


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN
ESTUDIO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA FINCA SABANA GRANDE Y
DETERMINACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA VERTICAL DE LA
MICROCUENCA
DEL RÍO CANTIL, ALDEA EL RODEO, ESCUINTLA

OBDULIO ESTUARDO VÁSQUEZ RIVAS

Guatemala, julio de 2006

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN
ESTUDIO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA FINCA SABANA GRANDE Y
DETERMINACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA VERTICAL DE LA
MICROCUENCA
DEL RÍO CANTIL, ALDEA EL RODEO, ESCUINTLA**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD
DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

OBDULIO ESTUARDO VÁSQUEZ RIVAS

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

Guatemala, julio de 2006

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

RECTOR

Lic. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Danilo Ernesto Dardón Avila
VOCAL CUARTO	MEPU. Elmer Antonio Alvarez Castillo
VOCAL QUINTO	PMP. Mirian Eugenia Espinoza Padilla
SECRETARIO	Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes

Guatemala, julio de 2006

Guatemala, julio de 2006

**Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala**

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado,

**ESTUDIO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA FINCA SABANA GRANDE Y
DETERMINACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA VERTICAL DE LA
MICROCUENCA
DEL RÍO CANTIL, ALDEA EL RODEO, ESCUINTLA**

Como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

OBDULIO ESTUARDO VÁSQUEZ RIVAS

ACTO QUE DEDICO

A:

- DIOS** Por iluminarme el camino y sus grandes bendiciones.
- MIS PADRES** OBDULIO VÁSQUEZ MILIÁN
YOLANDA ESPERANZA RIVAS DE VÁSQUEZ
Por su amor y enseñanzas, por su apoyo incondicional al permitirme realizar mis sueños, este es el fruto del gran esfuerzo de toda una vida.
- MIS HERMANOS** SELVIN RONALDO
DANIELA NICTÉ
Con mucho amor y motivación a seguir adelante en sus estudios.
- MIS ABUELOS** APOLONIA RODRÍGUEZ
PEDRO SAPÓN
FRANCISCA MILIÁN (QEPD)
COSME VÁSQUEZ (QEPD)
Por su amor y paciencia, eternamente agradecido, especialmente a mi abuelita Polita la quiero mucho.
- MIS TÍOS Y PRIMOS** Por su incondicional apoyo y motivación, a lo largo de todos estos años.
- MI NOVIA** ANNA MARLENNE ZEISSIG DÁVILA
Gracias por estar a mi lado y contar con tu apoyo, como una muestra de amor.
- MIS AMIGOS** Por un gran recuerdo de una sincera amistad.
- MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIO** Por inolvidables recuerdos a lo largo de nuestra vida de estudiantes.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

DIOS

MI PATRIA GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

SUBÁREA DE MANEJO DE SUELO Y AGUA

RED – CARA

FINCA SABANA GRANDE

ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA

LA TINTA, ALTA VERAPAZ

**MIS AMIGOS, COMPAÑEROS Y PERSONAS QUE
CONTRIBUYERON EN MI FORMACIÓN**

AGRADECIMIENTOS

A:

Ing. Agr. M.Sc. Isaac Herrera, asesor del trabajo de investigación, gracias por el apoyo y orientación, pero por sobre todo por compartir sus conocimientos para bien de mi formación profesional.

Ing. Agr. Tomás Padilla, por haber depositado su confianza en mí, por su asesoría y soporte, en la realización de los servicios e influir en mi educación profesional.

Ing. Agr. Darvin González, por su interés en supervisar, evaluar y corregir el presente trabajo.

La Red Centroamericana de Manejo de Recursos Hídricos de la Facultad de Agronomía por permitirme utilizar su equipo para efectuar la fase de campo del presente trabajo.

A todo el personal que labora en finca Sabana Grande, especialmente a los señores Francisco Esqueque, Jose Camey, Roberto Suruy, Luis Alvarez, Armando Orizabal, Oscar Hernández, Bernabé Rivas, Inocente Cojolón, y a doña Elena Rivas, por su amistad y su trabajo.

A todos que contribuyeron de alguna forma a realizar el presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	PÁGINA
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO	
ESTUDIO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA UNIDAD	
DOCENTE-PRODUCTIVA SABANA GRANDE, ALDEA	
EL RODEO, ESCUINTLA	1
1.1 PRESENTACIÓN	2
1.2 MARCO REFERENCIAL	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.4 METODOLOGÍA	3
1.5 RESULTADOS	4
1.5.1 Ubicación de las fuentes de agua	4
1.5.2 Análisis físico-químico	4
1.5.3 Escorrentía superficial	5
1.5.4 Manejo y conservación de los nacimientos	6
1.5.5 Sistematización de la información hidrológica y climática	7
1.5.6 Priorización de problemas	7
1.6 CONCLUSIONES	7
1.7 RECOMENDACIONES	8
1.8 BIBLIOGRAFÍA	9
CAPÍTULO II: INVESTIGACIÓN	
DETERMINACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA VERTICAL	
DE LA MICRO CUENCA DEL RÍO CANTIL, ALDEA	
EL RODEO, ESCUINTLA	10
2.1 PRESENTACIÓN	11
2.2 MARCO CONCEPTUAL	11

2.2.1 EL CICLO HIDROLÓGICO	11
2.2.2 PRECIPITACIÓN PLUVIAL	12
2.2.3 ESCURRIMIENTO	13
2.2.4 HIDROGRAMAS	13
2.2.5 INFILTRACIÓN	13
2.2.6 EVAPOTRANSPIRACIÓN	14
2.2.7 RECARGA HÍDRICA	14
2.3 MARCO REFERENCIAL	15
2.4 OBJETIVOS	15
2.4.1 OBJETIVO GENERAL	15
2.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
2.5 METODOLOGÍA	16
2.5.1 Delimitación del área de estudio	16
2.5.2 Aforo de nacimientos y ríos	16
2.5.3 Registros de precipitación	16
2.5.4 Índice de infiltración	17
2.5.5 Precipitación infiltrada	17
2.5.6 Recarga hídrica	18
2.5.7 Recarga hídrica real	18
2.5.8 Propuesta de manejo del recurso hídrico	18
2.6 RESULTADOS	18
2.6.1 El área de estudio	18
2.6.2 Aforo de nacimientos y ríos	19
2.6.3 Índices de infiltración Φ	20
2.6.4 Precipitación infiltrada	20
2.6.5 Recarga hídrica	22
2.6.7 Propuesta de manejo del recurso hídrico	24
2.7 CONCLUSIONES	25
2.8 RECOMENDACIONES	26
2.9 BIBLIOGRAFÍA	26

CAPÍTULO III: INFORME DE SERVICIOS	28
3.1 SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO	
3.1.1 PRESENTACIÓN	29
3.1.2 OBJETIVOS	29
3.1.3 METODOLOGÍA	29
3.1.4 RESULTADOS	31
3.1.5 CONCLUSIONES	40
3.2 ANÁLISIS DE NUTRIENTES DEL SUELO DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR	
3.2.1 PRESENTACIÓN	40
3.2.2 OBJETIVOS	41
3.2.3 METODOLOGÍA	41
3.2.4 RESULTADOS	41
3.2.5 CONCLUSIONES	43
3.2.6 RECOMENDACIONES	44
3.3 PROPUESTA DE FORTALECIMIENTO DE ACTIVIDADES FORESTALES DENTRO DE LA FINCA SABANA GRANDE	
3.3.1 PRESENTACIÓN	44
3.3.2 OBJETIVOS	45
3.3.3 METODOLOGÍA	45
3.3.4 RESULTADOS	47
3.3.5 CONCLUSIONES	48
3.4 BIBLIOGRAFÍA	48

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁGINA
Cuadro 1. Ubicación de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.	4
Cuadro 2. Parámetros físicos analizados en los nacimientos de la finca Sabana Grande durante el mes de agosto 2004.	5
Cuadro 3. Parámetros químicos analizados en los nacimientos de la finca Sabana Grande durante el mes de agosto 2004.	5
Cuadro 4. Caudales de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande en el mes de agosto 2004.	6
Cuadro 5. Caudales de los principales ríos de la finca Sabana Grande en el mes de agosto 2004.	6
Cuadro 6. Caudales de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande, período Agosto 2004 – Mayo 2005.	19
Cuadro 7. Caudales de los principales ríos de la finca Sabana Grande, Período Agosto 2004 – Mayo 2005.	19
Cuadro 8. Valores de los índices de infiltración Φ de la micro cuenca del río Cantil.	20
Cuadro 9. Valores de infiltración básica de la micro cuenca del río Cantil.	20
Cuadro 10. Precipitación infiltrada y escorrentía, determinada con el índice de infiltración Φ de la micro cuenca del río Cantil, período Agosto 2004 – Mayo 2005.	21
Cuadro 11. Precipitación infiltrada, determinada con valores la infiltración Básica de la micro cuenca del río Cantil, período Agosto 2004 – Mayo 2005.	21
Cuadro 12. Recarga hídrica de la micro cuenca del río Cantil, utilizando la precipitación infiltrada determinada por el índice de infiltración media Φ , período Agosto 2004 – Mayo 2005.	22
Cuadro 13. Recarga hídrica de la microcuenca de río Cantil, utilizando la precipitación infiltrada determinada por la infiltración básica de campo, período Agosto 2004 – Mayo 2005.	22

Cuadro 14. Recarga hídrica de la micro cuenca del río Cantil, utilizando la precipitación infiltrada por medio de la medición directa del nivel freático en el pozo, período Agosto 2004 – Mayo 2005.	23
Cuadro 15. Normas COGUANOR de parámetros físicos para aguas de consumo humano.	31
Cuadro 16. Resultados del análisis físico de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande, en el período Agosto 2004 – Mayo 2005.	31
Cuadro 17. Normas COGUANOR de parámetros químicos y bacteriológicos para aguas de consumo humano.	33
Cuadro 18. Resultados del análisis de calcio de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.	34
Cuadro 19. Resultados del análisis decarbonados de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.	34
Cuadro 20. Resultados del análisis de cloruro de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.	35
Cuadro 21. Resultados del análisis de magnesio de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.	35
Cuadro 22. Resultados del análisis de nitratos de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.	35
Cuadro 23. Resultados del análisis de potasio de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.	36
Cuadro 24. Resultados del análisis de silicatos de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.	36
Cuadro 25. Resultados del análisis de sodio de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.	36
Cuadro 26. Resultados del análisis de sulfato de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.	37
Cuadro 27. Resultados del análisis de bacterias de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.	37
Cuadro 28. Caudales de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande período Agosto 2004 – Mayo 2005.	38

Cuadro 29. Caudales de los principales ríos de la finca Sabana Grande, Período Agosto 2004 – Mayo 2005.	38
Cuadro 30. Resultados del análisis de suelos de la finca Sabana Grande, en el mes abril 2005.	42
Cuadro 31. Requerimientos nutricionales del cultivo de Caña de Azúcar.	42

**ESTUDIO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA FINCA SABANA GRANDE Y
DETERMINACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA VERTICAL DE LA MICROCUENCA
DEL RÍO CANTIL, ALDEA EL RODEO, ESCUINTLA
RESÚMEN**

La microcuenca del río Cantil está ubicada en la aldea El Rodeo, de la cabecera departamental de Escuintla y esta comprendida entre las coordenadas geográficas $14^{\circ} 21' 15''$ a $14^{\circ} 25' 0''$ de latitud norte y $90^{\circ} 49' 15''$ a $90^{\circ} 50' 57''$ de longitud oeste. Se encuentra entre las coordenadas 1.588.350 m a 1.594.300 norte y 732.500 m a 735.000 m oeste, en el sistema UTM (Universal Transverso Mercator) de la hoja Alotenango 2059 III, escala 1:50.000, del IGN (Instituto Geográfico Nacional). Así mismo Finca Sabana Grande se encuentra ubicada en la parte media de la microcuenca del río Cantil.

El diagnóstico que se realizó del recurso hídrico, nos permite identificar las fuentes de agua entre nacimientos y ríos dentro de la microcuenca, analizar el potencial de este recurso, así mismo identificar y priorizar una serie de problemas que van deteriorando la calidad y cantidad del recurso hídrico. La información generada nos permitió realizar una priorización de problemas sobre el recurso hídrico, siendo éstos: falta de información reciente de los caudales de escorrentía entre nacimientos y ríos dentro de la finca, no se ha sistematizado la información generada por las estaciones hidrométricas y la estación climática ubicada dentro de la finca, la deforestación y malas condiciones en que se encuentran los nacimientos, no hay información reciente de la calidad química y bacteriológica de las fuentes de agua dentro de la finca.

Tomando en cuenta la falta de sistematización de la información del recurso hídrico, se desarrollo una investigación titulada "Determinación de la recarga hídrica vertical de la microcuenca del río Cantil, El Rodeo, Escuintla", que se planteó tomando en cuenta la disponibilidad de las estructuras hidrométricas dentro de la microcuenca para la medición de la escorrentía superficial, y de la estación climática del INSIVUMEH para la medición de aspectos climáticos, y también poder determinar el índice de infiltración media representativo de la zona.

Esta investigación es de importancia, ya que da a conocer los resultados de la recarga hídrica de la microcuenca, tomando en cuenta tres metodologías para la determinación de la precipitación infiltrada, y una de estas metodologías es la real, ya que

se hicieron lecturas de la fluctuación del nivel freático tanto en época de estiaje como en la época de mayor recarga en el pozo mecánico ubicado en la parte central de la microcuenca del río Cantíl, también proporciona información de la disponibilidad de la cantidad del recurso hídrico en los principales nacimientos y ríos dentro de la finca en el lapso de diez meses.

Se determinó el índice de infiltración medio de la microcuenca del río Cantíl, siendo este del 94.69%, también se determinó la recarga hídrica utilizando valores de precipitación infiltrada con infiltración básica y la recarga hídrica utilizando el valor del nivel freático medido directamente en el pozo, en donde se pudo observar que los métodos del índice de infiltración e infiltración básica sobreestiman los valores reales de recarga hídrica.

Tomando como base los objetivos del diagnóstico, que son determinar la situación actual del recurso hídrica de la finca, se planteó el siguiente servicio:

- A. *Sistematización de la información y manejo del recurso hídrico*; en donde se analizaron física, química y bacteriológicamente las fuentes de agua de la finca, se realizó una medición y registro mensual del caudal de agua de nacimientos y ríos de la finca, se les dio mantenimiento a las estructuras de aforo y se mejoro las condiciones del área circundante a los nacimientos, con reforestación de especies de la región, así también se mejoraron las vías de acceso para una mejor atención al turista

Siempre dentro de los servicios como parte al apoyo a la finca, y siguiendo los objetivos del Ejercicio Profesional Supervisado se plantearon los siguientes:

- B. *Análisis de nutrientes del suelo del cultivo de caña de azúcar*; para realizar esta actividad de tomaron muestras de suelo de las 86.876 hectáreas de caña de azúcar que tiene la finca, dividiendo con base a las características del suelo en ocho secciones, para el análisis de contó con el apoyo del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía, USAC, principalmente existen problemas de escasez de nitrógeno, fósforo, potasio y cobre.
- C. *Propuesta de fortalecimiento de actividades forestales dentro de la Finca Sabana Grande*; se tomo en cuenta que la parte forestal no representa una fuente de ingresos para la finca, por lo que se indicaron otros campos en donde toma

importancia, ya que es un reservorio de flora y fauna, mantiene y mejora los sistemas hidrológicos, evita la erosión y reprime la sedimentación, resguarda materiales genéticos, conserva y mejora el paisaje natural, tomando en cuenta que al aumentar el área boscosa a largo plazo es fuente de ingreso económico que bajo un adecuado control podrá seguirse aprovechando de forma sostenida.

El presente trabajo se realizó en la Finca Sabana Grande, en los meses de agosto 2004 a mayo 2005, se contó con el apoyo de la Red Centroamericana de Manejo de Recursos Hídricos (Red-CARA), así también con la asesoría técnica de estudiantes de maestría de la Universidad de Calgary, Canadá; y de docentes de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO

**ESTUDIO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA UNIDAD DOCENTE-PRODUCTIVA
SABANA GRANDE, ALDEA EL RODEO, ESCUINTLA**

1.1 PRESENTACIÓN

La Unidad Docente-Productiva Sabana Grande fue adjudicada a la Universidad de San Carlos de Guatemala, el 20 de Junio de 1957 por medio de acuerdo gubernativo emitido por el órgano del Ministerio de Hacienda y Crédito Público (actualmente Ministerio de Finanzas Públicas) pasando a formar parte de sus activos el día 11 de Agosto del mismo año. Actualmente la Administración de la Finca esta a cargo de la Facultad de Agronomía. En las consideraciones del acuerdo gubernativo respectivo se dejan implícitos los fines de la donación, los cuales son: *Prestar el apoyo necesario al desenvolvimiento de la cultura, incrementar el patrimonio de la Universidad de San Carlos como un medio para el mejor desarrollo de sus actividades y dotar a la Facultad de Agronomía de un inmueble para sus prácticas y labores de experimentación.*

Este trabajo se realizó en la finca Sabana Grande, aldea El Rodeo, Escuintla; durante el mes de agosto y septiembre del 2004. El estudio se llevó a cabo ante la necesidad que tienen las personas que administran la finca y la Red – CARA, de contar con un documento que posea información amplia y actualizada del recurso natural hídrico; haciendo énfasis en la calidad físico-química y bacteriológica, los caudales, el manejo y conservación de los 14 principales manantiales con que cuenta la finca; en la sistematización de la información hidrológica (aforos) y pluviográfica, así como otras actividades de importancia para finca Sabana Grande.

La información necesaria para la elaboración del presente estudio se obtuvo aplicando diversos métodos tales como caminamientos, observación y mediciones directas, muestreo de fuentes de agua, análisis físico-químicos, entrevistas, consultas personales, revisión de material bibliográfico y otros.

1.2 MARCO REFERENCIAL

Finca Sabana Grande, se encuentra ubicada en la aldea El Rodeo, de la cabecera municipal de Escuintla, tiene una extensión de 216 hectáreas equivalente a 2.16 km², se encuentra en las coordenadas geográficas entre los paralelos 14°21'17" y 14°20'35" de latitud norte y los meridianos 90°44'55" y 90°50'7" de longitud oeste.

El relieve de la zona de estudio va de gradualmente ondulada a plana con pendientes que varían del 0% al 30%, con una cota media de 650 msnm, teniendo su punto más bajo a 620 msnm y el punto más alto a 780 msnm.

Los límites de la finca Sabana Grande son: norte, aldea El Rodeo; sur, finca Lorena; este, finca Alsacia y oeste, finca Magdalena. Las vías de acceso son principalmente dos: La primera saliendo de la ciudad de Guatemala hacia el sur por la carretera CA-2, pasando por los municipios de Villa Nueva, Amatitlán y Palín, luego tomando la autopista hasta el km. 55.5, para luego desviarse a la carretera que conduce a la Antigua Guatemala hasta el km. 62.5. La segunda vía partiendo de la ciudad de Guatemala ruta a la Antigua Guatemala (km. 45) luego tomando la carretera que conduce hacia el sur, pasando por los municipios de Ciudad Vieja, Alotenango, hasta llegar a la aldea El Rodeo (km. 70) de la cabecera departamento de Escuintla (Morales Cayax 1990) (11).

1.3 OBJETIVOS

- A. Conocer la situación actual del recurso hídrico en la finca Sabana Grande.
- B. Plantear recomendaciones y opciones de solución a la problemática existente.

