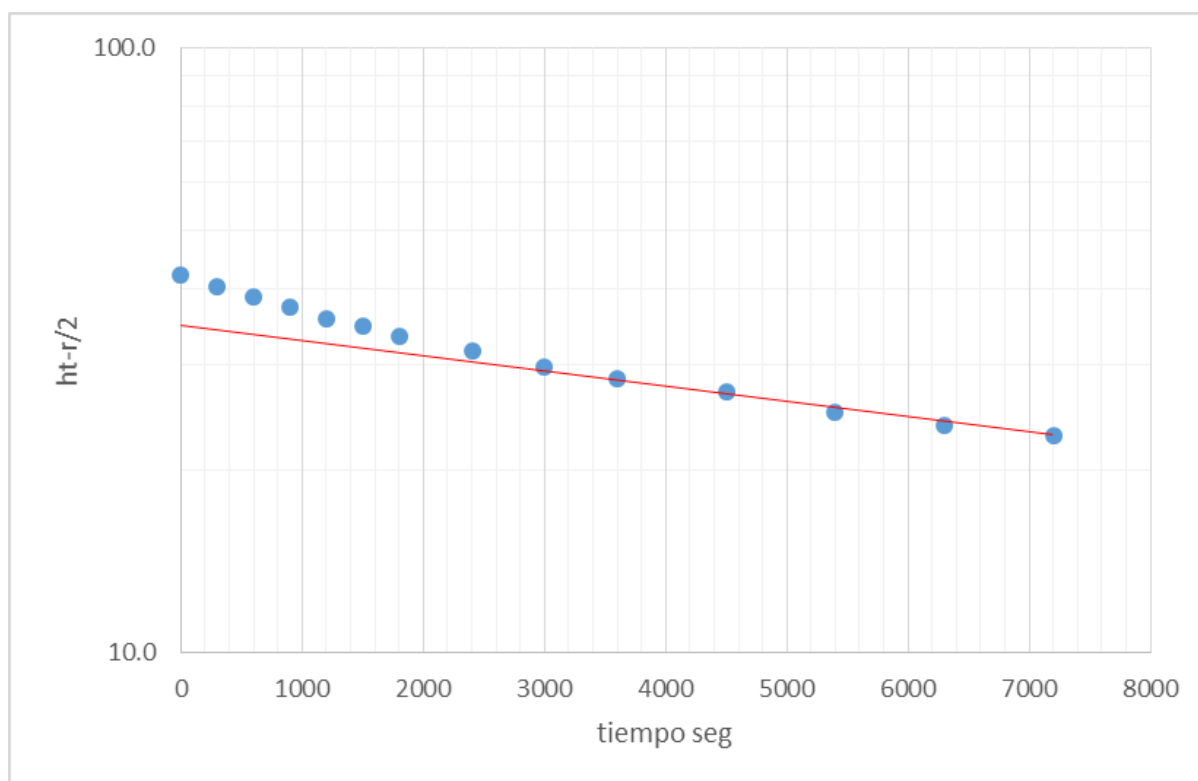
Coordenadas del Punto (GTM): 501022 E, 1607556 N

Elevación del Punto (msnm): 1727

Radio (cm): 4.25

Profundidad (cm): 40

**Gráfica 10.** *Gráfica de Infiltración del Suelo, Punto “P3”.*



**Capacidad de Infiltración (fc): 116.06 mm/día**

El punto de muestreo “P3” está ubicado en Salvador II, Municipio de Santa Catarina Pinula, en un área con un uso totalmente de bosque mixto. Por lo mismo, se cuenta con bastante presencia de raíces en los primeros horizontes del suelo. El suelo encontrado en la zona en la que se realizó la prueba de infiltración presenta una textura franca, lo que favorece a la capacidad de infiltración del suelo. Sin embargo, el valor obtenido de la realización de la prueba de infiltración es bajo, tomando en cuenta las características de este suelo. Esto se puede deber a que el área en la que se realizó esta prueba de infiltración es utilizada para el establecimiento de cultivo de plantas ornamentales que requieren de invernaderos para su desarrollo, por lo que el suelo en este punto se encontraba compactado por la construcción de estas estructuras.



- Punto de Muestreo “P4”

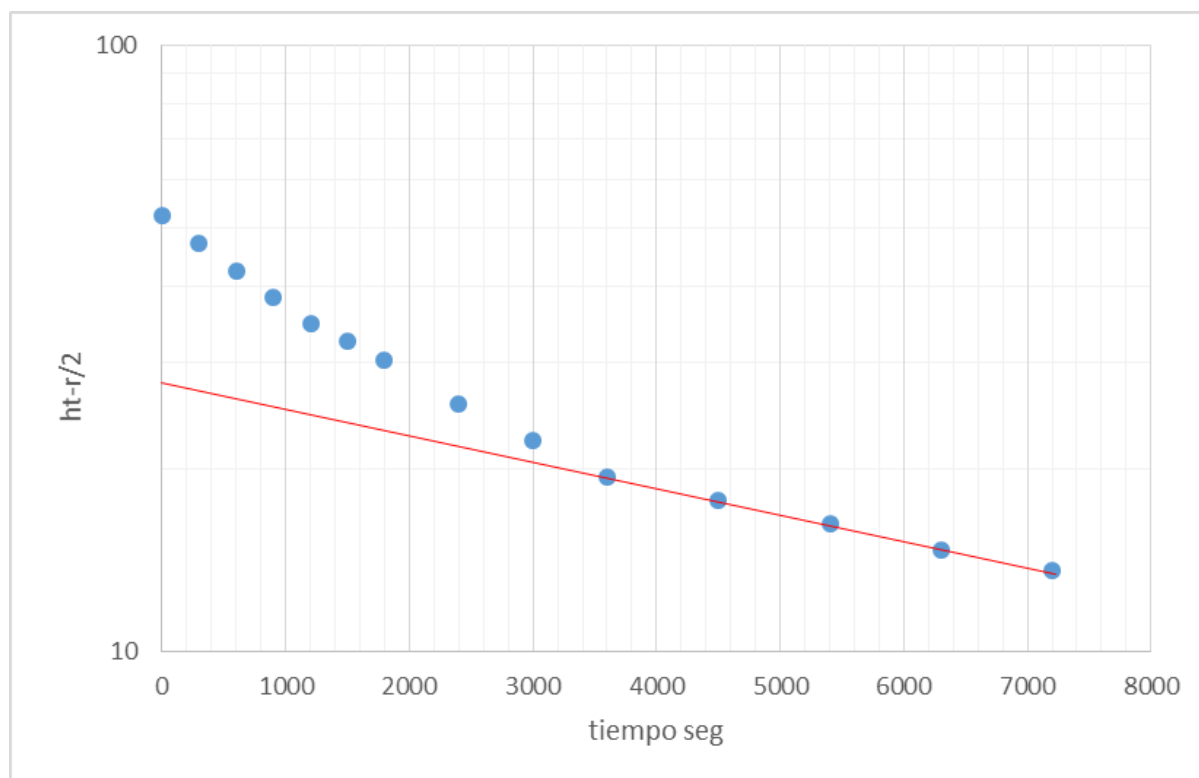
Coordenadas del Punto (GTM): 501452 E, 1608532 N

Elevación del Punto (msnm): 1835

Radio (cm): 5

Profundidad (cm): 50

**Gráfica 11.** Gráfica de Infiltración del Suelo, Punto “P4”.



**Capacidad de Infiltración (fc): 211.00 mm/día**

Este punto de muestreo se ubica en el Pozo El Pueblito, en el Municipio de Santa Catarina Pinula. El uso del suelo de esta región es básicamente un tejido urbano discontinuo, ya que, si bien cuenta con estructuras, las mismas están bastante separadas unas de otras por jardines y bosques. La textura del suelo en este punto es franca.

Los suelos con características similares a las de este punto de muestreo tienden a presentar valores de capacidad de infiltración de entre 192 y 480 mm/día (Herrera, 2014), por lo que se considera que la capacidad de infiltración obtenida en esta prueba es media baja.

- Punto de Muestreo “P5”

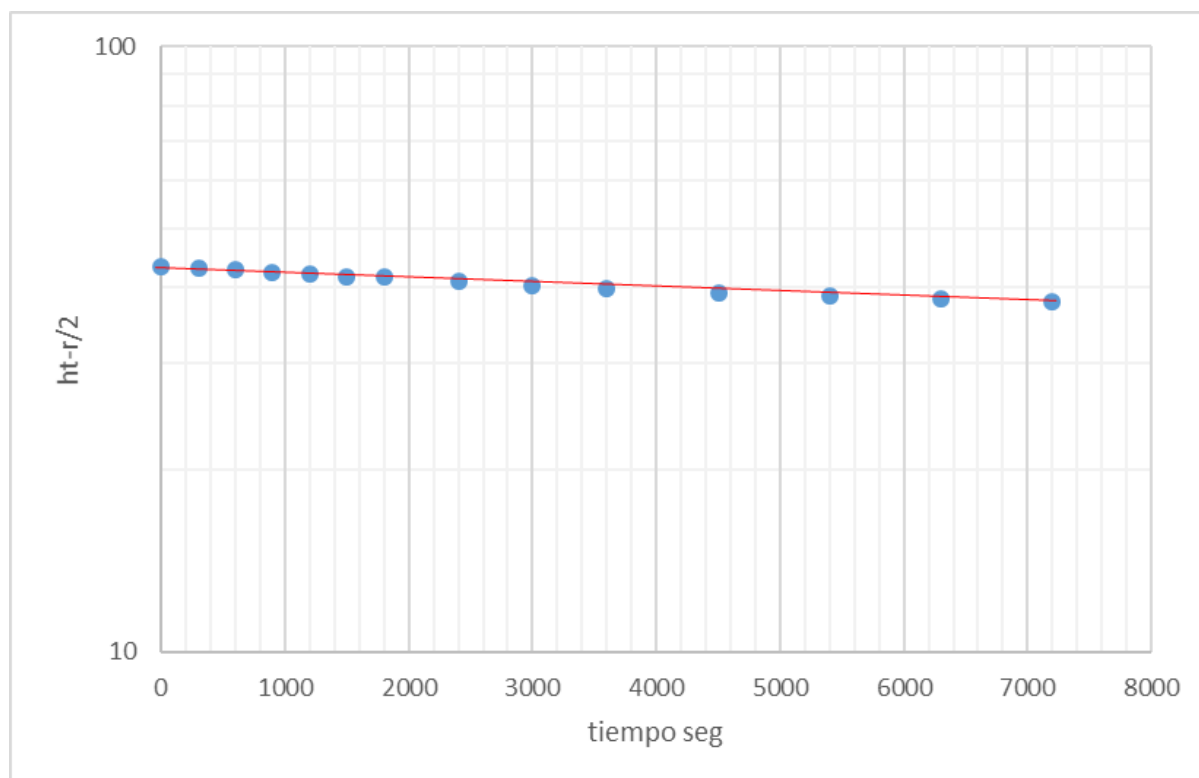
Coordenadas del Punto (GTM): 500673 E, 1610744 N

Elevación del Punto (msnm): 1892

Radio (cm): 6.5

Profundidad (cm): 40

**Gráfica 12.** Gráfica de Infiltración del Suelo, Punto “P5”.



**Capacidad de Infiltración (fc): 51.95 mm/día**

En el punto de muestreo “P5”, ubicado en el Vivero Municipal de Santa Catarina Pinula se encontró que el uso del suelo actualmente es de cultivos anuales y bosque, específicamente un cultivo asociado de café, con una textura del suelo franco-arcillosa.

El valor de capacidad de infiltración obtenido demuestra ser un valor bajo comparado con los promedios obtenidos y adaptados por Herrera en 2014. Es importante resaltar que la prueba se realizó en época lluviosa y el suelo ya estaba completamente saturado, por lo que no hubo necesidad de realizar el proceso de saturación del mismo.

- Punto de Muestreo “P6”

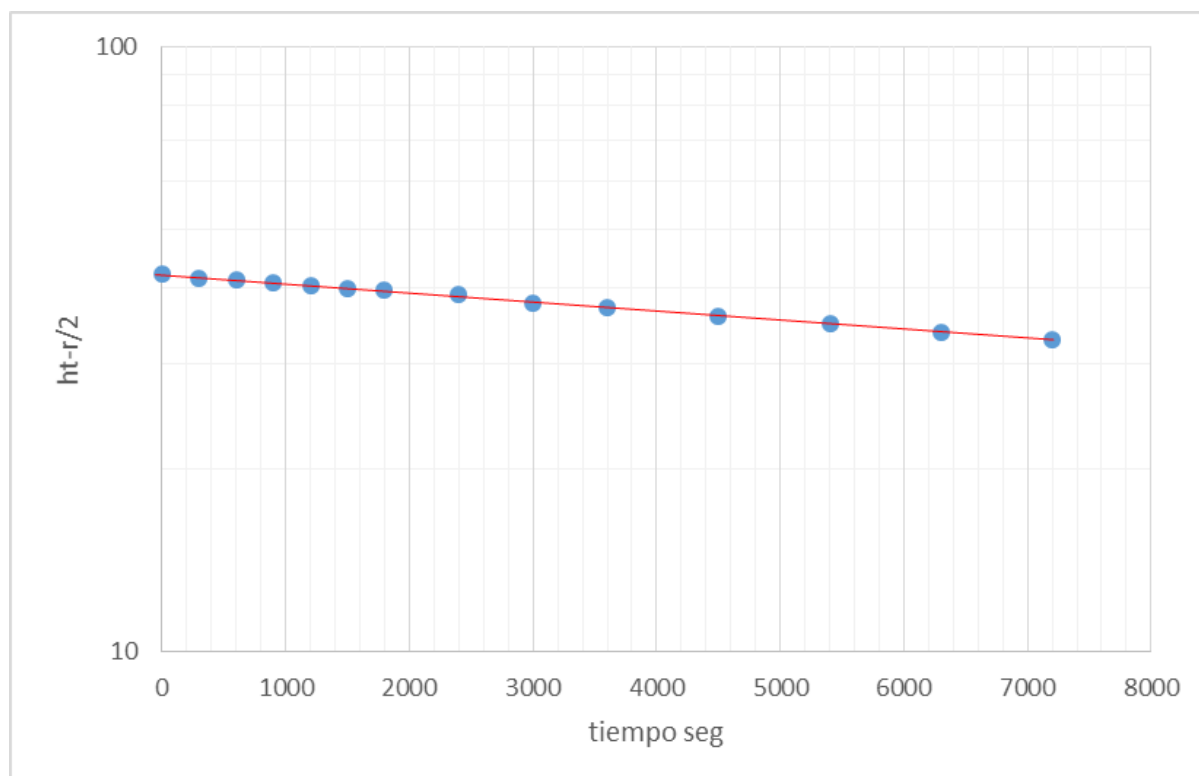
Coordenadas del Punto (GTM): 503654 E, 1607235 N

Elevación del Punto (msnm): 1891

Radio (cm): 4

Profundidad (cm): 40

**Gráfica 13.** Gráfica de Infiltración del Suelo, Punto “P6”.



**Capacidad de Infiltración (fc): 56.40 mm/día**

El punto de muestreo “P6” presenta un suelo bastante arcilloso, muy compactado y completamente saturado de agua al momento de realizar la prueba de infiltración. Este punto se ubica dentro de un área urbana y bastante concurrida, específicamente en el patio de una de las casas del sector.

Para suelos con características como las de este punto de muestreo, se tienen registros de valores de entre 4.8 y 216 mm/día (Herrera, 2014), con una media de 110 mm/día. Tomando en cuenta lo anteriormente mencionado, se puede tomar el valor resultante de esta prueba de infiltración como un valor medio bajo.

- Punto de Muestreo “P7”

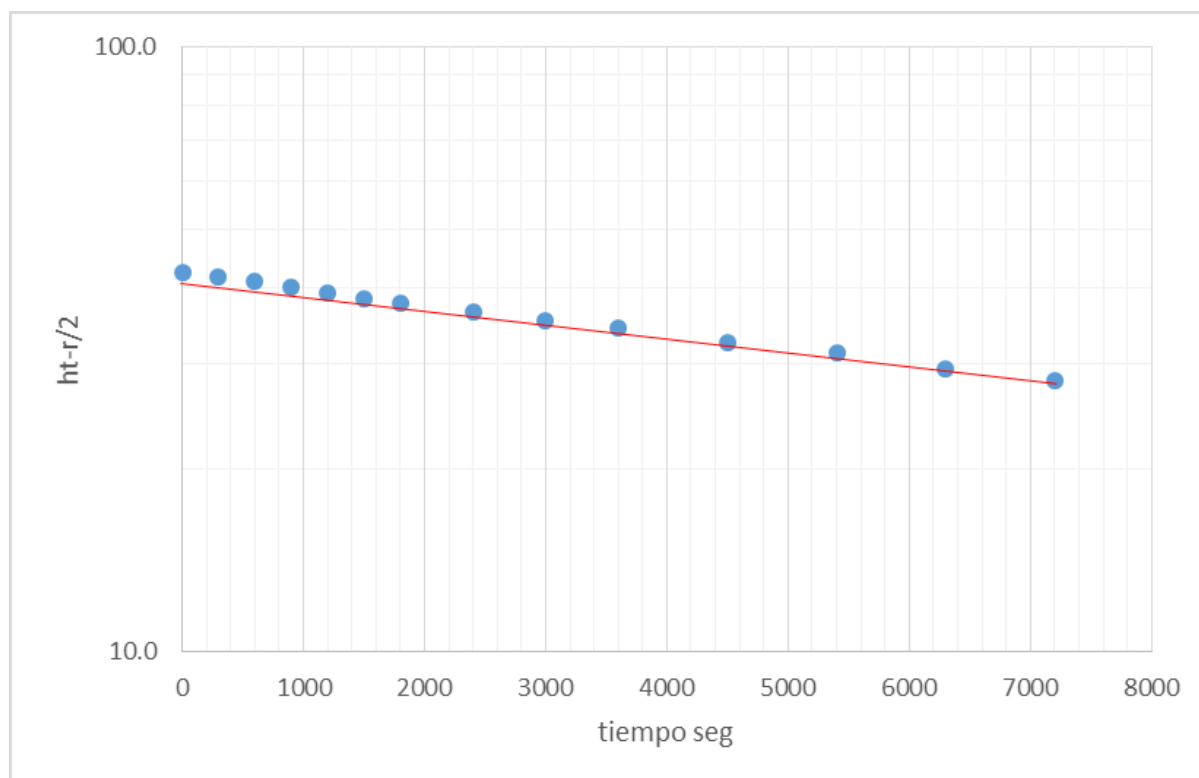
Coordenadas del Punto (GTM): 498310 E, 1361 N

Elevación del Punto (msnm): 1361

Radio (cm): 4.5

Profundidad (cm): 40

**Gráfica 14.** Gráfica de Infiltración del Suelo, Punto “P7”.



**Capacidad de Infiltración (fc): 105.64 mm/día**

El punto de muestreo “P7”, ubicado en el Pozo Sector 6, en el Municipio de Santa Catarina Pinula, se encuentra en una zona que se puede considerar como tejido urbano discontinuo. Sin embargo, la prueba de infiltración se realizó en un área en la que hay presencia de especies forestales. Los suelos de esta región presentan una textura franco-arcillosa.

Los suelos con características como las anteriormente mencionadas presentan valores de entre 72 y 360 mm/día (Herrera, 2014). Tomando en cuenta estos valores obtenidos por Herrera, se puede considerar la capacidad de infiltración de este punto de muestreo como media-baja.

- Punto de Muestreo “P8”

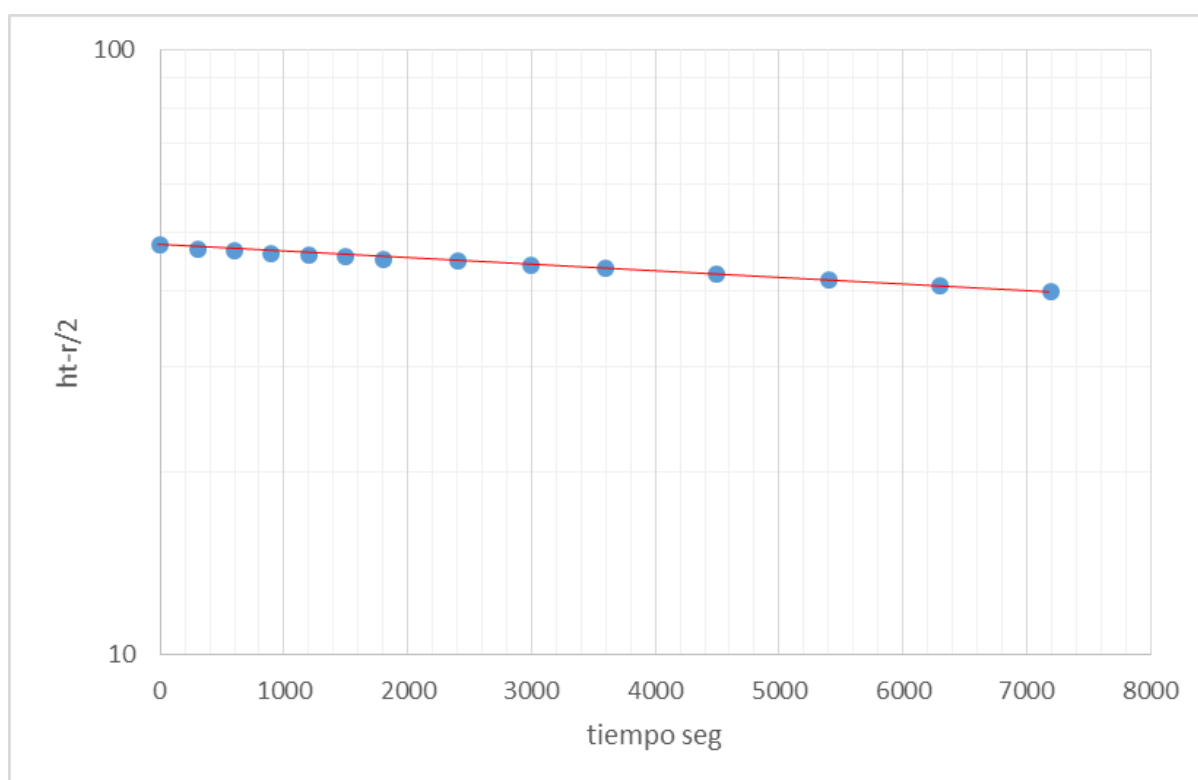
Coordenadas del Punto (GTM): 501713 E, 1605444 N

Elevación del Punto (msnm): 1903

Radio (cm): 5

Profundidad (cm): 45

**Gráfica 15.** *Gráfica de Infiltración del Suelo, Punto “P8”.*



**Capacidad de Infiltración (fc): 54.13 mm/día**

El punto de muestreo “P8”, ubicado en la Finca AGROSAK, en el Municipio de Villa Canales, presenta un suelo utilizado para la producción de diferentes especies en invernaderos y en sus colindancias presenta un cultivo asociado de café. Así mismo, el suelo en este punto de muestreo presenta una textura franco-arcillosa-arenosa.

Según Herrera (2014), los valores medios de capacidad de infiltración para los suelos con características similares a las de este punto de muestreo, se encuentran en el rango de 144 a 240 mm/día. Sin embargo, el valor obtenido en la prueba de infiltración fue de 54.13 mm/día, lo que es considerablemente bajo comparado a los valores mencionados en la literatura.

Esto se pudo ser causado por dos razones principalmente; la primera, es que la prueba se realizó en la época lluviosa y hubo grandes cantidades de precipitación al momento de realizar la prueba y, la segunda, debido al establecimiento de los cultivos mencionados anteriormente, ya que puede ser un factor modificante del suelo.

- Punto de Muestreo “P9”

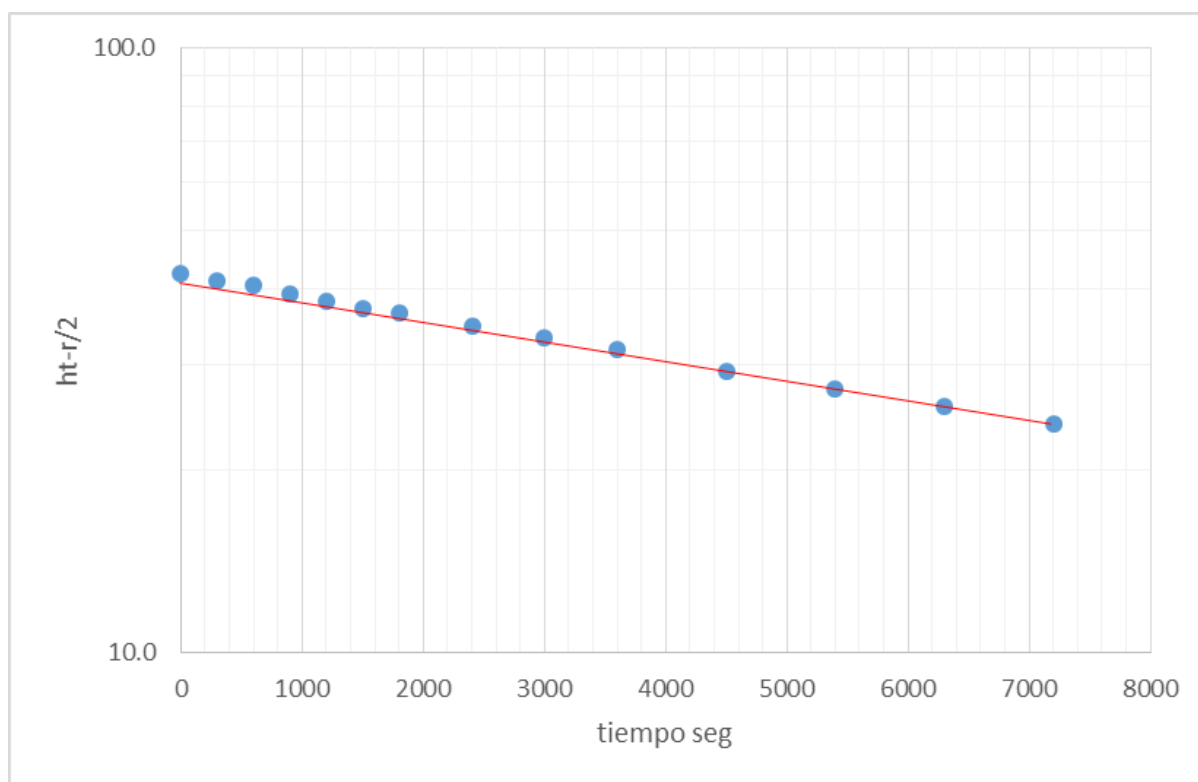
Coordenadas del Punto (GTM): 500834 E, 1606212 N

Elevación del Punto (msnm): 1900

Radio (cm): 4.5

Profundidad (cm): 40

**Gráfica 16.** *Gráfica de Infiltración del Suelo, Punto “P9”.*



**Capacidad de Infiltración (fc):** 146.12 mm/día

El punto de muestreo “P9” se ubica en San Agustín Bike Park, que es un centro para la realización de actividades recreativas en un entorno natural. El mismo, se encuentra dentro de la Finca San Agustín, en el Municipio de Villa Canales, que es una reserva natural privada.

Este punto de muestreo se ubica en una zona en la que el uso del suelo es de bosque mixto, con una textura franco-arenosa. El valor de capacidad de infiltración obtenido en este punto de muestreo indica una infiltración baja considerando las condiciones favorables para la infiltración que presenta un suelo con estas características.

- Punto de Muestreo “P10”

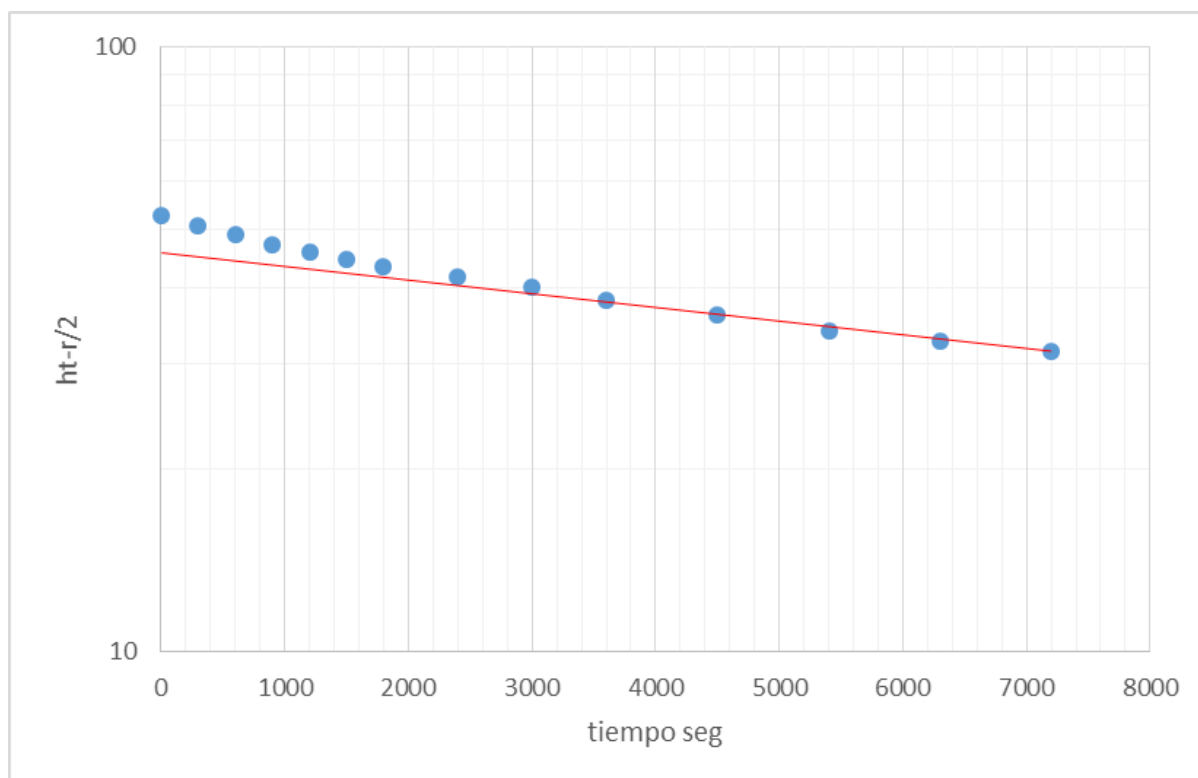
Coordenadas del Punto (GTM): 496532 E, 1603941 N

Elevación del Punto (msnm): 1241

Radio (cm): 5

Profundidad (cm): 50

**Gráfica 17.** Gráfica de Infiltración del Suelo, Punto “P10”.



**Capacidad de Infiltración (fc): 115.38 mm/día**

El punto de muestreo para la prueba de infiltración “P10”, realizada en un terreno a las orillas del Río Las Minas, presentaba características bastante interesantes, ya que en gran parte del terreno había presencia de sedimentos arrastrados por el río debido a las altas precipitaciones de la época en que se realizó la prueba, por lo que se tuvo que buscar un lugar apropiado en el que el suelo no estuviera afectado por dicha situación.