1.4 METODOLOGÍA

En la fase inicial de gabinete, se recopiló toda la información de estudios anteriores sobre el lugar de estudio, así se obtuvo la hoja cartográfica de Alotenango, escala 1:50,000, en donde se delimitó la finca, y se ubicaron las fuentes de agua entre nacimientos y ríos.

En la fase de campo se verificaron las fuentes de agua existentes, también se contó con equipo de Red-CARA entre aparatos para determinar características físico-químicas del agua, así como un molinete de la Facultad de Agronomía para el aforo de ríos, se aforaron nacimientos, se realizaron caminamientos para observar la situación actual de los nacimientos y ríos, se entrevistó a trabajadores de campo y personal administrativo sobre la situación actual del recurso hídrico.

En la fase final de gabinete se analizó toda la información recopilada y generada, con el objeto de determinar los problemas y por ende la situación actual del recurso hídrico, así como la priorización de estos problemas.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Ubicación de las fuentes de agua

En toda la finca se ubicaron 39 nacimientos, considerando la ubicación e importancia de estos, solo se trabajaron con 14 nacimientos, ya que presentan un alto caudal y poca variación a lo largo del año, de acuerdo a la opinión de pobladores de la finca. Hace falta mucha información en cuanto a la ubicación de los nacimientos dentro de la finca, ya que son pocas las personas que conocen exactamente la ubicación de éstos. Los nacimientos estudiados los encontramos en el cuadro 1.

Cuadro 1. Ubicación de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.

NACIMIENTO	ALTITUD msnm	UTM ESTE	UTM NORTE	NACIMIENTO	ALTITUD msnm	UTM ESTE	UTM NORTE
El Maníal	730	733636	1590772	La Presita	708	734039	1590754
El Idilio 2	665	733898	1591022	Los Cocales	717	734165	1590845
Pilita 1	696	733948	1590792	La Berrera	650	734080	1590231
Pilita 2	713	733966	1590779	El Ariete	719	734000	1590849
Mineral 1	690	734036	1590149	Rincón de Alsacia	658	734209	1589604
Mineral 2	690	734327	1590325	Guíneo Morado	723	734059	1589642
Mineral 3	697	733929	1590599	Piscina de Lorena	711	733396	1589465

Se ubicaron tres ríos los cuales son: Cantíl, Mongoy y Cometa. Estos ríos son los que presentan un mayor caudal y captan todo la escorrentía superficial de la microcuenca del río Cantíl, también cabe mencionar que en los puntos de aforo poseen estructuras hidrométricas para el aforo de los mismos, las cuales se encuentran en la fase de calibración.

1.5.2 Análisis físico-químico

Se realizó un análisis físico-químico a los nacimientos en estudio, entre los parámetros físicos están pH, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto; en los parámetros químicos analizados están nitratos, silicatos y cloro. Tomando en cuenta los resultados del cuadro 2., de pruebas físicas las aguas son aptas para consumo humano, de igual forma según los resultados del cuadro 3., de pruebas químicas las aguas son aptas para consumo humano. Hace falta realizar pruebas de otros parámetros químicos y pruebas bacteriológicas, con el objetivo de determinar el nivel de estos, y de esa forma estar seguros que las fuentes de agua son aptas para consumo humano u otros fines.

Cuadro 2. Parámetros físicos analizados en los nacimientos de la finca Sabana Grande durante el mes de agosto 2004.

MANANTIAL	FISICAS			
	pH	temperatura °C	EC us / cm.	Oxígeno mg / L
El Maníal	6.5	24.0	203	3.16
El Idilio 2	6.7	24.1	263	5.40
Pilita 1	6.3	24.5	281	4.64
Pilita 2	6.1	23.7	545	3.64
Mineral 1	6.2	24.2	735	2.45
Mineral 2	6.2	23.5	712	3.36
Mineral 3	6.0	25.1	436	3.86
La Presita	6.6	24.0	559	4.51
Cocales	6.6	25.1	219	4.21
La Berrera	6.4	25.3	401	4.26
El Ariete	6.1	24.1	382	4.20
Rincón de Alsacia	6.6	23.8	576	3.68
Guineo Morado	6.5	24.4	300	4.72
La Piscina de Lorena	6.3	24.4	418	4.47

Cuadro 3. Parámetros químicos analizados en los nacimientos de la finca Sabana Grande durante el mes de agosto 2004.

MANANTIAL	QUIMICAS				
	NITRATOS mg/L		SILICATOS mg/L		CLORO mg/L
	NO ₃ ⁻ - N	NO ₃ ⁻	SiO ₂	Si	Cl ⁻
El Maníal	0.6	2.5	82.8	38.7	1.1
El Idilio 2	1.6	7.0	92.5	43.2	5.0
Pilita 1	1.8	7.9	90.1	42.1	3.2
Pilita 2	2.1	9.4	96.3	23.4	7.2
Mineral 1	1.0	4.6	72.2	33.8	8.8
Mineral 2	1.3	5.6	93.3	43.6	9.3
Mineral 3	1.8	7.8	94.9	44.4	5.6
La Presita	2.0	8.7	94.5	44.2	7.7
Cocales	1.1	4.7	85.6	40.0	2.0
La Berrera	1.0	4.3	92.0	43.0	4.8
El Ariete	2.0	8.7	88.9	41.2	4.8
Rincón de Alsacia	1.0	4.3	65.8	30.7	7.2
Guineo Morado	1.2	5.3	59.6	27.8	3.5
La Piscina de Lorena	1.8	8.1	76.9	35.9	4.7

1.5.3 Escorrentía superficial

La escorrentía superficial aprovechable de los 14 nacimientos estudiados dentro de la finca, es de un caudal de 63.648 litros por segundo, como podemos observar en el cuadro 4., el nacimiento Mineral 2 es el de mayor caudal y el nacimiento Mineral 1 el de menor caudal, también está el nacimiento Piscina de Lorena con un caudal de 11.5 litros

por segundo, el cual nace en el límite entre la finca Sabana Grande y la finca Lorena pero es completamente aprovechable en tierras de la finca Sabana Grande.

Cuadro 4. Caudales de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande en el mes de agosto 2004.

NACIMIENTO	CAUDAL (Lps)
El Maníal	10.5
El Idilio 2	0.1
Pilita 1	5.21
Pilita 2	3.37
Mineral 1	0.068
Mineral 2	8.5
Mineral 3	5.06
La Presita	2.08
Los Cocales	1.26
La Berrera	1.79
El Ariete	6.5
Rincón de Alsacia	2.15
Guineo Morado	5.56
Piscina de Lorena	11.5

La escorrentía superficial aprovechable de los tres ríos tiene una caudal de 2925.8 litros por segundo ($2.93 \text{ m}^3/\text{segundo}$), los cuales se pueden aprovechar en proyectos de riego entre otros, como podemos ver en el cuadro 5., el Río Cantíl es el de mayor caudal y el Río Cometa el de menor caudal.

Cuadro 5. Caudales de los principales ríos de la finca Sabana Grande en el mes de agosto 2004.

RIO	CAUDAL (Lps)
Cantíl	2,085.0
Cometa	280.6
Mongoy	560.2

1.5.4 Manejo y conservación de los nacimientos

La situación actual de los manantiales es muy mala, no se encuentran identificados, no están georeferenciados, sus rutas de acceso en malas condiciones y en algunos casos no existe, las estructuras de aforo necesitan reconstrucción y/o reparación, el área circundante se encuentra un tanto abandonada debido a la deforestación y la poca conservación del terreno, se observaron áreas erosionadas que entorpecen el cauce de drenaje de los manantiales.

1.5.5 Sistematización de la información hidrológica y climática

Se consultaron los archivos de la Finca Sabana Grande, y no se encontró un registro diario, ni mensual de los caudales de los principales ríos y manantiales. No se han hecho estudios, en donde se puede utilizar la información climática generada en la estación climática del INSIVUMEH, ni información que se pueda generar en las estaciones hidrométricas de los ríos, ya que con esta información se puede determinar un índice de infiltración y por ende la recarga hídrica de la zona. La información de las bandas pluviográficas es diaria, las cuales se pueden encontrar en las oficinas centrales del INSIVUMEH, para futuros estudios.

1.5.6 Priorización de problemas

Tomando en cuenta la información recopilada y generada, se hizo un análisis matricial de los problemas encontrados y relacionados con el recurso hídrico, de esta forma se priorizaron los siguientes problemas:

- A. No existe información reciente de escorrentía superficial.
- B. No se ha sistematizado la información generada en la estación climática y la que se puede generar en las estaciones hidrométricas.
- C. Deterioro y contaminación de los nacimientos.
- D. No existe información de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos de las fuentes de agua.

1.6 CONCLUSIONES

- A. El recurso hídrico en la finca Sabana Grande es abundante, ya que se cuenta con 39 nacimientos y 4 ríos, tomando en cuenta la ubicación y su caudal solo se trabajan con 14 nacimientos y tres ríos.
- B. De acuerdo con los resultados de las pruebas químicas y físicas desarrolladas las fuentes de agua de los nacimientos son aptas para consumo humano, pero hay que tomar en cuenta que no se analizaron bacterias y otros parámetros químicos de mucha importancia.

- C. La escorrentía superficial de nacimientos y ríos es abundante, la cual se puede aprovechar muy bien en proyectos de riego y otras actividades, se debe de cuidar las áreas boscosas para no perder el recurso hídrico.
- D. La situación actual de los nacimientos va en deterioro y pérdida del recurso hídrico, el avance de la frontera agrícola con el cultivo de caña de azúcar va aumentando reduciendo las áreas de protección de los mismos, no se trabaja en actividades que conlleven al aprovechamiento y conservación de los nacimientos.
- E. En base a la priorización de problemas, los mas grandes es la falta de información de caudales y calidad de agua, así como la poca sistematización de la información y la mas importante es la protección de los nacimientos.

1.7 RECOMENDACIONES

- A. Realizar la medición del caudal de los ríos en las estaciones hidrométricas en tres horarios diferentes (6:00, 13:00, 17:00 hrs.), también aforar los nacimientos una vez al mes, y medir la altura del nivel freático por medio del pozo dos veces al año, uno en la época seca y otra en la época de lluvia. Toda información recabada en los aforos deberán llevarse en boletas de registro, las cuales deberán permanecer en las oficinas de la Finca, ya que sería información importante a quien interese.
- B. Realizar la medición de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos con mayor frecuencia en las fuentes de agua de la finca, ya que nos permite ver la fluctuación de éstos parámetros a lo largo del tiempo, y poder utilizar esta información en otras investigaciones.
- C. Ubicar geográficamente por medio de coordenadas los nacimientos, identificarlos por medio de rótulos, seguir construyendo estructuras de aforo, ubicar los nacimientos poco visitados y construirles rutas de acceso a todos, y en algunos casos la construcción de gradas, reforestar las áreas de infiltración en un radio mínimo de 100 metros al nacimiento.
- D. Realizar un estudio sobre recarga hídrica, por medio de la sistematización de la información al generar un índice de infiltración, la cual sería de mucho interés, ya que sería el primer trabajo en este tema.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Benítez, A. 1972. Captación de aguas subterráneas. Madrid, Dorsal. 619 p.
2. Cruz, JR., De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, basada en el sistema de Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
3. Herrera Ibáñez, IR. 1998. Reconocimiento hidrogeológico de la cuenca del río Itzapa, departamento de Chimaltenango, Guatemala. Tesis Msc. Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Escuela Centroamericana de Geología. 104 p.
4. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1978. Mapa de cuencas de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:500.000. Color.
5. _____. 1980. Mapa de regiones fisiográficas de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:1.000.000. Color.
6. _____. 1981. Mapa geológico de la república de Guatemala: hoja Alotenango, no. 2058 II. Guatemala. Esc. 1:50.000. Color.
7. _____. 1982. Mapa climatológico preliminar de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:1.000.000. Color.
8. _____. 1982. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Alotenango, no. 2059 III. Guatemala. Esc. 1:50.000. Color.
9. Linsley, K. 1988. Hidrología para ingenieros. 2 ed. México, Mc-Graw Hill. 357 p.
10. MINECO (Ministerio de Economía, GT); COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas y Regulaciones, GT). 2001. Norma NGO 29 001 agua potable. Guatemala. 3 p.
11. Morales Cayax, MA. 1990. Diagnóstico del recurso hídrico de la Unidad Docente Productiva Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla. Diagnóstico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 73 p.

CAPITULO II

INVESTIGACION

**DETERMINACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA VERTICAL DE LA
MICRO CUENCA DEL RÍO CANTÍL, EL RODEO, ESCUINTLA**

**DETERMINATION OF THE VERTICAL GROUNDWATER RECHARGE OF THE
BASIN OF THE CANTIL RIVER, EL RODEO VILLAGE, ESCUINTLA**

2.1 PRESENTACIÓN

La microcuenca del río Cantíl se encuentra en la parte media de la cuenca del río Guacalate, y es un área muy interesante porque de ella dependen los nacimientos y ríos ubicados dentro de finca Sabana Grande, ya que la finca es un centro prioritario de investigación del recurso hídrico para la Facultad de Agronomía y para la Red Centroamericana de Manejo de Recursos Hídricos.

Actualmente existe información sobre recarga hídrica de la micro cuenca del río Cantil, pero los componentes para la determinación de ésta, tales como precipitación infiltrada se ha determinado por medio de métodos indirectos y no métodos directos como lo es el método del índice de infiltración Φ , un método muy preciso que relaciona los registros de precipitación y esorrentía de un evento de lluvia para determinar la precipitación efectiva o la medición directa del nivel freático por medio del pozo mecánico, el cual nos da la recarga hídrica real de la zona. De esta forma se puede determinar con mayor precisión el potencial hídrico de la finca y proponer alternativas de manejo para su conservación.

Con el estudio anterior se determinó la recarga hídrica de la micro cuenca del río Cantil utilizando tres metodologías para el cálculo de la precipitación infiltrada, éstas metodologías fueron el índice de infiltración con una recarga hídrica de 18,668,890 m³/año, la infiltración básica por el método de porchet con una recarga hídrica de 19,267,526 m³ / año y la recarga real medida en el pozo con una recarga hídrica de 6,704,800 m³/año; el índice de infiltración medio Φ de la micro cuenca del río Cantil fue de 94.69%, y se cuantificó el potencial del recurso hídrico superficial dentro de finca Sabana Grande siendo este de 19,166,004 m³ / año, por medio de afloramientos a nacimientos y ríos.

Con la información generada en la investigación dentro del programa del ejercicio profesional supervisado se contribuye con estudios, a futuras investigaciones y al fortalecimiento del programa de investigación en este campo.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 EL CICLO HIDROLÓGICO

El concepto de *ciclo hidrológico* es un punto útil, desde el cual comienza el estudio de la hidrología. Este ciclo se visualiza iniciándose con la evaporación del agua de los

océanos. El vapor de agua resultante es transportado por las masas móviles de aire. Bajo condiciones adecuadas el vapor se condensa para formar las nubes, las cuales, a su vez, pueden transformarse en precipitación. La precipitación que cae sobre la tierra se dispersa de diversas maneras. La mayor parte de ésta es retenida temporalmente por el suelo, en las cercanías del lugar donde cae, y regresa eventualmente a la atmósfera por evaporación y transpiración de las plantas. Otra porción de agua que se precipita viaja sobre la superficie del suelo o a través de éste hasta alcanzar los canales de las corrientes. La porción restante penetra más profundamente en el suelo para hacer parte del suministro de agua subterránea. Bajo la influencia de la gravedad, tanto la escorrentía superficial y del agua subterránea regresa a la atmósfera por medio de evaporación y transpiración, antes de alcanzar los océanos (Linsley 1988) (11).

2.2.2 PRECIPITACIÓN PLUVIAL

Uno de los componentes principales del ciclo hidrológico es la precipitación. Puede calificarse de factor esencial que constituye la materia prima del referido ciclo. Como precipitación se conocen todas las formas de humedad que caen a la tierra, provenientes de las nubes, como agua, nieve y hielo. La evaporación desde la superficie de los océanos es la principal fuente de humedad para la precipitación, ya que no más del 10% de la precipitación continental se puede atribuir a la evaporación en los continentes. Sin embargo, la cercanía a los océanos no necesariamente implica altas precipitaciones, como es el caso de islas desérticas (Custodio y Llamas 1983) (3).

2.2.2.1 Medición de la precipitación

Los aparatos más usuales para medir la precipitación son los pluviómetros y los pluviógrafos.

Los pluviómetros están formados por un recipiente cilíndrico graduado al que descarga un embudo que capta el agua de lluvia, por medio del área de captación.

Los pluviógrafos son semejantes a los pluviómetros, con la diferencia de que tienen un mecanismo para producir un registro continuo de precipitación (Aparicio Mijares 1996) (2).

2.2.3 ESCURRIMIENTO

Se entiende por escurrimiento, al flujo superficial (sobre el suelo), subsuperficial (dentro del suelo) y al flujo subterráneo (en los estratos de roca) provenientes de la precipitación pluvial, los cuales generalmente son captados por los cauces de los ríos.

La medición del escurrimiento de un río, es el dato básico empleado en la mayoría de los casos en que se van a planear o proyectar obras hidráulicas en el cauce de alguna cuenca. Por lo tanto, es conveniente tener esta información disponible y en la cantidad adecuada, además de confiable.

El caudal o gasto es el volumen de agua que pasa por una sección específica del cauce de un río, en un tiempo determinado; y al conjunto de operaciones que conducen a la valorización del gasto, se le denomina *aforo* (Herrera Ibáñez 2002) (7).

2.2.4 HIDROGRAMAS

Un *hidrograma* es el gráfico de nivel o caudal contra el tiempo. Se han utilizado diferentes medios para representarlo gráficamente, según el propósito del gráfico; las medias anuales y mensuales o el caudal total se utiliza para mostrar el registro de la escorrentía que pasa por una estación (Linsley 1988) (11).

Se denomina *hidrógrafo o hidrograma* de caudal, a la representación gráfica de la variación del caudal en relación con el tiempo. El intervalo de tiempo puede variar de horas, meses a años (Herrera Ibáñez 2002) (7).

2.2.5 INFILTRACIÓN

La infiltración es el paso del agua a través de la superficie del suelo hacia el interior de la tierra. Aun cuando existe una diferencia con la *percolación*, que es el movimiento del agua dentro del suelo, los dos fenómenos están relacionados íntimamente, puesto que la infiltración no puede continuar libremente sino cuando la percolación ha removido el agua de las capas superiores del suelo (Linsley 1988) (11).

Se define como el movimiento del agua, a través de la superficie del suelo y hacia dentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares (Aparicio Mijares 1996) (2).

2.2.5.1 Índice de Infiltración Media Φ

Este criterio supone que la capacidad de infiltración es constante durante toda la tormenta. A esta capacidad de infiltración se le llama *índice de infiltración media Φ* . El cual se puede calcular cuando se tiene un registro simultáneo de precipitación y escurrimiento de una tormenta (Aparicio Mijares 1996) (2).

El índice de infiltración media Φ , se utiliza para calcular la precipitación efectiva o la escorrentía, considerando una tasa de infiltración promedio. El índice Φ se obtiene de hidrogramas medidos (Rojas 1986) (15).

Se admite que para un aguacero dado y en las condiciones iniciales determinadas de la cuenca, la tasa de recarga de la cuenca es constante durante toda la duración del aguacero. En un gráfico que da la intensidad media de la lluvia en función del tiempo el índice Φ representa la intensidad media por encima de la cual todo excedente de caudal pluvial se halla en forma de escurrimiento en la salida. Es claro que el índice Φ integra, en una forma excesivamente simplificada, la acción de la intercepción de los diversos almacenajes superficiales y de la infiltración; así algunos hidrólogos la designan con el nombre bastante impropio de *índice de retención* (Aparicio Mijares 1996) (2).

2.2.6 EVAPOTRANSPIRACIÓN

La evapotranspiración llamada también *uso consuntivo* del cultivo, es la suma de los fenómenos de evaporación del suelo y transpiración de las plantas (Herrera Ibáñez 2002) (7).

2.2.7 RECARGA HÍDRICA

La recarga hídrica es el proceso que implica el incremento de agua hasta la zona de saturación, donde se encuentra el nivel de las aguas subterráneas. Es decir, es la cantidad de agua adicionada a un acuífero o recarga artificial (irrigación, inundación y piscinas o zanjas excavadas). Mientras que la recarga natural se refiere a la cantidad de agua absorbida de la infiltración de la lluvia (precipitación eficaz) y también de la infiltración de agua de los ríos influentes y lagos que llega a un acuífero. Además, puede ser directa (más o menos vertical por infiltración) y lateral (aporte de otras áreas o cuencas) (Herrera Ibáñez 2002) (7).

2.3 MARCO REFERENCIAL

La microcuenca del río Cantil tiene un área de 9,86 km². Según el mapa de regiones fisiográficas de Guatemala, se encuentra dentro de la región fisiográfica denominada Pendiente Volcánica Reciente (IGN, 1980). Los suelos pertenecen a la serie Alotenango, esto de acuerdo al estudio de suelos a nivel de reconocimiento elaborado por Simmons et. al. (1959) las cuales se caracterizan por ser suelos profundos, bien drenados y de textura franca.

El Mapa de Cuencas de la República de Guatemala, muestra que se encuentra ubicada en la parte media de la cuenca del río Guacalate, el cual es tributario principal del río Achiguate que pertenece a la vertiente del Pacífico (IGN, 1978). El relieve de la zona de estudio va de gradualmente ondulada a plana con pendientes que varían del 0% al 30%, y elevaciones desde los 600 msnm a 1,020 msnm.

La precipitación media anual es de 3,328 mm distribuida en 68 días de lluvia, la humedad relativa varía de 80% a 94% y la temperatura posee una variación de 12 °C y 33 °C con una media anual de 24 °C.

Según el mapa de Zonas de Vida elaborado por J.R. de la Cruz; basado en el sistema de clasificación de Holdridge, se encuentra dentro de la zona de vida denominada Bosque Muy Húmedo Sub-Tropical Cálido (bmh-Sc).

2.4 OBJETIVO

2.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la recarga hídrica vertical de la micro cuenca del río Cantil, utilizando tres metodologías para obtener la precipitación infiltrante.

2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- A. Determinar el índice de infiltración media de la microcuenca del río Cantil.
- B. Determinar la cantidad disponible de agua de los principales ríos y manantiales.
- C. Comparar los diferentes resultados de recarga hídrica estimados por el balance hídrico de suelos con información de precipitación infiltrada del índice de infiltración, infiltración básica por porchet y la recarga hídrica real del pozo.

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 Delimitación del área de estudio

Con la ayuda del mapa topográfico, hoja cartográfica Alotenango, escala 1:50,000, se definió la microcuenca del río Cantil, dentro de la cual se ubica la Finca Sabana Grande. Primero se ubicó el río Cantil en la hoja cartográfica, posteriormente se identificaron las corrientes intermitentes y efímeras, y de último se delimitó la microcuenca trazando el parte aguas, el área de la microcuenca se determinó utilizando un planímetro.

2.5.2 Aforo de nacimientos y ríos

El método de aforo de los manantiales fue el volumétrico, realizándose durante el EPS por lo que la fórmula utilizada fue la siguiente: $Q = \text{volumen} / \text{tiempo} = (L/s, m^3/s)$.

Para el aforo de los ríos se utilizó el método de sección-velocidad: se identificaron las secciones con las mejores condiciones de rectitud y regularidad en su cauce que facilitaran su aforo.

La sección transversal se obtuvo calculando las áreas parciales perpendiculares a la dirección del río de acuerdo con las distancias recomendadas. El área total de la sección transversal se determinó sumando las áreas parciales.

La velocidad se obtuvo de un molinete, con el método de los 6/10, el cual consiste en colocar el molinete a 6/10 de la profundidad (0.6 H) de cada punto medio, contando de la superficie del agua hacia abajo.

$$V = a + bN \quad \text{donde} \quad \begin{array}{l} N = \text{revoluciones del molinete} \\ b = \text{Número de vueltas por tiempo} \\ a = \text{factor de corrección del molinete} \end{array}$$

Con esta información el caudal se calculó de la siguiente manera:

$$Q = \text{Área total (m}^2\text{)} \times \text{Velocidad media en (m/s)} = m^3 / s$$

2.5.3 Registros de precipitación

Se utilizaron los datos registrados en la estación meteorológica Sabana Grande tipo B, ubicada dentro de la finca Sabana Grande, en las coordenadas latitud norte 14°22'03" y

longitud oeste 90°49'48", a una altura de 660 msnm. Durante el período de estudio (agosto 2004 – julio 2005).

2.5.4 Índice de infiltración

Siguiendo la metodología propuesta se obtuvo el Índice de Infiltración por medio del Criterio de la Capacidad de Infiltración Media o Índice de Infiltración, analizando los registros de precipitación y escorrentía de las tormentas del período estudiado (agosto 2004 – julio 2005) (Aparicio Mijares 1996) (2).

Este criterio supone que la capacidad de infiltración es constante durante toda la tormenta. A esta capacidad de infiltración se le llama Índice de Infiltración media Φ . Cuando se tiene un registro simultáneo de precipitación y escurrimiento de una tormenta, el Índice de Infiltración se calcula de la siguiente manera:

1. De los hidrogramas de los tres ríos de la finca se separó el gasto base y se calculo el volumen de escurrimiento directo. Esto se hizo mensualmente.
2. Se calculo la altura de lluvia en exceso o efectiva hp_e como el volumen de escurrimiento directo dividido entre el área de la cuenca, el área de la cuenca tomado de Padilla Cámara (2002), es de 9.86 km².

$$hp_e = V_{ed} / A_c.$$

3. Se calculo el Índice de Infiltración trazando una línea horizontal en el hietograma de las lluvias, de tal manera que la suma de las alturas de precipitación que quedaron arriba de esa línea sea igual a hp_e . El Índice de Infiltración es entonces igual a la altura de precipitación correspondiente a la línea horizontal dividida entre el intervalo de tiempo Δt que duro cada barra del hietograma.

2.5.5 Precipitación infiltrada

La precipitación infiltrada se determinó por medio del índice de infiltración media Φ , el cual determina la precipitación efectiva y la escorrentía. También se determinó por medio de valores de infiltraciones básicas de campo.

2.5.6 Recarga hídrica

La recarga hídrica de suelos, se determinó por el método (Schosinsky & Losilla, 2000), la precipitación efectiva se determinó por medio del método del índice de infiltración Φ y con valores de infiltraciones básicas de campo, la evapotranspiración se determinó a partir de la información proporcionada por la estación meteorológica del INSIVUMEH de Sabana Grande y los valores relacionados directamente con el suelo, tales como CC, PMP y Densidad Aparente se determinaron en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía, USAC.

2.5.7 Recarga hídrica real

La recarga hídrica real se determinó por la fluctuación del nivel freático mensual (lámina) y considerando el área de la micro cuenca se determinó el volumen de agua recargada anualmente.

2.5.8 Propuesta de manejo del recurso hídrico

Esta propuesta de manejo está basada en la información generada en este estudio, tomando en consideración variables como, uso actual del suelo, características edáficas, riesgos de erosión o problemas de conservación de suelo y agua, pendiente del terreno, todo enfocado a la conservación y manejo de recurso hídrico.

2.6 RESULTADOS

2.6.1 El área de estudio

Con la ayuda de la hoja cartográfica Alotenango, escala 1:50,000. Se delimitó la microcuenca del río Cantil. El área total de la microcuenca del río Cantil es de 9.86 km², para el cálculo de la recarga hídrica se dividió la cuenca en tres partes, tomando en cuenta la pendiente del terreno y el uso actual de la tierra, las partes de la microcuenca son:

- A. La parte alta > 800 msnm. (2.15 km²)
- B. La parte media 700 – 800 msnm. (3.95 km²)
- C. La parte baja < 700 msnm. (3.76 km²)

2.6.2 Aforo de nacimientos y ríos

Esta información se obtuvo por medio de la medición mensual de 14 principales nacimientos dentro de la Finca (Cuadro 6), y de los tres principales ríos (Cuadro 7).

La disponibilidad de agua saliendo de los nacimientos, varía de un rango que va de 0.03 Lps en el nacimiento Idilio 2, hasta el máximo caudal de 13.1 Lps del nacimiento Mineral 2. Dentro de la finca tenemos un potencial de agua de 50 Lps disponibles en los nacimientos estudiados, que es igual a un volumen anual de agua de 1,584,936 m³.

Cuadro 6. Caudales de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande, período Agosto 2004 – Mayo 2005.

NACIMIENTO	CAUDAL (Litros / segundo)									
	2004					2005				
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
El Idilio 2	0.10	0.20	0.18	0.21	0.12	0.09	0.10	0.12	0.10	0.15
El Ariete	5.50	5.20	5.30	5.60	4.85	3.96	4.20	4.35	4.40	4.45
La Pilita 1	5.20	4.80	4.95	5.10	5.85	5.25	5.35	5.15	5.10	5.15
La Pilita 2	3.40	3.55	3.65	3.45	3.20	3.50	3.20	3.25	3.14	3.35
La Presita	2.10	1.95	1.90	2.10	1.75	1.35	1.45	1.95	1.90	1.95
Cocales	1.30	1.20	1.15	1.23	1.10	0.82	1.10	1.14	0.95	1.10
Mineral 1 / El Chorruto	0.06	0.05	0.05	0.06	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04
Mineral 2	9.50	12.50	12.20	13.10	9.45	8.25	8.65	8.40	8.10	8.95
Mineral 3 / Coban	5.10	5.20	5.15	5.25	4.75	4.85	4.90	5.10	4.15	4.65
La Berrera	1.80	1.95	1.92	2.02	1.85	1.64	1.70	1.85	1.65	1.70
Rincón de Alsacia	2.20	2.10	2.60	2.85	2.40	2.10	2.25	2.15	2.05	2.10
Guineo Morado / El Caulote	5.60	5.10	5.40	5.46	4.95	4.23	4.56	4.75	4.25	4.85
El Limonar	2.40	2.50	3.10	3.25	3.10	2.65	2.10	2.15	2.10	2.25
El Maníal	9.40	8.60	7.65	8.25	6.10	5.65	6.45	7.15	6.95	7.85

La disponibilidad del agua de los ríos (Cuadro 7) se debe a la contribución de todos los nacimientos, ya que se encuentran más de 60 nacimientos en toda la micro cuenca, los caudales presentados son los normales durante todo el mes, no se tomaron en cuenta los influenciados por la escorrentía de la lluvia. El caudal promedio del río Cantil es de 301.09 Lps, el caudal promedio del río Mongoy es de 195.14 Lps y el caudal promedio del río Cometa es de 111.52 Lps. Lo que convertido en volumen de agua aprovechable por escorrentía de los tres ríos es de 19,166,004 m³ / año. En temporada de estiaje el caudal aprovechable de los tres ríos es de 360.9 Lps (0.36 m³/segundo).

Cuadro 7. Caudales de los principales ríos de la finca Sabana Grande, período Agosto 2004 – Mayo 2005.

RÍO	CAUDAL (Litros / segundo)									
	2004					2005				
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Cantil	536.1	265.4	296.3	235.6	251.5	182.0	198.1	333.8	189.2	522.9
Mongoy	365.2	225.2	195.6	161.4	108.5	145.6	106.4	285.4	105.6	252.5
Cometa	145.6	185.2	130.4	120.5	86.5	92.5	81.5	87.1	66.1	119.8

2.6.3 Índices de infiltración Φ

Estos se obtuvieron siguiendo la metodología del índice de infiltración media, por medio de relacionar los registros de escorrentía y precipitación pluvial de un evento de lluvia, de acuerdo al cuadro 8 los meses agosto, septiembre, octubre del año 2004 y de mayo, junio, julio del año 2005.

Cuadro 8. Valores de los índices de infiltración Φ de la micro cuenca del río Cantil.

MES / AÑO	<i>Índice de Infiltración Φ</i>
Agosto 2004	20.78 mm / hora
Septiembre 2004	32.99 mm / hora
Octubre 2004	33.20 mm / hora
Mayo 2005	29.94 mm / hora
Junio 2005	31.82 mm / hora
Julio 2005	28.12 mm / hora

El valor del Índice de Infiltración medio Φ para la micro cuenca del río Cantil de es **29.48 mm / hora (94.69%)**, el cual se obtuvo promediando los valores de los índices de los meses estudiados.

Esto quiere decir que todos los valores de intensidades de lluvia menores o iguales a 29.48 mm / hora, se infiltran y forman parte de la precipitación efectiva, y aquellos valores de intensidad que sean mas altos que el índice, la diferencia es directamente la escorrentía superficial por lluvia.

También se utilizaron valores de infiltración básica de campo (Cuadro 9), obtenidos por Padilla Cámara (2002).

Cuadro 9. Valores de infiltración básica de la micro cuenca del río Cantil.

AREA	Infiltración Básica (mm/hora)
Parte alta de la micro cuenca	47.1
Parte media de la micro cuenca	28.36
Parte baja de la micro cuenca	61.1

2.6.4 Precipitación infiltrada

Los valores de precipitación infiltrada se obtuvieron utilizando el valor del índice de infiltración media Φ de cada mes (Cuadro 10), de la microcuenca y los valores de infiltración básica de la micro cuenca del río Cantil (Cuadro 11).

Cuadro 10. Precipitación infiltrada y escorrentía, determinada con el Índice de infiltración medio Φ de la micro cuenca del río Cantil, período Agosto 2004 – Julio 2005.

MES	Precipitación infiltrante (mm)	Escorrentía (mm)
Agosto	170.1	0
Septiembre	349.36	34.04
Octubre	629.7	37.8
Noviembre	16	0
Diciembre	0	0
Enero	0	0
Febrero	0	0
Marzo	86.6	0
Abril	67.5	0
Mayo	398.62	21.08
Junio	606.86	40.04
Julio	341.72	16.38
TOTAL	2666.46	149.34

Cuadro 11. Precipitación infiltrada, determinada con valores de infiltración básica de la micro cuenca del río Cantil, período Agosto 2004 – Julio 2005.

MES	Precipitación infiltrada (mm)	Precipitación infiltrada (mm)	Precipitación infiltrada (mm)
	Parte alta	Parte media	Parte baja
Agosto	170.1	170.1	170.1
Septiembre	376.5	327.4	383.4
Octubre	664.4	600.4	667.5
Noviembre	16	16	16
Diciembre	0	0	0
Enero	0	0	0
Febrero	0	0	0
Marzo	86.6	86.6	86.6
Abril	67.5	67.5	67.5
Mayo	419.7	393.9	419.7
Junio	646.3	596.5	646.9
Julio	358.1	342	358.1
TOTAL	2805.2	2600.34	2815.8

2.6.5 Recarga hídrica

La recarga hídrica de la micro cuenca del río Cantil, se obtuvo por medio de la metodología propuesta por (Schosinsky & Losilla, 2000), al analizar los factores de la micro cuenca como pendiente, cobertura vegetal, uso actual, pendiente, y otros, se diferenciaron tres áreas dentro de la micro cuenca, en la parte alta con mayor pendiente una vegetación boscosa y una profundidad efectiva de 2.0 m; la parte media con una profundidad efectiva de 1.4 m, cubierta vegetal de cultivos como pastos y caña de azúcar, y una pendiente ligeramente plana y la parte baja, con una cubierta boscosa y cafetal, pendiente ligeramente quebrada, una profundidad efectiva de 1.6 m.

La parte alta de la micro cuenca del río Cantil posee un área de 2.15 Km²., la parte media es de 3.95 Km². y la parte baja es de 3.76 Km².

La recarga hídrica (Cuadro 12) dentro de la micro cuenca del río Cantil utilizando la precipitación infiltrante del índice de infiltración Φ es de 18,668,890 m³ / año.

Cuadro 12. Recarga hídrica de la micro cuenca del río Cantil, utilizando la precipitación infiltrada determinada por el índice de infiltración media Φ , período Agosto 2004 – Julio 2006.

Área	Lámina de Agua (m)	Volumen anual de Recarga (m ³)
Parte alta (2.15 km ²)	1.83226	3,939,359
Parte media (3.95 km ²)	1.90055	7,507,173
Parte baja (3.76 km ²)	1.92084	7,222,358
		TOTAL = 18,668,890

La recarga hídrica (Cuadro 13) dentro de la micro cuenca del río Cantil utilizando la precipitación infiltrante de la Infiltración Básica es de 19,267,526 m³ / año.

Cuadro 13. Recarga hídrica de la micro cuenca del río Cantil, utilizando la precipitación infiltrada determinada por la infiltración básica de campo, período Agosto 2004 – Julio 2005.

Área	Lámina de Agua (m)	Volumen anual de Recarga (m ³)
Parte alta (2.15 km ²)	1.971	4,237,650
Parte media (3.95 km ²)	1.83443	7,245,999
Parte baja (3.76 km ²)	2.07018	7,783,877
		TOTAL = 19,267,526

La recarga hídrica (Cuadro 14) utilizando la medición directa del nivel freático por medio del pozo ubicado dentro de Finca Sabana Grande, tanto en la época baja como en la época de mayor recarga, y por diferencia nos da la lámina de recarga de 0.68 metros y considerando el área de la micro cuenca del río Cantil, tenemos una recarga hídrica anual de 6,704,800 m³/año.

Cuadro 14. Recarga hídrica de la micro cuenca del río Cantil, utilizando la precipitación infiltrada por medio de la medición directa del nivel freático en el pozo, período Agosto 2004 – Julio 2005.

Área	Lámina de Agua (m)	Volumen anual de Recarga (m ³)
Micro cuenca (9.86 km ²)	0.68	6,704,800

Como podemos observar, la recarga hídrica determinada con valores provenientes de precipitación infiltrada de la Infiltración Básica es mayor en 12,562,276 m³ anuales a la recarga hídrica determinada con valores de precipitación infiltrada de la medición directa del nivel freático en el pozo, esto se debe principalmente a que determinar la velocidad de infiltración por estos métodos directos en el campo (Porchet), no toman en cuenta el tipo de suelo, la pendiente del terreno, la vegetación e intensidades de lluvia, por lo que generalmente tienden a sobreestimar los valores de infiltración, y por ende sobreestima los valores de recarga hídrica.

Al analizar la recarga hídrica determinada con los valores de precipitación infiltrada con el Índice de Infiltración, nos damos cuenta que sobrepasa en 11,964,090 m³ anuales a la recarga hídrica determinada con valores de precipitación infiltrada de la medición directa del nivel freático en el pozo. Basado en estos resultados nos damos cuenta que la recarga hídrica utilizando los valores de precipitación infiltrada por Infiltración Básica e Índice de Infiltración sobreestiman la realidad, acercándose un poco más a la realidad los valores estimados por el Índice de Infiltración. Por lo tanto es aconsejable utilizar el índice de infiltración para el cálculo de la precipitación infiltrada y por ende de la recarga hídrica, ya que no en todos los lugares se cuenta con un pozo mecánico que nos permita observar la fluctuación del nivel freático durante la época de recarga.