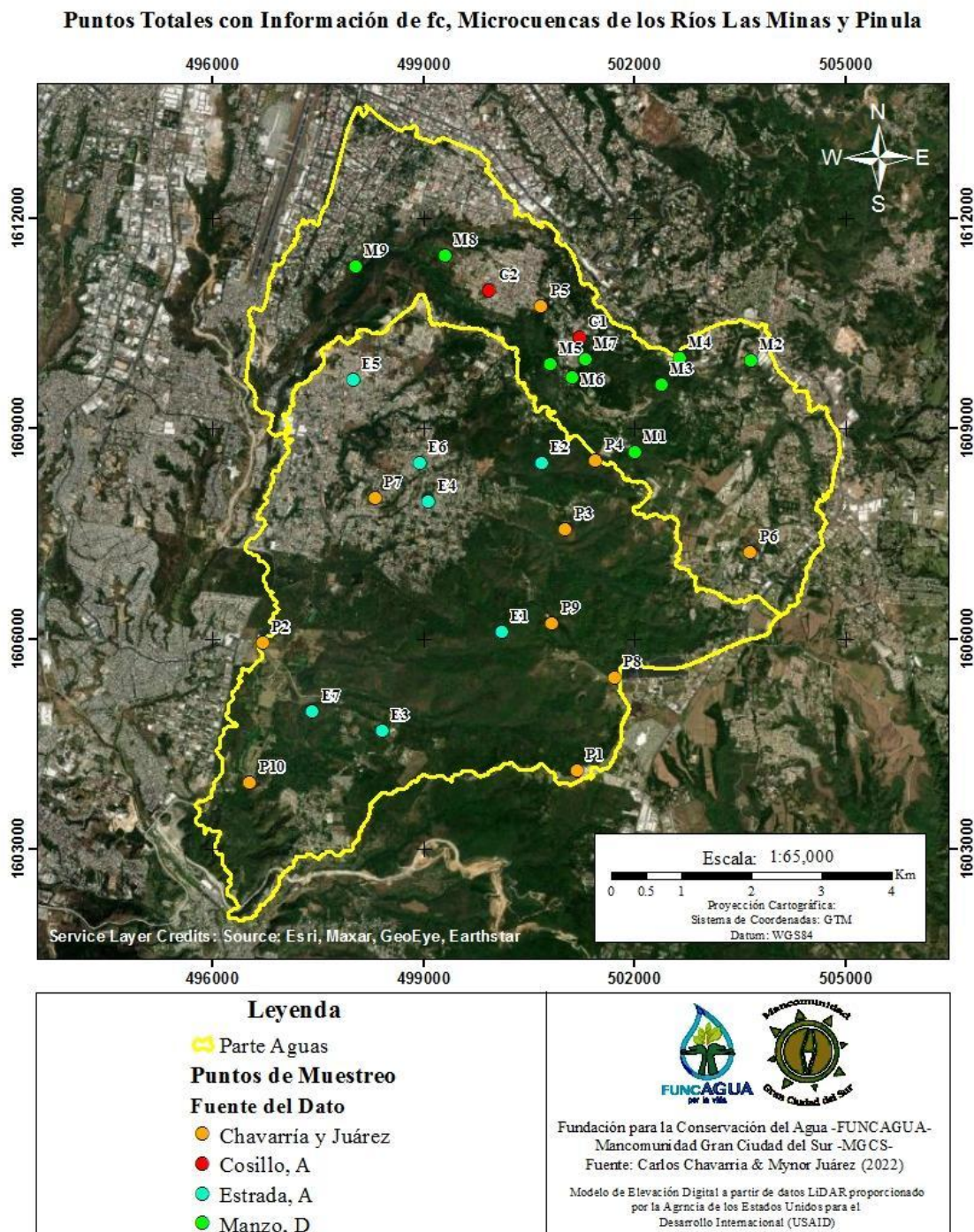
El punto de muestreo tomado para esta prueba había sido utilizado anteriormente para el establecimiento de cultivos de árboles frutales, específicamente naranja. Sin embargo, el uso actual del suelo en este punto consiste básicamente en vegetación arbustiva baja y zacate o pasto, con algunos ejemplares de especies forestales. La textura de este suelo es franco - arenosa, por lo que la capacidad de infiltración obtenida se considera baja, tomando en cuenta las características mencionadas anteriormente.



## 5.5. Datos de capacidad de infiltración.

Integrando los datos de capacidad de infiltración de fuentes externas y los datos de fuente propia, se obtuvo un total de 28 puntos con información sobre este factor. En el siguiente mapa, se presenta la distribución de dichos puntos en el territorio de la Microcuenca del Río Las Minas y la Microcuenca del Río Pinula.

**Figura 9.** Mapa de Puntos totales con Información de fc.





Los datos de capacidad de infiltración obtenidos tanto de la revisión bibliográfica como de las pruebas de infiltración realizadas en campo, se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 4.** *Datos de Capacidad de Infiltración.*

Código	X	Y	Zona de Muestreo	fc (mm/día)	Fuente
C1	501219	1610300	0	478	Cosillo, A. (2019)
C2	499940	1610960	0	169	Cosillo, A. (2019)
E1	500115	1606100	4	116.92	Estrada, A. (2021)
E2	500689	1608500	9	134.55	Estrada, A. (2021)
E3	498423	1604690	5	86.92	Estrada, A. (2021)
E4	499079	1607960	0	41.42	Estrada, A. (2021)
E5	498004	1609690	0	76.90	Estrada, A. (2021)
E6	498943	1608510	0	42.92	Estrada, A. (2021)
E7	497426	1604960	4	104.44	Estrada, A. (2021)
M1	502006	1608660	9	1069.01	Manzo, D. (2008)
M2	503658	1609970	0	609.66	Manzo, D. (2008)
M3	502385	1609620	10	720	Manzo, D. (2008)
M4	502658	1610010	9	219.22	Manzo, D. (2008)

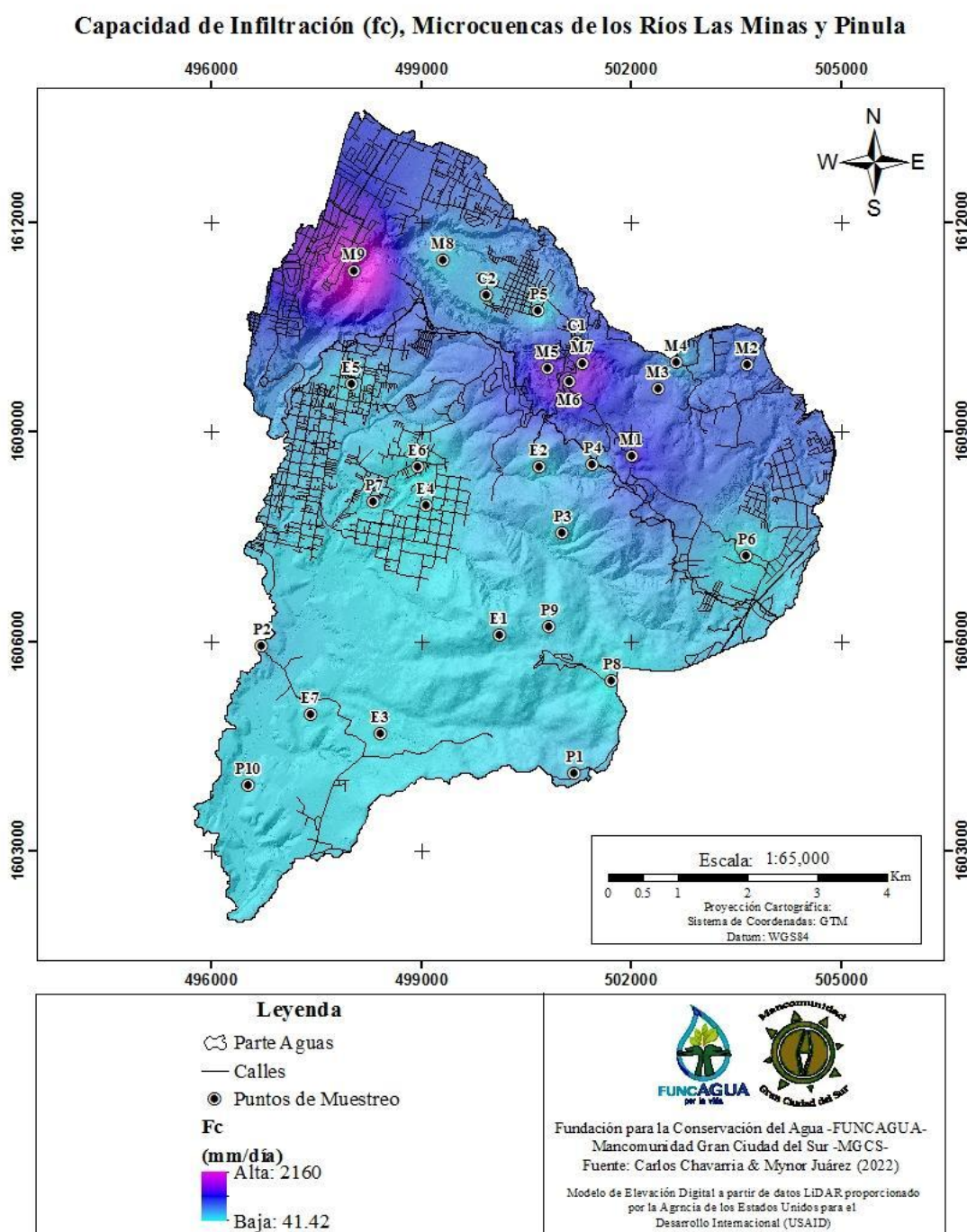
M5	500801	1609920	9	1195.2	Manzo, D. (2008)
M6	501113	1609720	0	1474.56	Manzo, D. (2008)
M7	501309	1609980	10	1452.02	Manzo, D. (2008)
M8	499316	1611460	2	146.68	Manzo, D. (2008)
M9	498039	1611310	11	2160	Manzo, D. (2008)
P1	501180	1604123	9	231.03	Chavarria & Juárez (2022)
P2	496708	1605941	8	213.89	Chavarria & Juárez (2022)
P3	501022	1607556	7	116.06	Chavarria & Juárez (2022)
P4	501452	1608532	9	211	Chavarria & Juárez (2022)
P5	500673	1610744	9	51.95	Chavarria & Juárez (2022)
P6	503654	1607235	7	56.4	Chavarria & Juárez (2022)
P7	498310	1608008	0	105.64	Chavarria & Juárez (2022)
P8	501713	1605444	0	54.13	Chavarria & Juárez (2022)
P9	500834	1606212	10	146.12	Chavarria & Juárez (2022)
P10	496532	1603941	4	115.38	Chavarria & Juárez (2022)

Como se puede notar en la tabla anterior, no todas las unidades de mapeo fueron visitadas para tomar los datos de capacidad de infiltración. Esto se debió a que la mayoría de los terrenos ubicados en el territorio de la Microcuenca del Río Las Minas y la Microcuenca del

Río Pinula son de propiedad privada, por lo que ciertas unidades de mapeo se tuvieron que omitir debido a la falta de permisos para ingresar a dichas áreas. Se priorizaron las unidades de mapeo con mayor porcentaje de área dentro de ambas microcuencas para obtener datos más representativos.

Se generó un mapa para graficar la capacidad de infiltración de ambas microcuencas tomando en cuenta los datos presentados anteriormente.

**Figura 10.** *Mapa de Capacidad de Infiltración.*



Claramente se puede observar que los suelos de la Microcuenca del Río Pinula presentan una alta capacidad de infiltración, alcanzando valores de hasta 2160 mm/día ( $2.16 m^3/día$ ). En contraste, se obtuvo que el valor más bajo de capacidad de infiltración se encuentra en la Microcuenca del Río Las Minas y es de solamente 41.42 mm/día ( $0.041m^3/día$ ).

## 5.6. Balances hídricos, método de Schosinsky.

### 5.6.1. Polígonos de Thiessen de las estaciones analizadas.

Para la estimación de recarga hídrica potencial (Rp) mediante el balance hídrico de suelos con la metodología de Schosinsky, es necesario conocer el dato de precipitación media (Pp) mensual y la evapotranspiración potencial (ETP) media mensual por cada punto analizado.

Se buscó obtener información de precipitación media mensual y temperatura media mensual con 10 años de registro de 7 estaciones cercanas al área de estudio representadas en la figura 9. No obstante, debido a la inconsistencia de los datos climáticos de algunas estaciones se analizaron los datos estables de los últimos años.

En las siguientes tablas se muestran los datos climáticos de cada estación analizada y los años de registro de cada uno de ellos.

**Tabla 5. Datos de Precipitación por Estación Analizada.**

Precipitación (mm)														
Estación	Registro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
INSIVUMEH, zona 13	(2011-2021)	2.78	4.41	15.01	28.45	159.95	212.69	130.80	224.45	236.46	190.68	16.69	1.95	<b>1224.32</b>
INSIVUMEH, La Aurora	(2019-2021)	4.30	6.15	4.70	20.03	141.77	227.35	98.25	222.50	242.10	157.80	34.20	2.10	<b>826.53</b>
INSIVUMEH, Villa Canales	(2012-2021)	0.00	3.00	24.25	56.50	227.25	219.73	172.28	323.60	237.78	95.85	9.00	0.00	<b>1369.23</b>
AMSA 8, Colmenas	(2016-2021)	5.02	1.62	8.63	15.94	164.50	209.21	147.13	362.58	401.20	161.03	18.08	8.85	<b>1503.79</b>
AMSA 5, Cuchilla del Carmen	(2016-2021)	9.59	5.75	2.79	35.80	181.59	269.09	119.07	223.16	253.39	140.07	17.33	2.90	<b>1260.53</b>
Anacafé, Florencia	(2017-2021)	13.85	7.50	1.48	27.20	203.78	239.52	182.78	311.66	258.18	164.68	28.38	18.88	<b>1457.88</b>
Anacafé, Agua Tibia	(2018-2021)	4.15	2.85	17.73	77.10	200.63	247.03	116.50	292.40	296.33	240.15	52.10	5.73	<b>1552.68</b>

**Tabla 6. Datos de Temperatura por Estación Analizada.**

Temperatura °C														
Estación	Registro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
INSIVUMEH, zona 13	(2011-2021)	18.84	19.91	20.71	21.79	21.78	21.05	21.41	21.14	20.69	20.47	19.75	19.20	<b>20.56</b>
INSIVUMEH, La Aurora	(2012-2021)	18.61	20.51	20.71	21.70	21.62	20.90	21.29	20.87	20.54	20.14	18.99	18.96	<b>20.47</b>
INSIVUMEH, Villa Canales	(2016-2021)	16.43	17.54	18.50	19.86	19.90	19.22	19.29	19.02	18.74	18.44	17.52	16.91	<b>18.45</b>
AMSA 8, Colmenas	(2016-2021)	16.26	17.39	18.14	19.40	19.34	18.92	19.11	18.66	18.26	18.14	17.28	16.57	<b>18.12</b>
AMSA 5, Cuchilla del Carmen	(2016-2021)	16.61	17.68	18.85	20.31	20.45	19.52	19.48	19.38	19.21	18.73	17.76	17.25	<b>18.77</b>
Anacafé, Florencia	(2017-2021)	16.98	17.42	18.37	19.63	20.31	20.14	20.20	20.13	19.78	19.37	18.04	17.07	<b>18.95</b>
Anacafé, Agua Tibia	(2018-2021)	17.19	16.97	17.65	19.19	19.65	19.16	19.26	19.54	18.85	19.18	17.75	16.79	<b>18.43</b>

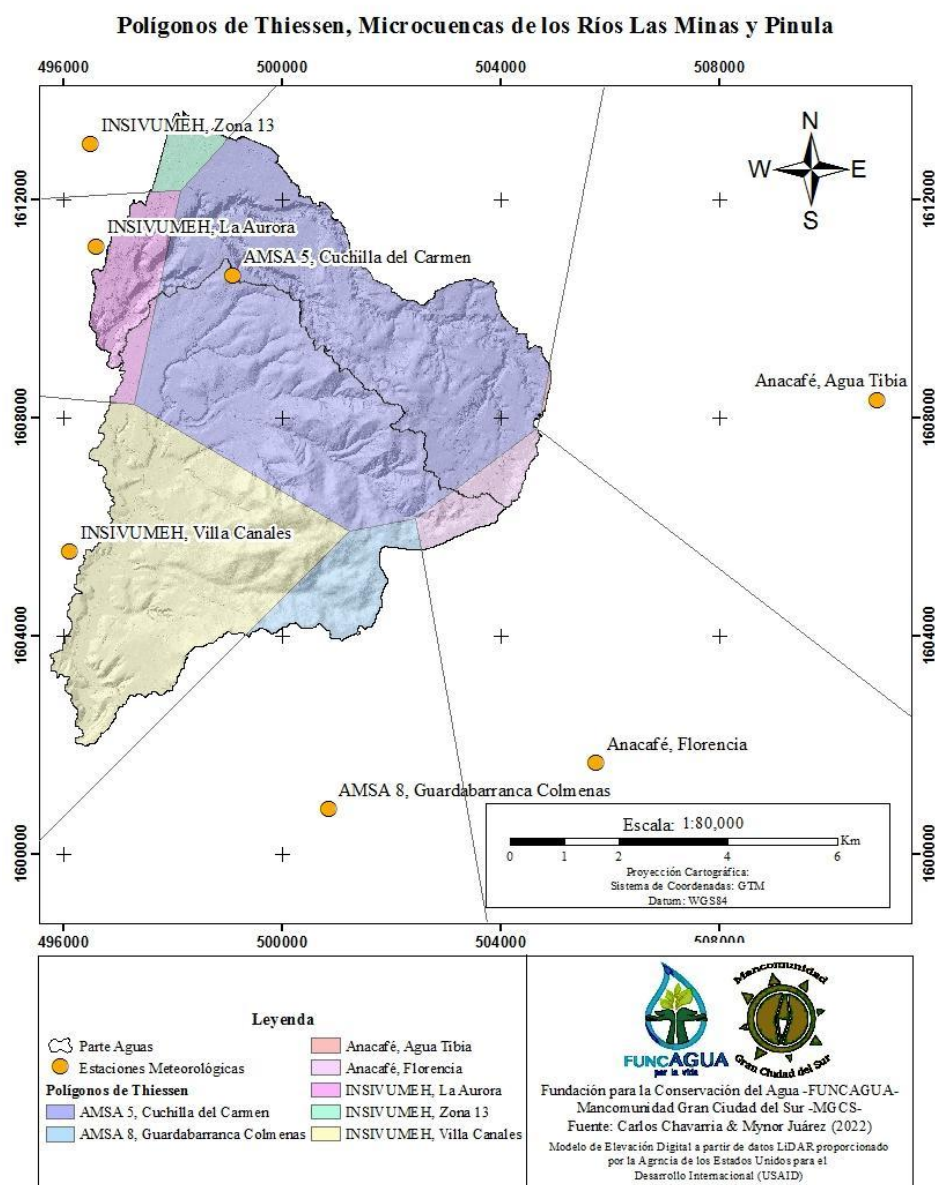
A partir de los datos de temperatura se estimó la evapotranspiración potencial mediante el método de Hargreaves para cada estación analizada. En la siguiente tabla se presentan los datos de evapotranspiración potencial (ETP) estimados a partir de los datos de temperatura de cada estación.

**Tabla 7. Datos de Evapotranspiración Potencial por Estación Analizada.**

Evapotranspiración (mm)													
Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
INSIVUMEH, zona 13	48.04	49.57	62.35	66.29	66.21	66.14	68.72	67.65	61.43	58.14	49.35	46.73	<b>710.61</b>
INSIVUMEH, La Aurora	47.73	50.36	62.35	66.13	65.94	65.89	68.50	67.17	61.19	57.65	48.35	46.43	<b>707.70</b>
INSIVUMEH, Villa Canales	44.88	46.45	58.77	63.05	63.07	63.03	65.00	63.96	58.31	55.06	46.42	43.85	<b>671.82</b>
AMSA 8, Colmenas	44.65	46.27	58.19	62.29	62.14	62.51	64.67	63.32	57.55	54.61	46.11	43.42	<b>665.72</b>
AMSA 5, Cuchilla del Carmen	45.11	46.64	59.34	63.81	64.00	63.54	65.32	64.59	59.07	55.51	46.73	44.28	<b>677.93</b>
Anacafé, Florencia	45.59	46.30	58.56	62.66	63.76	64.59	66.59	65.89	59.97	56.48	47.10	44.04	<b>681.52</b>
Anacafé, Agua Tibia	45.87	45.71	57.40	61.93	62.65	62.93	64.95	64.86	58.49	56.18	46.72	43.69	<b>671.34</b>

Conociendo los datos de Pp y ETP se generaron polígonos de Thiessen los cuales determinan el área de influencia de un punto específico, donde el perímetro del polígono es equidistante a los otros puntos, formando un polígono con un área específica de influencia por cada punto.

**Figura 11. Mapa de Polígonos de Thiessen.**





El mapa de polígonos de Thiessen permite observar el área de influencia de cada estación dentro de la zona de estudio. En el mismo, se contempla claramente que el mayor porcentaje de área lo ocupan las estaciones de Cuchilla del Carmen, manejada por AMSA, y la estación Villa Canales, manejada por el INSIVUMEH. Así mismo, se puede observar que las estaciones con menos influencia en la zona de estudio son las estaciones de la Zona 13, manejada por el INSIVUMEH, y la estación de Agua Tibia, manejada por Anacafé.

En la siguiente tabla se presenta el área de influencia de cada estación dentro de la zona de estudio.

**Tabla 8.** *Área de Influencia de las Estaciones Analizadas.*

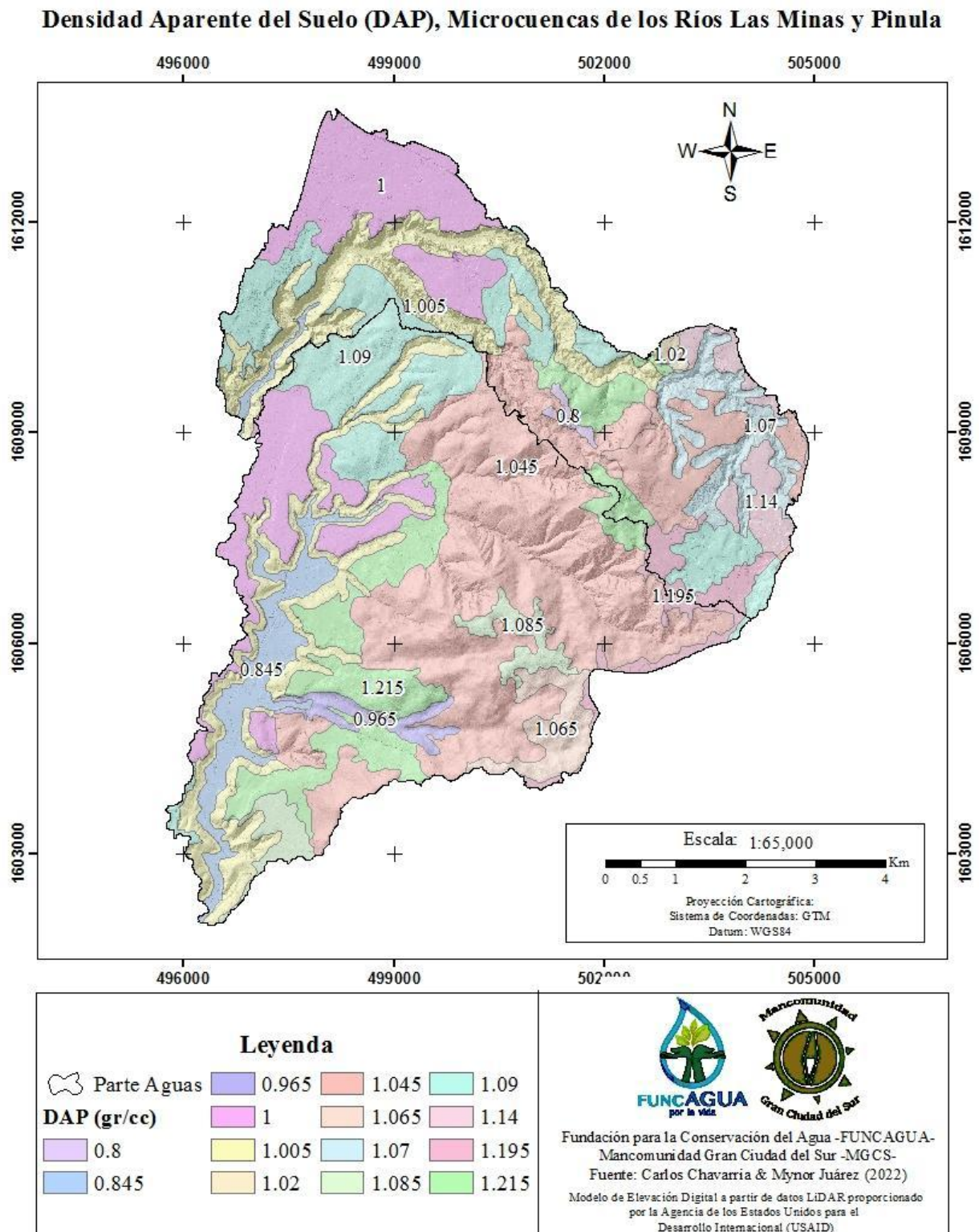
<b>Estación</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
Anacafé, Agua Tibia	0.05	0.08
Anacafé, Florencia	1.92	3.30
AMSA 5, Cuchilla del Carmen	31.96	54.99
AMSA 8, Guardabarranca Colmenas	3.08	5.29
INSIVUMEH, La Aurora	3.43	5.91
INSIVUMEH, Villa Canales	16.61	28.58
INSIVUMEH, Zona 13	1.08	1.85

### 5.6.2. Densidad aparente.

La densidad aparente (DAP) hace referencia a la densidad que posee el suelo considerando todos los espacios en este, tanto los poros vacíos como aquellos donde existe agua. La DAP es un dato requerido dentro del balance hídrico de suelos para la determinación de la recarga hídrica potencial.

Tanto el mapa como el dato de DAP fueron tomados del estudio semidetallado de suelos del departamento de Guatemala, Guatemala realizado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA, 2017). Dicho estudio analizó la DAP mediante la toma de muestra por cilindro conocido expresando los resultados en gramos por centímetro cúbico (gr/cc).

Figura 12. Mapa de Densidad Aparente del Suelo.



En el mapa de densidad aparente de suelo se puede observar que dentro de las microcuencas de los ríos las Minas y Pinula esta se encuentra entre 0.8 a 1.215 gr/cc, con una media de 1.039 gr/cc. Así mismo, se observa que el dato de DAP más abundante dentro de la zona de estudio es de 1.045 gr/cc, el cual es el dato más cercano a la media de DAP representando 26.84% de toda el área de estudio.

### **5.7. Balances hídricos de suelos.**

Para cada uno de los puntos analizados, se determinó la precipitación (Pp) y evapotranspiración potencial (ETP) según el área de influencia que abarca cada estación especificada en los polígonos de Thiessen. Por otra parte, la densidad aparente del suelo (DAP) se determinó según el dato indicado por el mapa de suelos en cada punto de estudio.

Otros datos requeridos para el balance hídrico de suelo son la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP) del suelo, los cuales fueron estimados por análisis de laboratorio para cada textura de suelo dentro de la zona de estudio y se determinó la CC y el PMP según la textura en la que se encuentra cada punto. La capacidad de infiltración de cada punto se indica en apartados anteriores.

El balance hídrico de suelos se basa en el principio de que el agua que entra a un suelo es igual al agua que se almacena en este más la suma del agua que sale del mismo suelo. (Schosinsky G. , 2006)

En la siguiente tabla se muestran los principales valores resultantes de los balances hídricos realizados por cada punto analizado dentro de la zona de estudio, donde las entradas son los aportes de agua el cual es la precipitación y las salidas es el agua aprovechada, escurrida, retenida o almacenada por el suelo.

**Tabla 9. Resultados de los Balances Hídricos en mm/año.**

Punto de Estudio	Entrada (mm/año)	Salidas (mm/año)			
	Pp	ETR	ESC	Ret	Rp
C1	1260.527	460.179	0.000	168.054	<b>632.295</b>
C2	1369.229	452.580	226.506	172.958	<b>517.186</b>
E1	1369.229	480.002	250.844	172.958	<b>465.426</b>
E2	1260.527	537.096	174.105	265.124	<b>284.202</b>
E3	1369.229	479.175	340.010	172.958	<b>377.086</b>
E4	1260.527	391.138	595.537	168.054	<b>105.798</b>
E5	1260.527	431.391	464.742	168.054	<b>196.340</b>
E6	1260.527	408.810	585.420	168.054	<b>98.243</b>
E7	1260.527	471.744	259.930	168.054	<b>360.799</b>
M1	1260.527	547.124	0.000	265.124	<b>448.280</b>
M2	1260.527	455.298	0.000	168.054	<b>637.176</b>
M3	1260.527	549.776	0.000	265.124	<b>445.628</b>
M4	1260.527	532.818	57.345	265.124	<b>405.240</b>
M5	1260.527	547.124	0.000	265.124	<b>448.280</b>
M6	1260.527	456.219	0.000	168.054	<b>636.254</b>
M7	1260.527	549.776	0.000	265.124	<b>445.628</b>
M8	1260.527	443.890	233.489	168.054	<b>415.095</b>
M9	1260.527	472.683	0.000	168.054	<b>619.790</b>
P1	1503.790	467.422	85.286	200.097	<b>750.985</b>
P2	1369.229	453.649	159.536	172.958	<b>583.087</b>
P3	1260.527	534.816	210.554	265.124	<b>250.033</b>
P4	1260.527	536.994	175.736	265.124	<b>282.673</b>
P5	1260.527	443.889	454.770	168.054	<b>193.815</b>
P6	1260.527	415.117	551.717	168.054	<b>125.640</b>
P7	1260.527	464.837	256.774	168.054	<b>370.863</b>
P8	1503.790	445.970	541.861	200.097	<b>315.862</b>
P9	1260.527	533.351	153.949	265.124	<b>308.104</b>
P10	1369.229	464.570	194.981	172.958	<b>536.720</b>

La tabla presenta el valor de entrada dada por la Pp (precipitación) y los valores de salida que son; ETR (evapotranspiración real), ESC (escorrentía), RET (retención de humedad) y Rp (recarga hídrica potencial) de los puntos analizados, donde la sumatoria de las salidas tiene que ser igual al valor de la precipitación en mm/año.

En la tabla se resalta el valor de recarga hídrica potencial en mm/año de cada punto analizado, donde se puede observar que el valor máximo de recarga hídrica potencial dentro de la zona de estudio es de **750.985 mm/año** correspondiente al punto “P1” y el valor mínimo de recarga hídrica potencial dentro de la zona de estudio es de **98.243 mm/año** correspondiente al punto “E6”. La zona de estudio presenta un promedio de recarga hídrica potencial de **402.019 mm/año**.