2.6.7 Propuesta de manejo del recurso hídrico

Debe existir un mayor control por parte de las autoridades de la finca en el uso de los ríos de la finca Sabana Grande, para actividades de recreación por parte de la población visitante, ya que esta no tiene una conciencia sobre el daño que se le hace al ambiente al vaciar la basura sobre los mismos, así como en el área circundante.

Otro factor a tomar en cuenta, es el uso del agua de los ríos para actividades de higiene, lavado de ropa, por parte de la población utilizando jabón, detergentes, cloro y otros productos químicos no biodegradables, que contienen agentes que favorecen la formación de espuma, la cual dificulta la depuración natural de las aguas.

Para proteger las fuentes de agua se debe de evitar contaminar principalmente la parte alta de la micro cuenca del río Cantil, que es donde se infiltra el agua, evitando drenajes o basureros que al llover por escorrentía puedan llevarse microorganismos a las fuentes de agua y provocar enfermedades a los habitantes de la micro cuenca. Así mismo, se recomienda a las autoridades de la Finca, por medio de la Facultad de Agronomía, concienciar a la población de la microcuenca y en especial a la de Finca Sabana Grande, sobre la contaminación a los mantos de agua, y los daños que pueden existir en el futuro.

Se debe de conservar y manejar el acuífero en conjunto, principalmente en el área de recarga que se encuentra fuera de la finca Sabana Grande, tratando de implementar medidas de control sobre las actividades agropecuarias y humanas que podrían afectarlo. Hay que tomar en cuenta que más del 50% del área de la micro cuenca del río Cantil es utilizada para actividades agrícolas y ganaderas, siendo estas dos actividades totalmente empresariales con fines de lucro, siendo en áreas privadas, debido a lo anterior se propone que como mínimo se conserven las pequeñas áreas boscosas que existen en la parte alta y media de la micro cuenca, y al mismo tiempo reforestar las áreas de influencia de nacimientos y ríos, así como terrenos con alta pendiente, con capacidad de uso estrictamente de protección.

Es necesario crear conciencia en la población, de la necesidad de reforestar las áreas de amortiguamiento o infiltración, ya que de estas depende la recarga hídrica y por ende la disponibilidad de agua subterránea como lo son los nacimientos y ríos. Es indispensable crear límites de protección de nacimientos y ríos, en donde deben de estar

completamente reforestados. Especialmente a las autoridades de Finca Sabana Grande, se les recomienda reforestar las áreas que actualmente están sin utilizar y las ubicadas en la parte de arriba del Campo de Pozos, las cuales aparte de generar beneficios en cuanto a la recarga hídrica, se pueden inscribir en el Programa de Incentivos Forestales y de esta forma también estaría generando beneficios económicos.

2.7 CONCLUSIONES

- A. El Índice de Infiltración Medio Φ de la micro cuenca del río Cantil, se estimó en 94.69%, dicho valor se obtuvo del promedio de los índices de infiltración de los meses de agosto, septiembre, octubre del año 2004 y los meses de mayo, junio, julio del año 2005. Esto significa que el 94.69% de una lluvia se infiltra y el 5.31% escurre.
- B. Se llegó a determinar la recarga hídrica de la micro cuenca del río Cantil por medio del método de (Schosinsky & Losilla, 2000), dando un valor de 18,668,890 m³ / año, para obtener dicho valor se tuvo que segmentar la micro cuenca en tres regiones obedeciendo a las diferencias entre pendiente, cobertura vegetal, uso actual, principalmente, dando una lámina de recarga de 1.83226 m en la parte alta, y una de 1.90055 m en la parte media y una de 1.92084 m en la parte baja.
- C. El caudal aprovechable de los ríos Cantil, Mongoy y Cometa es de 19,166,004 m³ / año, hay que tomar en cuenta la cantidad de agua que aportan los nacimientos que es de 1,584,936 m³ / año y de otros nacimientos que por razones de acceso y ubicación no se pudieron aforar.
- D. Se obtuvieron los valores de recarga hídrica utilizando los tres métodos de determinación de precipitación infiltrada, para el método del Índice de Infiltración nos dio una recarga hídrica de 18,668,890 m³/año, utilizando el método de la Infiltración Básica nos da una recarga hídrica de 19,267,526 m³/año y utilizando el método más real la medición directa del nivel freático en el pozo, nos da una recarga hídrica de 8,874,000 m³/año, existiendo una variabilidad amplia entre ellos, y el método que más se acerca a la realidad es el del Índice de Infiltración.

2.8 RECOMENDACIONES

- A. Se recomienda continuar con los estudios hidrogeológicos, que permitan definir con exactitud y caracterizar el acuífero, y determinar la extensión y espesor del mismo.
- B. Realizar investigaciones de hidrogeología isotópica, para determinar con exactitud el origen de la recarga del acuífero de la micro cuenca del río Cantil.
- C. Se recomienda implementar medidas de protección estrictas en los nacimientos, especialmente en su punto de afloramiento, esto incluye cercas, cajas de protección y reforestación del área circundante.
- D. La Facultad de Agronomía, por medio de la Área Forestal, debe de coordinar con propietarios de tierras de la parte alta de la micro cuenca de río Cantil Programas de Reforestación, que ayuden la infiltración del agua de lluvia, y de esta forma aumentar la recarga hídrica.
- E. Se deben de ubicar y construir estructuras de aforo a todos los nacimientos dentro de la microcuenca, y de esta forma conocer las variaciones de los caudales a lo largo del año.
- F. Se recomienda actualizar el Índice de Infiltración de la micro cuenca del río Cantil, por medio de este tipo estudios, al menos una vez al año.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Aceituno Juárez, MT. 1988. Estudio de la calidad del agua del río El Cometa de la finca Sabana Grande, Escuintla, para determinar usos potenciales. Tesis MSc. Guatemala, USAC, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos. 67 p.
2. Aparicio Mijares, FJ. 1996. Fundamentos de hidrología de superficie. México, Limusa. 532 p.
3. Custodio, E; Llamas, R. 1983. Hidrología subterránea. 2 ed. Barcelona, España, Omega. tomo 1 y 2, 2100 p.
4. Cruz, JR. De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
5. GEOCONSA (Geología y Construcción SA, GT). 1999. Informe hidrogeológico de la cuenca del alto Guacalate, desde Antigua Guatemala hasta Alotenango; informe técnico. Guatemala. 38 p.

6. Herrera Ibáñez, IR. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 223 p.
7. _____. IR. 2002. Hidrogeología práctica. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía / Red CARA. Volumen I. 265 p.
8. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1976 Mapa de regiones fisiográficas de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:1,000, 000. Color.
9. _____. 1978. Mapa de cuencas de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:500,000. 4H. Color.
10. _____. 1983. Mapa geológico de la república de Guatemala, hoja Alotenango, no. 2059 GIII. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
11. Linsley, R. 1988. Hidrología para ingenieros. 2 ed. México, Mc-Graw Hill. 357 p.
12. Morales Cayax, MA. 1990. Diagnóstico del recurso hídrico de la Unidad Docente Productiva Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla. Diagnóstico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 73 p.
13. Norero Sch, A. 1974. El agua y el aire en el suelo: relaciones físicas básicas. serie suelos y clima. Mérida, México. CIDIAT. 760 p. (Material de Enseñanza).
14. Padilla Cámbara, TA. 2002. Evaluación del potencial hídrico en la micro cuenca del río Cantil, para el aprovechamiento de las aguas subterráneas en la finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla, Guatemala. Tesis Msc. Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Escuela Centroamericana de Geología. 137p.
15. Rojas, RM. 1986. Hidrología de tierras agrícolas. 3 ed. Mérida, Venezuela. CIDIAT 118 p. (Hidrología no. H-19).

CAPÍTULO III

INFORME DE SERVICIOS

3.1 SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO

3.1.1 PRESENTACIÓN

Finca Sabana Grande se encuentra ubicada dentro de la Microcuenca del Río Cantil en la parte media de la Cuenca del Río Guacalate, el drenaje natural hace confluir gran parte de las aguas subterráneas de dicha cuenca. A través del estudio de las principales variables hidrogeológicas e hidrogeoquímicas de las aguas del área de estudio, es decir, volúmenes de agua saliendo de manantiales, volúmenes de agua en los ríos, y la calidad química, física y bacteriológica del agua, se va lograr conocer mejor la situación del recurso hídrico para desarrollar un plan de manejo de la microcuenca en donde se encuentra ubicada la Finca Sabana Grande.

En la Finca Sabana Grande se reportan a la fecha 39 manantiales de agua y 4 ríos, producto del flujo base de la cuenca, por lo que cuenta con importantes recursos hídricos subterráneos, debido al gran número de fuentes y a la ubicación de estas, se decidió realizar el estudio únicamente en 14 manantiales de agua y en 3 ríos, los cuales son los más importantes de acuerdo al caudal y el fácil acceso de éstos.

La información generada será de importancia para la Facultad de Agronomía, Red-CARA, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, pobladores y autoridades universitarias, ya que proporcionará una medida de las características químicas, físicas y bacteriológicas de las fuentes de agua, así como el mejoramiento y conservación de los nacimientos.

3.1.2 OBJETIVOS

- A. Realizar el análisis químico, físico y bacteriológico del agua proveniente del pozo, principales manantiales de la Finca Sabana Grande, para proponer alternativas de su aprovechamiento.
- B. Cuantificar y registrar mensualmente el caudal de los principales manantiales y ríos de la Finca Sabana Grande.

3.1.3 METODOLOGÍA

- A. Se seleccionaron los puntos para el análisis físico y la toma de muestras de agua de las fuentes, con la ayuda de un mapa de la finca.

- B. Se realizó la toma de muestras en envases plásticos, y el análisis físico (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica) a nivel de campo con aparatos de red – CARA.
- C. Se analizó químicamente las muestras de agua, con la ayuda de un espectrofotómetro portátil y un titulador portátil,
- D. El análisis de bacterias se realizó a nivel de campo y en el Laboratorio Microbiológico de Referencia -LAMIR- de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- E. Se seleccionaron 14 manantiales y 3 ríos, aquellos que presentaban altos caudales y alto potencial de ser utilizados en base a su ubicación y fácil acceso.
- F. Se aforaron los manantiales utilizando el método volumétrico, por medio de la siguiente fórmula:

$$Q = \text{volumen} / \text{tiempo} = \text{Lps.}$$

- G. Los ríos se aforaron utilizando el método “sección – velocidad”, debido a que es un método sumamente confiable, y que se cuenta con un molinete; la sección transversal se obtuvo calculando áreas parciales perpendiculares a la dirección del río de acuerdo a las distancias recomendadas. La velocidad se obtuvo con la ayuda de un molinete de Red – CARA, con el método de los 6/10, el cual consiste en colocar el molinete a 6/10 de la profundidad (0.6H) de cada punto medio, contando de la superficie del agua hacia abajo. Con esta información el caudal se calculó con la ayuda de la siguiente fórmula:

$$Q = \text{Área Total (m}^2\text{)} * \text{Velocidad Media (m/s)} = \text{m}^3\text{/s.}$$

- H. El registro de los aforos, se realizó mensualmente en unas boletas diseñadas previamente.
- I. Se ubicaron e identificaron los 14 manantiales a estudiar.
- J. Se diseñó las rutas de acceso de los diferentes manantiales y se construyeron los pasamanos de bambú.
- K. Se obtuvieron los rótulos de metal para la identificación de los manantiales, los cuales fueron otorgados por el Departamento de Mantenimiento y Servicios de la USAC.
- L. Se pintaron los rótulos de metal y los nombres de cada nacimiento.

- M. Se elaboró un mapa de la Finca Sabana Grande, con la ubicación en base a coordenadas geográficas de cada nacimiento estudiado.
- N. Se sembraron estacas de sauce, a los alrededores de los nacimientos.
- O. Se elaboró un documento que contiene la información de calidad y cantidad de agua de las fuentes, de agua y en base a ello se realizó la propuesta de manejo del recurso hídrico de la Finca Sabana Grande.

3.1.4 RESULTADOS

3.1.4.1 Análisis físico

Los resultados de los parámetros físicos obtenidos de las fuentes de agua de la finca, fueron comparados con los parámetros (Cuadro 15) físicos de calidad de agua de las Normas COGUANOR.

Cuadro 15. Normas COGUANOR de parámetros físicos para aguas de consumo humano.

PARAMETRO	Límite Máximo Permisible	Límite Máximo Aceptable
Temperatura	34 ° C	15 – 25 ° C
pH	6.5 – 9.2	7.0 – 7.5
Conductividad Eléctrica	< 1500 μ S/cm	100 – 750 μ S/cm

Los resultados de los principales parámetros físicos (temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica) analizados a las catorce fuentes de agua de la finca se presentan en el cuadro 16.

Cuadro 16. Resultados del análisis físico de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande, en el período Agosto 2004 – Mayo 2005.

MUESTRA	MES / PARAMETRO							
	AGOSTO 2004				SEPTIEMBRE 2004			
	Temperatura ° [C]	pH	C.E. [μ S/cm]	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temperatura ° [C]	pH	C.E. [μ S/cm]	Oxígeno Disuelto (mg/L)
El Idilio 2	23.7	6.6	268	5.4	24.3	6.6	270	5.1
El Ariete	24.1	6.1	380	3.1	24.1	6.0	385	3.1
La Pilita 1	23.4	6.2	272	4.6	24.6	6.3	280	4.5
La Pilita 2	23.0	6.0	545	3.6	24.0	6.1	560	3.7
La Presita	23.0	6.4	568	4.5	23.5	6.4	575	4.4
Cocales	24.7	6.3	225	4.2	25.0	6.3	225	4.1
Mineral 1 / El Chorrillo	23.8	6.1	743	2.4	24.0	6.1	760	2.5
Mineral 2	23.2	6.5	695	3.3	23.8	6.1	728	3.4
Mineral 3 / Coban	24.2	6.0	438	3.8	24.4	6.1	445	3.8
La Berrera	23.7	6.9	475	4.7	24.6	6.4	405	4.1
Rincón de Alsacia	23.9	6.5	542	3.6	23.8	6.5	585	3.6
Guineo Morado / El Caulote	24.2	6.4	472	3.4	24.1	6.3	310	4.6
Piscina de Lorana	24.2	6.3	447	4.2	24.5	6.3	430	4.4
El Maníal	22.9	6.5	202	3.1	23.1	6.6	211	3.1

MUESTRA	MES / PARAMETRO							
	OCTUBRE 2004				NOVIEMBRE 2004			
	Temperatura ° [C]	pH	C.E. (μ S/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temperatura ° [C]	pH	C.E. (μ S/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/L)
El Idilio 2	24.1	6.7	269	5.3	23.9	6.4	254	2.9
El Ariete	24.0	6.1	383	3.2	23.4	6.0	382	3.1
La Pilita 1	23.8	6.1	276	4.4	24.1	6.2	220	5.1
La Pilita 2	23.6	6.1	552	3.5	23.5	6.0	553	3.2
La Presita	23.2	6.3	574	4.5	23.2	6.4	556	5.4
Cocales	24.9	6.1	234	4.3	23.7	6.2	186	3.6
Mineral 1 / El Chorrizo	23.9	6.2	751	2.6	23.6	6.2	740	2.8
Mineral 2	23.6	6.4	710	3.5	23.1	6.1	719	3.8
Mineral 3 / Coban	24.2	6.2	442	3.6	24.9	6.1	441	3.9
La Berrera	23.9	6.7	425	4.5	24.0	6.3	390	4.2
Rincón de Alsacia	23.6	6.4	565	3.7	23.8	6.4	570	3.6
Guineo Morado / El Caulote	24.0	6.2	415	3.9	24.0	6.4	301	4.7
Piscina de Lorana	24.4	6.4	440	4.3	24.4	6.3	430	4.4
El Maníal	23.0	6.4	205	3.4	23.1	6.8	205	3.1

MUESTRA	MES / PARAMETRO							
	DICIEMBRE 2004				ENERO 2005			
	Temperatura ° [C]	pH	C.E. (μ S/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temperatura ° [C]	pH	C.E. (μ S/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/L)
El Idilio 2	24.6	6.6	270	5.2	23.6	6.3	260	4.5
El Ariete	24.3	6.2	385	3.3	23.8	6.1	370	3.2
La Pilita 1	24.1	6.1	280	4.5	23.4	6.3	225	4.7
La Pilita 2	23.6	6.2	565	3.4	23.1	6.5	555	3.8
La Presita	22.4	6.4	570	4.6	22.1	6.4	560	4.8
Cocales	24.9	6.2	240	4.5	23.1	6.6	210	3.9
Mineral 1 / El Chorrizo	24.2	6.3	760	2.8	23.2	6.3	745	3.1
Mineral 2	23.9	6.5	718	3.3	22.6	6.4	725	3.6
Mineral 3 / Coban	23.8	6.4	452	3.8	23.4	6.5	445	3.7
La Berrera	23.6	6.2	434	4.6	22.9	6.6	410	4.4
Rincón de Alsacia	23.4	6.6	564	3.9	23.0	6.2	565	3.7
Guineo Morado / El Caulote	23.4	6.5	421	3.6	23.1	6.4	385	3.9
Piscina de Lorana	23.2	6.6	445	4.1	23.0	6.5	440	4.3
El Maníal	22.9	6.5	216	3.5	22.6	6.6	210	3.4

MUESTRA	MES / PARAMETRO							
	FEBRERO 2005				MARZO 2005			
	Temperatura ° [C]	pH	C.E. (μ S/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temperatura ° [C]	pH	C.E. (μ S/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/L)
El Idilio 2	24.1	6.4	274	5.1	24.1	6.5	273	5.2
El Ariete	24.4	6.1	389	3.0	24.2	6.1	386	3.1
La Pilita 1	24.5	6.1	276	4.7	24.4	6.2	275	4.6
La Pilita 2	24.4	6.0	555	3.9	24.2	6.1	552	3.7
La Presita	23.8	6.3	578	4.5	23.6	6.3	576	4.4
Cocales	25.4	6.2	230	4.2	25.2	6.2	227	4.1
Mineral 1 / El Chorrizo	24.2	6.1	765	2.5	24.1	6.1	760	2.5
Mineral 2	24.0	6.1	730	3.4	23.9	6.1	725	3.4
Mineral 3 / Coban	24.7	6.0	440	3.7	24.6	6.0	442	3.8
La Berrera	24.9	6.4	402	4.1	24.8	6.4	404	4.2
Rincón de Alsacia	24.3	6.5	585	3.6	24.0	6.5	581	3.6
Guineo Morado / El Caulote	24.5	6.4	311	4.6	24.4	6.4	310	4.6
Piscina de Lorana	24.7	6.3	428	4.4	24.6	6.3	431	4.4
El Maníal	23.4	6.5	211	3.1	23.2	6.5	210	3.1

MUESTRA	MES / PARAMETRO							
	ABRIL 2005				MAYO 2005			
	Temperatura ° [C]	pH	C.E. (μ S/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temperatura ° [C]	pH	C.E. (μ S/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/L)
El Idilio 2	24.6	6.5	280	4.8	24.3	6.4	270	4.9
El Ariete	24.5	6.4	385	3.4	24.4	6.4	385	3.4
La Pilita 1	24.6	6.3	270	4.6	24.6	6.1	280	4.5
La Pilita 2	24.8	6.2	545	4.0	24.8	6.0	560	3.9
La Presita	24.5	6.4	565	4.6	24.9	6.2	570	4.2
Cocales	24.4	6.4	245	4.1	25.1	5.9	230	4.0
Mineral 1 / El Chorruto	24.6	6.3	770	2.4	24.6	6.0	745	2.9
Mineral 2	24.2	6.4	745	3.5	24.2	6.4	735	3.6
Mineral 3 / Coban	24.9	6.2	460	3.6	24.9	6.4	445	3.9
La Berrera	25.1	6.5	415	4.0	25.2	6.2	415	4.1
Rincón de Alsacia	24.6	6.4	575	3.8	24.6	6.6	560	3.8
Guineo Morado / El Caulote	24.9	6.5	320	4.5	24.8	6.5	315	4.5
Piscina de Lorana	25.0	6.4	430	4.2	24.9	6.5	425	4.1
El Manial	24.1	6.6	215	3.6	24.6	6.6	220	3.4

En el caso de la temperatura los valores están dentro del rango permitido por las normas de COGUANOR, van de 22.1 ° C a 25.4 ° C, siendo aguas frías debido a la procedencia subterránea de las mismas.