Se estimó el porcentaje de agua de cada variable de salida donde la suma de estos porcentajes equivale al 100% de la entrada.

**Tabla 10.** Principales Resultados de los Balances Hídricos en Porcentaje.

Punto de Estudio	Entrada (%)	Salidas (%)			
	Pp	ETR	ESC	Ret	Rp
C1	100	36.51	0.00	13.33	<b>50.16</b>
C2	100	33.05	16.54	12.63	<b>37.77</b>
E1	100	35.06	18.32	12.63	<b>33.99</b>
E2	100	42.61	13.81	21.03	<b>22.55</b>
E3	100	35.00	24.83	12.63	<b>27.54</b>
E4	100	31.03	47.25	13.33	<b>8.39</b>
E5	100	34.22	36.87	13.33	<b>15.58</b>
E6	100	32.43	46.44	13.33	<b>7.79</b>
E7	100	37.42	20.62	13.33	<b>28.62</b>
M1	100	43.40	0.00	21.03	<b>35.56</b>
M2	100	36.12	0.00	13.33	<b>50.55</b>
M3	100	43.61	0.00	21.03	<b>35.35</b>
M4	100	42.27	4.55	21.03	<b>32.15</b>
M5	100	43.40	0.00	21.03	<b>35.56</b>
M6	100	36.19	0.00	13.33	<b>50.48</b>
M7	100	43.61	0.00	21.03	<b>35.35</b>
M8	100	35.21	18.52	13.33	<b>32.93</b>
M9	100	37.50	0.00	13.33	<b>49.17</b>
P1	100	31.08	5.67	13.31	<b>49.94</b>
P2	100	33.13	11.65	12.63	<b>42.59</b>
P3	100	42.43	16.70	21.03	<b>19.84</b>
P4	100	42.60	13.94	21.03	<b>22.42</b>
P5	100	35.21	36.08	13.33	<b>15.38</b>
P6	100	32.93	43.77	13.33	<b>9.97</b>
P7	100	36.88	20.37	13.33	<b>29.42</b>
P8	100	29.66	36.03	13.31	<b>21.00</b>
P9	100	42.31	12.21	21.03	<b>24.44</b>
P10	100	33.93	14.24	12.63	<b>39.20</b>

La tabla anterior permite identificar el porcentaje de agua de la precipitación que es aprovechada por las plantas, escurrida, retenida o almacenada por el suelo, es decir del 100% de la precipitación del punto “P1”, el 31.08% es aprovechado por las plantas mediante la ETR, el 5.67% del agua se escurre, el 13.31% del agua es retenida por la vegetación y el 49.94% del agua precipitada llega a recargar al acuífero.

Tomando en cuenta esta clasificación se puede determinar que el punto donde más recarga con respecto a la cantidad de agua precipitada es el punto “C1” en el cual se logra recargar un **50.16%** del 100% de precipitación, así mismo se puede observar que el punto “E6” logra

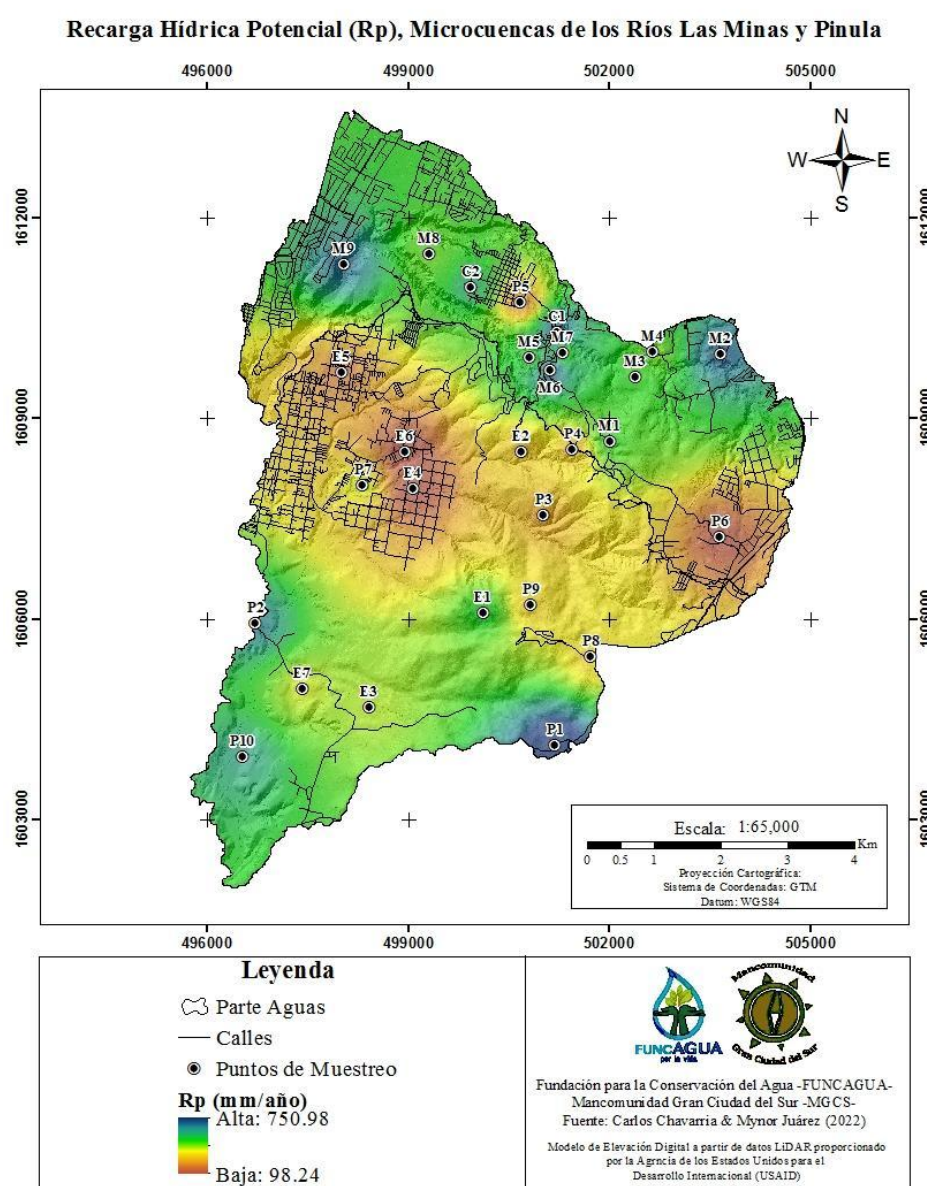


recargar solamente un 7.79% del 100% de la lluvia precipitada donde la mayor cantidad de agua se escurre en este punto, siendo el punto con menor porcentaje de agua que llega a recargar, lo cual concuerda con el valor más bajo de recarga hídrica potencial en mm/año.

### 5.8. Mapa de Recarga Hídrica Potencial del Suelo (Rp) en mm/año.

Este mapa representa espacialmente los valores de recarga hídrica potencial obtenidos de la realización de los balances hídricos de suelos, interpolando los datos de los diferentes puntos de muestreo sin relacionarlos con un área particular, por lo que los datos que representa son de lámina de agua y no de volumen, quedando como resultado la siguiente imagen:

**Figura 13.** Mapa de Recarga Hídrica Potencial del Suelo.



En el mapa expuesto anteriormente, se pueden apreciar los valores interpolados de recarga hídrica potencial del suelo. En el mismo, las áreas que presentan una tonalidad rojiza a amarilla representan las zonas en las que se estimaron los valores más bajos de recarga

hídrica potencial del suelo, mientras que las áreas que presentan tonalidades verdosas a azules representan las zonas en las que se estimaron los más altos valores de recarga hídrica potencial del suelo.

Claramente se puede notar que las zonas en las que la recarga hídrica potencial del suelo es más baja en el área norte de la microcuenca del río Las Minas. Esto se debe principalmente a que estas son zonas cercanas a los cascos urbanos de Boca del Monte y El Canchón. Así mismo, se pueden distinguir valores moderadamente bajos en el territorio de la Finca San Agustín, a pesar de que casi en su totalidad es utilizada para el cultivo de café, esto puede deberse a las condiciones que presenta el suelo en esa área. Por otra parte, se logra identificar una baja recarga hídrica potencial del suelo entre los territorios de Santa Catarina Pinula y El Pueblito, que también son áreas con alta densidad de obra gris.

No obstante, también se pueden encontrar suelos con una alta recarga hídrica potencial en el territorio de ambas microcuencas. El valor más alto de recarga hídrica potencial del suelo fue identificado en la microcuenca del río Las Minas, en la aldea Cumbre San Nicolás (cerca del límite entre Villa Canales y Fraijanes), con un valor de **750.985 mm/año (750,985m<sup>3</sup>/año)**. Asimismo, el territorio en los márgenes del cauce del río Las Minas presenta valores altos de recarga hídrica potencial del suelo, que se pueden potenciar aún más llevando a cabo reforestaciones ribereñas.

En el caso de la microcuenca del río Pinula, se identificó una alta recarga hídrica potencial del suelo a lo largo de la mayor parte del territorio de dicha microcuenca, lo que es un buen incentivo para conservar dicha característica en el territorio.

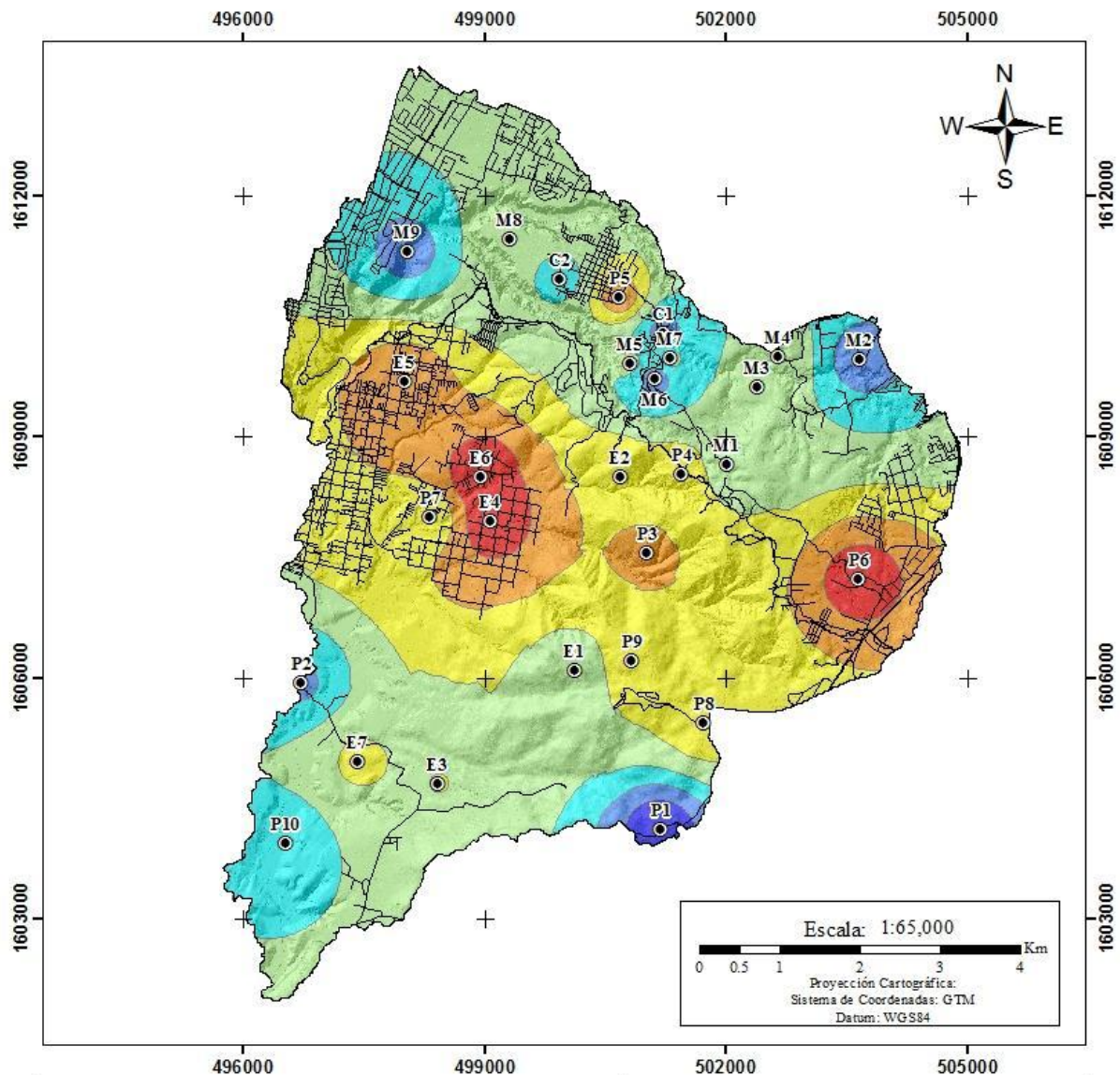
Es importante mencionar que para el presente estudio se considera que las zonas urbanas o zonas con presencia de obra gris, son zonas impermeables que se representan en el mapa de color negro como se indica en la leyenda.

### **5.9. Zonificación de la recarga hídrica potencial (Rp) en mm/año.**

El Mapa de Zonificación de la Recarga Hídrica Potencial del Suelo se obtuvo en base a los valores interpolados en el inciso anterior. Estos valores fueron clasificados en siete clases, cuyo rango se obtuvo dividiendo el rango entre el valor más bajo y el valor más alto de recarga hídrica potencial en siete partes iguales, obteniendo como resultado el siguiente mapa.

Figura 14. Mapa de Zonificación de la Recarga Hidrica Potencial.

Zonificación de Recarga Hidrica Potencial (Rp), Microcuencas de los Rios Las Minas y Pinula



<p><b>Leyenda</b></p> <p>  Parte Aguas   Calles   Puntos de Muestreo  <b>Rp (mm/año)</b>   Muy Baja (98-191)   Baja (191-285)   Moderadamente Baja (285-378)   Moderada (378-471)   Moderadamente Alta (471-654)   Alta (564-658)   Muy Alta (658-751)         </p>		<p>               Fundación para la Conservación del Agua -FUNCAGUA-            Mancomunidad Gran Ciudad del Sur -MGCS-            Fuente: Carlos Chavarria &amp; Mýnor Juárez (2022)            Modelo de Elevación Digital a partir de datos LiDAR proporcionado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID)         </p>
---	--	---




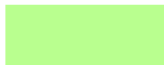



La reclasificación de los datos de recarga hídrica potencial del suelo permite apreciar de una mejor manera los datos obtenidos para las microcuencas de los ríos Las Minas y Pinula, ya que facilita la identificación de los focos de mayor recarga hídrica potencial en el territorio de dichas microcuencas, así como los lugares en las que la recarga hídrica potencial del suelo es prácticamente inexistente.

Claramente se puede observar que la zona con más recarga hídrica potencial del suelo está ubicada cerca de la aldea Cumbre San Nicolás, que se ubica en la clase “Muy Alta”. Asimismo, los territorios cercanos al cauce principal del río Las Minas y del río Pinula, El Pueblito y aldea Puerta Parada presentan una recarga hídrica potencial entre moderadamente alta y alta.

Este mapa también refleja lo mencionado en el anterior inciso; las zonas con menor recarga hídrica potencial del suelo son las cercanas a los cascos urbanos de Boca del Monte y El Canchón, con valores de recarga hídrica potencial ubicados en las clases “Baja” y “Muy Baja”.

En la tabla que se presenta a continuación, se detalla la información del territorio de las microcuencas en estudio en base a las clases especificadas anteriormente.

**Tabla 11.** *Clases de Recarga Hídrica Potencial.*

Color	Clase	Rango (mm/año)	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)	Área (%)
	Muy Baja	98.42 – 191.49	1.83	183	3.15
	Baja	191.49 – 284.74	7.11	711	12.23
	Moderadamente Baja	284.74 – 377.99	17.11	1,711	29.44
	Moderada	377.99 – 471.24	22.88	2,288	39.37
	Moderadamente Alta	471.24 – 564.49	7.42	742	12.77
	Alta	564.49 – 657.74	1.45	145	2.49
	Muy Alta	657.74 – 750.98	0.32	32	0.60

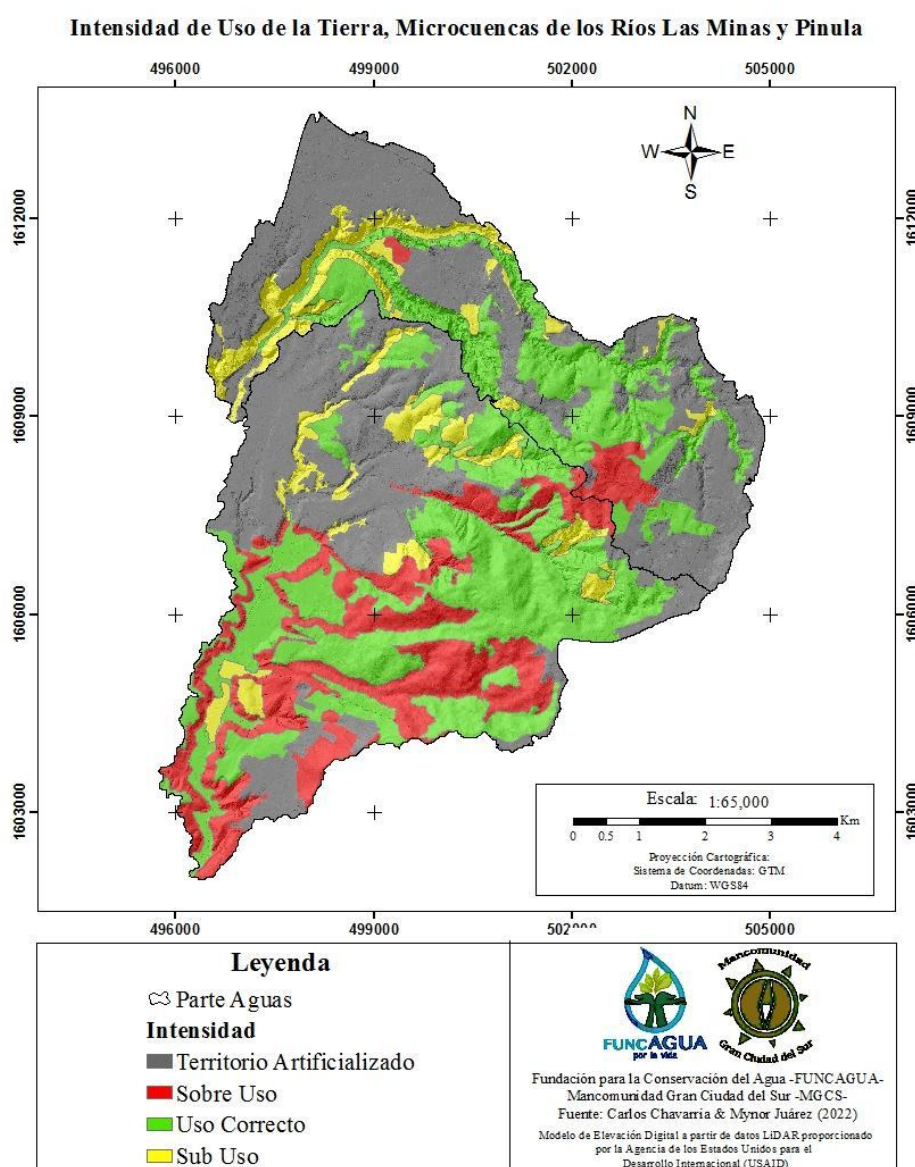


## 6. Recomendaciones

En este inciso se presentan diferentes opciones de acciones que se pueden tomar en el territorio de las microcuencas de los ríos Las Minas y Pinula, en base a los resultados obtenidos en la investigación, comparando dos factores de gran importancia; la intensidad de uso del suelo y la recarga hídrica potencial, esta última tomada con la clasificación especificada en el inciso anterior.

Como se mencionó anteriormente, el primer factor que será tomado en cuenta para el análisis será la intensidad de uso del suelo. Este factor se obtiene comparando la capacidad de uso del suelo y el uso actual del suelo, dando como resultado el siguiente mapa:

*Figura 15. Mapa de Intensidad de Uso de la Tierra.*





En el mapa presentado anteriormente se puede notar claramente que, dejando de lado los territorios artificializados, la mayor parte del territorio de las microcuencas de los ríos Las Minas y Pinula están siendo utilizados adecuadamente. No obstante, una buena porción del territorio se utiliza incorrectamente, ya sea dándole sobre uso o sub uso al suelo. En la siguiente tabla, se presentan las especificaciones del mapa de intensidad de uso del suelo de las microcuencas en estudio:

**Tabla 12.** Descripción de Intensidad de Uso del Suelo.

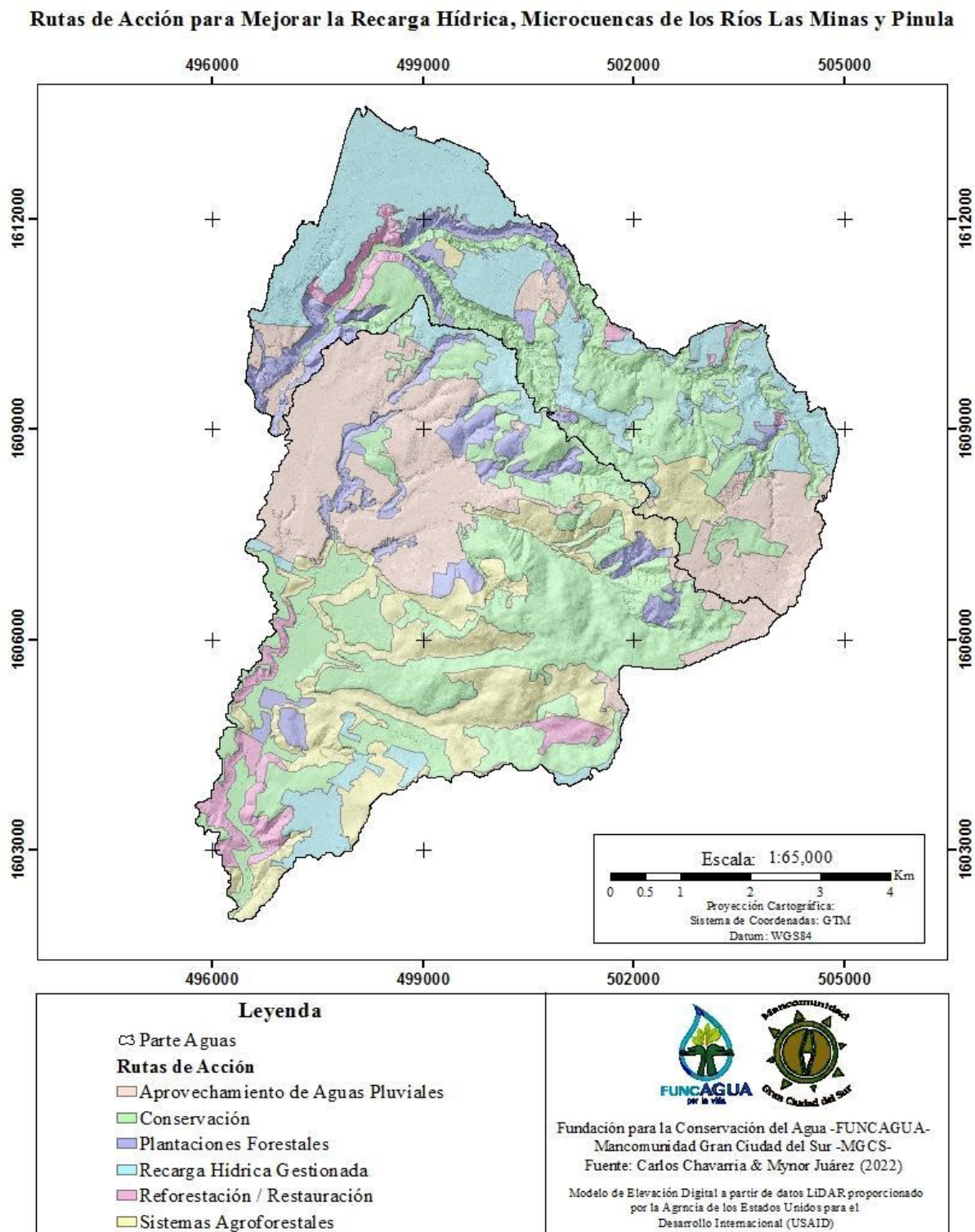
Intensidad de Uso del Suelo	Descripción	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Territorio Artificializado	Hace referencia a las zonas en las que hay presencia de obra gris en la mayor parte del territorio, es decir, los cascos urbanos.	21.53	37.05
Sobre Uso	Se dice que el suelo está siendo sobre utilizado cuando la capacidad de uso indica que el mismo es apto para la presencia de bosques, pero el uso actual es de agricultura o ganadería, es decir, el suelo está siendo explotado.	10.01	17.22
Uso Correcto	Se dice que el suelo está siendo correctamente utilizado cuando la capacidad de uso y el uso actual del suelo coinciden.	20.96	36.06
Sub Uso	Un suelo sub utilizado es aquel que presenta características aptas para agricultura, ganadería o agroforestería pero este es desaprovechado con presencia de pastizales o bien, terrenos abandonados.	5.62	9.67

Cuando se relaciona la intensidad de uso del suelo con la recarga hídrica potencial de la zona de estudio, se puede obtener perfectamente una zonificación del territorio con diferentes combinaciones entre los tres tipos de intensidad de uso del suelo (sobre uso, uso correcto y sub uso) y las siete clases de recarga hídrica potencial (muy baja, baja, moderadamente baja, moderada, moderadamente alta, alta y muy alta). Cuando se tienen las combinaciones resultantes de ambos factores, se puede recomendar un plan de acción de acuerdo a las características presentadas en las diferentes áreas.

A continuación, se presenta el mapa con la zonificación de las propuestas de planes de acción anteriormente descritas, así como una tabla de resumen de las recomendaciones que se

proponen para cada uno de los casos obtenidos de la comparación de los factores mencionados en el párrafo anterior.

**Figura 16.** Mapa de Propuestas de Rutas de Acción.



**Tabla 13. Matriz de Recomendaciones.**

<b>Intensidad de Uso del Suelo</b>	<b>Recarga Hídrica Potencial (Rp)</b>	<b>Rango de Rp (mm/año)</b>	<b>Recomendación</b>
Territorio Artificializado	Muy Baja	98.42 – 191.49	Aprovechamiento de Aguas Pluviales
	Baja	191.49 – 284.74	
	Moderadamente Baja	284.74 – 377.99	
	Moderada	377.99 – 471.24	Recarga Hídrica Gestionada
	Moderadamente Alta	471.24 – 564.49	
	Alta	564.49 – 657.74	
	Muy Alta	657.74 – 750.98	
Sobre Uso	Baja	191.49 – 284.74	Sistemas Agroforestales
	Moderadamente Baja	284.74 – 377.99	
	Moderada	377.99 – 471.24	
	Moderadamente Alta	471.24 – 564.49	Reforestación / Restauración
	Alta	564.49 – 657.74	
Uso Correcto	Muy Baja	98.42 – 191.49	Conservación
	Baja	191.49 – 284.74	
	Moderadamente Baja	284.74 – 377.99	
	Moderada	377.99 – 471.24	
	Moderadamente Alta	471.24 – 564.49	
	Alta	564.49 – 657.74	
	Muy Alta	657.74 – 750.98	
Sub-Uso	Baja	191.49 – 284.74	Plantaciones Forestales
	Moderadamente Baja	284.74 – 377.99	
	Moderada	377.99 – 471.24	
	Moderadamente Alta	471.24 – 564.49	Reforestación /

	Alta	564.49 – 657.74	Restauración
--	------	-----------------	--------------

Como se describe en la tabla anterior, se proponen un total de seis grandes propuestas de acciones para los polígonos generados entre la comparación de la intensidad de uso del suelo y la recarga hídrica potencial, de ambas microcuencas.

En cuanto a las zonas que poseen un suelo permeable o territorio artificializado, se recomienda la implementación de obras para la recarga hídrica gestionada, esto cuando la recarga hídrica potencial se encuentra entre las categorías de moderada a muy alta. Entre las obras de recarga hídrica gestionada se pueden mencionar los pozos de absorción y los jardines de lluvia. Asimismo, se recomienda para estas zonas el aprovechamiento de las aguas pluviales mediante estructuras como los Sistemas de Colección de Agua de Lluvias (SCALL) (Méndez, 2022), cuando la recarga hídrica potencial se encuentra entre los rangos de muy baja a moderadamente baja.

Por otra parte, para la mayor parte del territorio se recomienda la conservación, ya que, como se demuestra en el mapa de intensidad de uso del suelo, gran parte del territorio de ambas microcuencas se encuentra bajo un uso correcto. Sin embargo, no está de más el realizar planes de conservación de estas áreas, específicos para cada uso del suelo que se esté dando en las mismas.

Para los suelos que presentan un suelo sobre utilizado se proponen dos posibles rutas de acción. La primera de ellas es la implementación de sistemas agroforestales, y es aplicable para los suelos que presentan una recarga hídrica potencial en las categorías de baja a moderada. Los sistemas agroforestales son plantaciones en las que se combinan especies forestales y cultivos anuales o perennes. Asimismo, para los suelos sobre utilizados con una recarga hídrica potencial moderadamente alta o alta, se recomienda la ejecución de planes de reforestación o restauración, para mejorar aún más la conducción de agua hacia el acuífero a través del suelo.

De igual forma, para los suelos subutilizados se proponen dos posibles rutas de acción. Para los suelos subutilizados que presentan una recarga hídrica potencial de baja a moderada, se propone el establecimiento de plantaciones forestales aprovechables económicamente, es decir, energéticas o maderables. Por otra parte, para los suelos dentro de esta categoría de intensidad que presentan una recarga hídrica potencial moderadamente alta o alta, se recomienda la reforestación o restauración del territorio.

Las propuestas mencionadas en este inciso están descritas a grandes rasgos, por lo que se recomienda que, en caso de querer realizar algún plan de acción, se determine precisamente el área en la que se realizará dicho plan para posteriormente elaborar el mismo de una forma más específica para el área de interés.

## 6.1. Incentivos Aplicables

En este apartado se describen los principales incentivos aplicables para los planes de acción descritos anteriormente (conservación, plan de manejo sostenible y prácticas de recuperación del suelo), principalmente basados en incentivos forestales del INAB (PROBOSQUE y PINPEP) y la ley de Áreas Protegidas administrada por CONAP.

PROBOSQUE tiene como objetivo promover y fomentar el desarrollo forestal del país mediante el manejo sostenible de los bosques, reducir la deforestación de tierras de vocación forestal, promover la reforestación de áreas forestales actualmente sin bosque, e incrementar su productividad. Esto mediante la aplicación de incentivos forestales. (INAB, 2021)

PINPEP tiene el mismo propósito que PROBOSQUE, no obstante, PINPEP está dirigido a poseedores de terrenos menores a 15 hectáreas, incentivando a los poseedores de estos terrenos a ingresar a los programas de incentivos forestales.

Por otra parte, la Ley de Áreas Protegidas fue creada con la finalidad del cumplimiento de planes y programas para la protección del territorio nacional y lograr establecer áreas protegidas para reservar la naturaleza y el ambiente mediante la administración de CONAP. (CONAP, 2019)

En base a estos tres incentivos se recomienda el incentivo al que puede aplicar cada uno de los planes de acción propuestos, así como las especies forestales recomendadas por INAB para cada tipo de incentivo.

**Tabla 14.** *Incentivos Aplicables a las Recomendaciones.*

Incentivos Plan de Acción	PROBOSQUE	PINPEP	Ley de Áreas Protegidas
Conservación	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Protección de Sitios Sagrados.</li> <li>● Manejo de plantaciones forestales como fuentes semilleras.</li> <li>● Manejo de bosques naturales con</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Manejo de bosques naturales para con fines de protección (terrenos menores a 15 ha).</li> <li>● Manejo de bosques naturales con</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Establecer un territorio como área protegida. Estas tendrán un incentivo fiscal exonerando a estas áreas</li> </ul>



	<p>fines de producción.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Manejo de bosques naturales con fines de producción de semillas forestales.</li> <li>● Manejo de bosques naturales para fines de protección y provisión de servicios ambientales.</li> </ul>	<p>fines de producción (terrenos menores a 15 ha).</p>	<p>del pago del IUSI.</p>
Sistemas Agroforestales	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sistemas Agroforestales –SAF’S-. (asocio con cultivos anuales, asocio con cultivos perennes, sistemas silvopastoriles, líneas de árboles).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sistemas Agroforestales –SAF’S-. (terrenos menores a 15 ha).</li> </ul>	<p>No aplica</p>
Plantaciones Forestales			

Reforestación / Restauración	fines industriales. ● Restauración de tierras forestales degradadas. (bosque natural, riparios, secundario, degradado)		
------------------------------	---	--	--

- Los montos por incentivos que ofrece PROBOSQUE se describen en el siguiente link: [https://www.inab.gob.gt/images/servicios/probosque/8formularios/trifoliar\\_probosque.pdf](https://www.inab.gob.gt/images/servicios/probosque/8formularios/trifoliar_probosque.pdf)

- Los montos por incentivos que ofrece PINPEP se describen en el siguiente link: <https://www.inab.gob.gt/index.php/component/content/article/112-servicios/183-pinpep?Itemid=437#para-manejo-de-bosques>

- El incentivo fiscal por área protegida esté definido en el Artículo 11 del Decreto Número 110-96 el 12-12-1996 del Congreso de la República el cual indica lo siguiente.





“Artículo 31. Extensión del Impuesto Territorial. Quienes dediquen sus propiedades para reservas naturales privadas estarán exentos del pago del impuesto territorial de la finca o porción que dedique a tales fines, lo cual tendrá vigencia indefinida, siempre y cuando la Secretaría Ejecutiva del CONAP emita dictamen favorable anual” (Congreso de la República de Guatemala, 1996)






## 6.2. Especies forestales adecuadas para el territorio.




Con las especies forestales recomendadas por el INAB y las especies arbóreas identificadas por (FUNCAGUA, 2020), dentro de los municipios que abarcan las microcuencas en estudio, se pueden comparar e identificar las especies a tomar en cuenta para cada recomendación descrita en caso de ingresar en cualquiera de los incentivos antes mencionados.

En la siguiente tabla, se presenta un listado de las especies que encajan en la descripción anterior. La misma, incluye las altitudes adecuadas para cada una de las especies que se mencionan.

**Tabla 15.** *Especies Forestales y Frutales Aptas para las Microcuencas de los Ríos Las Minas y Pinula*

Nombre Común	Nombre Científico	Municipio	Altitud (msnm)	Fuente	Fotografía
<b>Especies Forestales</b>					
Melina	<i>Gmelina arborea</i>	VC	0-1300	(Directorio Forestal Maderero, 2018)	
Matilisguate	<i>Tabebuia rosea</i>	SCP - VC	0-1300	(INAB, FAO/FFF, 2016)	
Liquidámbar	<i>Liquidambar orientalis</i>	SCP - VC	600-1600	(INAB, FAO/FFF, 2016)	
Palo de Jiote	<i>Bursera simaruba</i>	SCP - VC	0-1800	(García & Islas, 2018)	

Paterna o Cuxín	<i>Inga spuria</i>	SCP – VC	0-2000	(Polanco, 2014)	
Pino	<i>Pinus sp.</i>	SCP	1600-2200	(Rivero, 2022)	
Timboque	<i>Tecoma stans</i>	SCP – VC	0-2500	(INAB, FAO/FFF, 2016)	
Roble o Encino	<i>Quercus spp.</i>	SCP – VC	1000-2500	(INAB, FAO/FFF, 2016)	
Ciprés	<i>Cupressus lusitánica Mill</i>	SCP – VC	1340-3730	(INAB, 2020)	

Especies Frutales					
Anona	<i>Annona Squamosa</i>	VC	1200 - 1800	(Padilla, 2015)	
Níspero	<i>Eriobotrya japonica</i>	SCP – VC	900 - 2000	(Sipac, 2009)	
Durazno	<i>Prunus persica</i>	VC	1500 - 2400	(González, 2004)	



## 7. Bibliografía

---

- CONAP. (24 de 08 de 2019). *Sobre el CONAP*. Obtenido de <https://conap.gob.gt/acerca-del-conap/>
- Congreso de la República de Guatemala. (12 de 12 de 1996). Decreto Número 110-96. *Diario de Centro America*, págs. 1,291-1,294.
- Cosillo, A. (2019). *Estudio Hidrogeológico y Geofísico, Sector el Encanto, Aldea el Pueblito, Santa Catarina Pinula, Departamento de Guatemala*. Guatemala.
- Cosillo, A. (2019). *Estudio Hidrogeológico, Novena Avenida 3-32 Zona 2 (Costado del Estadio Municipal), Municipio de Santa Catarina Pinula, Departamento de Guatemala*. Guatemala.
- Cosillo, A. (Marzo de 2022). Orientación para Realización de Estudio de Determinación de Zonas de Recarga Hídrica . (C. Chavarria, & M. Juárez, Entrevistadores)
- Directorio Forestal Maderero. (27 de 09 de 2018). *Interpretación de Análisis Foliares*. Obtenido de Melina.
- Estrada, A. L. (2021). *Determinación de la Recarga Hídrica Natural de la Microcuenca del Río las Minas, de la Cuenca del Lago de Amatitlán*. . Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).
- FUNCAGUA. (2019). *Análisis Piezométrico de Pozos de Agua para los Municipios de Mancomunidad Gran Cuidad del Sur*. Guatemala: Fundación para la Conservación del Agua (FUNCAGUA).
- FUNCAGUA. (2020). *Mapeo y evaluación de áreas municipales con potencial de reforestación y manejo, para incentivar zonas de recarga hídrica*. Guatemala: Fundación para la Conservación del Agua en la Región Metropolitana de Guatemala (FUNCAGUA).
- FUNCAGUA. (2022). *Informe del Estado del Agua de la Región Metropolitana de Guatemala 2022: El Agua Nos Une*. Guatemala: FUNCAGUA.
- García, J. M., & Islas, C. G. (2018). *Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable*. Colima, Mexico: Universidad de Colima .
- González, R. d. (2004). *Experiencias en la producción y comercialización del durazno (Prunus persica) en la comunidad de Santa Maria Jalapa*. Guatemala: Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemal.
- Herrera, I. (2014). *Manual de Hidrología* (Tercera ed.). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).
- IARNA. (2013). *Base Técnica para la Gestión del Agua con Visión a Largo Plazo en la Zona Metropolitana de Guatemala*. Guatemala: IARNA.
- INAB. (2020). *Hoja de Cálculo para Balance Hídrico de Schoisnsky*. Guatemala.
- INAB. (2020). *Paquete Tecnológico Forestal para Ciprés común, Cupressus lisitanica Mill*. Guatemala: Departamento de Investigación Forestal.
- INAB. (2021). *¿Qué es PROBOSQUE?* Guatemala: Insitiuto Nacional de Bosques.
- INAB, FAO/FFF. (2016). *Guía técnica de las especies forestales más utilizadas para la producción de leña en Guatemala*. Guatemala: SERIE TÉCNICA GT-009.

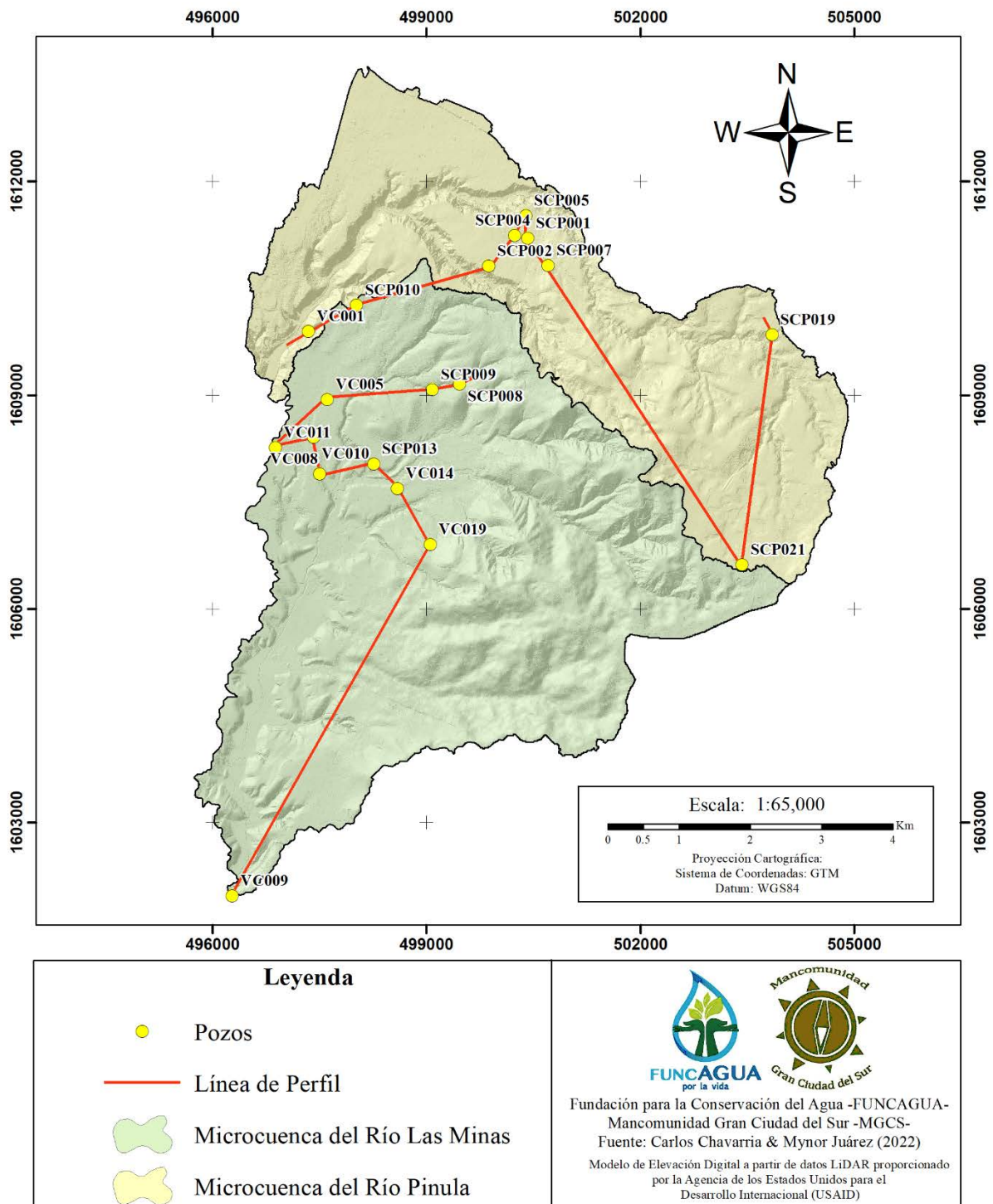
- MAGA. (2017). *Estudio Semidetallado de los Suelos del Departamento de Guatemala, Guatemala*. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).
- Manzo, D. (2008). *Reconocimiento Hidrogeológico para la Determinación de Zonas de Recarga Hídrica en la Subcuenca del Río Pinula, Jurisdicción de Santa Catarina Pinula, Guatemala*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).
- Méndez, A. M. (04 de 08 de 2022). Sistematización de experiencias de recarga gestionada de acuíferos (MAR) en la Región Metropolitana de Guatemala (RMG) como herramienta clave para generar políticas de seguridad hídrica. Costa Rica: CATIE.
- Padilla, A. S. (2015). *Efecto de Podas sobre el Broto de Yemas Vegetativas y Productivas en Anona (Annona Squamosa)*. Guatemala: Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Universidad Rafael Landívar.
- Polanco, A. D. (2014). *Catálogo de frutales nativos de Guatemala*. Guatemala: ICTA.
- Rivero, J. C. (20 de 08 de 2022). *Pino: que es, para que sirve, tipos y características*.
- Sandoval, J. (1989). *Principios de Riego y Drenaje*. Guatemala: USAC, FAUSAC.
- Schosinsky, G. (2006). Cálculo de la Recarga Hídrica Potencial de Acuíferos Mediante un Balance Hídrico de Suelos. *Revista Geológica de América Central*, 13-30.
- Schosinsky, G., & Losilla, M. (2000). Modelo Analítico para Determinar Infiltración con Base en la Lluvia Mensual. *Revista Geológica de América Central*.
- Sipac, H. C. (2009). *Trabajo de Graduación Realizado en San Juan del Obispo, Sacatepéquez, Guatemala, como Contribución en el Mejoramiento de la Producción de Nispero (Eriobotrya japonica), para exportación*. Guatemala: Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

## 8. Anexos

### 8.1. Líneas de Perfil

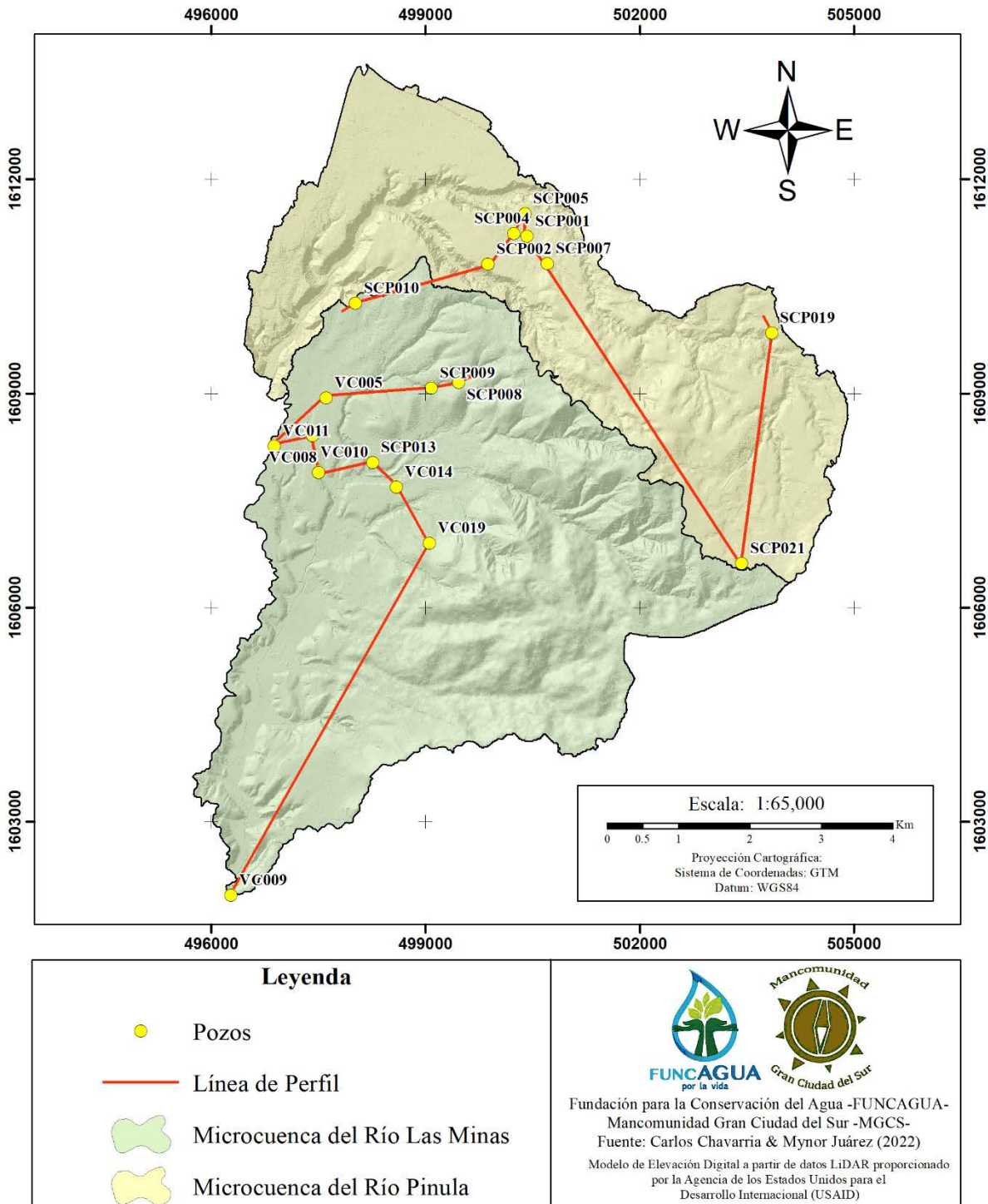
#### Anexo 1. Líneas de Perfil del Nivel Dinámico, Época Lluviosa.

Líneas de Perfil del Nivel Dinámico de los Pozos en Época Lluviosa, Microcuencas de los Ríos Las Minas y Pinula



## Anexo 2. Líneas de Perfil del Nivel Estático, Época Lluviosa.

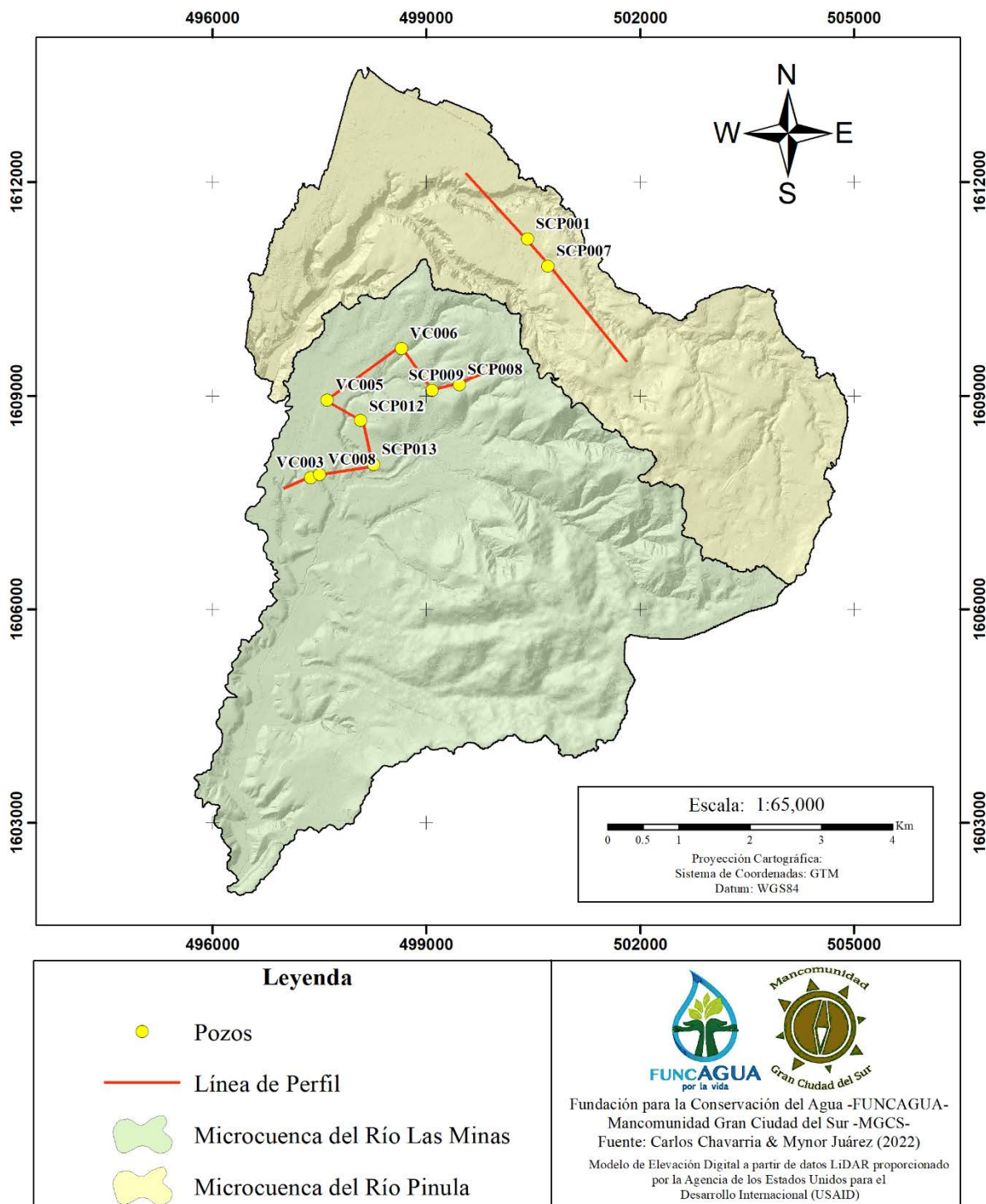
Líneas de Perfil del Nivel Estático de los Pozos en Época Lluviosa, Microcuencas de los Ríos Las Minas y Pinula





### Anexo 3. Líneas de Perfil del Nivel Dinámico, Época Seca.

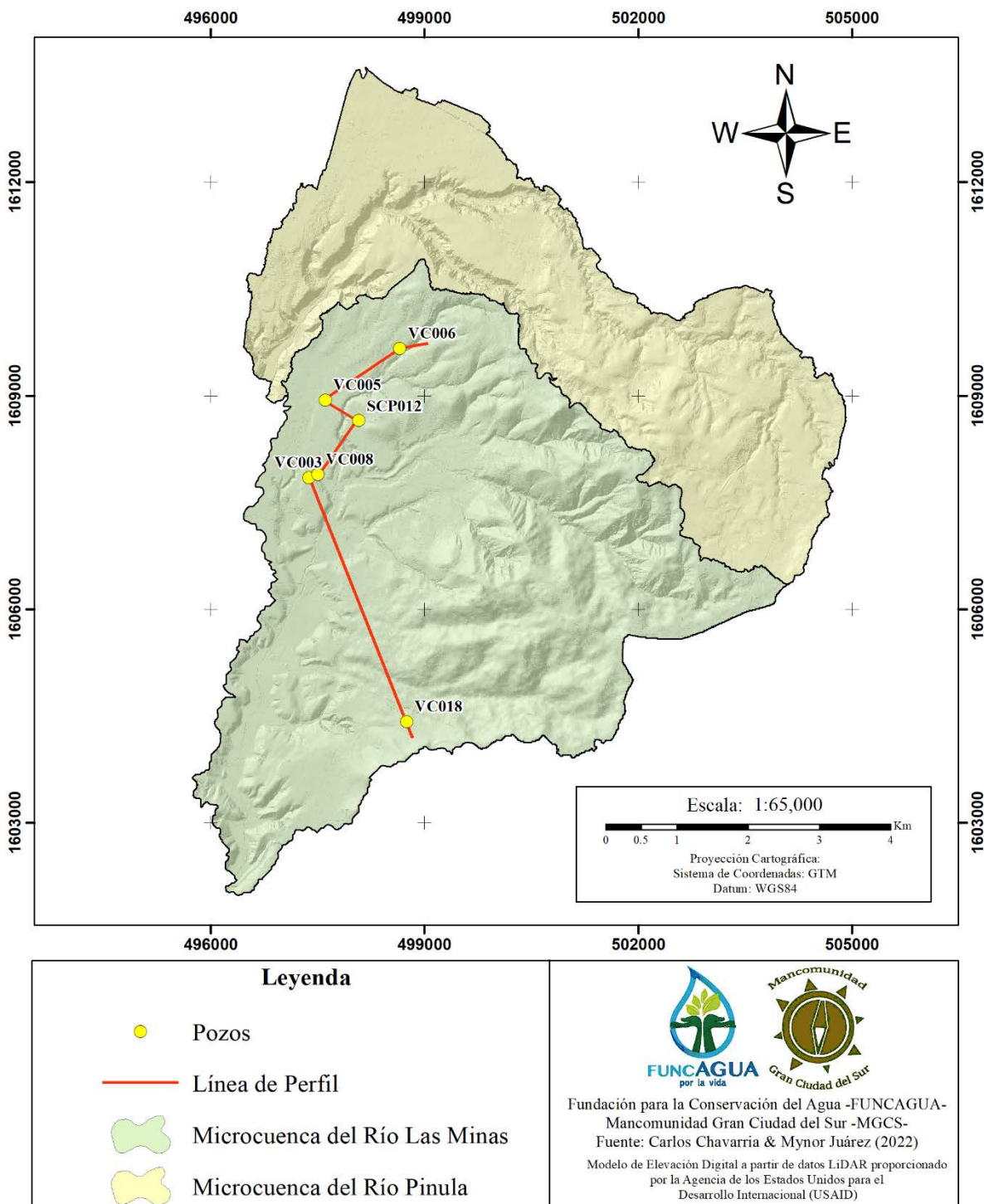
Líneas de Perfil del Nivel Dinámico de los Pozos en Época Seca, Microcuencas de los Ríos Las Minas y Pinula



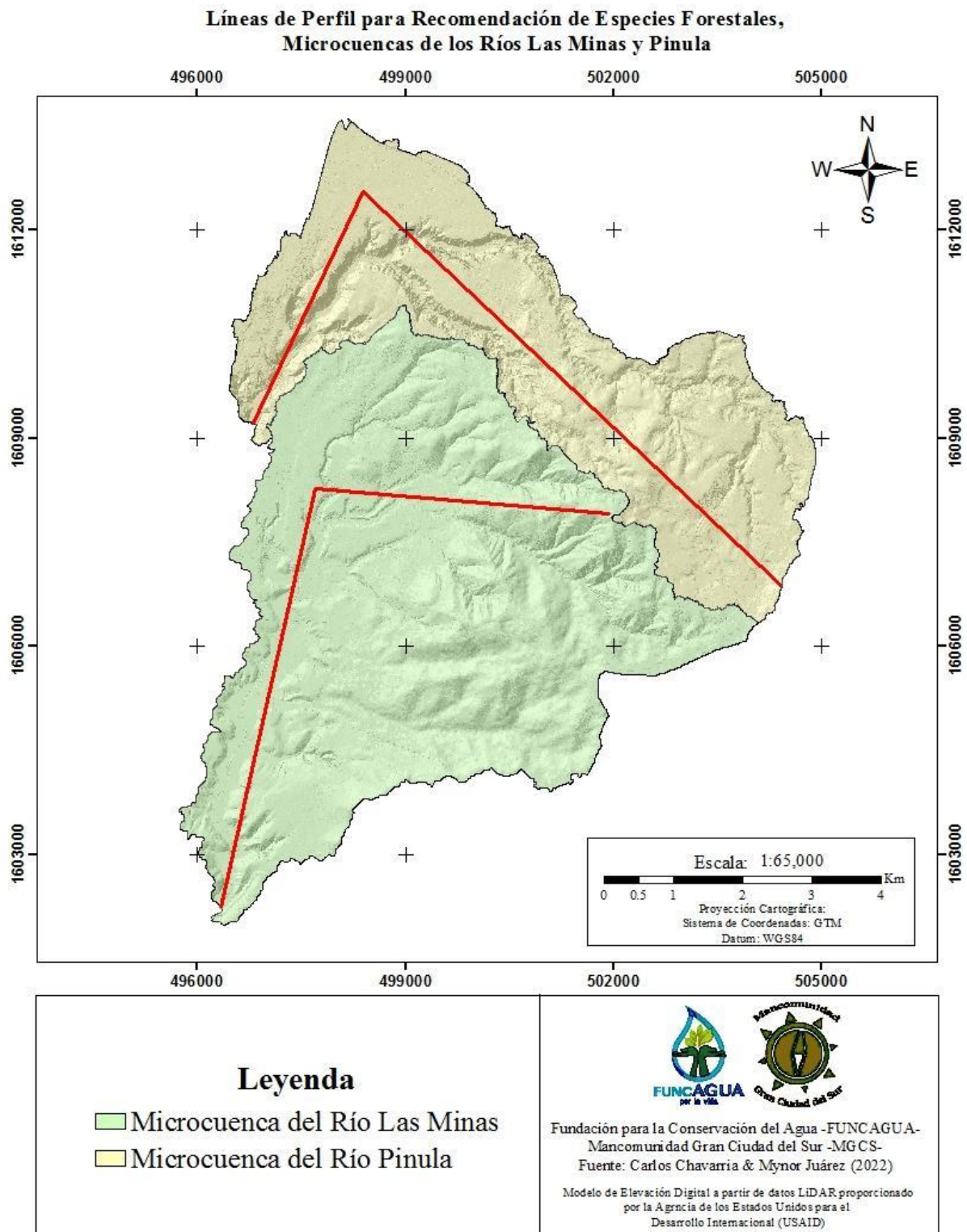


### Anexo 4. Líneas de Perfil del Nivel Estático, Época Seca.

Líneas de Perfil del Nivel Estático de los Pozos en Época Seca, Microcuencas de los Ríos Las Minas y Pinula




**Anexo 5. Líneas de Perfil para Recomendación de Especies Forestales.**




## 8.2. Resultados de Análisis de Laboratorio de Muestras de Suelo.

### Anexo 6. Resultados de Laboratorio en Textura Arenoso-Franco.




UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



**INTERESADO:** FUNCAGUA  
**RESPONSABLE:** MYNOR JUAREZ  
**PROCEDENCIA:** FCA RUSTRIAN, VILLA CANALES, GUATEMALA  
**FECHA DE INGRESO:** 11/05/22

**ANALISIS FISICO DE SUELOS**

IDENTIFICACION	Porcentaje de Humedad	
	1 / 3 atm	15 atm
M-1	31.47	26.93



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12 GUATEMALA  
 CÓDIGO POSTAL 01012. APARTADO POSTAL 1645. TEL.: (502) 24188000, EXTENSIÓN 1769

**Anexo 7. Resultados de Laboratorio en Textura Franco.**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



**INTERESADO:** FUNCAGUA  
**RESPONSABLE:** CARLOS CHAVARRIA  
**PROCEDENCIA:** SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA  
**FECHA DE INGRESO:** 17/05/22