El pH de las muestras tiene un rango de 5.9 a 6.8 lo que manifiesta una ligera acidez, los cuales se mantienen dentro del rango permitido por COGUANOR.

La conductividad eléctrica en todas las muestras varía en un rango de 185 a 770 microsiemens por lo que pueden ser utilizadas para uso agrícola y consumo humano, tomando en cuenta los parámetros establecidos por COGUANOR.

3.1.4.2 Resultado del análisis químico

Los resultados de los parámetros químicos obtenidos de las fuentes de agua de la finca, fueron comparados con los parámetros (Cuadro 17) químicos de calidad de agua de las Normas COGUANOR.

Cuadro 17. Normas COGUANOR de parámetros químicos y bacteriológicos para aguas de consumo humano.

PARAMETRO	LMA	LMP
Calcio (mmol/L)	0.75	1.50
Carbonatos (mg/L)	100	500
Cloruro (mg/L)	100	250
Magnesio (mmol/L)	0.5	1.0
Nitratos (mg/L)	--	10
Potasio (mmol/L)	--	--
Silicatos (mg/L)	--	--
Sodio (mmol/L)	--	--
Sulfato (mg/L)	100	250
Coniformes Totales (NMPGC)	0	0

LMA = Límite Máximo Aceptable

LMP = Límite Máximo Permisible

NMPGC = Número mas probable de gérmenes coliformes.

En cuanto a la calidad química del agua para consumo humano, podemos observar en los cuadros 18 al 26 y comparados con los parámetros de COGUANOR (Cuadro 17), que no hay niveles elevados de Calcio, Carbonatos, Cloruros, Magnesio y Nitratos en los nacimientos de la finca Sabana Grande, por lo tanto es apta para consumo humano, tomando en cuenta estos elementos.

Análisis de Calcio

Cuadro 18. Resultados del análisis de calcio de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.

MUESTRA	MES / PARÁMETRO		
	SEPTIEMBRE 2004	DICIEMBRE 2004	MAYO 2005
	Ca ²⁺ (mmol/L)	Ca ²⁺ (mmol/L)	Ca ²⁺ (mmol/L)
El Idilio 2	0.548	0.538	0.564
El Ariete	0.710	0.782	0.813
La Pilita 1	0.578	0.526	0.677
La Pilita 2	0.792	0.928	0.933
La Presita	0.840	0.914	0.952
Cocales	0.469	0.417	0.553
Mineral 1 / El Chorrizo	0.851	1.008	1.018
Mineral 2	0.873	1.041	1.059
Mineral 3 / Coban	0.894	0.814	
La Berrera	0.635	0.673	0.908
Rincón de Alsacia	0.703	0.651	0.688
Guineo Morado / El Caulote	0.463	0.486	0.515
Piscina de Lorana	0.688	0.777	0.818
El Maníal	0.462	0.451	0.519

Análisis de Carbonatos

Cuadro 19. Resultados del análisis de carbonatos de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.

MUESTRA	MES / PARÁMETRO (mg/L)				
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
	HCO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻
El Idilio 2	112	120	115	122	115
El Ariete	158	161	157	165	160
La Pilita 1	124	120	113	118	123
La Pilita 2	267	260	270	272	275
La Presita	267	263	258	260	258
Cocales	106	112	110	115	110
Mineral 1 / El Chorrizo	355	360	362	365	352
Mineral 2	335	341	340	355	345
Mineral 3 / Coban	162	168	155	160	165
La Berrera	160	159	161	164	155
Rincón de Alsacia	227	221	220	223	218
Guineo Morado / El Caulote	135	136	140	145	142
Piscina de Lorana	255	258	258	260	265
El Maníal	122	130	125	128	120

Análisis de Cloruro

Cuadro 20. Resultados del análisis de cloruro de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.

MUESTRA	MES / PARÁMETRO		
	AGOSTO 2004	DICIEMBRE 2004	ABRIL 2005
	Cl (mg/L)	Cl (mg/L)	Cl (mg/L)
El Idilio 2	5.0	4.9	5.1
El Ariete	4.8	3.0	3.2
La Pilita 1	3.2	3.1	3.1
La Pilita 2	7.2	7.5	7.6
La Presita	7.7	7.6	7.5
Cocales	2.0	2.1	2.2
Mineral 1 / El Chorruto	8.8	8.6	8.7
Mineral 2	9.3	9.6	9.4
Mineral 3 / Coban	5.6	5.8	5.9
La Berrera	4.8	4.8	4.9
Rincón de Alsacia	7.2	7.6	7.7
Guineo Morado / El Caulote	3.5	3.7	3.9
Piscina de Lorana	4.7	4.9	5.1
El Maníal	1.1	4.6	4.9

Análisis de Magnesio

Cuadro 21. Resultados del análisis de magnesio de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.

MUESTRA	MES / PARÁMETRO		
	SEPTIEMBRE 2004	DICIEMBRE 2004	MAYO 2005
	Mg ²⁺ (mmol/L)	Mg ²⁺ (mmol/L)	Mg ²⁺ (mmol/L)
El Idilio 2	0.444	0.395	0.416
El Ariete	0.821	0.797	0.842
La Pilita 1	0.554	0.464	0.611
La Pilita 2	1.509	1.533	1.563
La Presita	1.593	1.591	1.752
Cocales	0.411	0.342	0.046
Mineral 1 / El Chorruto	2.526	2.498	2.606
Mineral 2	2.307	2.318	2.430
Mineral 3 / Coban	1.029	0.881	
La Berrera	1.072	0.957	1.370
Rincón de Alsacia	2.038	1.668	1.722
Guineo Morado / El Caulote	0.787	0.702	0.767
Piscina de Lorana	1.056	1.030	1.111
El Maníal	0.380	0.344	0.395

Análisis de Nitratos

Cuadro 22. Resultados del análisis de nitratos de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.

MUESTRA	MES / PARÁMETRO (mg/L)									
	AGOSTO 2004		OCTUBRE 2004		DICIEMBRE 2004		FEBRERO 2005		ABRIL 2005	
	NO ₃ -N	NO ₃	NO ₃ -N	NO ₃	NO ₃ -N	NO ₃	NO ₃ -N	NO ₃	NO ₃ -N	NO ₃
El Idilio 2	1.6	7.0	1.6	7.0	1.1	5.1	2.3	10.0	2.2	9.6
El Ariete	2.0	8.7	2.0	8.7	1.7	7.5	1.5	6.8	1.6	7.0
La Pilita 1	1.8	7.9	1.8	7.9	1.1	4.9	1.9	8.3	2.0	8.7
La Pilita 2	2.1	9.4	2.1	9.4	1.3	5.8	1.0	4.2	1.1	4.7
La Presita	2.0	8.7	2.0	8.7	1.0	4.5	0.8	3.4	0.9	4.2
Cocales	1.1	4.7	1.1	4.7	0.8	3.6	1.3	5.6	1.4	6.5
Mineral 1 / El Chorruto	1.0	4.6	1.0	4.6	1.1	4.7	0.5	2.3	0.7	2.9
Mineral 2	1.4	6.4	1.3	5.6	0.5	2.3	0.6	2.4	0.8	3.7
Mineral 3 / Coban	1.7	7.8	1.8	7.8	1.8	8.1	1.7	7.8	2.0	8.7
La Berrera	1.1	4.7	1.0	4.3	1.9	8.3	1.2	5.3	1.2	5.3
Rincón de Alsacia	1.0	4.3	1.0	4.3	1.1	4.7	0.9	3.8	1.1	4.7
Guineo Morado / El Caulote	1.2	5.3	1.2	5.3	0.9	3.8	0.8	3.6	1.0	4.3
Piscina de Lorana	1.8	8.1	1.8	8.1	1.2	5.3	1.6	7.0	1.9	8.3
El Maníal	0.6	2.5	0.8	3.6	1.9	8.3	1.1	4.7	0.8	3.7

Análisis de Potasio

Cuadro 23. Resultados del análisis de potasio de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.

MUESTRA	MES / PARÁMETRO		
	SEPTIEMBRE 2004	DICIEMBRE 2004	MAYO 2005
	K ⁺ (mmol/L)	K ⁺ (mmol/L)	K ⁺ (mmol/L)
El Idilio 2	0.101	0.089	0.086
El Ariete	0.125	0.119	0.127
La Pilita 1	0.101	0.087	0.104
La Pilita 2	0.138	0.133	0.139
La Presita	0.141	0.141	0.144
Cocales	0.097	0.086	0.102
Mineral 1 / El Chorruto	0.153	0.141	0.148
Mineral 2	0.156	0.149	0.154
Mineral 3 / Coban	0.127	0.097	0.116
La Berrera	0.094	0.104	0.107
Rincón de Alsacia	0.098	0.083	0.087
Guineo Morado / El Caulote	0.067	0.062	0.068
Piscina de Lorana	0.103	0.095	0.103
El Maníal	0.042	0.047	0.041

Análisis de Silicatos

Cuadro 24. Resultados del análisis de silicatos de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.

MUESTRA	MES / PARÁMETRO									
	SEPTIEMBRE 2004		NOVIEMBRE 2004		ENERO 2005		MARZO 2005		MAYO 2005	
	SiO ₂ (mg/L)	Si (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	Si (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	Si (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	Si (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	Si (mg/L)
El Idilio 2	92.5	43.2	94.6	43.8	90.4	42.3	86.5	40.4		
El Ariete	88.1	41.2	85.8	39.7	91.1	42.6	82.4	38.5	89.6	41.9
La Pilita 1	90.1	42.1	88.5	40.9	86.4	40.4	79.1	37.0	85.1	39.8
La Pilita 2	96.3	45.0	94.2	43.5	90.7	42.4	87.8	41.0	92.4	43.2
La Presita	94.5	44.2	90.5	41.7	87.9	41.1	88.5	41.4	91.2	42.6
Cocales	85.6	40.0	83.6	38.5	79.3	37.1	79.1	37.0	81.9	38.3
Mineral 1 / El Chorruto	72.2	33.8	70.4	32.4	74.3	34.7	87.4	40.9	75.2	35.1
Mineral 2	93.3	43.6	91.2	41.9	87.3	40.8	87.1	40.7	90.8	42.4
Mineral 3 / Coban	94.9	44.4	93.6	43.0	92.5	43.2	90.2	42.1	93.6	43.7
La Berrera	92.0	43.0	90.3	41.5	93.2	43.5	95.1	44.3	93.7	43.8
Rincón de Alsacia	65.8	30.7	75.6	34.7	62.6	29.2	59.3	27.7	68.8	32.2
Guineo Morado / El Caulote	59.6	27.8	64.8	29.7	68.3	31.8	59.8	27.6	65.4	30.6
Piscina de Lorana	76.9	35.9	68.4	31.4	59.4	27.6	72.1	33.3	67.5	31.6
El Maníal	82.8	38.7	80.7	37.0	77.8	36.1	79.6	36.8	81.2	38.0

Análisis de Sodio

Cuadro 25. Resultados del análisis de sodio de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.

MUESTRA	MES / PARÁMETRO		
	SEPTIEMBRE 2004	DICIEMBRE 2004	MAYO 2005
	Na ⁺ (mmol/L)	Na ⁺ (mmol/L)	Na ⁺ (mmol/L)
El Idilio 2	0.526	0.529	0.537
El Ariete	0.750	0.786	0.799
La Pilita 1	0.586	0.548	0.639
La Pilita 2	0.986	1.072	1.060
La Presita	1.199	1.126	1.159
Cocales	0.518	0.434	0.505
Mineral 1 / El Chorruto	1.206	1.274	1.272
Mineral 2	1.244	1.322	1.321
Mineral 3 / Coban	0.846	0.781	0.814
La Berrera	0.710	0.687	0.862
Rincón de Alsacia	0.863	0.818	0.808
Guineo Morado / El Caulote	0.523	0.530	0.549
Piscina de Lorana	0.720	0.764	0.778
El Maníal	0.429	0.437	0.464

Análisis de Sulfato

Cuadro 26. Resultados del análisis de sulfato de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.

MUESTRA	MES / PARÁMETRO		
	SEPTIEMBRE 2004	DICIEMBRE 2004	MAYO 2005
	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)
El Idilio 2	10.583	8.614	9.126
El Ariete	18.276	18.018	19.176
La Pilita 1	11.024	8.563	12.992
La Pilita 2	26.673	26.817	28.158
La Presita	28.387	28.271	32.215
Cocales	7.564	4.822	7.882
Mineral 1 / El Chorruto	30.659	31.580	32.353
Mineral 2	31.324	34.010	35.977
Mineral 3 / Coban	19.411	21.330	20.124
La Berrera	17.874	13.951	24.763
Rincón de Alsacia	22.463	19.000	20.004
Guineo Morado / El Caulote	12.385	10.294	12.034
Piscina de Lorana	18.129	15.806	18.540
El Maníal	6.528	4.429	7.446

3.1.4.3 Análisis de Bacterias

Los resultados del análisis de bacterias que se efectuaron en las dieciséis fuentes de agua de la finca se presentan en el cuadro 27.

Cuadro 27. Resultados del análisis de bacterias de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande.

MUESTRA	En Campo	En Laboratorio
	Coliformes Totales	Coliformes Totales
El Idilio 2	> 2	
El Ariete	> 2	
La Pilita 1	> 2	
La Pilita 2	> 2	
La Presita	> 2	
Cocales	> 2	
Mineral 1 / El Chorruto	> 2	
Mineral 2	< 2	< 2
Mineral 3 / Coban	> 2	
La Berrera	> 2	
Rincón de Alsacia	< 2	
Guineo Morado / El Caulote	< 2	
Piscina de Lorana	> 2	
El Maníal	> 2	
Jocote 1	> 2	1600
Jocote 2	> 2	240

Tomando en cuenta los parámetros establecidos por COGUANOR, en cuanto a la calidad bacteriológica de las fuentes de agua, únicamente los nacimientos Mineral 2, Rincón de Alsacia y Guineo Morado o Caulote, son aptos para consumo humano, ya que se encuentran libres de bacterias.

3.1.4.4 AFOROS

Aforos de nacimientos

Los caudales de los principales nacimientos de la finca se detallan en el cuadro 28.

Cuadro 28. Caudales de los principales nacimientos de la finca Sabana Grande, período Agosto 2004 – Mayo 2005.

MUESTRA	CAUDAL (Litros / segundo)									
	2004					2005				
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
El Idilio 2	0.10	0.20	0.18	0.21	0.12	0.09	0.10	0.12	0.10	0.15
El Ariete	5.50	5.20	5.30	5.60	4.85	3.96	4.20	4.35	4.40	4.45
La Pilita 1	5.20	4.80	4.95	5.10	5.85	5.25	5.35	5.15	5.10	5.15
La Pilita 2	3.40	3.55	3.65	3.45	3.20	3.50	3.20	3.25	3.14	3.35
La Presita	2.10	1.95	1.90	2.10	1.75	1.35	1.45	1.95	1.90	1.95
Cocales	1.30	1.20	1.15	1.23	1.10	0.82	1.10	1.14	0.95	1.10
Mineral 1 / El Chorrillo	0.06	0.05	0.05	0.06	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04
Mineral 2	9.50	12.50	12.20	13.10	9.45	8.25	8.65	8.40	8.10	8.95
Mineral 3 / Coban	5.10	5.20	5.15	5.25	4.75	4.85	4.90	5.10	4.15	4.65
La Berrera	1.80	1.95	1.92	2.02	1.85	1.64	1.70	1.85	1.65	1.70
Rincón de Alsacia	2.20	2.10	2.60	2.85	2.40	2.10	2.25	2.15	2.05	2.10
Guineo Morado / El Caulote	5.60	5.10	5.40	5.46	4.95	4.23	4.56	4.75	4.25	4.85
El Limonar	2.40	2.50	3.10	3.25	3.10	2.65	2.10	2.15	2.10	2.25
El Maníal	9.40	8.60	7.65	8.25	6.10	5.65	6.45	7.15	6.95	7.85

Aforo de ríos

El resultado de los aforos a los principales ríos de la finca Sabana Grande, se presentan en el cuadro 29.

Cuadro 29. Caudales de los principales ríos de la finca Sabana Grande, período Agosto 2004- Julio 2005.

MES	Río Cantíl (Lps)	Río Mongoy (Lps)	Río Cometa (Lps)
Agosto	190.5	295.6	130.4
Septiembre	230.1	161.4	220.5
Octubre	252.1	108.5	86.5
Noviembre	185.2	75.6	65
Diciembre	163	55.6	88.5
Enero	142	245.6	92.5
Febrero	198.1	106.4	81.5
Marzo	231.8	185.4	87.1
Abril	189.2	105.6	66.1
Mayo	1052.5	215.6	119.8
Junio	536.1	265.2	145.6
Julio	765.2	325.2	225.2

3.1.4.5 Propuestas de Alternativas de Aprovechamiento del Recurso Hídrico

Tomando en cuenta la información técnica generada en este estudio y considerando que en el área se está profundizando en la generación de la información específica del recurso hídrico, se definen algunos lineamientos para el aprovechamiento y uso sostenible del recurso hídrico.

La disponibilidad en el futuro del recurso hídrico para la finca Sabana Grande dependerá del Manejo que se le de a todos los elementos que interactúan en el ciclo hidrológico. Se tendrá que ver el área como un sistema (microcuenca del río Cantil),

tomando en cuenta las poblaciones de los alrededores y por supuesto el régimen de propiedad de la tierra.

Más del 50% del uso actual de la tierra son actividades agrícolas y ganaderas (caña de azúcar y potreros), siendo actividades empresariales con fines de lucro, se propone que como mínimo se conserven las áreas boscosas de la parte alta y la parte baja de la microcuenca. Así mismo reforestar todas aquellas áreas que se encuentren ociosas en la parte media de la microcuenca, y en los alrededores de los nacimientos ubicados en la finca, lo que supone una gran ventaja en la factibilidad de realización de tal actividad, esto con el objetivo de tener un área de protección y para favorecer el proceso de infiltración de la lluvia y la recarga al acuífero.

Es necesario el establecimiento de un vivero forestal dentro de la finca, iniciando con especies nativas de la región tales como Ujuxte (*Brosimum allicastrum*), Volador (*Terminalia chiriquensis*), Mario (*Calophyllum brasilense*), Chaperno (*Andira inermis*), Tempisque (*Masticondrom caphylli*), entre otros que tengan características favorables hacia el mantenimiento de las reservas de agua. De igual forma es sumamente importante introducir prácticas de conservación de suelos y agua en las áreas dedicadas a la agricultura y ganadería.