**ANALISIS FISICO DE SUELOS**

IDENTIFICACION	Porcentaje de Humedad	
	1 / 3 atm	15 atm
P-3	36.84	26.36



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12 GUATEMALA  
CÓDIGO POSTAL 01012. APARTADO POSTAL 1545. TEL.: (502) 24188000, EXTENSIÓN 1789

**Anexo 8. Resultados de Laboratorio en Textura Franco-Arenoso.**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



**INTERESADO:** FUNCAGUA  
**RESPONSABLE:** MYNOR JUAREZ  
**PROCEDENCIA:** VILLA CANALES, GUATEMALA  
**FECHA DE INGRESO:** 6/06/22

**ANALISIS FISICO DE SUELOS**


IDENTIFICACION	Porcentaje de Humedad	
	1 / 3 atm	15 atm
M-4	27.82	18.40




CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12 GUATEMALA  
CÓDIGO POSTAL 01012. APARTADO POSTAL 1545. TEL.: (502) 24186000, EXTENSIÓN 1769



**Anexo 9. Resultados de Laboratorio en Textura Franco-Arcillo-Arenoso.**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"**




  
  

**INTERESADO:       FUNCAGUA**  
**RESPONSABLE:     MYNOR JUAREZ**  
**PROCEDENCIA:    VIVERO FCA SAN AGUSTIN**  
**FECHA DE INGRESO: 17/05/22**

**ANALISIS FISICO DE SUELOS**

IDENTIFICACION	Porcentaje de Humedad	
	1 / 3 atm	15 atm
P-3	38.91	28.58



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12 GUATEMALA  
CÓDIGO POSTAL 01012. APARTADO POSTAL 1545. TEL.: (502) 24188000, EXTENSIÓN 1769

**Anexo 10. Resultados de Laboratorio en Textura Franco-Arcilloso y Arcilloso.**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



INTERESADO: FUNCAGUA  
RESPONSABLE: MYNOR JUAREZ

**ANALISIS FISICO DE SUELOS**

IDENTIFICACION	Porcentaje de Humedad	
	1 / 3 atm	15 atm
F Ar	27.99	18.65
Ar 3	45.29	33.13




CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12 GUATEMALA  
CÓDIGO POSTAL 01012. APARTADO POSTAL 1645. TEL.: (502) 24188000, EXTENSION 1769

### 8.3. Datos de Campo de Pruebas de Infiltración Realizadas.

Anexo 11. Tabla de Datos de Prueba de Infiltración Punto “P1”

Altura (cm)	Tiempo (min)	Tiempo (seg)	ht+r/2
40	0	0	42
36.5	5	300	38.5
33.5	10	600	35.5
30.5	15	900	32.5
28.6	20	1200	30.6
26.3	25	1500	28.3
24.1	30	1800	26.1
21	40	2400	23
18.2	50	3000	20.2
15	60	3600	17
12.8	75	4500	14.8
11.1	90	5400	13.1
9.6	105	6300	11.6
8.3	120	7200	10.3

**Anexo 12. Tabla de Datos de Prueba de Infiltración, Punto “P2”**

<b>Altura (cm)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Tiempo (seg)</b>	<b>ht+r/2</b>
40	0	0	42.5
33.4	5	300	35.9
28.7	10	600	31.2
24.8	15	900	27.3
22.2	20	1200	24.7
21.1	25	1500	23.6
19.9	30	1800	22.4
18.2	40	2400	20.7
16.4	50	3000	18.9
14.8	60	3600	17.3
13.2	75	4500	15.7
12	90	5400	14.5
10.7	105	6300	13.2
9.5	120	7200	12

**Anexo 13. Tabla de Datos de Prueba de Infiltración, Punto “P3”**

<b>Altura (cm)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Tiempo (seg)</b>	<b>ht+r/2</b>
40	0	0	42.1
38.2	5	300	40.3
36.6	10	600	38.7
35.1	15	900	37.2
33.6	20	1200	35.7
32.6	25	1500	34.7
31.2	30	1800	33.3
29.5	40	2400	31.6
27.6	50	3000	29.7
26.3	60	3600	28.4
24.9	75	4500	27
22.8	90	5400	24.9
21.6	105	6300	23.7
20.7	120	7200	22.8



**Anexo 14. Tabla de Datos de Prueba de Infiltración, Punto “P4”**

<b>Altura (cm)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Tiempo (seg)</b>	<b>ht+r/2</b>
50	0	0	52.5
44.7	5	300	47.2
39.9	10	600	42.4
36	15	900	38.5
32.3	20	1200	34.8
30	25	1500	32.5
27.7	30	1800	30.2
23.1	40	2400	25.6
19.8	50	3000	22.3
16.9	60	3600	19.4
15.2	75	4500	17.7
13.7	90	5400	16.2
12.2	105	6300	14.7
11.1	120	7200	13.6

**Anexo 15. Tabla de Datos de Prueba de Infiltración, Punto “P5”**

<b>Altura (cm)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Tiempo (seg)</b>	<b>ht+r/2</b>
40	0	0	43.25
39.7	5	300	42.95
39.5	10	600	42.75
39.1	15	900	42.35
38.8	20	1200	42.05
38.5	25	1500	41.75
38.3	30	1800	41.55
37.7	40	2400	40.95
37.1	50	3000	40.35
36.6	60	3600	39.85
35.9	75	4500	39.15
35.4	90	5400	38.65
35	105	6300	38.25
34.6	120	7200	37.85

**Anexo 16. Tabla de Datos de Prueba de Infiltración, Punto “P6”**

<b>Altura (cm)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Tiempo (seg)</b>	<b>ht+r/2</b>
40	0	0	42
39.4	5	300	41.4
39.1	10	600	41.1
38.7	15	900	40.7
38.3	20	1200	40.3
37.8	25	1500	39.8
37.6	30	1800	39.6
36.9	40	2400	38.9
35.6	50	3000	37.6
35	60	3600	37
33.8	75	4500	35.8
32.8	90	5400	34.8
31.7	105	6300	33.7
30.8	120	7200	32.8

**Anexo 17. Tabla de Datos de Prueba de Infiltración, Punto “P7”**

<b>Altura (cm)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Tiempo (seg)</b>	<b>ht+r/2</b>
40	0	0	42.3
39.3	5	300	41.6
38.6	10	600	40.9
37.7	15	900	40
36.9	20	1200	39.2
36.1	25	1500	38.4
35.4	30	1800	37.7
34.2	40	2400	36.5
33.1	50	3000	35.4
32	60	3600	34.3
30.2	75	4500	32.5
28.9	90	5400	31.2
27.1	105	6300	29.4
25.8	120	7200	28.1

**Anexo 18. Tabla de Datos de Prueba de Infiltración, Punto “P8”**

<b>Altura (cm)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Tiempo (seg)</b>	<b>ht+r/2</b>
45	0	0	47.5
44.4	5	300	46.9
44	10	600	46.5
43.6	15	900	46.1
43.3	20	1200	45.8
43	25	1500	45.5
42.6	30	1800	45.1
42.2	40	2400	44.7
41.6	50	3000	44.1
41	60	3600	43.5
40.1	75	4500	42.6
39.2	90	5400	41.7
38.3	105	6300	40.8
37.4	120	7200	39.9



**Anexo 19. Tabla de Datos de Prueba de Infiltración, Punto “P9”**

<b>Altura (cm)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Tiempo (seg)</b>	<b>ht+r/2</b>
40	0	0	42.3
38.9	5	300	41.2
38.2	10	600	40.5
36.9	15	900	39.2
35.9	20	1200	38.2
34.8	25	1500	37.1
34.1	30	1800	36.4
32.5	40	2400	34.8
31	50	3000	33.3
29.5	60	3600	31.8
27	75	4500	29.3
25.1	90	5400	27.4
23.3	105	6300	25.6
21.6	120	7200	23.9

**Anexo 20.** *Tabla de Datos de Prueba de Infiltración, Punto “P10”*

Altura (cm)	Tiempo (min)	Tiempo (seg)	ht+r/2
50	0	0	52.5
48	5	300	50.5
46.3	10	600	48.8
44.6	15	900	47.1
43.3	20	1200	45.8
42.1	25	1500	44.6
40.9	30	1800	43.4
39.1	40	2400	41.6
37.6	50	3000	40.1
35.5	60	3600	38
33.6	75	4500	36.1
31.4	90	5400	33.9
30.1	105	6300	32.6
28.8	120	7200	31.3

**8.4. Coeficientes Preestablecidos para el Balance Hídrico de Suelos de Shcosinsky.**  
**Anexo 21.** *Factor por Pendiente (Kp).*

Categoría	Rango de Pendiente (%)	Coefficiente (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	> 7	0.06

(Schosinsky & Losilla, 2000)

**Anexo 22. Factor por Vegetación (Kv).**

Categoría	Coefficiente (Kv)
Zacate o Pasto (<50%)	0.09
Terrenos Cultivados	0.10
Con Pastizales	0.18
Bosques	0.20
Zacate o Pasto (>75%)	0.21

(Schosinsky & Losilla, 2000)

**Anexo 23. Profundidad de las Raíces (PR).**

Uso del Suelo	Bosque	Bosque – Cultivos Anuales	Pastos	Cultivos Anuales y Hortalizas	Matorral	Centros Poblados	Bosque y Café
Prof. Mm	2,000	750	400	400	750	Impermeable	750

(Sandoval, 1989)

**8.5. Valores Usados para Calculo de Evapotranspiración Potencial (ETP).**

**Anexo 24. Valores medios de radiación solar (RS) en mm/día.**

Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
14	12.4	13.6	14.9	15.7	15	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12

(INAB, 2020)

**Anexo 25. Duración del día media mensual (S) en hrs/día.**

Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
14	11.36	11.64	12	12.34	12.64	12.76	12.66	12.44	12.12	11.8	11.44	11.26

(INAB, 2020)

## 8.6. Información Climática de Estaciones Meteorológicas Analizadas.

### Anexo 26. Información Climática Estación INSIVUMEH, Zona 13.

<b>Estación</b>	INSIVUMEH, Zona 13	<b>Latitud</b>	1613005.73	<b>Periodo</b>	2011-2021
<b>Departamento</b>	Guatemala	<b>Longitud</b>	496474.46		
<b>Municipio</b>	Guatemala	<b>Elevación</b>	1502		

Precipitación mm		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
<b>2011</b>	Acum.	0.00	7.00	13.40	15.30	101.50	222.60	238.60	414.20	246.80	384.50	14.10	1.50	1,659.50
<b>2012</b>	Acum.	3.20	5.30	5.10	40.90	130.40	165.50	121.10	397.50	130.90	71.90	3.20	1.10	1,076.10
<b>2013</b>	Acum.	0.20	2.60	34.20	13.70	167.10	166.90	262.10	300.20	273.70	224.30	4.90	2.00	1,451.90
<b>2014</b>	Acum.	0.00	2.10	63.70	10.60	178.40	358.30	52.00	151.50	300.40	239.80	6.30	2.30	1,365.40
<b>2015</b>	Acum.	0.30	0.40	28.90	79.60	194.40	174.30	157.00	104.70	333.40	156.90	69.30	2.00	1,301.20
<b>2016</b>	Acum.	1.40	0.00	10.00	23.70	62.40	225.80	97.70	177.20	352.70	41.30	4.30	3.00	999.50
<b>2017</b>	Acum.	3.80	10.70	0.40	9.00	311.50	220.60	115.00	196.80	140.50	117.40	0.00	0.10	1,125.80
<b>2018</b>	Acum.	0.40	10.50	3.10	19.70	196.30	293.00	18.70	117.60	174.70	178.00	0.00	0.10	1,012.10
<b>2019</b>	Acum.	3.20	3.30	6.30	25.00	58.10	85.60	71.90	220.80	236.90	286.60	21.10	5.30	1,024.10
<b>2020</b>	Acum.	5.30	0.90	0.00	42.10	213.40	110.30	155.10	171.10	310.40	238.80	58.10	0.30	1,305.80
<b>2021</b>	Acum.	12.80	5.70	0.00	33.40	145.90	316.70	149.60	217.30	100.70	158.00	2.30	3.70	1,146.10
	Prom.	2.78	4.41	15.01	28.45	159.95	212.69	130.80	224.45	236.46	190.68	16.69	1.95	1,224.32

Temperatura °C		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Anual
<b>2011</b>	Prom	19.01	19.62	19.52	20.94	20.82	20.55	20.47	20.39	19.94	19.30	19.52	18.48	19.88
<b>2012</b>	Prom	18.29	19.72	20.22	20.98	21.70	20.52	21.16	20.87	20.72	20.42	18.58	19.39	20.22
<b>2013</b>	Prom	19.62	20.29	19.96	22.23	21.55	21.25	20.99	20.38	19.96	20.81	20.03	19.12	20.51
<b>2014</b>	Prom	18.75	20.38	21.36	21.95	21.36	20.87	21.59	21.54	20.30	20.01	19.05	18.61	20.48
<b>2015</b>	Prom	18.35	19.41	20.57	22.02	22.20	21.50	21.68	22.25	20.87	21.28	20.51	20.55	20.94
<b>2016</b>	Prom	19.24	18.73	21.79	22.67	23.12	21.57	21.99	21.55	20.96	21.26	19.87	19.95	21.07
<b>2017</b>	Prom	18.91	20.35	20.23	21.92	21.57	20.66	21.54	21.32	20.91	20.23	19.47	18.46	20.46
<b>2018</b>	Prom	17.45	20.06	21.56	21.50	21.64	20.72	21.63	21.42	21.10	19.94	20.84	18.95	20.57
<b>2019</b>	Prom	19.17	20.59	20.78	21.78	21.94	21.84	22.00	21.73	21.17	20.25	20.16	19.62	20.92
<b>2020</b>	Prom	19.37	20.48	21.36	22.37	22.20	21.27	21.08	20.77	20.71	20.72	20.12	18.73	20.76
<b>2021</b>	Prom	19.10	19.36	20.43	21.37	21.43	20.77	21.41	20.37	20.95	20.94	19.06	19.28	20.38
	Prom.	18.84	19.91	20.71	21.79	21.78	21.05	21.41	21.14	20.69	20.47	19.75	19.20	20.56

Evapotranspiración mm		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
<b>Temperatura (°C)</b>		18.84	19.91	20.71	21.79	21.78	21.05	21.41	21.14	20.69	20.47	19.75	19.20	
<b>Radiación solar (mm/día)</b>		12.40	13.60	14.90	15.70	15.00	15.70	15.70	15.70	15.10	14.10	12.80	12.00	
<b>Duración del día (horas)</b>		11.36	11.64	12.00	12.34	12.64	12.76	12.66	12.44	12.12	11.80	11.44	11.26	
<b>Radiación media por mes</b>		384.40	380.80	461.90	471.00	465.00	471.00	486.70	486.70	453.00	437.10	384.00	372.00	
<b>Porcentaje de brillo solar</b>		7.86	8.06	8.31	8.54	8.75	8.83	8.76	8.61	8.39	8.17	7.92	7.79	
<b>Radiación solar mensual</b>		97.17	97.44	120.01	124.09	123.99	126.18	129.88	128.75	118.28	112.61	97.41	93.62	
<b>Evapotranspiración (mm)</b>		48.04	49.57	62.35	66.29	66.21	66.14	68.72	67.65	61.43	58.14	49.35	46.73	710.61

## Anexo 27. Información Climática Estación INSIVUMEH, La Aurora.

<b>Estación</b>	INSIVUMEH, La Aurora	<b>Latitud</b>	1611124.21	<b>Periodo</b>	2019-2021
<b>Departamento</b>	Guatemala	<b>Longitud</b>	496595.39		2012-2021
<b>Municipio</b>	Guatemala	<b>Elevación</b>	1491		

Nota: Los meses con las casillas de color verde son datos faltantes que se estimaron con media aritmética

Precipitación mm		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
2019	Acum.	4.30	1.70	4.70	16.90	59.30	227.35	57.30	222.50	242.10	157.80	34.20	2.10	139.90
2020	Acum.	5.30	6.15	4.70	0.00	203.80	135.30	98.25	163.90	349.50	205.90	66.40	0.50	1,130.60
2021	Acum.	3.30	10.60	4.70	43.20	162.20	319.40	139.20	281.10	134.70	109.70	2.00	3.70	1,209.10
	<b>Prom.</b>	<b>4.3</b>	<b>6.2</b>	<b>4.7</b>	<b>20.0</b>	<b>141.8</b>	<b>227.4</b>	<b>98.3</b>	<b>222.5</b>	<b>242.1</b>	<b>157.8</b>	<b>34.2</b>	<b>2.1</b>	<b>826.5</b>

Temperatura °C		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Anual
2012	Prom	18.61	19.49	19.87	21.13	19.74	20.50	20.86	20.61	20.31	19.82	17.90	19.00	19.93
2013	Prom	19.23	19.97	19.62	21.73	21.32	21.00	20.66	20.56	19.88	18.97	19.52	18.78	20.10
2014	Prom	18.19	20.14	21.33	21.49	21.10	20.70	21.18	21.42	20.11	19.74	18.58	18.18	20.18
2015	Prom	17.92	19.09	20.48	22.02	21.88	21.34	21.44	20.87	20.65	20.96	18.99	20.13	20.60
2016	Prom	18.48	27.96	21.55	22.56	23.06	21.19	21.29	21.48	20.57	20.69	19.27	19.46	21.45
2017	Prom	18.59	19.99	20.06	22.05	21.53	20.56	21.25	19.70	20.74	19.49	19.09	18.24	20.10
2018	Prom	17.27	19.84	21.19	21.40	21.61	20.83	21.35	21.17	20.78	19.91	20.21	18.84	20.37
2019	Prom	19.04	20.50	21.01	21.72	22.03	21.95	22.05	20.87	20.54	20.14	18.99	18.96	21.19
2020	Prom	19.42	20.51	21.33	21.40	22.42	20.10	21.29	21.13	20.86	20.43	19.52	18.36	20.50
2021	Prom	19.34	17.58	20.67	21.47	21.49	20.86	21.54	20.85	21.00	21.28	17.84	19.63	20.32
	<b>Prom.</b>	<b>18.6</b>	<b>20.5</b>	<b>20.7</b>	<b>21.7</b>	<b>21.6</b>	<b>20.9</b>	<b>21.3</b>	<b>20.9</b>	<b>20.5</b>	<b>20.1</b>	<b>19.0</b>	<b>19.0</b>	<b>20.5</b>

Evapotranspiración mm		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
Temperatura (°C)		18.61	20.51	20.71	21.70	21.62	20.90	21.29	20.87	20.54	20.14	18.99	18.96	
Radiación solar (mm/día)		12.40	13.60	14.90	15.70	15.00	15.70	15.70	15.70	15.10	14.10	12.80	12.00	
Duración del día (horas)		11.36	11.64	12.00	12.34	12.64	12.76	12.66	12.44	12.12	11.80	11.44	11.26	
Radiación media por mes		384.40	380.80	461.90	471.00	465.00	471.00	486.70	486.70	453.00	437.10	384.00	372.00	
Porcentaje de brillo solar		7.86	8.06	8.31	8.54	8.75	8.83	8.76	8.61	8.39	8.17	7.92	7.79	
Radiación solar mensual		97.17	97.44	120.01	124.09	123.99	126.18	129.88	128.75	118.28	112.61	97.41	93.62	
Evapotranspiración (mm)		47.73	50.36	62.35	66.13	65.94	65.89	68.50	67.17	61.19	57.65	48.35	46.43	707.70



## Anexo 28. Información Climática Estación INSIVUMEH, Villa Canales.

<b>Estación</b>	INSIVUMEH Villa Canales	<b>Latitud</b>	1605527.41	<b>Periodo</b>	2012-2019
<b>Departamento</b>	Guatemala	<b>Longitud</b>	496108.49		2016-2021
<b>Municipio</b>	Villa Canales	<b>Elevación</b>	1285		

Nota: Los meses con las casillas de color verde son datos faltantes que se estimaron con media aritmética

### Precipitación mm

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
<b>2012</b>	Acum.	0.00	3.00	24.25	56.50	175.80	170.00	339.10	394.40	165.45	52.40	0.00	0.00	1380.90
<b>2013</b>	Acum.	0.00	3.00	24.25	56.50	125.20	276.80	294.90	362.00	366.20	277.20	9.00	0.00	1795.05
<b>2014</b>	Acum.	0.00	3.00	24.25	56.50	225.00	360.00	7.43	265.00	29.00	0.00	0.00	0.00	970.18
<b>2015</b>	Acum.	0.00	0.00	67.00	141.00	127.00	234.00	92.50	323.60	418.00	150.50	45.00	0.00	1598.60
<b>2016</b>	Acum.	0.00	0.00	23.00	53.00	91.00	148.00	126.00	273.00	263.00	12.00	0.00	0.00	989.00
<b>2017</b>	Acum.	0.00	9.00	7.00	12.00	268.00	191.00	195.00	323.60	185.00	83.00	0.00	0.00	1273.60
<b>2018</b>	Acum.	0.00	3.00	24.25	56.50	292.00	182.03	172.28	323.60	237.78	95.85	9.00	0.00	1396.28
<b>2019</b>	Acum.	0.00	3.00	0.00	20.00	514.00	196.00	151.00	323.60	237.78	95.85	9.00	0.00	1550.23
	<b>Prom.</b>	<b>0.00</b>	<b>3.00</b>	<b>24.25</b>	<b>56.50</b>	<b>227.25</b>	<b>219.73</b>	<b>172.28</b>	<b>323.60</b>	<b>237.78</b>	<b>95.85</b>	<b>9.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1369.23</b>

Nota: Debido a que la estación de INSIVUMEH Villa Canales es una estación Hidrométrica esta no cuenta datos de temperatura, por lo cual se estimó con dos estaciones cercanas de

### Temperatura °C

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Anual
<b>2016</b>	Prom.	16.43	16.70	18.96	20.05	20.29	19.50	19.35	19.10	18.45	18.56	17.41	17.44	18.52
<b>2017</b>	Prom.	16.44	17.68	17.68	19.84	19.60	19.03	19.16	18.94	18.82	18.23	17.01	16.12	18.21
<b>2018</b>	Prom.	15.11	17.27	18.88	19.10	19.64	18.87	19.35	18.83	18.71	18.01	18.09	16.69	18.21
<b>2019</b>	Prom.	16.59	18.21	18.62	19.74	19.98	19.89	19.54	19.36	18.83	18.23	17.77	17.18	18.66
<b>2020</b>	Prom.	17.32	18.02	18.50	20.82	20.24	19.00	19.09	19.07	18.73	18.49	17.83	16.68	18.65
<b>2021</b>	Prom.	16.72	17.32	18.34	19.61	19.65	19.04	19.27	18.81	18.87	19.11	17.02	17.38	18.43
	<b>Prom.</b>	<b>16.43</b>	<b>17.54</b>	<b>18.50</b>	<b>19.86</b>	<b>19.90</b>	<b>19.22</b>	<b>19.29</b>	<b>19.02</b>	<b>18.74</b>	<b>18.44</b>	<b>17.52</b>	<b>16.91</b>	<b>18.45</b>

### Evapotranspiración mm

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
Temperatura (°C)	16.43	17.54	18.50	19.86	19.90	19.22	19.29	19.02	18.74	18.44	17.52	16.91	
Radiación solar (mm/día)	12.40	13.60	14.90	15.70	15.00	15.70	15.70	15.70	15.10	14.10	12.80	12.00	
Duración del día (horas)	11.36	11.64	12.00	12.34	12.64	12.76	12.66	12.44	12.12	11.80	11.44	11.26	
Radiación media por mes	384.40	380.80	461.90	471.00	465.00	471.00	486.70	486.70	453.00	437.10	384.00	372.00	
Porcentaje de brillo solar	7.86	8.06	8.31	8.54	8.75	8.83	8.76	8.61	8.39	8.17	7.92	7.79	
Radiación solar mensual	97.17	97.44	120.01	124.09	123.99	126.18	129.88	128.75	118.28	112.61	97.41	93.62	
Evapotranspiración (mm)	44.88	46.45	58.77	63.05	63.07	63.03	65.00	63.96	58.31	55.06	46.42	43.85	671.82

## Anexo 29. Información Climática Estación AMSA 8, Guardabarranca Colmenas.

<b>Estación</b>	AMSA 8 Guarda Barranca Colmenas	<b>Latitud</b>	1600806.33	<b>Periodo</b>	2016-2021
<b>Departamento</b>	Guatemala	<b>Longitud</b>	500836.84		
<b>Municipio</b>	Villa Canales	<b>Elevación</b>	1762		

Nota: Los meses con las casillas de color verde son datos faltantes que se estimaron con media aritmética

Precipitación mm		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
2016	Acum.	5.02	1.62	8.63	15.94	164.50	209.21	147.13	362.58	566.55	6.58	1.00	3.03	1491.79
2017	Acum.	1.00	6.09	30.22	14.47	210.39	209.21	147.13	362.58	401.20	117.81	2.28	7.61	1509.99
2018	Acum.	0.25	1.76	4.06	60.94	157.95	209.21	87.84	442.36	423.29	276.23	10.89	2.79	1677.57
2019	Acum.	1.51	0.00	0.25	1.00	151.81	138.04	108.16	347.13	401.20	329.11	2.79	6.85	1487.85
2020	Acum.	6.09	0.00	8.63	3.28	279.34	282.79	300.12	296.84	347.35	161.03	85.73	19.03	1790.23
2021	Acum.	16.26	0.25	0.00	0.00	23.00	206.80	92.40	364.00	267.60	75.40	5.80	13.80	1065.31
	<b>Prom.</b>	<b>5.02</b>	<b>1.62</b>	<b>8.63</b>	<b>15.94</b>	<b>164.50</b>	<b>209.21</b>	<b>147.13</b>	<b>362.58</b>	<b>401.20</b>	<b>161.03</b>	<b>18.08</b>	<b>8.85</b>	<b>1503.79</b>

Temperatura °C		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Anual
2016	Prom.	16.26	17.39	18.14	19.40	19.34	18.92	19.11	18.66	18.03	18.34	17.24	17.14	18.16
2017	Prom.	16.12	17.31	17.44	19.56	19.22	18.92	19.11	18.66	18.26	18.10	16.80	15.86	17.95
2018	Prom.	14.91	17.02	18.63	18.77	19.29	18.92	19.32	18.49	18.28	17.64	17.76	16.37	17.95
2019	Prom.	16.36	17.90	18.46	19.38	19.57	19.59	19.27	18.87	18.26	17.81	17.49	16.87	18.32
2020	Prom.	17.08	17.76	18.14	20.41	19.80	18.62	18.78	18.75	18.27	18.14	17.38	16.10	18.27
2021	Prom.	16.82	16.97	18.03	18.90	18.85	18.55	19.06	18.52	18.47	18.83	17.03	17.10	18.09
	<b>Prom.</b>	<b>16.26</b>	<b>17.39</b>	<b>18.14</b>	<b>19.40</b>	<b>19.34</b>	<b>18.92</b>	<b>19.11</b>	<b>18.66</b>	<b>18.26</b>	<b>18.14</b>	<b>17.28</b>	<b>16.57</b>	<b>18.12</b>

Evapotranspiración mm		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
Temperatura (°C)		16.26	17.39	18.14	19.40	19.34	18.92	19.11	18.66	18.26	18.14	17.28	16.57	
Radiación solar (mm/día)		12.40	13.60	14.90	15.70	15.00	15.70	15.70	15.70	15.10	14.10	12.80	12.00	
Duración del día (horas)		11.36	11.64	12.00	12.34	12.64	12.76	12.66	12.44	12.12	11.80	11.44	11.26	
Radiación media por mes		384.40	380.80	461.90	471.00	465.00	471.00	486.70	486.70	453.00	437.10	384.00	372.00	
Porcentaje de brillo solar		7.86	8.06	8.31	8.54	8.75	8.83	8.76	8.61	8.39	8.17	7.92	7.79	
Radiación solar mensual		97.17	97.44	120.01	124.09	123.99	126.18	129.88	128.75	118.28	112.61	97.41	93.62	
Evapotranspiración (mm)		44.65	46.27	58.19	62.29	62.14	62.51	64.67	63.32	57.55	54.61	46.11	43.42	665.72

### Anexo 30. Información Climática Estación AMSA 5, Cuchilla del Carmen.

<b>Estación</b>	AMSA 5 Cuchilla del Carmen	<b>Latitud</b>	1610591.61	<b>Periodo</b>	2016-2021
<b>Departamento</b>	Guatemala	<b>Longitud</b>	499094.98		
<b>Municipio</b>	Santa Catarina Pinula	<b>Elevación</b>	1541		

Nota: Los meses con las casillas de color verde son datos faltantes que se estimaron con media aritmética

#### Precipitación mm

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
<b>2016</b>	Acum.	9.59	1.01	0.51	0.76	6.86	297.61	125.19	261.53	416.91	21.55	5.80	3.25	1150.57
<b>2017</b>	Acum.	7.10	15.98	10.90	36.31	220.64	303.10	96.98	194.18	151.72	94.39	0.25	0.51	1132.06
<b>2018</b>	Acum.	1.50	8.10	1.52	60.70	219.36	270.07	54.31	144.18	250.38	170.80	9.87	1.51	1192.30
<b>2019</b>	Acum.	3.80	2.54	0.50	29.20	161.68	264.28	111.95	277.54	296.61	259.71	24.89	6.84	1439.54
<b>2020</b>	Acum.	16.48	0.25	2.79	52.04	299.41	210.41	206.90	190.93	272.91	176.18	60.39	1.51	1490.20
<b>2021</b>	Acum.	19.05	6.60	0.50	35.80	181.59	269.09	119.07	270.60	131.80	117.80	2.80	3.80	1158.50
	<b>Prom.</b>	<b>9.59</b>	<b>5.75</b>	<b>2.79</b>	<b>35.80</b>	<b>181.59</b>	<b>269.09</b>	<b>119.07</b>	<b>223.16</b>	<b>253.39</b>	<b>140.07</b>	<b>17.33</b>	<b>2.90</b>	<b>1260.53</b>

#### Temperatura °C

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Anual
<b>2016</b>	Prom.	16.61	16.01	19.79	20.70	21.24	20.08	19.60	19.55	18.88	18.79	17.58	17.73	18.88
<b>2017</b>	Prom.	16.76	18.05	17.92	20.11	19.97	19.14	19.21	19.22	19.38	18.37	17.21	16.37	18.48
<b>2018</b>	Prom.	15.30	17.53	19.12	19.42	19.99	18.82	19.37	19.18	19.15	18.37	18.41	17.01	18.47
<b>2019</b>	Prom.	16.82	18.53	18.77	20.10	20.38	20.19	19.81	19.85	19.40	18.66	18.05	17.49	19.00
<b>2020</b>	Prom.	17.57	18.27	18.85	21.23	20.69	19.39	19.40	19.39	19.19	18.83	18.27	17.25	19.03
<b>2021</b>	Prom.	16.61	17.68	18.64	20.31	20.45	19.52	19.48	19.10	19.28	19.39	17.01	17.67	18.76
	<b>Prom.</b>	<b>16.61</b>	<b>17.68</b>	<b>18.85</b>	<b>20.31</b>	<b>20.45</b>	<b>19.52</b>	<b>19.48</b>	<b>19.38</b>	<b>19.21</b>	<b>18.73</b>	<b>17.76</b>	<b>17.25</b>	<b>18.77</b>

#### Evapotranspiración mm

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
Temperatura (°C)	16.61	17.68	18.85	20.31	20.45	19.52	19.48	19.38	19.21	18.73	17.76	17.25	
Radiación solar (mm/día)	12.40	13.60	14.90	15.70	15.00	15.70	15.70	15.70	15.10	14.10	12.80	12.00	
Duración del día (horas)	11.36	11.64	12.00	12.34	12.64	12.76	12.66	12.44	12.12	11.80	11.44	11.26	
Radiación media por mes	384.40	380.80	461.90	471.00	465.00	471.00	486.70	486.70	453.00	437.10	384.00	372.00	
Porcentaje de brillo solar	7.86	8.06	8.31	8.54	8.75	8.83	8.76	8.61	8.39	8.17	7.92	7.79	
Radiación solar mensual	97.17	97.44	120.01	124.09	123.99	126.18	129.88	128.75	118.28	112.61	97.41	93.62	
Evapotranspiración (mm)	<b>45.11</b>	<b>46.64</b>	<b>59.34</b>	<b>63.81</b>	<b>64.00</b>	<b>63.54</b>	<b>65.32</b>	<b>64.59</b>	<b>59.07</b>	<b>55.51</b>	<b>46.73</b>	<b>44.28</b>	<b>677.93</b>

### Anexo 31. Información Climática Estación Anacafé, Agua Tibia.

<b>Estación</b>	ANACAFE, Agua Tibia	<b>Latitud</b>	1608315.79	<b>Periodo</b>	2018-2021
<b>Departamento</b>	Guatemala	<b>Longitud</b>	510891.22		
<b>Municipio</b>	San José Pinula	<b>Elevación</b>	1701		

Nota: Los meses con las casillas de color verde son datos faltantes que se estimaron con media aritmética

Temperatura °C		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Anual
<b>2018</b>	Prom	15.75	17.65	18.70	18.45	19.60	19.40	19.30	18.80	19.15	18.55	18.20	16.45	18.33
<b>2019</b>	Prom	17.40	17.10	17.65	19.05	20.25	19.75	18.90	20.60	19.60	20.40	18.15	18.00	18.90
<b>2020</b>	Prom	17.60	16.97	17.65	21.20	20.95	19.50	20.10	19.65	19.70	20.40	19.35	17.35	19.20
<b>2021</b>	Prom	18.00	16.15	16.60	18.05	17.80	18.00	18.75	19.10	16.95	17.35	15.30	15.35	17.28
	<b>Prom.</b>	<b>17.19</b>	<b>16.97</b>	<b>17.65</b>	<b>19.19</b>	<b>19.65</b>	<b>19.16</b>	<b>19.26</b>	<b>19.54</b>	<b>18.85</b>	<b>19.18</b>	<b>17.75</b>	<b>16.79</b>	<b>18.43</b>

Evapotranspiración mm		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
Temperatura (°C)		17.19	16.97	17.65	19.19	19.65	19.16	19.26	19.54	18.85	19.18	17.75	16.79	
Radiación solar (mm/día)		12.40	13.60	14.90	15.70	15.00	15.70	15.70	15.70	15.10	14.10	12.80	12.00	
Duración del día (horas)		11.36	11.64	12.00	12.34	12.64	12.76	12.66	12.44	12.12	11.80	11.44	11.26	
Radiación media por mes		384.40	380.80	461.90	471.00	465.00	471.00	486.70	486.70	453.00	437.10	384.00	372.00	
Porcentaje de brillo solar		7.86	8.06	8.31	8.54	8.75	8.83	8.76	8.61	8.39	8.17	7.92	7.79	
Radiación solar mensual		97.17	97.44	120.01	124.09	123.99	126.18	129.88	128.75	118.28	112.61	97.41	93.62	
Evapotranspiración (mm)		<b>45.87</b>	<b>45.71</b>	<b>57.40</b>	<b>61.93</b>	<b>62.65</b>	<b>62.93</b>	<b>64.95</b>	<b>64.86</b>	<b>58.49</b>	<b>56.18</b>	<b>46.72</b>	<b>43.69</b>	<b>671.34</b>

Precipitación mm		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
<b>2018</b>	Acum.	4.00	5.60	22.30	59.90	232.20	318.70	79.50	251.90	253.60	174.70	24.10	5.30	1431.80
<b>2019</b>	Acum.	0.00	0.00	17.73	58.10	170.00	276.70	47.90	191.50	228.40	480.90	27.40	1.50	1500.13
<b>2020</b>	Acum.	6.80	4.30	5.80	63.90	141.50	77.00	187.20	215.10	319.50	104.90	146.00	9.30	1281.30
<b>2021</b>	Acum.	5.80	1.50	25.10	126.50	258.80	315.70	151.40	511.10	383.80	200.10	10.90	6.80	1997.50
	<b>Prom.</b>	<b>4.15</b>	<b>2.85</b>	<b>17.73</b>	<b>77.10</b>	<b>200.63</b>	<b>247.03</b>	<b>116.50</b>	<b>292.40</b>	<b>296.33</b>	<b>240.15</b>	<b>52.10</b>	<b>5.73</b>	<b>1552.68</b>

### Anexo 32. Información Climática Estación Anacafé, Florencia.

<b>Estación</b>	ANACAFE, Florencia	<b>Latitud</b>	1601656.36	<b>Periodo</b>	2017-2021
<b>Departamento</b>	Guatemala	<b>Longitud</b>	505743.16		
<b>Municipio</b>	Villa Canales	<b>Elevación</b>	1730		

Nota: Los meses con las casillas de color verde son datos faltantes que se estimaron con media aritmética

Precipitación mm		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
<b>2017</b>	Acum.	13.85	7.50	1.48	27.20	203.78	202.30	344.20	119.80	194.90	27.50	28.38	11.10	1181.98
<b>2018</b>	Acum.	0.20	0.00	3.80	49.50	268.20	160.50	54.60	350.50	336.50	218.10	35.80	2.30	1480.00
<b>2019</b>	Acum.	33.70	3.80	0.30	21.00	112.00	287.50	108.30	395.80	259.30	229.70	21.30	28.60	1501.30
<b>2020</b>	Acum.	1.30	1.30	1.30	13.20	225.30	294.30	246.10	260.80	222.70	145.50	53.10	46.10	1511.00
<b>2021</b>	Acum.	20.20	24.90	0.50	25.10	209.60	253.00	160.70	431.40	277.50	202.60	3.30	6.30	1615.10
	<b>Prom.</b>	<b>13.85</b>	<b>7.50</b>	<b>1.48</b>	<b>27.20</b>	<b>203.78</b>	<b>239.52</b>	<b>182.78</b>	<b>311.66</b>	<b>258.18</b>	<b>164.68</b>	<b>28.38</b>	<b>18.88</b>	<b>1457.88</b>

Temperatura °C		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Anual
<b>2017</b>	Prom	16.98	17.42	18.37	19.63	20.31	20.30	20.70	19.55	20.20	19.55	18.04	17.70	19.06
<b>2018</b>	Prom	16.50	17.90	18.20	18.50	20.00	19.75	20.20	20.55	19.90	19.10	18.00	16.60	18.77
<b>2019</b>	Prom	18.10	18.35	19.20	19.50	20.85	20.50	20.45	20.20	19.95	19.50	16.95	17.05	19.22
<b>2020</b>	Prom	16.45	17.42	18.37	20.75	20.80	20.10	20.00	20.20	19.05	19.07	19.40	16.75	19.03
<b>2021</b>	Prom	16.85	16.00	17.70	19.75	19.60	20.05	19.65	20.15	19.80	19.65	17.80	17.25	18.69
	<b>Prom.</b>	<b>16.98</b>	<b>17.42</b>	<b>18.37</b>	<b>19.63</b>	<b>20.31</b>	<b>20.14</b>	<b>20.20</b>	<b>20.13</b>	<b>19.78</b>	<b>19.37</b>	<b>18.04</b>	<b>17.07</b>	<b>18.95</b>

Evapotranspiración mm		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual
<b>Temperatura (°C)</b>		16.98	17.42	18.37	19.63	20.31	20.14	20.20	20.13	19.78	19.37	18.04	17.07	
<b>Radiación solar (mm/día)</b>		12.40	13.60	14.90	15.70	15.00	15.70	15.70	15.70	15.10	14.10	12.80	12.00	
<b>Duración del día (horas)</b>		11.36	11.64	12.00	12.34	12.64	12.76	12.66	12.44	12.12	11.80	11.44	11.26	
<b>Radiación media por mes</b>		384.40	380.80	461.90	471.00	465.00	471.00	486.70	486.70	453.00	437.10	384.00	372.00	
<b>Porcentaje de brillo solar</b>		7.86	8.06	8.31	8.54	8.75	8.83	8.76	8.61	8.39	8.17	7.92	7.79	
<b>Radiación solar mensual</b>		97.17	97.44	120.01	124.09	123.99	126.18	129.88	128.75	118.28	112.61	97.41	93.62	
<b>Evapotranspiración (mm)</b>		<b>45.59</b>	<b>46.30</b>	<b>58.56</b>	<b>62.66</b>	<b>63.76</b>	<b>64.59</b>	<b>66.59</b>	<b>65.89</b>	<b>59.97</b>	<b>56.48</b>	<b>47.10</b>	<b>44.04</b>	<b>681.52</b>

## 8.7. Balances Hídricos de Suelos.

### Anexo 33. Balance Hídrico de Suelo Punto "C1"

Punto de Estudio		C1											
Coordenadas GTM		501219 E 1610300 N											
Elevación msnm		1679											
Unidad de Mapeo		0 Uso Actual del Suelo: Zona Impermeable											
Textura		Arcilloso											
Año		2022											
fc (mm/día)	478.000												
Kp (0.01%)	0.100												
Kv (0.01%)	0.090												
Kfc (0.01%)	0.851												
Cí (0.01%)	1.000												
DAP (gr/cm <sup>3</sup> )	1.090												
PR (mm)	400.000												
Hsi (mm)	197.464												
Mes de inicio	noviembre												
Kí	0.120												
		Constantes de Humedad											
		% mm											
		CC 45.290 197.464											
		PMP 33.130 144.447											
		RAD 12.160 53.018											
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>9.586</b>	<b>5.747</b>	<b>2.786</b>	<b>35.802</b>	<b>181.590</b>	<b>269.094</b>	<b>119.066</b>	<b>223.160</b>	<b>253.388</b>	<b>140.072</b>	<b>17.333</b>	<b>2.903</b>	<b>1260.527</b>
Ret [mm]	5.000	5.000	2.786	5.000	21.791	32.291	14.288	26.779	30.407	16.809	5.000	2.903	168.054
Pí (mm)	4.586	0.747	0.000	30.802	159.799	236.803	104.778	196.381	222.982	123.263	12.333	0.000	1092.474
ESC (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>ETP (mm)</b>	<b>45.114</b>	<b>46.638</b>	<b>59.338</b>	<b>63.810</b>	<b>63.995</b>	<b>63.544</b>	<b>65.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>46.731</b>	<b>44.276</b>	<b>677.929</b>
Hsi (mm)	161.796	155.658	150.512	147.118	157.776	197.464	197.464	197.464	197.464	197.464	197.464	178.226	
C1	0.414	0.226	0.114	0.631	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.637	
C2	0.062	0.027	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.351	0.105	
HD (mm)	21.935	11.958	6.066	33.473	173.129	289.820	157.796	249.398	275.999	176.281	65.351	33.779	
ETR (mm)	10.724	5.892	3.394	20.144	63.995	63.544	65.321	64.587	59.067	55.508	31.572	16.431	460.179
HSF (mm)	155.658	150.512	147.118	157.776	197.464	197.464	197.464	197.464	197.464	197.464	178.226	161.796	
DCC (mm)	41.806	46.952	50.346	39.688	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	19.238	35.669	
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	56.116	173.259	39.457	131.793	163.915	67.755	0.000	0.000	632.295
NR (mm)	76.196	87.697	106.290	83.354	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	34.398	63.514	451.450

### Anexo 34. Balance Hídrico de Suelo Punto "C2"

Punto de Estudio		C2											
Coordenadas GTM		499940 E 1610960 N											
Elevación msnm		1545											
Unidad de Mapeo		0 Uso Actual del Suelo: Zona Impermeable											
Textura		Franco Arcilloso											
Año		2022											
fc (mm/día)	169.000												
Kp (0.01%)	0.100												
Kv (0.01%)	0.090												
Kfc (0.01%)	0.621												
Cí (0.01%)	0.811												
DAP (gr/cm <sup>3</sup> )	1.000												
PR (mm)	400.000												
Hsi (mm)	111.960												
Mes de inicio	noviembre												
Kí	0.120												
		Constantes de Humedad											
		% mm											
		CC 27.990 111.960											
		PMP 18.650 74.600											
		RAD 9.340 37.360											
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>0.000</b>	<b>3.000</b>	<b>24.250</b>	<b>56.500</b>	<b>227.250</b>	<b>219.729</b>	<b>172.276</b>	<b>323.600</b>	<b>237.775</b>	<b>95.850</b>	<b>9.000</b>	<b>0.000</b>	<b>1369.229</b>
Ret [mm]	0.000	3.000	5.000	6.780	27.270	26.367	20.673	38.832	28.533	11.502	5.000	0.000	172.958
Pí (mm)	0.000	0.000	15.605	40.306	162.115	156.750	122.898	230.849	169.623	68.377	3.243	0.000	969.766
ESC (mm)	0.000	0.000	3.645	9.414	37.865	36.612	28.705	53.919	39.619	15.971	0.757	0.000	226.506
<b>ETP (mm)</b>	<b>44.880</b>	<b>46.452</b>	<b>58.765</b>	<b>63.049</b>	<b>63.067</b>	<b>63.029</b>	<b>64.996</b>	<b>63.965</b>	<b>58.307</b>	<b>55.059</b>	<b>46.419</b>	<b>43.846</b>	<b>671.823</b>
Hsi (mm)	81.787	77.470	75.686	78.164	86.945	111.960	111.960	111.960	111.960	111.960	111.960	91.993	
C1	0.192	0.077	0.447	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.466	
C2	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	
HD (mm)	7.187	2.870	16.691	43.870	174.460	194.110	160.258	268.209	206.983	105.737	40.603	17.393	
ETR (mm)	4.317	1.784	13.127	31.525	63.067	63.029	64.996	63.955	58.307	55.059	23.209	10.206	452.580
HSF (mm)	77.470	75.686	78.164	86.945	111.960	111.960	111.960	111.960	111.960	111.960	91.993	81.787	
DCC (mm)	34.490	36.274	33.796	25.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	19.967	30.173	
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	74.034	93.721	57.902	166.894	111.317	13.318	0.000	0.000	517.186
NR (mm)	75.053	80.942	79.434	56.539	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	43.176	63.813	398.957



### Anexo 35. Balance Hídrico de Suelo Punto "E1"

Punto de Estudio		E1											
Coordenadas		500115 E 1606100 N											
Elevación		1773											
Unidad de Mapeo		4											
Textura		Franco											
Año		2022											
Uso Actual del Suelo:		Cultivos Permanentes											
Taxonomía del Suelo:		Inceptisoles-Ustepts											
fc (mm/día)	116.920												
Kp (0.01%)	0.060												
Kv (0.01%)	0.200												
Kfc (0.01%)	0.530												
Cí (0.01%)	0.790												
DAP (gr/cm3)	1.045												
PR (mm)	750.000												
HsÍ (mm)	288.734												
Mes de inicio	noviembre												
Kí	0.120												
Constantes de Humedad													
		%		mm									
		CC	36.840	288.734									
		PMP	26.360	206.597									
		RAD	10.480	82.137									
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>0.000</b>	<b>3.000</b>	<b>24.250</b>	<b>56.500</b>	<b>227.250</b>	<b>219.729</b>	<b>172.276</b>	<b>323.600</b>	<b>237.775</b>	<b>95.850</b>	<b>9.000</b>	<b>0.000</b>	<b>1369.229</b>
Ret [mm]	0.000	3.000	5.000	6.780	27.270	26.367	20.673	38.832	28.533	11.502	5.000	0.000	172.958
Pí (mm)	0.000	0.000	15.214	39.294	158.047	152.816	119.813	225.056	165.366	66.661	3.161	0.000	945.428
ESC (mm)	0.000	0.000	4.036	10.426	41.933	40.546	31.789	59.712	43.876	17.687	0.839	0.000	250.844
<b>ETP (mm)</b>	<b>44.880</b>	<b>46.452</b>	<b>58.765</b>	<b>63.049</b>	<b>63.067</b>	<b>63.029</b>	<b>64.996</b>	<b>63.955</b>	<b>58.307</b>	<b>55.059</b>	<b>46.419</b>	<b>43.846</b>	<b>671.823</b>
HsÍ (mm)	237.701	225.349	217.742	220.843	234.813	288.734	288.734	288.734	288.734	288.734	288.734	257.699	
C1	0.379	0.228	0.321	0.652	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.622	
C2	0.172	0.099	0.091	0.151	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.473	0.290	
HD (mm)	31.104	18.752	26.359	53.541	186.263	234.953	201.950	307.193	247.503	148.798	85.298	51.103	
ETR (mm)	12.352	7.606	12.113	25.325	63.067	63.029	64.996	63.955	58.307	55.059	34.196	19.998	480.002
HSf (mm)	225.349	217.742	220.843	234.813	288.734	288.734	288.734	288.734	288.734	288.734	257.699	237.701	
DCC (mm)	63.385	70.991	67.890	53.921	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	31.034	51.033	
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	41.059	89.787	54.818	161.100	107.060	11.602	0.000	0.000	465.426
NR (mm)	95.913	109.837	114.543	91.645	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	43.258	74.880	530.075

### Anexo 36. Balance Hídrico de Suelo Punto "E2"

Punto de Estudio		E2											
Coordenadas		500689 E 1608500 N											
Elevación		1684											
Unidad de Mapeo		9											
Textura		Franco											
Año		2022											
Uso Actual del Suelo:		Bosques											
Taxonomía del Suelo:		Inceptisoles-Ustepts											
fc (mm/día)	134.547												
Kp (0.01%)	0.060												
Kv (0.01%)	0.200												
Kfc (0.01%)	0.565												
Cí (0.01%)	0.825												
DAP (gr/cm3)	1.045												
PR (mm)	2000.000												
HsÍ (mm)	769.956												
Mes de inicio	noviembre												
Kí	0.200												
Constantes de Humedad													
		%		mm									
		CC	36.840	769.956									
		PMP	26.360	550.924									
		RAD	10.480	219.032									
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>9.586</b>	<b>5.747</b>	<b>2.786</b>	<b>35.802</b>	<b>181.590</b>	<b>269.094</b>	<b>119.066</b>	<b>223.160</b>	<b>253.388</b>	<b>140.072</b>	<b>17.333</b>	<b>2.903</b>	<b>1260.527</b>
Ret [mm]	5.000	5.000	2.786	7.160	36.318	53.819	23.813	44.632	50.678	28.014	5.000	2.903	265.124
Pí (mm)	3.784	0.616	0.000	23.632	119.863	177.622	78.592	147.302	167.255	92.457	10.176	0.000	821.298
ESC (mm)	0.802	0.131	0.000	5.010	25.409	37.654	16.661	31.226	35.456	19.600	2.157	0.000	174.105
<b>ETP (mm)</b>	<b>45.114</b>	<b>46.638</b>	<b>59.338</b>	<b>63.810</b>	<b>63.995</b>	<b>63.544</b>	<b>65.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>46.731</b>	<b>44.276</b>	<b>677.929</b>
HsÍ (mm)	703.433	678.341	654.598	630.316	628.306	698.958	769.956	769.956	769.956	769.956	769.956	737.301	
C1	0.714	0.585	0.473	0.470	0.901	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.851	
C2	0.567	0.460	0.345	0.333	0.637	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.833	0.679	
HD (mm)	156.293	128.033	103.674	103.024	197.245	325.656	297.624	366.334	386.287	311.489	229.208	186.377	
ETR (mm)	28.876	24.359	24.282	25.642	49.211	63.544	65.321	64.587	59.067	55.508	42.831	33.867	537.096
HSf (mm)	678.341	654.598	630.316	628.306	698.958	769.956	769.956	769.956	769.956	769.956	737.301	703.433	
DCC (mm)	91.615	115.358	139.640	141.650	70.998	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	32.655	66.523	
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	43.080	13.271	82.714	108.188	36.949	0.000	0.000	284.202
NR (mm)	107.852	137.636	174.696	179.818	85.782	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	36.555	76.932	799.271

### Anexo 37. Balance Hídrico de Suelo Punto "E3"

Punto de Estudio		E3											
Coordenadas GTM		498423 E 1604690 N											
Elevación msnm		1439											
Unidad de Mapeo		5											
Textura		Franco Arcilloso											
Año		2022											
Uso Actual del Suelo:		Cultivos Permanentes											
Taxonomía del Suelo:		Molisoles-Ustolls											
fc (mm/día)	86.923												
Kp (0.01%)	0.060												
Kv (0.01%)	0.200												
Kfc (0.01%)	0.456												
Cí (0.01%)	0.716												
DAP (gr/cm <sup>3</sup> )	1.215												
PR (mm)	750.000												
HsÍ (mm)	255.059												
Mes de inicio	noviembre												
Kí	0.120												
		Constantes de Humedad											
		% mm											
		CC 27.990 255.059											
		PMP 18.650 169.948											
		RAD 9.340 85.111											
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>0.000</b>	<b>3.000</b>	<b>24.250</b>	<b>56.500</b>	<b>227.250</b>	<b>219.729</b>	<b>172.276</b>	<b>323.600</b>	<b>237.775</b>	<b>95.850</b>	<b>9.000</b>	<b>0.000</b>	<b>1369.229</b>
Ret (mm)	0.000	3.000	5.000	6.780	27.270	26.367	20.673	38.832	28.533	11.502	5.000	0.000	172.958
Pí (mm)	0.000	0.000	13.779	35.588	143.141	138.403	108.513	203.830	149.770	60.374	2.863	0.000	<b>856.261</b>
ESC (mm)	0.000	0.000	5.471	14.132	56.839	54.958	43.089	80.938	59.472	23.974	1.137	0.000	340.010
<b>ETP (mm)</b>	<b>44.880</b>	<b>46.452</b>	<b>58.765</b>	<b>63.049</b>	<b>63.067</b>	<b>63.029</b>	<b>64.996</b>	<b>63.955</b>	<b>58.307</b>	<b>55.059</b>	<b>46.419</b>	<b>43.846</b>	<b>671.823</b>
HsÍ (mm)	202.945	190.133	182.123	184.168	196.526	255.059	255.059	255.059	255.059	255.059	255.059	223.381	223.381
C1	0.388	0.237	0.305	0.585	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.628	
C2	0.183	0.108	0.094	0.152	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.488	0.304	
HD (mm)	32.996	20.184	25.953	49.808	169.718	223.514	193.624	288.941	234.881	145.485	87.974	53.433	
ETR (mm)	12.812	8.010	11.733	23.231	63.067	63.029	64.996	63.955	58.307	55.059	34.541	20.436	479.175
HSf (mm)	190.133	182.123	184.168	196.526	255.059	255.059	255.059	255.059	255.059	255.059	223.381	202.945	
DCC (mm)	64.926	72.936	70.891	58.533	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	31.678	52.114	
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	21.541	75.375	43.518	139.874	91.463	5.315	0.000	0.000	377.085
NR (mm)	96.995	111.378	117.923	98.352	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	43.556	75.524	543.727

### Anexo 38. Balance Hídrico de Suelo Punto "E4"

Punto de Estudio		E4											
Coordenadas GTM		499079 E 1607960 N											
Elevación msnm		1392											
Unidad de Mapeo		0											
Textura		Franco Arcilloso											
Año		2022											
Uso Actual del Suelo:		Zona Impermeable											
fc (mm/día)	41.420												
Kp (0.01%)	0.100												
Kv (0.01%)	0.090												
Kfc (0.01%)	0.265												
Cí (0.01%)	0.455												
DAP (gr/cm <sup>3</sup> )	1.000												
PR (mm)	400.000												
HsÍ (mm)	111.960												
Mes de inicio	noviembre												
Kí	0.120												
		Constantes de Humedad											
		% mm											
		CC 27.990 111.960											
		PMP 18.650 74.600											
		RAD 9.340 37.360											
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>9.586</b>	<b>5.747</b>	<b>2.786</b>	<b>35.802</b>	<b>181.590</b>	<b>269.094</b>	<b>119.066</b>	<b>223.160</b>	<b>253.388</b>	<b>140.072</b>	<b>17.333</b>	<b>2.908</b>	<b>1260.527</b>
Ret (mm)	5.000	5.000	2.786	5.000	21.791	32.291	14.288	26.779	30.407	16.809	5.000	2.903	168.054
Pí (mm)	2.086	0.340	0.000	14.011	72.688	107.715	47.661	89.328	101.428	56.069	5.610	0.000	<b>496.936</b>
ESC (mm)	2.500	0.407	0.000	16.791	87.111	129.088	57.117	107.053	121.553	67.194	6.723	0.000	595.537
<b>ETP (mm)</b>	<b>45.114</b>	<b>46.638</b>	<b>59.338</b>	<b>63.810</b>	<b>63.995</b>	<b>63.544</b>	<b>65.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>46.731</b>	<b>44.276</b>	<b>677.929</b>
HsÍ (mm)	82.588	78.592	76.228	74.935	76.695	108.146	111.960	109.738	111.960	111.960	111.960	94.205	94.205
C1	0.270	0.116	0.044	0.384	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.525	
C2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.289	1.000	0.527	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	
HD (mm)	10.074	4.331	1.628	14.346	74.783	141.261	85.021	124.467	138.788	93.429	42.970	19.605	
ETR (mm)	6.082	2.703	1.293	12.251	41.237	63.544	49.882	64.587	59.067	55.508	23.365	11.617	391.138
HSf (mm)	78.592	76.228	74.935	76.695	108.146	111.960	109.738	111.960	111.960	111.960	94.205	82.588	
DCC (mm)	33.368	35.732	37.025	35.265	3.814	0.000	2.222	0.000	0.000	0.000	17.755	29.372	
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	40.357	0.000	22.519	42.361	0.561	0.000	0.000	105.798
NR (mm)	72.400	79.666	95.070	85.824	26.572	0.000	17.660	0.000	0.000	0.000	41.121	62.032	481.345

### Anexo 39. Balance Hídrico de Suelo Punto "E5"

Punto de Estudio		E5											
Coordenadas GTM		498004 E 1609690 N											
Elevación msnm		1402											
Unidad de Mapeo		0											
Textura		Arcilloso											
Año		2022											
Uso Actual del Suelo:		Zona Impermeable											
fc (mm/día)	76.897												
Kp (0.01%)	0.060												
Kv (0.01%)	0.090												
Kfc (0.01%)	0.425												
Cí (0.01%)	0.575												
DAP (gr/cm3)	1.090												
PR (mm)	400.000												
HsÍ (mm)	197.464												
Mes de inicio	noviembre												
Kí	0.120												
		Constantes de Humedad											
		% mm											
		CC 45.290 197.464											
		PMP 33.130 144.447											
		RAD 12.160 53.018											
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>9.586</b>	<b>5.747</b>	<b>2.786</b>	<b>35.802</b>	<b>181.590</b>	<b>269.094</b>	<b>119.066</b>	<b>223.160</b>	<b>253.388</b>	<b>140.072</b>	<b>17.333</b>	<b>2.903</b>	<b>1260.527</b>
Ret [mm]	5.000	5.000	2.786	5.000	21.791	32.291	14.288	26.779	30.407	16.809	5.000	2.903	168.054
Pí (mm)	2.635	0.429	0.000	17.699	91.820	136.066	60.205	112.840	128.125	70.827	7.087	0.000	<b>627.732</b>
ESC (mm)	1.951	0.318	0.000	13.103	67.979	100.737	44.573	83.541	94.857	52.437	5.247	0.000	464.742
<b>ETP (mm)</b>	<b>45.114</b>	<b>46.638</b>	<b>59.338</b>	<b>63.810</b>	<b>63.995</b>	<b>63.544</b>	<b>65.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>46.731</b>	<b>44.276</b>	<b>677.929</b>
HsÍ (mm)	160.289	153.891	149.455	146.652	152.373	190.619	197.464	195.500	197.464	197.464	197.464	175.292	
C1	0.349	0.186	0.094	0.375	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.582	
C2	0.052	0.022	0.000	0.000	0.674	1.000	0.904	1.000	1.000	1.000	0.252	0.096	
HD (mm)	18.477	9.873	5.008	19.904	99.746	182.238	113.223	163.893	181.142	123.844	60.104	30.845	
ETR (mm)	9.033	4.865	2.802	11.978	53.574	63.544	62.169	64.587	59.067	55.508	29.259	15.003	431.391
HSf (mm)	153.891	149.455	146.652	152.373	190.619	197.464	195.500	197.464	197.464	197.464	175.292	160.289	
DCC (mm)	43.574	48.010	50.812	45.091	6.846	0.000	1.964	0.000	0.000	0.000	22.173	37.176	
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	65.676	0.000	46.288	69.058	15.318	0.000	0.000	196.340
NR (mm)	79.654	89.782	107.347	96.923	17.267	0.000	5.116	0.000	0.000	0.000	39.644	66.449	502.183