La conservación y manejo de cualquier recurso debe estar basado en la investigación, de tal manera se propone la continuación de los aforos mensuales de los diferentes nacimientos y ríos, ya que con el tiempo se puede garantizar un uso sostenible de este recurso teniendo en cuenta la disponibilidad de agua superficial y poderla comparar con los requerimientos de cualquier proyecto hídrico. De igual forma se insta a que se continúe realizando el análisis físico, químico y bacteriológico de las diferentes fuentes de agua, y acumular una serie de datos con brinden un historial de información en cuanto a las características de las fuentes de agua, y estén disponibles para su consulta en cualquier proyecto hídrico.

Se propone que se construyan estructuras herméticas selladas, principalmente en los nacimientos de agua, de esta forma se podrá garantizar que no exista contaminación del agua en el punto de afloramiento debido a la descomposición de materia orgánica tanto vegetal como animal, ya que actualmente los nacimientos se encuentran sin ninguna estructura que sirva como aislante de este tipo de contaminación.

También se propone realizar un estudio para identificar el punto exacto de contaminación del agua entubada que consumen las personas de la finca Sabana Grande, ya que se realizó un estudio en donde se analizó la presencia de bacterias Coliformes en el nacimiento El Ariete, dando resultados aceptables (< 2 UFC) en el nacimiento limpio, ya en el tanque o depósito (9 UFC) y las muestras de los chorros de las casas (35 – 40 UFC).

Por lo tanto se hace necesario llevar a cabo un estudio detallado para encontrar el punto exacto de contaminación y empezar a tratarlo.

3.1.5 CONCLUSIONES

- A. Los resultados de los análisis físico-químicos y bacteriológicos de las fuentes de agua de la finca, permiten conocer la calidad de agua y el comportamiento de ésta a lo largo del año, y basándose en estos resultados se pueden realizar diversos proyectos relacionados con el recurso hídrico y mejorar aquellos que se estén ejecutando.
- B. Cuantificando la cantidad de agua disponible en la finca, ya sea en ríos y nacimientos nos permite utilizar esta en proyectos de aprovechamiento del recurso hídrico, conocer temporadas de caudales de estiaje, y llevar un registro de los aforos.
- C. Mejorando las condiciones y los de los nacimientos podemos garantizar la disponibilidad del agua, por medio de la reforestación de las áreas circundantes, haciendo rutas de acceso, identificando los nacimientos, realizando un mapa con la ubicación de éstos, todo con el fin de conservar las fuentes de agua.

3.2 ANÁLISIS DE NUTRIENTES DEL SUELO DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

3.2.1 PRESENTACIÓN

En la finca Sabana Grande, se cultivan caña de azúcar y café, debido a una serie de problemas en el cultivo de caña de azúcar, tal como plantaciones con más de diez años, poco control de plagas y enfermedades, y al mal manejo que se le ha dado en los últimos años, el rendimiento cultivo (30 ton/ha) ha bajado considerablemente con respecto a la media nacional (70 ton/ha), entonces se decidió realizar cambios, entre estos renovar las plantaciones viejas, adoptar planes fitosanitarios y realizar un análisis de nutrientes

del suelo en el cultivo de la caña de azúcar en un área de 81.867 hectáreas. Para ello se tomaron las muestras de suelos de los pantes establecidos, los cuales en base a sus características se dividieron en secciones, las cuales fueron analizadas en el laboratorio de análisis de suelo, agua y planta “Salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía, de la USAC, basados en los resultados del análisis de suelos, se plantearon las recomendaciones necesarias para que las autoridades de la finca, en base a su capacidad establecieran un plan de fertilización general.

3.2.2 OBJETIVOS

- A. Determinar la concentración de los principales nutrientes de los suelos del cultivo de caña de azúcar.
- B. Dar las recomendaciones necesarias para establecer un plan de fertilización general del cultivo de caña de azúcar.

3.2.3 METODOLOGIA

- A. Se recorrieron los pantes de Caña de Azúcar (81.867 ha), y se dividieron en secciones de muestreo, en base a sus características. En 8 secciones, y cada sección con un área aproximada a las 10 hectáreas.
- B. Se tomaron submuestras en cada sección, a una profundidad de 30 – 45 cm. con la ayuda de un barreno helicoidal. En cada sección se tomaron de 100 – 150 submuestras, que se homogenizaron y al final se obtuvo una muestra. (2 libras)
- C. Posteriormente se seco la muestra al aire libre y bajo techo.
- D. Se tamizo la muestra previ6 al envió al laboratorio.
- E. Se coordinaron todas las actividades para la elaboración del mapa de pantes de caña de azúcar y sus nutrientes.
- F. En base a los resultados se plantearon las recomendaciones necesarias para establecer un plan de fertilización general.

3.2.4 RESULTADOS

3.2.4.1 Resultados del análisis de laboratorio

En el cuadro 30 podemos observar los resultados del análisis de suelos reportados por el laboratorio de las ocho secciones en que se dividió el área de Caña de Azúcar.

Cuadro 30. Resultados del análisis de suelo en la finca Sabana Grande, en el mes Abril 2005.

IDENTIFICACIÓN	pH	Ppm		Meq/100 gr		Meq/100 gr			
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
		12-16	120-150	6-8	1.5-2.5	2-4	4-6	10-15	10-15
La Fundación	5.4	1.77	60	3.12	0.52	0.5	2.0	5.0	5.0
Presas-Fundación	5.8	2.52	60	9.67	2.57	0.5	4.0	3.5	10.0
Presas-Chichicua	5.8	0.55	41	6.24	1.59	0.5	3.5	4.5	7.0
Santo Domingo I	5.6	0.14	63	7.47	1.49	0.5	3.5	3.5	6.0
Santo Domingo II	5.8	0.14	41	8.74	1.7	0.5	3.5	3.0	6.5
El Rodeo I	5.7	0.14	35	5.00	0.67	0.5	4.5	4.5	4.0
El Rodeo II	5.5	0.07	48	4.68	0.62	0.5	3.5	4.0	2.5
El Campo	5.6	0.01	40	4.37	0.51	0.5	4.0	3.0	4.5

Con el fin de brindar mayor información sobre el cultivo de Caña de Azúcar, para la elaboración del plan de fertilización en el cuadro 31 podemos observar los requerimientos nutricionales del cultivo.

Cuadro 31. Requerimientos Nutricionales del cultivo de Caña de Azúcar.

ELEMENTO	Libras/hectárea
Nitrógeno	375
Fósforo (P ₂ O ₅)	215
Potasio (K ₂ O)	275
Calcio (CaO)	345
Magnesio (MgO)	125
Azufre (S)	125

La dosis de nutrientes a aplicar depende de los requerimientos nutricionales del cultivo, su rendimiento y las características químicas del suelo.

Debido al pH de los suelos se recomienda no utilizar sulfato de amonio (21-0-0), para suplir las necesidades de nitrógeno, en cambio se puede utilizar UREA (46-0-0), fuentes a base de nitratos (CAN, Nitrato de Amonio, Nitrato de Calcio, etc.)

Las plantas absorben fósforo en las formas H₂PO₄⁻ (suelos ácidos) y HPO₄⁻² (suelos alcalinos). La dosis de fósforo a aplicar depende de los requerimientos nutricionales del cultivo, su rendimiento y las características químicas del suelo. Es preferible aplicarlo en bandas cerca de la semilla de los cultivos sembrados en surcos. La mayor parte del fósforo debe ser aplicado en la siembra o etapas tempranas de crecimiento.

Los fertilizantes que se pueden utilizar para suplir las necesidades de fósforo son: Fosfato Di Amónico (DAP) 18-46-0, Roca Fosfórica (0-30-0), Triple Superfosfato (0-46-0) y Fosfato Mono Amónico MAP (10-50-0).

Existe una baja concentración de potasio en los suelos del cultivo de caña de azúcar, teniendo efectos tales como la reducción a la resistencia a enfermedades, al stress hídrico, disminuye la calidad del fruto. Las dosis de potasio a aplicar dependen de los requerimientos nutricionales del cultivo, su rendimiento y las características químicas del suelo.

En el caso de potasio se puede aplicar Muriato de Potasio MOP (0-0-60), Sulfato de Potasio (0-0-50) y fuentes de potasio como nitratos KNO_3 , Nitrato de Potasio (13-0-46).

La mayoría de recomendaciones de Ca al suelo son para corregir y prevenir problemas como la acidez y suelos sódicos. La dosis de calcio a aplicar depende de las características químicas del suelo, especialmente del nivel de acidez y la concentración de Al o Na presentes. El calcio es un elemento ligeramente móvil en el suelo por lo que sugiere aplicarlo incorporado cuando sea posible, especialmente previo a la siembra de cualquier cultivo.

Con base en los bajos niveles de magnesio, se puede utilizar la cal dolomítica como una fuente económica de Mg para suministrar grandes cantidades a veces necesarias para corregir este tipo de desbalance. El magnesio, al igual que el calcio es ligeramente móvil en el suelo por lo que se recomienda incorporarlo previo a la siembra cuando sea posible.

En el caso de los micro elementos Cobre, Cinc, Hierro y Manganeseo, se pueden suplir por la vía foliar o por el suelo.

Si se aplican los micro elementos en forma quelatada en el suelo, se sugiere aplicar 1/3 de la cantidad recomendada. La dosis de aplicación al suelo es para aplicar en una sola aplicación. La dosis para aplicar foliarmente, se debe aplicar en 2 o 3 aplicaciones durante todo el ciclo del cultivo.

3.2.5 CONCLUSIONES

- A. El análisis de suelos, es una herramienta importante en todo proceso de producción agrícola, en el cultivo de caña de azúcar no puede faltar, basándose en todo eso se realizó el muestreo de suelos en mas de 85 hectáreas de cultivo, las muestras fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la USAC, la cual reporto la cantidad de nutrientes primarios y secundarios, así como de algunos elementos menores.

- B. Tomando en cuenta las características químicas del suelo, se plantearon los diferentes tipos de fertilizantes a utilizar para las enmiendas, basadas en los resultados del análisis de suelos, no se recomendaron dosis, ya que dependen de los requerimientos nutricionales y edad del cultivo, rendimiento y características químicas.

3.2.6 RECOMENDACIONES

- A. Tomar en cuenta las recomendaciones propuestas para hacer el plan de fertilización del cultivo de Caña de Azúcar.

3.3 PROPUESTA DE FORTALECIMIENTO DE ACTIVIDADES FORESTALES DENTRO DE LA FINCA SABANA GRANDE.

3.3.1 PRESENTACIÓN

En la Finca Sabana Grande, existen áreas ociosas de aproximadamente 25 hectáreas, las cuales están completamente abandonadas, razón por la cual se decidió iniciar un proceso que tiene como objetivo la reforestación de dichas áreas, se inició con la propuesta de crear un área para el establecimiento de un vivero forestal, y se iniciaron las pláticas con la empresa “Pilones de Antigua”, para la donación de una serie de pilones de plantas forestales, en donde se inició un protocolo de convenio entre dicha empresa y la Facultad de Agronomía, la cual tiene como objetivo la investigación forestal y la reforestación de la Finca Sabana Grande, así mismo se podría inscribir un área reforestada en el Programa de Incentivos Forestales del INAB. Tomando en cuenta que el nivel freático es altamente superficial, cerca de 2 metros, entonces es necesario implementar un área boscosa que tenga como objetivo el amortiguamiento y la infiltración del agua de lluvia, en áreas cercanas al campo de pozos, de esta forma se eliminaría la contaminación que proviene del cultivo de caña de azúcar, y se reduciría la escorrentía superficial.

Todas estas actividades se plantean realizar de la mano con autoridades de la subárea de manejo forestal, con el objetivo de implementar diversas prácticas con los

estudiantes directamente en actividades forestales, y de esta forma incentivar la actividad forestal dentro de la finca.

3.3.2 OBJETIVOS

- A. Fortalecer las actividades forestales dentro de la Finca Sabana Grande, ya que han pasado a un segundo plano, y no se toma en cuenta la función de la Finca y se olvida la parte docente.
- B. Proponer un Plan de Reforestación, el cual se pueda inscribir en el PINFOR.
- C. Plantear la creación de un Vivero Forestal.

3.3.3 METODOLOGÍA

3.3.3.1 Fortaleciendo actividades forestales

Se realizó un reconocimiento de las áreas boscosas y áreas ociosas dentro de la finca, en base a ello se consultó a profesionales del área forestal de la Facultad de Agronomía, y se planificó una visita al campo, ya realizada la visita de campo, se acordó que se apoyarían las diferentes actividades forestales con personas de módulos y cursos del área forestal, especialmente en actividades de reforestación.

Se les comunicó a las autoridades de la finca, los diferentes proyectos que se podrían implementar más adelante, todas con el objetivo de implementar el sector forestal como una alternativa docente y productiva, al servicio de la comunidad universitaria.

3.3.3.2 Plan de Reforestación

Se hizo un reconocimiento del área a reforestar, propuesto por la Red Centroamericana de Manejo de Recursos Hídricos, de la Facultad de Agronomía, durante este reconocimiento se observó el uso actual de la tierra, se tomó la pendiente del terreno, la accesibilidad, y se procedió a realizar la medición del área para la elaboración de los planos.

Con los datos anteriores se procedió a realizar el plan de reforestación, llenando los requisitos necesarios para poder ingresar la plantación al PINFOR.

3.3.3.3 Establecimiento de un vivero forestal

El vivero forestal será establecido por el EPS siguiente del periodo Febrero 2005 – Noviembre 2005, atrás del edificio del taller de la finca, ya que el lugar cumple con los requisitos (disponibilidad de agua, fácil acceso, cercanía de materiales, barreras rompevientos, guardianía, entre otros). El vivero debe poseer las siguientes dimensiones: 10 metros de largo y 8 metros de ancho, con bancales de 1 metro de ancho por 8 metros de largo, y una distancia entre calles de 0.50 metros, así mismo una calle de 1 metro de ancho en todo el perímetro interno del vivero.

Las especies recomendadas para producir en el vivero son: propias de la finca Ujuxte (*Brosimum allicastrum*), Volador (*Terminalia chiriquensis*), Mario (*Calophyllum brasiliense*), Chaperno (*Andira inermis*), Tempisque (*Masticodendrom caphylli*) o se puede comprar semilla en BANSEFOR de las siguientes especies que se adaptan muy bien a la región tales como: Laurel (*Cordia Alliodora*), Cedro (*Cedería mexicana*) y Caoba (*Swietenia humilis*).

Actividades a realizar en el vivero

- A. Llenado de bolsas, usando sustrato con una relación de 2 partes de tierra negra y 1 de materia orgánica.
- B. Hechura de semilleros y trasplante, los semilleros serán cajas germinadoras y el trasplante se hará cuando la planta tenga una altura de 5 centímetros.
- C. Limpieza, las calles se limpiaran con azadón, y las bolsas se limpiaran a mano.
- D. Control de plagas y enfermedades, para ello se usarán productos químicos.

3.3.3.4 Reforestación

Esta se hará el siguiente año en áreas ubicadas alrededor de los nacimientos y ciertas áreas deforestadas en los márgenes de los ríos, así como en el área de amortiguamiento al campo de pozos, entre otras.

La preparación del terreno para la reforestación se iniciará con plateos en forma manual, el ahoyado será de 20 cm. de ancho, 20 cm. de largo y 40 cm. de profundidad.

3.3.4 RESULTADOS

Para el enriquecimiento del área forestal se debe considerar dos tipos, mediante el uso de viveros y mediante la dispersión de semillas en el bosque, o cercano a las fuentes de agua, o en todas las riveras de los diferentes ríos. Se podrá utilizar la semilla originaria de áreas circunvecinas o provenientes de árboles de maderas importantes con características similares. También se puede enriquecer con especies no madereras, tal es el caso de la Pacaya, u otras especies que se utilizan en la sombra del Café. De esta forma reforestando las diferentes áreas ociosas y dándoles un manejo adecuado a las áreas boscosas existentes se podrá aumentar la cantidad y calidad de las especies forestales dentro de la finca, y así mismo se incorporara la parte forestal a las actividades de la finca, y serviría como una fuente alterna en la docencia y producción de la finca.

3.3.4.1 Plan de Reforestación

Teniendo el área ya identificada de la sección La Fundación, comprendiendo un área 4.367 hectáreas. Se tiene planificado sembrar 4860 plantas, provenientes del vivero forestal propio de la finca, la siembra se puede realizar con la colaboración de personal de campo de la finca y estudiantes de módulos y cursos del área forestal.

Toda la información anterior se presenta en un plan de reforestación ya elaborado.

3.3.4.2 El Vivero Forestal

Los planos del vivero forestal se realizaron teniendo en cuenta los criterios básicos para el establecimiento de un vivero forestal, la ubicación, pendiente, cercanía a fuentes de agua, accesibilidad y facilidad de manejo. Se estableció que el ancho del vivero será de 8 m y el largo de 10 m. El cual se hará con madera de volador, y estará sembrados en bases de concreto, y será cubierto con sarán.

La madera para la construcción del invernáculo, provendrá del aprovechamiento de algunos árboles ubicados dentro de la finca, y el sarán se utilizará el que esta abandonado en las antiguas instalaciones de la Granja Experimental del CUNSUR.

La preparación del sustrato requiere de broza y tierra negra, en proporción 1:2. Estos materiales se pueden conseguir fácilmente dentro de la finca. Las bolsas llenas

pueden colocarse con facilidad dentro del vivero forestal, a la espera de la siembra de plántulas provenientes de las cajas de germinación, ubicadas dentro del invernáculo.

Ya estando las bolsas con su respectiva planta, entonces se procede a acomodar las plantas dentro del invernáculo, para brindarles condiciones adecuadas para su crecimiento y desarrollo.

3.3.5 CONCLUSIONES

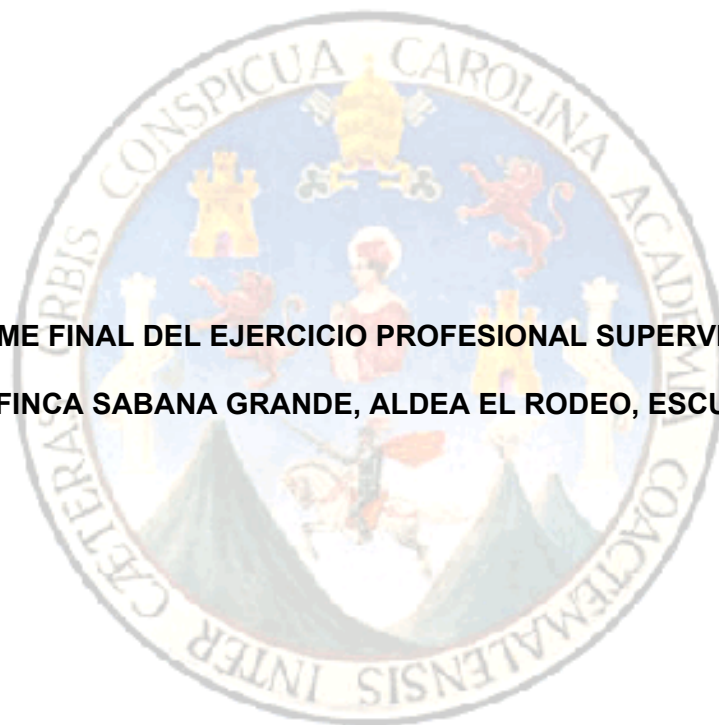
- A. Se proponen diversas actividades forestales como una alternativa de producción para la finca Sabana Grande, sin olvidar la docencia e investigación, así mismo integrar el área forestal de la Facultad de Agronomía en diversos proyectos forestales.
- B. Se realizó un Plan de Reforestación el cual pondrá en marcha las autoridades de la finca, tiene como objetivo servir como área de amortiguamiento e infiltración al Campo de Pozos, así mismo se anexa un Plan de Reforestación requerido por el INAB, para poder inscribir este proyecto en el Programa de Incentivos Forestales.