### Anexo 40. Balance Hídrico de Suelo Punto "E6"

Punto de Estudio		E6											
Coordenadas GTM		498943 E 1608510 N											
Elevación msnm		1396											
Unidad de Mapeo		0											
Textura		Arcilloso											
Año		2022											
Uso Actual del Suelo:		Zona Impermeable											
fc (mm/día)	42.920												
Kp (0.01%)	0.100												
Kv (0.01%)	0.090												
Kfc (0.01%)	0.274												
Cí (0.01%)	0.464												
DAP (gr/cm3)	1.090												
PR (mm)	400.000												
HsÍ (mm)	197.464												
Mes de inicio	noviembre												
Kí	0.120												
		Constantes de Humedad											
		% mm											
		CC 45.290 197.464											
		PMP 33.130 144.447											
		RAD 12.160 53.018											
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>9.586</b>	<b>5.747</b>	<b>2.786</b>	<b>35.802</b>	<b>181.590</b>	<b>269.094</b>	<b>119.066</b>	<b>223.160</b>	<b>253.388</b>	<b>140.072</b>	<b>17.333</b>	<b>2.903</b>	<b>1260.527</b>
Ret [mm]	5.000	5.000	2.786	5.000	21.791	32.291	14.288	26.779	30.407	16.809	5.000	2.903	168.054
Pí (mm)	2.129	0.347	0.000	14.296	74.168	109.908	48.631	91.147	103.493	57.211	5.724	0.000	<b>507.054</b>
ESC (mm)	2.457	0.400	0.000	16.506	85.631	126.895	56.147	105.234	119.488	66.053	6.609	0.000	585.420
<b>ETP (mm)</b>	<b>45.114</b>	<b>46.638</b>	<b>59.338</b>	<b>63.810</b>	<b>63.995</b>	<b>63.544</b>	<b>65.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>46.731</b>	<b>44.276</b>	<b>677.929</b>
HsÍ (mm)	159.897	153.432	149.180	146.531	150.970	183.064	197.464	191.056	197.464	197.464	197.464	174.530	
C1	0.332	0.176	0.089	0.309	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.567	
C2	0.049	0.021	0.000	0.000	0.315	1.000	0.685	1.000	1.000	1.000	0.227	0.094	
HD (mm)	17.579	9.331	4.733	16.381	80.691	148.525	101.649	137.756	156.511	110.228	58.742	30.083	
ETR (mm)	8.594	4.598	2.649	9.858	42.074	63.544	55.039	64.587	59.067	55.508	28.659	14.633	408.810
HSf (mm)	153.432	149.180	146.531	150.970	183.064	197.464	191.056	197.464	197.464	197.464	174.530	159.897	
DCC (mm)	44.033	48.284	50.933	46.494	14.400	0.000	6.408	0.000	0.000	0.000	22.935	37.567	
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	31.964	0.000	20.151	44.426	1.702	0.000	0.000	98.243
NR (mm)	80.552	90.324	107.622	100.447	36.322	0.000	16.690	0.000	0.000	0.000	41.007	67.211	540.174

### Anexo 41. Balance Hídrico de Suelo Punto "E7"

Punto de Estudio		E7											
Coordenadas GTM		497426 E 1604960 N											
Elevación msnm		1328											
Unidad de Mapeo		4											
Textura		Franco											
Año		2022											
Uso Actual del Suelo:		Cultivos Permanentes											
Taxonomía del Suelo:		Inceptisoles-Ustepts											
fc (mm/día)	104.430												
Kp (0.01%)	0.060	Constantes de Humedad											
Kv (0.01%)	0.200	% mm											
Kfc (0.01%)	0.502	CC 36.840 288.734											
Cj (0.01%)	0.762	PMP 26.360 206.597											
DAP (gr/cm3)	1.045	RAD 10.480 82.137											
PR (mm)	750.000												
Hsi (mm)	288.734												
Mes de inicio	noviembre												
Ki	0.120												
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>9.586</b>	<b>5.747</b>	<b>2.786</b>	<b>35.802</b>	<b>181.590</b>	<b>269.094</b>	<b>119.066</b>	<b>223.160</b>	<b>253.388</b>	<b>140.072</b>	<b>17.333</b>	<b>2.903</b>	<b>1260.527</b>
Ret (mm)	5.000	5.000	2.786	5.000	21.791	32.291	14.288	26.779	30.407	16.809	5.000	2.903	168.054
Pi (mm)	3.495	0.569	0.000	23.473	121.778	180.461	79.848	149.656	169.928	93.935	9.399	0.000	<b>832.543</b>
ESC (mm)	1.091	0.178	0.000	7.329	38.021	56.342	24.930	46.725	53.054	29.328	2.994	0.000	259.930
<b>ETP (mm)</b>	<b>45.114</b>	<b>46.638</b>	<b>59.338</b>	<b>63.810</b>	<b>63.995</b>	<b>63.544</b>	<b>65.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>46.731</b>	<b>44.276</b>	<b>677.929</b>
Hsi (mm)	240.197	228.913	220.176	213.910	222.756	283.731	288.734	288.734	288.734	288.734	288.734	288.734	262.021
C1	0.452	0.279	0.165	0.375	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.675
C2	0.204	0.120	0.046	0.084	0.900	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.545	0.311	
HD (mm)	37.095	22.885	13.580	30.786	137.938	257.596	161.985	231.793	252.065	176.072	91.536	55.425	
ETR (mm)	14.779	9.305	6.267	14.627	60.803	63.544	65.321	64.587	59.067	55.508	36.111	21.824	471.744
HSf (mm)	228.913	220.176	213.910	222.756	283.731	288.734	288.734	288.734	288.734	288.734	262.021	240.197	
DCC (mm)	59.821	68.557	74.824	65.977	5.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	26.712	48.537	
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	111.915	14.528	85.069	110.851	38.427	0.000	0.000	360.799
NR (mm)	90.155	105.889	127.895	115.161	8.194	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	37.332	70.988	555.615

### Anexo 42. Balance Hídrico de Suelo Punto "M1"

Punto de Estudio		M1											
Coordenadas GTM		502006 E 1608660 N											
Elevación msnm		1892											
Unidad de Mapeo		9											
Textura		Franco											
Año		2022											
Uso Actual del Suelo:		Bosques											
Taxonomía del Suelo:		Inceptisoles-Ustepts											
fc (mm/día)	1069.010												
Kp (0.01%)	0.060	Constantes de Humedad											
Kv (0.01%)	0.200	% mm											
Kfc (0.01%)	0.975	CC 36.840 769.956											
Cj (0.01%)	1.000	PMP 26.360 550.924											
DAP (gr/cm3)	1.045	RAD 10.480 219.032											
PR (mm)	2000.000												
Hsi (mm)	769.956												
Mes de inicio	noviembre												
Ki	0.200												
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>9.586</b>	<b>5.747</b>	<b>2.786</b>	<b>35.802</b>	<b>181.590</b>	<b>269.094</b>	<b>119.066</b>	<b>223.160</b>	<b>253.388</b>	<b>140.072</b>	<b>17.333</b>	<b>2.903</b>	<b>1260.527</b>
Ret (mm)	5.000	5.000	2.786	7.160	36.318	53.819	23.813	44.632	50.678	28.014	5.000	2.903	265.124
Pi (mm)	4.586	0.747	0.000	28.642	145.272	215.275	95.253	178.528	202.711	112.057	12.333	0.000	<b>995.404</b>
ESC (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>ETP (mm)</b>	<b>45.114</b>	<b>46.638</b>	<b>59.338</b>	<b>63.810</b>	<b>63.995</b>	<b>63.544</b>	<b>65.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>46.731</b>	<b>44.276</b>	<b>677.929</b>
Hsi (mm)	705.010	680.281	656.274	631.600	633.033	722.439	769.956	769.956	769.956	769.956	769.956	769.956	739.228
C1	0.724	0.594	0.481	0.499	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.860
C2	0.575	0.468	0.351	0.354	0.746	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.843	0.686	
HD (mm)	158.672	130.103	105.350	109.317	227.381	386.790	314.285	397.560	421.743	331.089	231.365	188.304	
ETR (mm)	29.316	24.753	24.674	27.208	55.866	63.544	65.321	64.587	59.067	55.508	43.062	34.217	547.124
HSf (mm)	680.281	656.274	631.600	633.033	722.439	769.956	769.956	769.956	769.956	769.956	739.228	705.010	
DCC (mm)	89.675	113.682	138.356	136.923	47.517	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	30.728	64.946	
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	104.214	29.932	113.941	143.644	56.549	0.000	0.000	448.280
NR (mm)	105.473	135.566	173.020	173.525	55.646	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	34.338	75.004	752.632

### Anexo 43. Balance Hídrico de Suelo Punto "M2"

Punto de Estudio		M2											
Coordenadas GTM		503658 E 1609970 N											
Elevación msnm		1845											
Unidad de Mapeo		0 Uso Actual del Suelo: Zona Impermeable											
Textura		Franco Arenoso											
Año		2022											
fc (mm/día)	609,660												
Kp (0.01%)	0,060	Constantes de Humedad											
Kv (0.01%)	0,090	% mm											
Kfc (0.01%)	0,895	CC 27,820 126,859											
G (0.01%)	1,000	PMP 18,400 83,904											
DAP (gr/cm3)	1,140	RAD 9,420 43,229											
PR (mm)	400,000												
Hsi (mm)	126,859												
Mes de inicio	noviembre												
Ki	0,120												
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>9.586</b>	<b>5.747</b>	<b>2.786</b>	<b>35.802</b>	<b>181.590</b>	<b>269.094</b>	<b>119.066</b>	<b>223.160</b>	<b>253.388</b>	<b>140.072</b>	<b>17.333</b>	<b>2.903</b>	<b>1260.527</b>
Ret [mm]	5,000	5,000	2,786	5,000	21,791	32,291	14,288	26,779	30,407	16,809	5,000	2,903	168,054
Pf (mm)	4,586	0,747	0,000	30,802	159,799	236,803	104,778	196,381	222,982	123,263	12,333	0,000	1092,474
ESC (mm)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>ETP (mm)</b>	<b>45.114</b>	<b>46.638</b>	<b>59.338</b>	<b>63.810</b>	<b>63.995</b>	<b>63.544</b>	<b>65.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>46.731</b>	<b>44.276</b>	<b>677.929</b>
Hsi (mm)	97,283	92,495	88,205	85,253	92,326	127,133	127,133	127,133	127,133	127,133	127,133	111,327	
C1	0,416	0,216	0,099	0,744	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,634	
C2	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,204	0,000	
HD (mm)	17,965	9,338	4,301	32,151	168,221	280,032	148,007	239,610	266,211	166,492	55,562	27,423	
ETR (mm)	9,374	5,037	2,952	23,729	63,995	63,544	65,321	64,587	59,067	55,508	28,139	14,044	455,298
Hsf (mm)	92,495	88,205	85,253	92,326	127,133	127,133	127,133	127,133	127,133	127,133	111,327	97,283	
DCC (mm)	34,638	38,928	41,880	34,807	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15,805	29,849	
Rp (mm)	0,000	0,000	0,000	0,000	60,997	173,259	39,457	131,793	163,915	67,755	0,000	0,000	637,176
NR (mm)	70,377	80,529	98,266	74,888	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	34,398	60,082	418,539

### Anexo 44. Balance Hídrico de Suelo Punto "M3"

Punto de Estudio		M3											
Coordenadas GTM		502385 E 1609620 N											
Elevación msnm		1752											
Unidad de Mapeo		10 Uso Actual del Suelo: Bosques Taxonomía del Suelo: Mollisoles-Ustolls											
Textura		Franco Arcilloso											
Año		2022											
fc (mm/día)	720,000												
Kp (0.01%)	0,060	Constantes de Humedad											
Kv (0.01%)	0,200	% mm											
Kfc (0.01%)	0,923	CC 27,990 680,157											
G (0.01%)	1,000	PMP 18,650 453,195											
DAP (gr/cm3)	1,215	RAD 9,340 226,962											
PR (mm)	2000,000												
Hsi (mm)	680,157												
Mes de inicio	noviembre												
Ki	0,200												
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>9.586</b>	<b>5.747</b>	<b>2.786</b>	<b>35.802</b>	<b>181.590</b>	<b>269.094</b>	<b>119.066</b>	<b>223.160</b>	<b>253.388</b>	<b>140.072</b>	<b>17.333</b>	<b>2.903</b>	<b>1260.527</b>
Ret [mm]	5,000	5,000	2,786	7,160	36,318	53,819	23,813	44,632	50,678	28,014	5,000	2,903	265,124
Pf (mm)	4,586	0,747	0,000	28,642	145,272	215,275	95,253	178,528	202,711	112,057	12,333	0,000	995,404
ESC (mm)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>ETP (mm)</b>	<b>45.114</b>	<b>46.638</b>	<b>59.338</b>	<b>63.810</b>	<b>63.995</b>	<b>63.544</b>	<b>65.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>46.731</b>	<b>44.276</b>	<b>677.929</b>
Hsi (mm)	614,775	589,615	565,072	539,646	540,478	629,988	680,157	680,157	680,157	680,157	680,157	649,301	
C1	0,732	0,604	0,493	0,507	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,864	
C2	0,587	0,480	0,364	0,365	0,743	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,848	0,695	
HD (mm)	166,166	137,167	111,877	115,092	232,555	392,069	322,215	405,490	429,673	339,019	239,295	196,106	
ETR (mm)	29,747	25,290	25,426	27,809	55,762	63,544	65,321	64,587	59,067	55,508	43,190	34,525	549,776
Hsf (mm)	589,615	565,072	539,646	540,478	629,988	680,157	680,157	680,157	680,157	680,157	649,301	614,775	
DCC (mm)	90,542	115,085	140,511	139,679	50,169	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	30,856	65,382	
Rp (mm)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	101,563	29,932	113,941	143,644	56,549	0,000	0,000	445,628
NR (mm)	105,909	136,433	174,423	175,680	58,402	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	34,398	75,133	760,377

### Anexo 45. Balance Hídrico de Suelo Punto "M4"

Punto de Estudio		M4											
Coordenadas GTM		502658 E 1610010 N											
Elevación msnm		1799											
Unidad de Mapeo		9											
Textura		Franco Arcilloso											
Año		2022											
Usos		Usos Actual del Suelo: Bosques											
Taxonomía del Suelo:		Inceptisoles-Ustepts											
fc (mm/día)	219.220												
Kp (0.01%)	0.060												
Kv (0.01%)	0.200												
Kfc (0.01%)	0.682												
Cí (0.01%)	0.942												
DAP (gr/cm3)	1.005												
PR (mm)	2000.000												
HsÍ (mm)	562.599												
Mes de inicio	noviembre												
Kí	0.200												
Constantes de Humedad													
		% mm											
		CC 27.990 562.599											
		PMP 18.650 374.865											
		RAD 9.340 187.734											
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>9.586</b>	<b>5.747</b>	<b>2.786</b>	<b>35.802</b>	<b>181.590</b>	<b>269.094</b>	<b>119.066</b>	<b>223.160</b>	<b>253.388</b>	<b>140.072</b>	<b>17.333</b>	<b>2.903</b>	<b>1260.527</b>
Ret (mm)	5.000	5.000	2.786	7.160	36.318	53.819	23.813	44.632	50.678	28.014	5.000	2.903	265.124
Pí (mm)	4.322	0.704	0.000	26.992	136.903	202.873	89.765	168.243	191.033	105.602	11.623	0.000	<b>998.069</b>
ESC (mm)	0.264	0.043	0.000	1.650	8.369	12.402	5.487	10.285	11.678	6.456	0.711	0.000	57.345
<b>ETP (mm)</b>	<b>45.114</b>	<b>46.638</b>	<b>59.338</b>	<b>63.810</b>	<b>63.995</b>	<b>63.544</b>	<b>66.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>46.731</b>	<b>44.276</b>	<b>677.929</b>
HsÍ (mm)	499.200	476.320	454.797	433.525	436.352	518.351	562.599	562.599	562.599	562.599	562.599	531.860	
C1	0.685	0.544	0.426	0.456	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.836	
C2	0.521	0.409	0.291	0.301	0.716	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.813	0.639	
HD (mm)	128.657	102.158	79.932	85.652	198.390	346.359	277.499	355.977	378.767	293.336	199.357	156.995	
ETR (mm)	27.202	22.226	21.272	24.165	54.904	63.544	65.321	64.587	59.067	55.508	42.361	32.660	532.818
HsÍ (mm)	476.320	454.797	433.525	436.352	518.351	562.599	562.599	562.599	562.599	562.599	531.860	499.200	
DCC (mm)	86.279	107.802	129.074	126.247	44.248	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	30.739	63.399	
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	95.081	24.445	103.656	131.966	50.093	0.000	0.000	405.240
NR (mm)	104.191	132.213	167.140	165.892	53.339	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	35.108	75.015	732.888

### Anexo 46. Balance Hídrico de Suelo Punto "M5"

Punto de Estudio		M5											
Coordenadas GTM		500801 E 1609920 N											
Elevación msnm		1666											
Unidad de Mapeo		9											
Textura		Franco											
Año		2022											
Usos		Usos Actual del Suelo: Bosques											
Taxonomía del Suelo:		Inceptisoles-Ustepts											
fc (mm/día)	1195.200												
Kp (0.01%)	0.060												
Kv (0.01%)	0.200												
Kfc (0.01%)	0.985												
Cí (0.01%)	1.000												
DAP (gr/cm3)	1.045												
PR (mm)	2000.000												
HsÍ (mm)	769.956												
Mes de inicio	noviembre												
Kí	0.200												
Constantes de Humedad													
		% mm											
		CC 36.840 769.956											
		PMP 26.360 550.924											
		RAD 10.480 219.032											
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>9.586</b>	<b>5.747</b>	<b>2.786</b>	<b>35.802</b>	<b>181.590</b>	<b>269.094</b>	<b>119.066</b>	<b>223.160</b>	<b>253.388</b>	<b>140.072</b>	<b>17.333</b>	<b>2.903</b>	<b>1260.527</b>
Ret (mm)	5.000	5.000	2.786	7.160	36.318	53.819	23.813	44.632	50.678	28.014	5.000	2.903	265.124
Pí (mm)	4.586	0.747	0.000	28.642	145.272	215.275	95.253	178.528	202.711	112.057	12.333	0.000	<b>995.404</b>
ESC (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>ETP (mm)</b>	<b>45.114</b>	<b>46.638</b>	<b>59.338</b>	<b>63.810</b>	<b>63.995</b>	<b>63.544</b>	<b>66.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>46.731</b>	<b>44.276</b>	<b>677.929</b>
HsÍ (mm)	705.010	680.281	656.274	631.600	633.033	722.439	769.956	769.956	769.956	769.956	769.956	739.228	
C1	0.724	0.594	0.481	0.499	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.860	
C2	0.575	0.468	0.351	0.354	0.746	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.843	0.686	
HD (mm)	158.672	130.103	105.350	109.317	227.381	386.790	314.285	397.560	421.743	331.089	231.365	188.304	
ETR (mm)	29.316	24.753	24.674	27.208	55.865	63.544	65.321	64.587	59.067	55.508	43.062	34.217	547.124
HsÍ (mm)	680.281	656.274	631.600	633.033	722.439	769.956	769.956	769.956	769.956	769.956	739.228	705.010	
DCC (mm)	89.675	113.682	138.356	136.923	47.517	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	30.728	64.946	
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	104.214	29.932	113.941	143.644	56.549	0.000	0.000	448.280
NR (mm)	105.473	135.566	173.020	173.525	55.646	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	34.398	75.004	752.632



### Anexo 47. Balance Hídrico de Suelo Punto "M6"

Punto de Estudio		M6											
Coordenadas GTM		501113 E 1609720 N											
Elevación msnm		1749											
Unidad de Mapeo		0 Uso Actual del Suelo: Zona Impermeable											
Textura		Franco Arcilloso											
Año		2022											
fc (mm/día)	1474.560												
Kp (0.01%)	0.060	Constantes de Humedad											
Kv (0.01%)	0.090	% mm											
Kfc (0.01%)	0.998	CC 27.990 136.031											
Ci (0.01%)	1.000	PMP 18.650 90.639											
DAP (gr/cm <sup>3</sup> )	1.215	RAD 9.340 45.392											
PR (mm)	400.000												
HsÍ (mm)	136.031												
Mes de inicio	noviembre												
Ki	0.120												
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>9.586</b>	<b>5.747</b>	<b>2.786</b>	<b>35.802</b>	<b>181.590</b>	<b>269.094</b>	<b>119.066</b>	<b>223.160</b>	<b>253.388</b>	<b>140.072</b>	<b>17.333</b>	<b>2.903</b>	<b>1260.527</b>
Ret (mm)	5.000	5.000	2.786	5.000	21.791	32.291	14.288	26.779	30.407	16.809	5.000	2.903	168.054
Pí (mm)	4.586	0.747	0.000	30.802	159.799	236.803	104.778	196.381	222.982	123.263	12.333	0.000	<b>1092.474</b>
ESC (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>ETP (mm)</b>	<b>45.114</b>	<b>46.638</b>	<b>59.338</b>	<b>63.810</b>	<b>63.995</b>	<b>63.544</b>	<b>65.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>46.731</b>	<b>44.276</b>	<b>677.929</b>
HsÍ (mm)	104.998	100.112	95.609	92.360	100.303	136.031	136.031	136.031	136.031	136.031	136.031	119.340	
C1	0.417	0.225	0.109	0.716	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.632	
C2	0.003	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.242	0.016	
HD (mm)	18.945	10.220	4.970	32.523	169.463	282.195	150.170	241.773	268.374	168.655	57.726	28.701	
ETR (mm)	9.472	5.250	3.248	22.860	63.995	63.544	65.321	64.587	59.067	55.508	29.025	14.342	456.219
HSf (mm)	100.112	95.609	92.360	100.303	136.031	136.031	136.031	136.031	136.031	136.031	119.340	104.998	
DCC (mm)	35.920	40.423	43.671	35.729	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	16.692	31.033	
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	60.075	173.259	39.457	131.793	163.915	67.755	0.000	0.000	<b>636.254</b>
NR (mm)	71.561	81.810	99.761	76.679	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	34.398	60.968	425.176

### Anexo 48. Balance Hídrico de Suelo Punto "M7"

Punto de Estudio		M7											
Coordenadas GTM		501309 E 1609980 N											
Elevación msnm		1745											
Unidad de Mapeo		10 Uso Actual del Suelo: Bosques Taxonomía del Suelo: Mollisoles-Ustolls											
Textura		Franco Arcilloso											
Año		2022											
fc (mm/día)	1452.020												
Kp (0.01%)	0.060	Constantes de Humedad											
Kv (0.01%)	0.200	% mm											
Kfc (0.01%)	0.997	CC 27.990 680.157											
Ci (0.01%)	1.000	PMP 18.650 453.195											
DAP (gr/cm <sup>3</sup> )	1.215	RAD 9.340 226.962											
PR (mm)	2000.000												
HsÍ (mm)	680.157												
Mes de inicio	noviembre												
Ki	0.200												
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>9.586</b>	<b>5.747</b>	<b>2.786</b>	<b>35.802</b>	<b>181.590</b>	<b>269.094</b>	<b>119.066</b>	<b>223.160</b>	<b>253.388</b>	<b>140.072</b>	<b>17.333</b>	<b>2.903</b>	<b>1260.527</b>
Ret (mm)	5.000	5.000	2.786	7.160	36.318	53.819	23.813	44.632	50.678	28.014	5.000	2.903	265.124
Pí (mm)	4.586	0.747	0.000	28.642	145.272	215.275	95.253	178.528	202.711	112.057	12.333	0.000	<b>995.404</b>
ESC (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>ETP (mm)</b>	<b>45.114</b>	<b>46.638</b>	<b>59.338</b>	<b>63.810</b>	<b>63.995</b>	<b>63.544</b>	<b>65.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>46.731</b>	<b>44.276</b>	<b>677.929</b>
HsÍ (mm)	614.775	589.615	565.072	539.646	540.478	629.988	680.157	680.157	680.157	680.157	680.157	649.301	
C1	0.732	0.604	0.493	0.507	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.864	
C2	0.587	0.480	0.364	0.365	0.743	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.848	0.695	
HD (mm)	166.166	137.167	111.877	115.092	232.555	392.069	322.215	405.490	429.673	339.019	239.295	196.106	
ETR (mm)	29.747	25.290	25.426	27.809	55.762	63.544	65.321	64.587	59.067	55.508	43.190	34.525	549.776
HSf (mm)	589.615	565.072	539.646	540.478	629.988	680.157	680.157	680.157	680.157	680.157	649.301	614.775	
DCC (mm)	90.542	115.085	140.511	139.679	50.169	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	30.856	65.382	
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	101.563	29.932	113.941	143.644	56.549	0.000	0.000	<b>445.628</b>
NR (mm)	105.909	136.433	174.423	175.680	58.402	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	34.398	75.133	760.377

### Anexo 49. Balance Hídrico de Suelo Punto "M8"

Punto de Estudio		M8											
Coordenadas GTM		499316 E 1611460 N											
Elevación msnm		1515											
Unidad de Mapeo		2				Uso Actual del Suelo: Cultivos Anuales				Taxonomía del Suelo: Mollisoles-Ustolls			
Textura		Franco Arcilloso											
Año		2022											
fc (mm/día)	146,680												
Kp (0.01%)	0.100	Constantes de Humedad											
Kv (0.01%)	0.100	%											
Kfc (0.01%)	0.586	mm											
Cj (0.01%)	0.786	CC			27.990			111.960					
DAP (gr/cm <sup>3</sup> )	1.000	PMP			18.650			74.600					
PR (mm)	400,000	RAD			9.340			37.360					
Hsi (mm)	111,960												
Mes de inicio	noviembre												
Ki	0.120												
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>9.586</b>	<b>5.747</b>	<b>2.786</b>	<b>35.802</b>	<b>181.590</b>	<b>269.094</b>	<b>119.066</b>	<b>223.160</b>	<b>253.388</b>	<b>140.072</b>	<b>17.333</b>	<b>2.903</b>	<b>1260.527</b>
Ret (mm)	5.000	5.000	2.786	5.000	21.791	32.291	14.288	26.779	30.407	16.809	5.000	2.903	168.054
Pf (mm)	3.606	0.587	0.000	24.219	125.646	195.192	82.384	154.409	175.325	96.919	9.697	0.000	<b>858.985</b>
ESC (mm)	0.980	0.160	0.000	6.583	34.153	50.611	22.394	41.972	47.657	26.344	2.636	0.000	233.489
<b>ETP (mm)</b>	<b>45.114</b>	<b>46.638</b>	<b>59.338</b>	<b>63.810</b>	<b>63.995</b>	<b>63.544</b>	<b>65.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>46.731</b>	<b>44.276</b>	<b>677.929</b>
Hsi (mm)	84.170	79.821	76.783	75.049	78.202	111.960	111.960	111.960	111.960	111.960	111.960	111.960	98.088
C1	0.353	0.155	0.058	0.660	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.629
C2	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.009	0.000	0.000
HD (mm)	13.176	5.808	2.183	24.668	129.248	223.552	119.744	191.769	212.685	134.279	47.057	23.488	443.890
ETR (mm)	7.955	3.625	1.733	21.066	63.995	63.544	65.321	64.587	59.067	55.508	23.570	13.918	443.890
HSf (mm)	79.821	76.783	75.049	78.202	111.960	111.960	111.960	111.960	111.960	111.960	98.088	84.170	443.890
DCC (mm)	32.139	35.177	36.911	33.758	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	13.872	27.790	443.890
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	27.893	122.648	17.064	89.822	116.258	41.410	0.000	0.000	415.095
NR (mm)	69.298	78.190	94.515	76.502	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	37.034	58.148	413.687

### Anexo 50. Balance Hídrico de Suelo Punto "M9"

Punto de Estudio		M9											
Coordenadas GTM		498039 E 1611310 N											
Elevación msnm		1364											
Unidad de Mapeo		11				Uso Actual del Suelo: Vegetación Arbustiva				Taxonomía del Suelo: Inceptisoles-Usteps			
Textura		Franco Arcilloso											
Año		2022											
fc (mm/día)	2160,000												
Kp (0.01%)	0.060	Constantes de Humedad											
Kv (0.01%)	0.180	%											
Kfc (0.01%)	1.000	CC			27.990			210.975					
Cj (0.01%)	1.000	PMP			18.650			140.574					
DAP (gr/cm <sup>3</sup> )	1.005	RAD			9.340			70.400					
PR (mm)	750,000												
Hsi (mm)	210,975												
Mes de inicio	noviembre												
Ki	0.120												
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>9.586</b>	<b>5.747</b>	<b>2.786</b>	<b>35.802</b>	<b>181.590</b>	<b>269.094</b>	<b>119.066</b>	<b>223.160</b>	<b>253.388</b>	<b>140.072</b>	<b>17.333</b>	<b>2.903</b>	<b>1260.527</b>
Ret (mm)	5.000	5.000	2.786	5.000	21.791	32.291	14.288	26.779	30.407	16.809	5.000	2.903	168.054
Pf (mm)	4.586	0.747	0.000	30.802	159.799	236.803	104.778	196.381	222.982	123.263	12.333	0.000	<b>1082.474</b>
ESC (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>ETP (mm)</b>	<b>45.114</b>	<b>46.638</b>	<b>59.338</b>	<b>63.810</b>	<b>63.995</b>	<b>63.544</b>	<b>65.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>46.731</b>	<b>44.276</b>	<b>677.929</b>
Hsi (mm)	167.549	158.390	150.913	145.871	158.782	210.975	210.975	210.975	210.975	210.975	210.975	210.975	187.993
C1	0.448	0.264	0.147	0.513	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.674
C2	0.161	0.089	0.023	0.048	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.511	0.250	0.000
HD (mm)	31.560	18.563	10.339	36.099	178.007	307.203	175.178	266.781	293.382	193.663	82.734	47.419	472.683
ETR (mm)	13.744	8.224	5.042	17.891	63.995	63.544	65.321	64.587	59.067	55.508	35.315	20.445	472.683
HSf (mm)	158.390	150.913	145.871	158.782	210.975	210.975	210.975	210.975	210.975	210.975	187.993	167.549	472.683
DCC (mm)	52.584	60.061	65.103	52.193	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	22.981	43.426	472.683
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	43.611	173.259	39.457	131.793	163.915	67.755	0.000	0.000	619.790
NR (mm)	83.954	98.475	119.399	98.111	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	34.388	67.257	501.594

## Anexo 51. Balance Hídrico de Suelo Punto "P1"

Punto de Estudio		P1													
Coordenadas GTM		501180 E 1604123 N													
Elevación msnm		1850													
Unidad de Mapeo		9				Uso Actual del Suelo:				Bosques		Taxonomía del Suelo:		Inceptisoles-Ustepts	
Textura		Franco													
Año		2022													
fc (mm/día)	231.030														
Kp (0.01%)	0.060	Constantes de Humedad													
Kv (0.01%)	0.180	% mm													
Kfc (0.01%)	0.695	CC 36,840 294,260													
Gj (0.01%)	0.935	PMP 26,360 210,550													
DAP (gr/cm <sup>3</sup> )	1.065	RAD 10,480 83,710													
PR (mm)	750.000														
Hsi (mm)	294,260														
Mes de inicio	noviembre														
Ki	0.120														
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total		
<b>P (mm)</b>	<b>5.022</b>	<b>1.620</b>	<b>8.633</b>	<b>15.938</b>	<b>164.498</b>	<b>209.210</b>	<b>147.130</b>	<b>362.583</b>	<b>401.198</b>	<b>161.026</b>	<b>18.082</b>	<b>8.852</b>	<b>1503.790</b>		
Ret (mm)	5,000	1,620	5,000	5,000	19,740	25,105	17,656	43,510	48,144	19,323	5,000	5,000	200,097		
Pi (mm)	0,021	0,000	3,395	10,222	135,288	172,061	121,004	298,199	329,958	132,433	12,226	3,600	<b>1218.407</b>		
ESC (mm)	0,001	0,000	0,238	0,716	9,470	12,044	8,470	20,873	23,096	9,270	0,856	0,252	85,286		
<b>ETP (mm)</b>	<b>44.647</b>	<b>46.266</b>	<b>58.192</b>	<b>62.289</b>	<b>62.138</b>	<b>62.513</b>	<b>64.671</b>	<b>63.324</b>	<b>57.547</b>	<b>54.609</b>	<b>46.107</b>	<b>43.415</b>	<b>665.717</b>		
Hsi (mm)	249,200	234,096	224,679	220,126	221,098	294,252	294,260	294,260	294,260	294,260	294,260	294,260	269,709		
C1	0,462	0,281	0,209	0,237	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,750			
C2	0,216	0,126	0,064	0,061	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,595	0,361			
HD (mm)	38,671	23,546	17,523	19,798	145,836	255,763	204,713	381,908	413,667	216,142	95,935	62,759			
ETR (mm)	15,125	9,417	7,947	9,251	62,134	62,513	64,671	63,324	57,547	54,609	36,776	24,109	467,422		
HSf (mm)	234,096	224,679	220,126	221,098	294,252	294,260	294,260	294,260	294,260	294,260	269,709	249,200			
DCC (mm)	60,163	69,581	74,133	73,162	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	24,550	45,059			
Rp (mm)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	109,541	56,334	234,876	272,411	77,824	0,000	0,000	750,985		
NR (mm)	89,685	106,430	124,378	126,199	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	33,881	64,366	544,950		

## Anexo 52. Balance Hídrico de Suelo Punto "P2"

Punto de Estudio		P2													
Coordenadas GTM		496708 E 1605941 N													
Elevación msnm		1298													
Unidad de Mapeo		8				Uso Actual del Suelo:				Pastos		Taxonomía del Suelo:		Mollisoles-Ustolls	
Textura		Franco Arcilloso													
Año		2022													
fc (mm/día)	213.890														
Kp (0.01%)	0.100	Constantes de Humedad													
Kv (0.01%)	0.090	% mm													
Kfc (0.01%)	0.677	CC 27,990 111,960													
Gj (0.01%)	0.857	PMP 18,650 74,600													
DAP (gr/cm <sup>3</sup> )	1.000	RAD 9,340 37,360													
PR (mm)	400.000														
Hsi (mm)	111,960														
Mes de inicio	noviembre														
Ki	0.120														
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total		
<b>P (mm)</b>	<b>0.000</b>	<b>3.000</b>	<b>24.250</b>	<b>56.500</b>	<b>227.250</b>	<b>219.729</b>	<b>172.276</b>	<b>323.600</b>	<b>257.775</b>	<b>95.850</b>	<b>9.000</b>	<b>0.000</b>	<b>1369.229</b>		
Ret (mm)	0,000	3,000	5,000	6,780	27,270	26,367	20,673	38,832	28,533	11,502	5,000	0,000	172,958		
Pi (mm)	0,000	0,000	16,683	43,089	173,311	167,574	131,385	246,791	181,337	73,099	3,467	0,000	<b>1036.736</b>		
ESC (mm)	0,000	0,000	2,567	6,631	26,669	25,787	20,218	37,977	27,905	11,249	0,533	0,000	159,536		
<b>ETP (mm)</b>	<b>44.880</b>	<b>46.452</b>	<b>58.765</b>	<b>63.049</b>	<b>63.067</b>	<b>63.029</b>	<b>64.996</b>	<b>63.955</b>	<b>58.307</b>	<b>55.059</b>	<b>46.419</b>	<b>43.846</b>	<b>671.823</b>		
Hsi (mm)	81,879	77,507	75,700	78,397	89,962	111,960	111,960	111,960	111,960	111,960	111,960	92,217			
C1	0,195	0,078	0,476	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,472			
C2	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000			
HD (mm)	7,279	2,907	17,783	46,886	188,672	204,934	168,745	284,151	218,697	110,459	40,827	17,617			
ETR (mm)	4,372	1,807	13,985	31,525	63,067	63,029	64,996	63,955	58,307	55,059	23,209	10,338	453,649		
HSf (mm)	77,507	75,700	78,397	89,962	111,960	111,960	111,960	111,960	111,960	111,960	92,217	81,879			
DCC (mm)	34,453	36,260	33,563	21,998	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	19,743	30,081			
Rp (mm)	0,000	0,000	0,000	0,000	88,246	104,546	66,389	182,836	123,030	18,040	0,000	0,000	583,087		
NR (mm)	74,961	80,905	78,342	53,523	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	42,952	63,589	394,272		

### Anexo 53. Balance Hídrico de Suelo Punto "P3"

Punto de Estudio		P3											
Coordenadas GTM		501022 E 1607556 N											
Elevación msnm		1727											
Unidad de Mapeo		7											
Textura		Franco											
Año		2022											
Uso Actual del Suelo:		Pastos											
Taxonomía del Suelo:		Inceptisoles-Ustepts											
fc (mm/día)	116.060												
Kp (0.01%)	0.060	Constantes de Humedad											
Kv (0.01%)	0.200	% mm											
Kfc (0.01%)	0.528	CC 36.840 769.956											
Gj (0.01%)	0.788	PMP 26.360 550.924											
DAP (gr/cm3)	1.045	RAD 10.480 219.032											
PR (mm)	2000.000												
Hsi (mm)	769.956												
Mes de inicio	noviembre												
Ki	0.200												
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>9.586</b>	<b>5.747</b>	<b>2.786</b>	<b>35.802</b>	<b>181.590</b>	<b>269.094</b>	<b>119.066</b>	<b>223.160</b>	<b>253.388</b>	<b>140.072</b>	<b>17.333</b>	<b>2.903</b>	<b>1260.527</b>
Ret (mm)	5.000	5.000	2.786	7.160	36.318	53.819	23.813	44.632	50.678	28.014	5.000	2.903	265.124
Pi (mm)	3.616	0.589	0.000	22.583	114.543	169.739	75.104	140.765	159.832	88.354	9.725	0.000	<b>784.849</b>
ESC (mm)	0.970	0.158	0.000	6.058	30.729	45.536	20.149	37.763	42.879	23.703	2.609	0.000	210.554
<b>ETP (mm)</b>	<b>45.114</b>	<b>46.638</b>	<b>59.338</b>	<b>63.810</b>	<b>63.995</b>	<b>63.544</b>	<b>65.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>46.731</b>	<b>44.276</b>	<b>677.929</b>
Hsi (mm)	703.103	677.935	654.247	630.047	627.317	694.223	769.956	769.956	769.956	769.956	769.956	736.897	736.897
C1	0.711	0.583	0.472	0.464	0.872	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.849	0.849
C2	0.565	0.459	0.344	0.329	0.617	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.831	0.677	0.677
HD (mm)	155.795	127.600	103.323	101.707	190.936	313.038	294.136	359.797	<b>378.854</b>	<b>307.386</b>	<b>228.757</b>	<b>185.973</b>	<b>185.973</b>
ETR (mm)	<b>28.784</b>	<b>24.277</b>	<b>24.200</b>	<b>25.314</b>	<b>47.637</b>	<b>63.544</b>	<b>65.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>42.783</b>	<b>33.794</b>	<b>534.816</b>
HSf (mm)	677.935	654.247	630.047	627.317	694.223	769.956	769.956	769.956	769.956	769.956	736.897	703.103	703.103
DCC (mm)	92.021	115.709	139.909	142.639	75.733	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	33.059	66.853	66.853
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	30.462	9.784	76.177	100.765	32.846	0.000	0.000	<b>250.033</b>
NR (mm)	108.350	138.070	175.047	181.135	92.091	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	37.006	77.335	809.035

### Anexo 54. Balance Hídrico de Suelo Punto "P4"

Punto de Estudio		P4											
Coordenadas GTM		501452 E 1608532 N											
Elevación msnm		1835											
Unidad de Mapeo		9											
Textura		Franco											
Año		2022											
Uso Actual del Suelo:		Bosques											
Taxonomía del Suelo:		Inceptisoles-Ustepts											
fc (mm/día)	211.000												
Kp (0.01%)	0.060	Constantes de Humedad											
Kv (0.01%)	0.090	% mm											
Kfc (0.01%)	0.673	CC 36.840 769.956											
Gj (0.01%)	0.823	PMP 26.360 550.924											
DAP (gr/cm3)	1.045	RAD 10.480 219.032											
PR (mm)	2000.000												
Hsi (mm)	769.956												
Mes de inicio	noviembre												
Ki	0.200												
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>9.586</b>	<b>5.747</b>	<b>2.786</b>	<b>35.802</b>	<b>181.590</b>	<b>269.094</b>	<b>119.066</b>	<b>223.160</b>	<b>253.388</b>	<b>140.072</b>	<b>17.333</b>	<b>2.903</b>	<b>1260.527</b>
Ret (mm)	5.000	5.000	2.786	7.160	36.318	53.819	23.813	44.632	50.678	28.014	5.000	2.903	265.124
Pi (mm)	3.776	0.615	0.000	23.585	119.625	177.269	78.436	147.009	166.923	92.274	10.156	0.000	<b>819.667</b>
ESC (mm)	0.810	0.132	0.000	5.057	25.647	38.006	16.817	31.519	35.788	19.783	2.177	0.000	175.736
<b>ETP (mm)</b>	<b>45.114</b>	<b>46.638</b>	<b>59.338</b>	<b>63.810</b>	<b>63.995</b>	<b>63.544</b>	<b>65.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>46.731</b>	<b>44.276</b>	<b>677.929</b>
Hsi (mm)	703.419	678.323	654.582	630.304	628.262	698.746	769.956	769.956	769.956	769.956	769.956	737.283	737.283
C1	0.713	0.584	0.473	0.470	0.899	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.851	0.851
C2	0.567	0.460	0.345	0.333	0.637	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.833	0.679	0.679
HD (mm)	156.271	128.014	103.658	102.965	196.963	325.091	297.468	366.041	385.955	311.306	229.188	186.359	186.359
ETR (mm)	<b>28.872</b>	<b>24.356</b>	<b>24.278</b>	<b>25.627</b>	<b>49.140</b>	<b>63.544</b>	<b>65.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>42.829</b>	<b>33.864</b>	<b>536.994</b>
HSf (mm)	678.323	654.582	630.304	628.262	698.746	769.956	769.956	769.956	769.956	769.956	737.283	703.419	703.419
DCC (mm)	91.633	115.374	139.652	141.694	71.210	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	32.673	66.537	66.537
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	42.515	13.115	82.422	107.856	36.765	0.000	0.000	<b>282.673</b>
NR (mm)	107.875	137.656	174.712	179.877	85.065	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	36.575	76.950	799.708

## Anexo 55. Balance Hídrico de Suelo Punto "P5"

Punto de Estudio		P5														
Coordenadas GTM		500673 E 1610744 N														
Elevación msnm		1598														
Unidad de Mapeo		9			Uso Actual del Suelo:			Bosques			Taxonomía del Suelo:			Inceptisoles-Ustepts		
Textura		Franco Arcilloso														
Año		2022														
fc (mm/día)	51.950															
Kp (0.01%)	0.060															
Kv (0.01%)	0.200															
Kfc (0.01%)	0.324															
Cj (0.01%)	0.584															
DAP (gr/cm <sup>3</sup> )	1.005															
PR (mm)	750.000															
Hsi (mm)	210.975															
Mes de inicio	noviembre															
Ki	0.120															
		Constantes de Humedad														
		% mm														
		CC			27.990			210.975								
		PMP			18.650			140.574								
		RAD			9.340			70.400								
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total			
<b>P (mm)</b>	<b>9.586</b>	<b>5.747</b>	<b>2.786</b>	<b>35.802</b>	<b>181.590</b>	<b>269.094</b>	<b>119.066</b>	<b>223.160</b>	<b>253.388</b>	<b>140.072</b>	<b>17.333</b>	<b>2.903</b>	<b>1260.527</b>			
Ret (mm)	5.000	5.000	2.786	5.000	21.791	32.291	14.288	26.779	30.407	16.809	5.000	2.903	168.054			
Pi (mm)	2.677	0.436	0.000	17.980	93.279	138.228	61.162	114.632	130.160	71.952	7.199	0.000	637.704			
ESC (mm)	1.909	0.311	0.000	12.822	66.520	98.575	43.617	81.748	92.822	51.311	5.134	0.000	454.770			
<b>ETP (mm)</b>	<b>45.114</b>	<b>46.638</b>	<b>59.338</b>	<b>63.810</b>	<b>63.995</b>	<b>63.544</b>	<b>65.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>46.731</b>	<b>44.276</b>	<b>677.929</b>			
Hsi (mm)	165.597	156.211	149.526	145.161	151.956	194.755	210.975	208.745	210.975	210.975	210.975	184.563	184.563			
C1	0.393	0.228	0.127	0.321	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.625				
C2	0.141	0.077	0.020	0.030	0.578	1.000	0.941	1.000	1.000	1.000	0.438	0.232				
HD (mm)	27.700	16.073	8.952	22.566	104.661	192.408	131.562	182.803	200.560	142.352	77.600	43.989				
ETR (mm)	12.063	7.121	4.365	11.184	50.481	63.544	63.391	64.587	59.067	55.508	33.611	18.966	443.889			
HSf (mm)	156.211	149.526	145.161	151.956	194.755	210.975	208.745	210.975	210.975	210.975	184.563	165.597				
DCC (mm)	54.763	61.448	65.814	59.018	16.220	0.000	2.230	0.000	0.000	0.000	26.411	45.377				
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	58.464	0.000	47.815	71.093	16.443	0.000	0.000	193.815			
NR (mm)	87.814	100.965	120.786	111.644	29.735	0.000	4.159	0.000	0.000	0.000	39.532	70.688	565.322			

## Anexo 56. Balance Hídrico de Suelo Punto "P6"

Punto de Estudio		P6														
Coordenadas GTM		503654 E 1607235 N														
Elevación msnm		1891														
Unidad de Mapeo		7			Uso Actual del Suelo:			Pastos			Taxonomía del Suelo:			Inceptisoles-Ustepts		
Textura		Arcilloso														
Año		2022														
fc (mm/día)	56.400															
Kp (0.01%)	0.060															
Kv (0.01%)	0.090															
Kfc (0.01%)	0.345															
Cj (0.01%)	0.495															
DAP (gr/cm <sup>3</sup> )	1.090															
PR (mm)	400.000															
Hsi (mm)	197.464															
Mes de inicio	noviembre															
Ki	0.120															
		Constantes de Humedad														
		% mm														
		CC			45.290			197.464								
		PMP			33.130			144.447								
		RAD			12.160			53.018								
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total			
<b>P (mm)</b>	<b>9.586</b>	<b>5.747</b>	<b>2.786</b>	<b>35.802</b>	<b>181.590</b>	<b>269.094</b>	<b>119.066</b>	<b>223.160</b>	<b>253.388</b>	<b>140.072</b>	<b>17.333</b>	<b>2.903</b>	<b>1260.527</b>			
Ret (mm)	5.000	5.000	2.786	5.000	21.791	32.291	14.288	26.779	30.407	16.809	5.000	2.903	168.054			
Pi (mm)	2.270	0.370	0.000	15.246	79.098	117.213	51.863	97.205	110.372	61.013	6.105	0.000	540.757			
ESC (mm)	2.316	0.377	0.000	15.556	80.701	119.589	52.915	99.176	112.609	62.250	6.229	0.000	551.717			
<b>ETP (mm)</b>	<b>45.114</b>	<b>46.638</b>	<b>59.338</b>	<b>63.810</b>	<b>63.995</b>	<b>63.544</b>	<b>65.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>46.731</b>	<b>44.276</b>	<b>677.929</b>			
Hsi (mm)	160.007	153.560	149.257	146.565	151.362	185.174	197.464	192.297	197.464	197.464	197.464	174.743	174.743			
C1	0.336	0.179	0.091	0.328	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.571				
C2	0.050	0.022	0.000	0.000	0.415	1.000	0.746	1.000	1.000	1.000	0.234	0.094				
HD (mm)	17.830	9.483	4.810	17.365	86.013	157.941	104.881	145.056	163.390	114.031	59.122	30.296				
ETR (mm)	8.717	4.673	2.692	10.450	45.285	63.544	57.031	64.587	59.067	55.508	28.827	14.736	415.117			
HSf (mm)	153.560	149.257	146.565	151.362	185.174	197.464	192.297	197.464	197.464	197.464	174.743	160.007				
DCC (mm)	43.905	48.208	50.899	46.103	12.291	0.000	5.167	0.000	0.000	0.000	22.722	37.458				
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	41.379	0.000	27.451	51.305	5.505	0.000	0.000	125.640			
NR (mm)	80.302	90.173	107.545	99.463	31.000	0.000	13.457	0.000	0.000	0.000	40.626	66.998	529.564			

## Anexo 57. Balance Hídrico de Suelo Punto "P7"

Punto de Estudio	P7												
Coordenadas GTM	498310 E 1608008 N												
Elevación msnm	1361												
Unidad de Mapeo	0 Uso Actual del Suelo: Zona Impermeable												
Textura	Franco Arcilloso												
Año	2022												
fc (mm/día)	105.640												
Kp (0.01%)	0.060												
Kv (0.01%)	0.200												
Kfc (0.01%)	0.505												
Cí (0.01%)	0.765												
DAP (gr/cm <sup>3</sup> )	1.000												
PR (mm)	750.000												
Hsi (mm)	209.925												
Mes de inicio	noviembre												
Kí	0.120												
	Constantes de Humedad												
	% mm												
	CC 27.990 209.925												
	PMP 18.650 139.875												
	RAD 9.340 70.050												
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>9.586</b>	<b>5.747</b>	<b>2.786</b>	<b>35.802</b>	<b>181.590</b>	<b>269.094</b>	<b>119.066</b>	<b>223.160</b>	<b>253.388</b>	<b>140.072</b>	<b>17.333</b>	<b>2.903</b>	<b>1260.527</b>
Ret (mm)	5.000	5.000	2.786	5.000	21.791	32.291	14.288	26.779	30.407	16.809	5.000	2.903	168.054
Pí (mm)	3.508	0.571	0.000	23.562	122.240	181.145	80.151	150.224	170.572	94.291	9.435	0.000	<b>835.700</b>
ESC (mm)	1.078	0.175	0.000	7.240	37.559	55.658	24.627	46.157	52.409	28.972	2.899	0.000	256.774
<b>ETP (mm)</b>	<b>45.114</b>	<b>46.638</b>	<b>59.338</b>	<b>63.810</b>	<b>63.995</b>	<b>63.544</b>	<b>65.321</b>	<b>64.587</b>	<b>59.067</b>	<b>55.508</b>	<b>46.731</b>	<b>44.276</b>	<b>677.929</b>
Hsi (mm)	165.531	156.305	149.325	144.711	154.187	209.925	209.925	209.925	209.925	209.925	209.925	185.069	185.069
C1	0.416	0.243	0.135	0.405	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.645	0.645
C2	0.148	0.081	0.021	0.036	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.468	0.237	0.237
HD (mm)	29.164	17.001	9.450	28.398	136.552	251.195	150.201	220.274	240.622	164.341	79.485	45.194	45.194
ETR (mm)	12.734	7.551	4.615	14.086	63.995	63.544	65.321	64.587	59.067	55.508	34.291	19.538	464.837
HSf (mm)	156.305	149.325	144.711	154.187	209.925	209.925	209.925	209.925	209.925	209.925	185.069	165.531	165.531
DCC (mm)	53.620	60.600	65.214	55.738	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	24.856	44.394	44.394
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	2.507	117.601	14.830	85.636	111.505	38.783	0.000	0.000	<b>370.863</b>
NR (mm)	85.999	99.686	119.938	105.462	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	37.296	69.132	517.514

## Anexo 58. Balance Hídrico de Suelo Punto "P8"

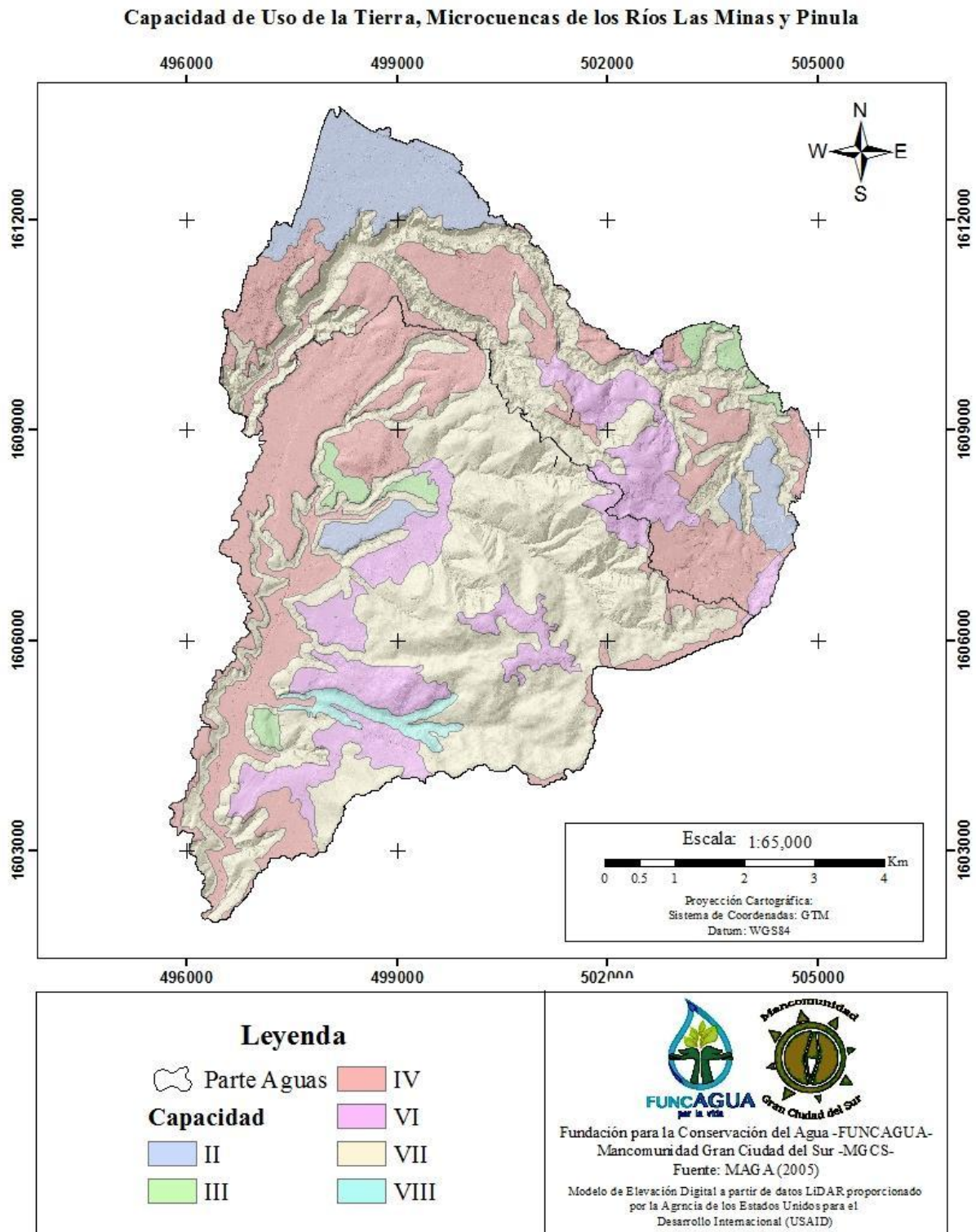
Punto de Estudio	P8												
Coordenadas	501713 E 1605444 N												
Elevación	1903												
Unidad de Mapeo	9 Uso Actual del Suelo: Bosques Taxonomía del Suelo: Inceptisoles-Ustepts												
Textura	Franco Arcillo Arenoso												
Año	2022												
fc (mm/día)	54.130												
Kp (0.01%)	0.150												
Kv (0.01%)	0.100												
Kfc (0.01%)	0.334												
Cí (0.01%)	0.584												
DAP (gr/cm <sup>3</sup> )	1.195												
PR (mm)	750.000												
Hsi (mm)	348.731												
Mes de inicio	noviembre												
Kí	0.120												
	Constantes de Humedad												
	% mm												
	CC 38.910 348.730												
	PMP 28.580 256.150												
	RAD 10.330 92.580												
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>P (mm)</b>	<b>5.022</b>	<b>1.620</b>	<b>8.633</b>	<b>15.938</b>	<b>164.498</b>	<b>209.210</b>	<b>147.130</b>	<b>362.583</b>	<b>401.198</b>	<b>161.026</b>	<b>18.082</b>	<b>8.852</b>	<b>1503.790</b>
Ret (mm)	5.000	1.620	5.000	5.000	19.740	25.105	17.656	43.510	48.144	19.323	5.000	200.097	200.097
Pí (mm)	0.013	0.000	2.123	6.392	84.592	107.584	75.660	186.455	206.312	82.806	7.644	2.251	<b>761.832</b>
ESC (mm)	0.009	0.000	1.510	4.546	60.167	76.520	53.814	132.618	146.742	58.897	5.437	1.601	541.861
<b>ETP (mm)</b>	<b>44.647</b>	<b>46.266</b>	<b>58.192</b>	<b>62.289</b>	<b>62.138</b>	<b>62.513</b>	<b>64.671</b>	<b>63.324</b>	<b>57.547</b>	<b>54.609</b>	<b>46.107</b>	<b>43.415</b>	<b>665.717</b>
Hsi (mm)	298.422	282.960	272.909	266.893	265.634	308.438	348.731	348.731	348.731	348.731	348.731	319.846	319.846
C1	0.457	0.290	0.204	0.185	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.712	0.712
C2	0.236	0.145	0.076	0.061	0.345	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.585	0.378	0.378
HD (mm)	42.287	26.811	18.883	17.136	94.077	159.874	168.243	279.037	298.895	175.389	100.227	65.948	65.948
ETR (mm)	15.475	10.051	8.139	7.651	41.787	62.513	64.671	63.324	57.547	54.609	36.529	23.675	445.970
HSf (mm)	282.960	272.909	266.893	265.634	308.438	348.731	348.731	348.731	348.731	348.731	319.846	298.422	298.422
DCC (mm)	65.771	75.822	81.838	83.097	40.293	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	28.885	50.309	50.309
Rp (mm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.779	10.990	123.131	148.765	28.197	0.000	0.000	<b>315.862</b>
NR (mm)	94.943	112.037	131.891	137.735	60.643	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	38.462	70.050	645.762



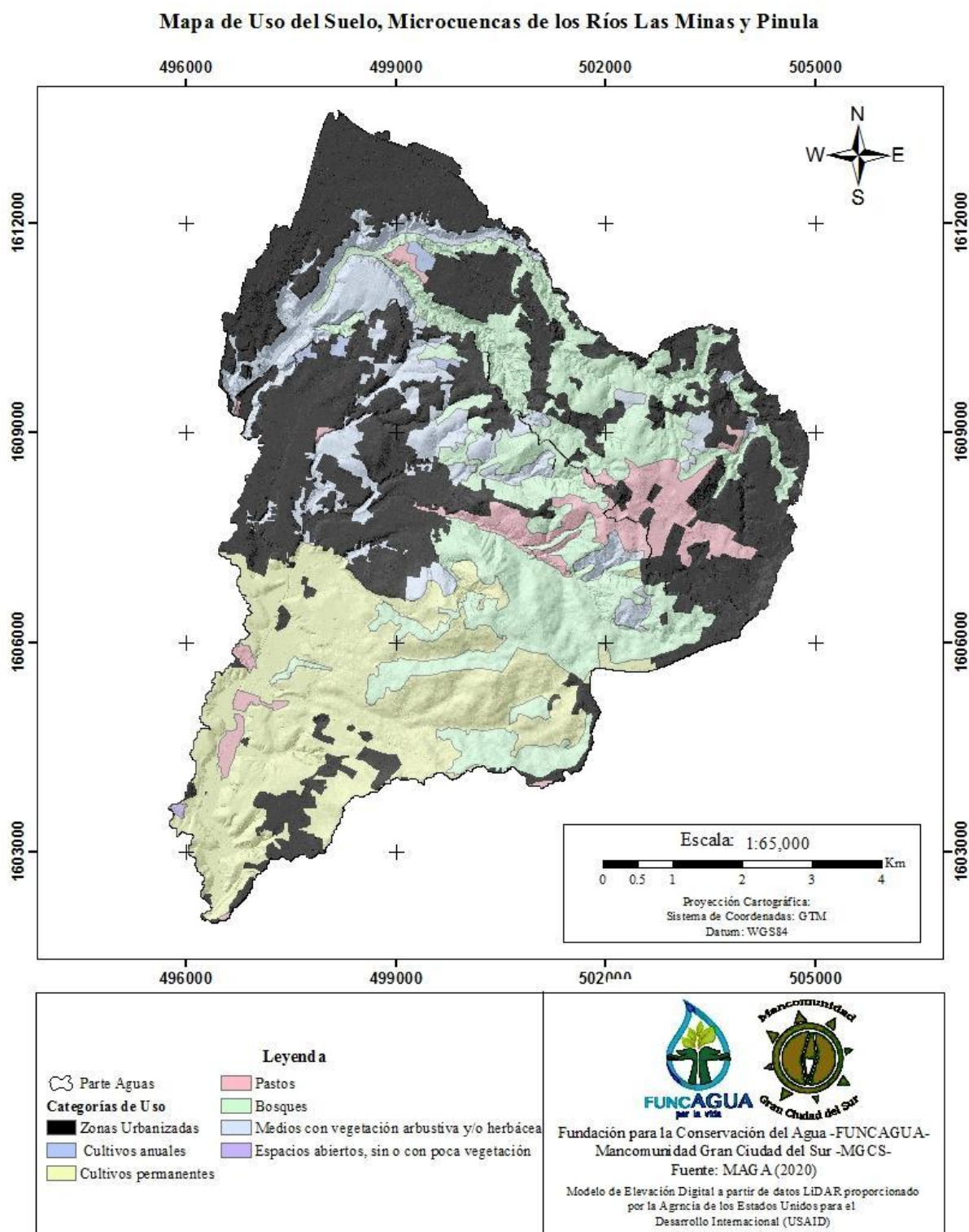


## 8.8. Mapas Utilizados para la Obtención de la Intensidad de Uso de la Tierra.

Anexo 61. Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra.



Anexo 62. Mapa de Uso del Suelo.





## 8.9. Fotografías de Campo

**Anexo 63.** *Limpieza del Lugar a Realizar la Prueba.*



**Anexo 64.** *Realización de Agujero.*





**Anexo 65.** *Limpieza del Agujero.*



**Anexo 66.** *Prueba de Infiltración.*





**Anexo 67.** *Transporte del Material al Punto.*



**Anexo 68.** *Toma de Datos de Prueba de Infiltración.*





**Anexo 69.** Pozo el Pueblito Santa Catarina Pinula.



**Anexo 70.** Verificación de Saturación del Suelo.





**Anexo 71.** *Prueba de Infiltración en Salvadora II "P3"*



**Anexo 72.** *Verificación de Profundidad del Agujero.*



**Anexo 73.** *Prueba de Infiltración en Día Lluvioso.*





**Anexo 74.** *Acompañamiento de Personal de la Municipalidad de Villa Canales.*



**Anexo 75.** *Fotografía con Propietario del Terreno en Villa Canales.*





**Anexo 76.** *Acompañamiento de Personal de la Municipalidad de Santa Catarina Pinula.*