3.4 BIBLIOGRAFÍA

1. Benítez, A. 1972. Captación de aguas subterráneas. Madrid, Dorsal. 619 p.
2. Herrera Ibáñez, IR. 1995. Manual de hidrología. Guatemala. USAC, Facultad de Agronomía. 223p.
3. Linsley, K. 1988. Hidrología para ingenieros. 2 ed. México, Mc-Graw Hill. 357 p.
4. MINECO (Ministerio de Economía, GT); COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas y Regulaciones, GT). 2001. Norma NGO 29 001 agua potable. Guatemala. 3 p.
5. Yol Zamora, VE. 2002. Evaluación y propuesta de manejo y uso sostenible del recurso hídrico de la finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala. USAC, Facultad de Agronomía. 108p.
6. Wade M. de Romero, N. 1995. Guía práctica para la interpretación de análisis de suelos. Guatemala. Agrilab, Laboratorio Agrícola. 23p.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA
SUBÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

INFORME FINAL DEL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
EN LA FINCA SABANA GRANDE, ALDEA EL RODEO, ESCUINTLA



OBDULIO ESTUARDO VÁSQUEZ RIVAS

CARNE No. 9919373

GUATEMALA, JULIO DEL 2006

INDICE

	PAGINA
INDICE DE CUADROS	v
INDICE DE FIGURAS	vi
1. INTRODUCCION GENERAL	1
2. MARCO REFERENCIAL	4
2.1 Historial	4
2.2 Ubicación Geográfica	4
2.2.1 Finca Sabana Grande	4
2.2.2 Micro cuenca del Río Cantíl	4
2.3 Características Climáticas y Edáficas	5
2.4 Límites y Vías de Acceso	6
3. OBJETIVOS GENERALES	7
4. METODOLOGIA GENERAL	8
5. RESULTADOS GENERALES	9
A. INFORME DE DIAGNOSTICO	11
A.1 ANTECEDENTES	11
A.2 OBJETIVOS	12
A.3 METODOLOGIA	13
A.3.1 Delimitación del Área de Estudio	13
A.3.2 Calidad Química y Física	13
A.3.3 Escorrentía Superficial	13
A.3.3.1 Aforo de los Principales Nacimientos de Agua	13
A.3.3.2 Aforo de Ríos	13
A.3.4 Manejo y Conservación de los Manantiales	14
A.3.5 Sistematización de la Información Hidrológica y Pluviográfica	14
A.3.6 Recomendaciones y Opciones de Solución	15
A.4 RESULTADOS	16
A.4.1 Ubicación de las fuentes de agua	16
A.4.2 Análisis físico-químico	16
A.4.3 Escorrentía superficial	17
A.4.4 Manejo y conservación de los nacimientos	18
A.4.5 Sistematización de la información hidrológica y climática	19

A.4.6 Priorización de problemas	19
A.5 CONCLUSIONES	20
A.6 BIBLIOGRAFIA	21
B. INFORME FINAL DE LOS PROYECTOS DE SERVICIO	22
B.1 ANTECEDENTES	22
B.2 OBJETIVOS	24
B.3 METODOLOGIA	25
B.3.1 Sistematización de la Información y Manejo del Recurso Hídrico	25
B.3.2 Análisis de Nutrientes del Suelo del Cultivo de Caña de Azúcar	26
B.3.3 Propuesta de Fortalecimiento de Actividades Forestales dentro de la Unidad Docente-Productiva Sabana Grande	27
B.3.3.1 Fortaleciendo actividades forestales	27
B.3.3.2 Plan de Reforestación	27
B.3.3.3 El Vivero Forestal	27
B.4 RESULTADOS DE LOS PROYECTOS DE LOS SERVICIOS EJECUTADOS	30
B.4.1 SISTEMATIZACION DE LA INFORMACION Y MANEJO DEL RECURSO HIDRICO	30
B.4.1.1 Análisis físico	30
B.4.1.2 Resultado del análisis químico	31
B.4.1.3 Análisis de Bacterias	34
B.4.1.4 AFOROS	35
B.4.1.5 Propuestas de Alternativas de Aprovechamiento del Recurso Hídrico	35
B.4.2 ANALISIS DE NUTRIENTES DEL SUELO DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZUCAR	37
B.4.2.1 Resultados del análisis de laboratorio	37
B.4.3 PROPUESTA DE FORTALECIMIENTO DE ACTIVIDADES FORESTALES DENTRO DE LA FINCA SABANA GRANDE	39
B.4.3.1 Plan de Reforestación	40
B.4.3.2 El Vivero Forestal	40
B.5 CONCLUSIONES	42
B.6 RECOMENDACIONES GENERALES	44
B.7 BIBLIOGRAFIA GENERAL	46

B.8 ANEXOS	47
C. INFORME DE INVESTIGACION	74
C.1 INTRODUCCION	75
C.2 MARCO TEORICO	77
C.2.1 EL CICLO HIDROLOGICO	77
C.2.2 PRECIPITACION PLUVIAL	79
C.2.2.1 Medición de la precipitación	80
C.2.3 ESCURRIMIENTO	83
C.2.3.1 Métodos de aforo	83
C.2.4 HIDROGRAMAS	86
C.2.4.1 Análisis de Hidrogramas	87
C.2.4.2 Métodos para la separación de los componentes del Hidrograma	88
C.2.5 INFILTRACION	89
C.2.5.1 Descripción del proceso de infiltración	90
C.2.5.2 Índice del Infiltración Media Φ	92
C.2.6 EVAPTRANSPIRACION	93
C.2.7 RECARGA HIDRICA	93
C.2.7.1 Balance de Aguas Subterráneas	94
C.3 OBJETIVOS	96
C.4 METODOLOGIA	97
C.4.1 Delimitación del área de estudio	97
C.4.2 Aforo de nacimientos y ríos	97
C.4.3 Registro de precipitación	98
C.4.4 Índice de infiltración	98
C.4.5 Precipitación infiltrada	99
C.4.6 Recarga hídrica	99
C.4.7 Recarga hídrica real	99
C.4.8 Propuesta de manejo del recurso hídrico	99
C.5 RESULTADOS Y SU DISCUSION	100
C.5.1 El área de estudio	100
C.5.2 Aforo de Nacimientos y ríos	101
C.5.3 Registro de intensidades de precipitación	102
C.5.4 Índices de Infiltración Φ	108

C.5.5 Precipitación infiltrada	109
C.6.6 Recarga hídrica	110
C.6.7 Propuesta de Manejo del recurso hídrico	120
C.6.7.1 Contaminación al acuífero	120
C.6.7.2 Estrategias de manejo	121
C.7 CONCLUSIONES	122
C.8 RECOMENDACIONES	123
C.9 BIBLIOGRAFIA	125
APENDICES	126

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Nacimientos importantes en la finca Sabana Grande	16
Cuadro 2. Parámetros físicos analizados en los nacimientos	17
Cuadro 3. Parámetros químicos analizados en los nacimientos	17
Cuadro 4. Aforo de nacimientos	18
Cuadro 5. Aforo de ríos	18
Cuadro 6. Resultados de análisis físico	30
Cuadro 7. Resultados del análisis de calcio	31
Cuadro 8. Resultados del análisis de carbonatos	32
Cuadro 9. Resultados del análisis de cloro	32
Cuadro 10. Resultados del análisis de magnesio	32
Cuadro 11. Resultados del análisis de nitratos	33
Cuadro 12. Resultados del análisis de potasio	33
Cuadro 13. Resultados del análisis de silicatos	33
Cuadro 14. Resultados del análisis de sodio	34
Cuadro 15. Resultados de análisis de sulfato	34
Cuadro 16. Resultados del análisis de bacterias	34
Cuadro 17. Resultados de aforos a nacimientos	35
Cuadro 18. Resultados de aforos a ríos	35
Cuadro 19. Resultados del análisis de suelo	37
Cuadro 20. Espaciamiento de sondeos según el ancho del cauce	85
Cuadro 21. Aforo de los principales nacimientos	101
Cuadro 22. Registro de aforo de los principales nacimientos de febrero 2001 a enero 2002	101
Cuadro 23. Aforo de los principales ríos	102
Cuadro 24. Intensidades de precipitación	102
Cuadro 25. Valores de los índices de infiltración Φ	108
Cuadro 26. Valores de infiltración básica de la micro cuenca del río Cantíl	109
Cuadro 27. Precipitación infiltrada y escorrentía, determinada por el método del índice de infiltración Φ	109
Cuadro 28. Precipitación infiltrada, determinada por medio de la infiltración básica	110
Cuadro 29. Recarga hídrica, utilizando la precipitación infiltrada determinada por el índice de infiltración media Φ	111
Cuadro 30. Recarga hídrica, utilizando la precipitación infiltrada determinada por la infiltración básica de campo	111

Cuadro 31. Recarga hídrica, utilizando la precipitación infiltrada por medio de la Medición directa del nivel freático en el pozo.	112
Cuadro 32. Balance hídrico de la parte alta de la micro cuenca del río Cantíl	114
Cuadro 33. Balance hídrico de la parte medio de la micro cuenca del río Cantíl	115
Cuadro 34. Balance hídrico de la parte baja de la micro cuenca del río Cantíl	116
Cuadro 35. Recarga hídrica, de la parte alta de la micro cuenca del río Cantíl utilizando la Infiltración Básica	117
Cuadro 36. Recarga hídrica, de la parte media de la micro cuenca del río Cantíl utilizando la Infiltración Básica	118
Cuadro 37. Recarga hídrica, de la parte baja de la micro cuenca del río Cantíl utilizando la Infiltración Básica	119

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio	1
Figura 2. El Ciclo Hidrológico	78
Figura 3. Pluviógrafo	81
Figura 4. Componentes del pluviómetro	81
Figura 5. Pluviograma	82
Figura 6. Hietograma de intensidades	82
Figura 7. Hidrograma de crecientes	88
Figura 8. Micro cuenca del río Cantíl	100
Figura 9. Variación del nivel freático	112
Figura 10. Gráfica comparativa de la lámina de precipitación infiltrada por Medio de las tres metodologías utilizadas	113

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

En el proceso de formación de los estudiantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala en su última etapa, se realiza el Ejercicio Profesional Supervisado; el que consiste en la planificación y ejecución de una serie de actividades de investigación, extensión y servicios. Este ejercicio tiene una duración de diez meses y se puede desarrollar en comunidades del área rural, empresas privadas, organizaciones no gubernamentales, proyectos o servicios que contribuyan en la solución de problemas o el seguimiento de actividades de desarrollo, los cuales son identificados y priorizados previamente por medio del diagnóstico que el estudiante realiza. En la fase final del EPS el estudiante deberá integrar en un documento el diagnóstico del lugar, la investigación realizada y el informe final de servicios ejecutados. En el presente documento se integran los tres elementos realizados en la Finca Sabana Grande de la Facultad de Agronomía, USAC.

La finca Sabana Grande fue adjudicada a la Universidad de San Carlos de Guatemala, el 20 de Junio de 1957 por medio de acuerdo gubernativo emitido por el órgano del Ministerio de Hacienda y Crédito Público (actualmente Ministerio de Finanzas Públicas) pasando a formar parte de sus activos el día 11 de Agosto del mismo año. Actualmente la Administración de la Finca esta a cargo de la Facultad de Agronomía. En las consideraciones del acuerdo gubernativo respectivo se dejan implícitos los fines de la donación, los cuales son: Prestar el apoyo necesario al desenvolvimiento de la cultura, incrementar el patrimonio de la Universidad de San Carlos como un medio para el mejor desarrollo de sus actividades y dotar a la Facultad de Agronomía de un inmueble para sus prácticas y labores de experimentación.

Tomando en cuenta los resultados del diagnóstico del recurso hídrico realizado en la ejecución del EPS, nos indicó lo poco que se ha venido trabajando en este tema, ya que a pesar de contar con suficientes fuentes de agua no se les da la protección y manejo necesario, no se cuenta con la información de calidad y cantidad de este recurso, las áreas circundantes a los nacimientos las cuales

deberían de ser para protección se han venido reduciendo debido al avance del cultivo de caña de azúcar, y con esto reduciendo las fuentes de agua. A pesar de ser un área para labores docentes y de experimentación poco se ha hecho por desarrollar actividades que involucren el recurso hídrico en la generación de información importante para la región. También se pudo observar que existen áreas dentro de la finca las cuales no se aprovechan y están sin cultivarse, las cuales se podrían reforestar e inscribir en el Programa de Incentivos Forestales del INAB.

Actualmente por parte de estudiantes de maestría de la Universidad de Calgary, Canadá dentro del Programa de la Red Centroamericana de Manejo de Recursos Hídricos (Red-CARA), se están realizando investigaciones relacionadas con el recurso hídrico. Asimismo se consiguió la donación de equipo por parte de la Red-CARA, que permite medir la calidad física, química y bacteriológica, del recurso hídrico directamente en el campo.

La parte central del ejercicio profesional supervisado es la investigación, y considerando la falta de sistematización de la información del recurso hídrico, se realizó la investigación titulada “Determinación de la recarga hídrica vertical de la micro cuenca del río Cantíl, El Rodeo, Escuintla”, la cual se realizó siguiendo tres metodologías para el cálculo de la precipitación infiltrada, una de estas es utilizando valores de infiltración básica, la otra metodología previamente se tuvo que determinar por mediciones de la fluctuación de los niveles de escorrentía de los ríos en cada evento de lluvia el índice de infiltración el cual nos permite obtener la precipitación infiltrada, y con el balance hídrico de suelos de determino la lámina de recarga, la tercera metodología consistió en la medición de la fluctuación del nivel freático del acuífero por medio del pozo.

Con el fin de cumplir una fase del ejercicio profesional supervisado, y tomando en cuenta los resultados del diagnóstico realizado, se desarrollo una planificación de los servicios a realizar, los cuales están dirigidos hacia la generación y sistematización de la información del recurso hídrico en el cual se realizó la medición y registro mensual de los caudales de los principales nacimientos y ríos de

la finca, se realizaron mediciones de la calidad física, química y bacteriológica de los principales nacimientos y otras actividades con el objetivo de conservar y manejar el recurso hídrico, así mismo se plantearon actividades que involucren el sector forestal y dentro de las actividades de apoyo a la finca, se realizó una análisis de suelo del cultivo de caña de azúcar.

La información generada en el diagnóstico del recurso hídrico, la investigación desarrollada, y los servicios ejecutados esta incluida en el presente documento, el cual es el informe final del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Historial

De acuerdo con Morales Cayax (1990). La Finca fue adjudicada a la Universidad de San Carlos de Guatemala, el 20 de Junio de 1957 por medio de acuerdo gubernativo emitido por el órgano del Ministerio de Hacienda y Crédito Público (actualmente Ministerio de Finanzas Públicas) pasando a formar parte de sus activos el día 11 de Agosto del mismo año. Actualmente la Administración de la Finca esta a cargo de la Facultad de Agronomía.

En las consideraciones del acuerdo gubernativo respectivo se dejan implícitos los fines de la donación, los cuales son: Prestar el apoyo necesario al desenvolvimiento de la cultura, incrementar el patrimonio de la Universidad de San Carlos como un medio para el mejor desarrollo de sus actividades y dotar a la Facultad de Agronomía de un inmueble para sus prácticas y labores de experimentación, ya que por la naturaleza de las enseñanzas que imparte esta llamada a contribuir a la producción agrícola del país.

2.2 Ubicación Geográfica

2.2.1 Finca Sabana Grande

De acuerdo con el IGN (1978). La Finca Sabana Grande está ubicada en el Municipio de Escuintla, Aldea El Rodeo, al Noroeste de la cabecera del Departamento de Escuintla. La finca tiene una extensión de 216 ha, y está comprendida entre los paralelos 14°21'17" y 14°20'35" de latitud norte y los meridianos 90°44'55" y 90°50'7" de longitud oeste.

2.2.2 Micro cuenca del Río Cantil

De acuerdo con Padilla Cámbara (2002). La micro cuenca hidrográfica del río Cantil que es dentro de la que se ubica la finca, está ubicada en el Municipio y Departamento de Escuintla, Aldea El Rodeo, al noroeste de la cabecera departamental de Escuintla. Está comprendida entre las coordenadas geográficas 14° 21' 15" a 14° 25' de latitud norte y 90° 49' 15" a 90° 50' 57" de longitud oeste. Se encuentra entre las coordenadas de 1.588.350 m a 1.594. 300 norte y 732.500 m a 735.000 m oeste, en el sistema UTM (Universal Transverso Mercator) de la hoja Alotenango 2059 III, escala

1:50.000, del IGN (Instituto Geográfico Nacional). Dentro de la micro cuenca del Río Cantil, se encuentra ubicada La finca Sabana Grande con coordenadas de 14° 21' 44" a 14° 23' 29" de latitud norte y 90° 49' 35" a 90° 50' 08" de longitud oeste.

La micro cuenca del Río Cantil tiene un área de 9,86 Km²., y la finca Sabana Grande tiene 2,16 Km². de área.

Según el mapa de regiones fisiográficas de Guatemala, la Micro cuenca del Río Cantil se encuentra dentro de la región fisiográfica denominada Pendiente Volcánica Reciente (IGN, 1980). Los suelos pertenecen a la serie Alotenango, esto de acuerdo al estudio de suelos a nivel de reconocimiento elaborado por Simmons et. al. (1959) las cuales se caracterizan por ser suelos profundos, bien drenados y de textura franca.

El Mapa de Cuencas de la República de Guatemala, muestra que la Micro cuenca del Río Cantil se encuentra ubicada en la parte media de la cuenca del Río Guacalate, el cual es tributario principal del Río Achiguate que pertenece a la vertiente del Pacífico (IGN, 1978), La topografía de la zona de estudio va de gradualmente ondulada a plana con pendientes que varían del 0% al 30%, y elevaciones desde los 600msnm a 1,020msnm, con una cota media de 650 msnm para la finca Sabana Grande (620 a 780 msnm).

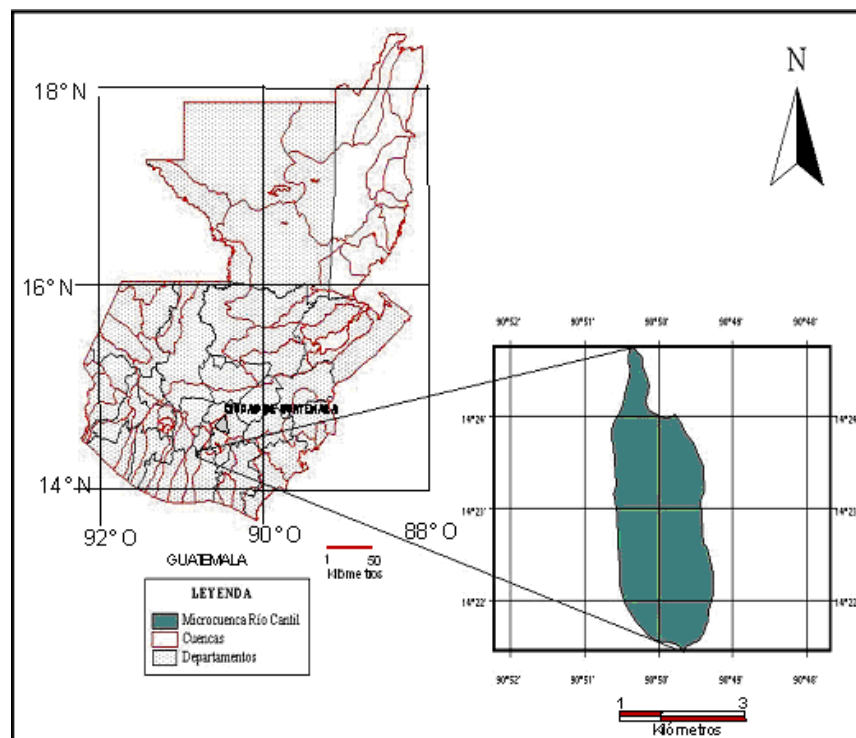
2.3 Características Climáticas y Edáficas

Según el mapa de regiones fisiográficas de Guatemala, se encuentra dentro de la región fisiográfica denominada Pendiente Volcánica Reciente. Los suelos pertenecen a la serie Alotenango, esto de acuerdo al estudio de suelos a nivel de reconocimiento elaborado por Simmons et al. Según el mapa climatológico preliminar de la República de Guatemala, basado en el sistema de clasificación de Thornthwaite, presenta un clima cálido sin estación fría bien definida, muy húmedo con estación seca bien definida. La precipitación media anual es de 3,328mm distribuida en 68 días de lluvia, la humedad relativa varía de 80% a 94% y la temperatura posee una variación de 12° C y 33° C con una media anual de 24° C.

Según el mapa de Zonas de Vida elaborado por J.R. de la Cruz; basado en el sistema de clasificación de Holdridge, se encuentra dentro de la zona de vida denominada Bosque Muy Húmedo Sub-Tropical Cálido (bmh-Sc).

2.4 Límites y Vías de Acceso

De acuerdo con Morales Cayax (1990). Los límites de la Finca Sabana Grande son: Norte, Aldea El Rodeo; Sur, Finca Lorena; Este, Finca Alsacia y Oeste, Finca Magdalena. Las vías de acceso son principalmente dos: La primera saliendo de la ciudad de Guatemala hacia el Sur por la carretera CA-2, pasando por los municipios de Villa Nueva, Amatitlán y Palín, luego tomando la autopista hasta el Km. 55.5, para luego desviarse a la carretera que conduce a la Antigua Guatemala hasta el Km. 62.5. La segunda vía partiendo de la ciudad de Guatemala ruta a la Antigua Guatemala (Km. 45) luego tomando la carretera que conduce hacia el sur, pasando por los municipios de Ciudad Vieja, Alotenango, hasta llegar a la Aldea El Rodeo (Km. 70) del Departamento de Escuintla.



Fuente: Padilla Cámara.

Año: 2002

Figura 1. Ubicación del área de estudio.

3. OBJETIVOS GENERALES

Dar a conocer la situación actual del recurso hídrico por medio del diagnóstico ejecutado durante el Ejercicio Profesional Supervisado.

Fortalecer la información científica, por medio de un trabajo de investigación en donde se integren y apliquen los conocimientos científicos-tecnológicos.

Realizar actividades que lleven a la solución de problemas que plantea la situación actual de la finca Sabana Grande, enfocándose primordialmente en el manejo y conservación del recurso hídrico.

Participar en actividades varias, que permitan solucionar problemas y llevar el desarrollo de la finca.

4. METODOLOGÍA GENERAL

El Ejercicio Profesional Supervisado se realizó en fases principales; la fase de inducción y diagnóstico, la fase de planificación de la investigación y servicios, la fase de ejecución de los proyectos de investigación y servicios, la fase de sistematización de la información generada y la fase de elaboración del informe final de EPS. Cada una de estas fases fue guiada y apoyada por el supervisor de EPS y profesionales de la Facultad de Agronomía, así como estudiantes de maestría de la Universidad de Calgary, Canadá.

Primero se realizó un diagnóstico general de la situación actual del recurso hídrico de la finca Sabana Grande, en el cual se reunió información general sobre aspectos de ubicación, extensión, características climáticas y edáficas, vías de acceso y colindancias, se determinó la problemática y se realizó la priorización de problemas que afronta el recurso hídrico, asimismo se plantearon recomendaciones para la planificación de la investigación y los servicios.

La planificación de la investigación y servicios, se realizó conjuntamente con el supervisor de EPS y un asesor de la Facultad de Agronomía, luego se presentaron los diferentes proyectos ante autoridades y personal de la finca Sabana Grande y una terna de la Facultad de Agronomía, quienes aprobaron la planificación presentada. Luego se inició la fase de ejecución de la investigación y de los servicios la cual finalizó cuatro meses después de terminado el EPS, debido a lo prolongado de la toma de datos de la investigación. Durante el tiempo de ejecución de los proyectos de investigación y servicios, se realizaron también actividades de apoyo a la finca, independientes a los proyectos planificados.

Finalmente en conjunto con el supervisor de EPS y el asesor de la investigación, se sistematizó la información generada y se elaboró el presente informe, el cual fue presentado a las autoridades de la finca Sabana Grande.

5. RESULTADOS GENERALES

La información generada en el diagnóstico, nos evidenció el poco interés que existe por las autoridades de la finca Sabana Grande, a realizar actividades encaminadas a mejorar las condiciones de las fuentes de agua. Además se identificaron como principales problemas: la falta de información de calidad química, física y bacteriológica de las fuentes de agua, no existe un registro de la cantidad del recurso hídrico en las diferentes fuentes, no se ha sistematizado la información existente y generada en la finca, asimismo no se llevan a cabo actividades encaminadas a la conservación y protección de las fuentes de agua.

En base a los problemas detectados en el diagnóstico y a las necesidades de las autoridades de la finca se realizaron los siguientes servicios: el primero fue la sistematización de la información y manejo del recurso hídrico, el cual consistió en realizar mediciones de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos a los principales nacimientos, también se realizaron aforos mensuales a los principales ríos y nacimientos de la finca y se mejoraron las condiciones actuales de los nacimientos a través de su manejo y conservación; el segundo servicio obedeció a las necesidades de la finca el cual fue el análisis de nutrientes del suelo del cultivo de caña de azúcar, el cual consistió en tomar muestras de suelo de las 81.867 hectáreas sembradas con caña de azúcar, y se analizaron en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía, USAC y por ultimo se plantearon las recomendaciones para establecer un plan de fertilización general del cultivo de caña de azúcar; el tercer servicio fue la elaboración de una propuesta de fortalecimiento de actividades forestales dentro de la finca, se plantea la creación de un vivero forestal el cual sirva para la reforestación de las áreas sin uso, y se presenta el plan de reforestación para inscribirlo en el programa de incentivos forestales del INAB.

Durante el tiempo de ejecución de los proyectos de investigación y servicios, se realizaron también actividades de apoyo a la finca, independientes a los proyectos planificados, tales como: coordinación y supervisión de actividades de manejo del cultivo de caña de azúcar, participación en

actividades relacionadas con la zafra o corte de caña de azúcar, participación en los talleres de planificación y elaboración de proyectos e informes, guía interpretativo del sendero ecológico y apoyo en actividades varias.

A. INFORME DE DIAGNÓSTICO

A.1 ANTECEDENTES

La Unidad Docente-Productiva Sabana Grande fue adjudicada a la Universidad de San Carlos de Guatemala, el 20 de Junio de 1957 por medio de acuerdo gubernativo emitido por el órgano del Ministerio de Hacienda y Crédito Público (actualmente Ministerio de Finanzas Públicas) pasando a formar parte de sus activos el día 11 de Agosto del mismo año. Actualmente la Administración de la Finca esta a cargo de la Facultad de Agronomía. En las consideraciones del acuerdo gubernativo respectivo se dejan implícitos los fines de la donación, los cuales son: Prestar el apoyo necesario al desenvolvimiento de la cultura, incrementar el patrimonio de la Universidad de San Carlos como un medio para el mejor desarrollo de sus actividades y dotar a la Facultad de Agronomía de un inmueble para sus prácticas y labores de experimentación.

En los aspectos relacionados con recursos hídricos, la Facultad de Agronomía, de acuerdo al convenio de la red CARA-FAUSAC, oficialmente propuso a la Finca Sabana Grande como el lugar para establecer un centro de investigación y capacitación de Recursos Hídricos de Guatemala, por lo que se ha hecho necesario realizar este tipo de trabajos.

A la fecha se han efectuado proyectos dentro de la cuenca del río Achiguate, específicamente en la parte alta, así mismo existen proyectos de estudios sobre aspectos hidrogeológicos y de modelaje de las aguas subterráneas. Dentro de la parte media de esta cuenca se encuentra ubicada la Finca Sabana Grande, en donde a la fecha se han realizado estudios a nivel de tesis del recurso suelo (estudio de génesis, morfología, propiedades físicas, químicas, mineralógicas y cartografía de suelos) y con respecto al recurso bosque (situación actual y propuestas de manejo), en la parte hídrica se han realizado evaluaciones y propuestas de manejo.

A.2 OBJETIVOS

- Conocer la situación actual del recurso hídrico en la finca Sabana Grande.
- Plantear recomendaciones y opciones de solución a la problemática existente.

A.3 METODOLOGÍA

A.3.1 Delimitación del Área de Estudio:

Con la ayuda de un croquis de la Finca Sabana Grande, y la hoja cartográfica Alotenango, escala 1:50,000, se ubicaron los principales ríos y manantiales, el pozo; así como sus rutas de acceso y puntos de aforo.

A.3.2 Calidad Química y Física:

Con la ayuda del croquis se seleccionaron los puntos de muestreo químico en manantiales, ríos y pozo dentro de la Finca Sabana Grande.

El análisis físico-químico que comprende pH, temperatura, conductividad eléctrica, Oxígeno Disuelto, Nitratos (NO_3^-), Silicatos, Cloro, se hizo en el campo con la ayuda de profesionales y equipo de Red – CARA. Los resultados serán comparados con los límites aceptables y permisibles establecidas por el Comité Guatemalteco de Normas (COGUANOR).

A.3.3 Escorrentía Superficial

A.3.3.1 Aforo de los Principales Nacimientos de Agua

Dentro de la Finca Sabana Grande se identificaron los principales manantiales, seleccionándose los que presentan mayor caudal y que tuvieran un alto potencial de ser utilizados de acuerdo a su ubicación y fácil acceso. Estos manantiales cuentan con estructuras de captación que facilitan la toma de sus respectivos caudales.

El método de aforo que se utilizó es el volumétrico, utilizando la siguiente fórmula:

$$Q = \text{volumen} / \text{tiempo} = \text{Lps.}; \text{m}^3/\text{s}.$$

A.3.3.2 Aforo de Ríos

El método de aforo de los ríos que se utilizó fue el de sección – velocidad; se utilizó este método debido a la disponibilidad de molinete, y a lo confiable de las lecturas de velocidad comparadas con otros métodos más prácticos pero menos precisos, la velocidad transversal se

obtendrá calculando áreas parciales perpendiculares a la dirección del río de acuerdo a las distancias recomendadas.

La velocidad se obtuvo con la ayuda de un molinete de Red – CARA, con el método de los 6/10, el cual consiste en colocar el molinete a 6/10 de la profundidad (0.6H) de cada punto medio, contando de la superficie del agua hacia abajo. Con esta información el caudal se calculó de la siguiente manera:

$$Q = \text{Área Total (m}^2\text{)} * \text{Velocidad Media (m/s)} = \text{m}^3\text{/s.}$$

A.3.4 Manejo y Conservación de los Manantiales

Esta actividad se planificó en base a la situación actual en que se encuentran los diferentes manantiales, haciendo énfasis en las rutas de acceso, en la reconstrucción de las estructuras de aforo, en la reforestación del área circundante al manantial, en la identificación de cada manantial, en el mapeo de los manantiales y sus rutas de acceso dentro de la finca.

A.3.5 Sistematización de la Información Hidrológica y Pluviográfica

En los archivos de la Finca Sabana Grande se determinó que no existen registros del caudal diario de los principales ríos, entonces se pretende realizar un registro y archivo de dicha información, una Curva de Caudales Característicos de cada río, para determinar la distribución de sus caudales bajos, medios y altos a lo largo de un año, para la prevención de catástrofes posteriores.

Para la sistematización de la información pluviográfica, se utilizaron los datos registrados en la estación meteorológica Sabana Grande tipo B, ubicada en las instalaciones de la granja experimental del centro universitario del sur (CUNSUR), finca Sabana Grande, en las coordenadas latitud norte 14°22'03" y longitud oeste 90°49'48", a una altura de 660 msnm.

Con dicha información se pretende determinar la infiltración de la Finca y generar un modelo característico de la zona, en base al Criterio de la Capacidad de Infiltración Media, que toma en cuenta los registros de lluvia y volumen de escurrimiento.

A.3.6 Recomendaciones y Opciones de Solución

Estas propuestas fueron basadas en la información técnica generada en este estudio, priorizando los problemas, en donde se tomaba en cuenta la importancia del estudio tanto para la finca, como para Red – CARA, y para la conservación y manejo del Recurso Natural Hídrico de la Finca Sabana Grande.

A.4 RESULTADOS

A.4.1 Ubicación de las fuentes de agua

En toda la finca se ubicaron 39 nacimientos, considerando la ubicación e importancia de estos, solo se trabajaron con 14 nacimientos, ya que presentan un alto caudal y poca variación a lo largo del año, de acuerdo con pobladores de la finca. Hace falta mucha información en cuanto a la ubicación de los nacimientos dentro de la finca, ya que son pocas las personas que conocen exactamente la ubicación de éstos. Los nacimientos estudiados los encontramos en el cuadro 1.

Cuadro 1. Nacimientos importantes en la finca Sabana Grande.

NACIMIENTO	ALTITUD msnm	UTM ESTE	UTM NORTE	NACIMIENTO	ALTITUD msnm	UTM ESTE	UTM NORTE
El Maníal	730	733636	1590772	La Presita	708	734039	1590754
El Idilio 2	665	733898	1591022	Los Cocales	717	734165	1590845
Pilita 1	696	733948	1590792	La Berrera	650	734080	1590231
Pilita 2	713	733966	1590779	El Ariete	719	734000	1590849
Mineral 1	690	734036	1590149	Rincón de Alsacia	658	734209	1589604
Mineral 2	690	734327	1590325	Guineo Morado	723	734059	1589642
Mineral 3	697	733929	1590599	Piscina de Lorena	711	733396	1589465

Se ubicaron tres ríos los cuales son: Cantíl, Mongoy y Cometa. Estos ríos son los que presentan un mayo caudal y captan todo la escorrentía superficial de la microcuenca del río Cantíl, también cabe mencionar que en los puntos de aforo poseen estructuras hidrométricas para el aforo de los mismos, las cuales se encuentran en la fase de calibración.

A.4.2 Análisis físico-químico

Se realizó un análisis físico-químico a los nacimientos en estudio, entre los parámetros físicos están pH, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto. En los parámetros químicos analizados están nitratos, silicatos y cloro. Tomando en cuenta los resultados del cuadro 2., de pruebas físicas las aguas son aptas para consumo humano, de igual forma según los resultados del cuadro 3., de pruebas químicas las aguas son aptas para consumo humano. Hace falta realizar pruebas de otros parámetros químicos y pruebas bacteriológicas, con el objetivo de determinar el nivel de estos, y de esa forma estar seguros que las fuentes de agua son aptas para consumo humano u otros fines.

Cuadro 2. Parámetros físicos analizados en los nacimientos.

MANANTIAL	FISICAS			
	pH	temperatura °C	EC us / cm ²	Oxígeno mg / L
El Maníal	6.5	24.0	203	3.16
El Idilio 2	6.7	24.1	263	5.40
Pilita 1	6.3	24.5	281	4.64
Pilita 2	6.1	23.7	545	3.64
Mineral 1	6.2	24.2	735	2.45
Mineral 2	6.2	23.5	712	3.36
Mineral 3	6.0	25.1	436	3.86
La Presita	6.6	24.0	559	4.51
Cocales	6.6	25.1	219	4.21
La Berrera	6.4	25.3	401	4.26
El Ariete	6.1	24.1	382	4.20
Rincón de Alsacia	6.6	23.8	576	3.68
Guineo Morado	6.5	24.4	300	4.72
La Piscina de Lorena	6.3	24.4	418	4.47
NORMA COGUANOR	6.5 – 9.2	15.0 – 25.0	50 - 1500	MÁXIMO 4.0

Cuadro 3. Parámetros químicos analizados en los nacimientos.

MANANTIAL	QUIMICAS				
	NITRATOS mg/L		SILICATOS mg/L		CLORO mg/L
	NO ₃ ⁻ - N	NO ₃ ⁻	SiO ₂	Si	Cl ⁻
El Maníal	0.6	2.5	82.8	38.7	1.1
El Idilio 2	1.6	7.0	92.5	43.2	5.0
Pilita 1	1.8	7.9	90.1	42.1	3.2
Pilita 2	2.1	9.4	96.3	23.4	7.2
Mineral 1	1.0	4.6	72.2	33.8	8.8
Mineral 2	1.3	5.6	93.3	43.6	9.3
Mineral 3	1.8	7.8	94.9	44.4	5.6
La Presita	2.0	8.7	94.5	44.2	7.7
Cocales	1.1	4.7	85.6	40.0	2.0
La Berrera	1.0	4.3	92.0	43.0	4.8
El Ariete	2.0	8.7	88.9	41.2	4.8
Rincón de Alsacia	1.0	4.3	65.8	30.7	7.2
Guineo Morado	1.2	5.3	59.6	27.8	3.5
La Piscina de Lorena	1.8	8.1	76.9	35.9	4.7
NORMAS COGUANOR	MAX 10.0	MAX 45.0	MENOS 100.	MEN. 47.0	MENOS 200.0

A.4.3 Escorrentía superficial

La escorrentía superficial aprovechable de los 14 nacimientos estudiados dentro de la finca, es de una caudal de 63.648 litros por segundo, como podemos observar en el cuadro 4., el nacimiento Mineral 2 es el de mayor caudal y el nacimiento Mineral 1 el de menor caudal, también este el

nacimiento Piscina de Lorena, el cual nace en el límite de finca Sabana Grande y finca Lorena, pero drena y lo hace aprovechable finca Sabana Grande.

Cuadro 4. Aforo de nacimientos.

MANANTIAL	CAUDAL (Lps)
El Maníal	10.5
El Idilio 2	0.1
Pilita 1	5.21
Pilita 2	3.37
Mineral 1	0.068
Mineral 2	8.5
Mineral 3	5.06
La Presita	2.08
Cocales	1.26
La Berrera	1.79
El Ariete	6.5
Rincón de Alsacia	2.15
Guineo Morado	5.56
La Piscina de Lorena	11.5

La escorrentía superficial aprovechable de los tres ríos tiene una caudal de 2925.8 litros por segundo, los cuales se pueden aprovechar en proyectos de riego entre otros, como podemos ver en el cuadro 5., el río Cantíl es el de mayor caudal y el río Cometa el de menor caudal.

Cuadro 5. Aforo de ríos.

RIO	CAUDAL (Lps)
Cantíl	2,085.0
Cometa	280.6
Mongoy	560.2

A.4.4 Manejo y conservación de los nacimientos

La situación actual de los manantiales es muy mala, no se encuentran identificados, no están georeferenciados, sus rutas de acceso en malas condiciones y en algunos casos no existe, las estructuras de aforo necesitan reconstrucción y/o reparación, el área circundante se encuentra un tanto abandonada debido a la deforestación y la poca conservación del terreno, se observaron áreas erosionadas que entorpecen el cauce de drenaje de los manantiales.

A.4.5 Sistematización de la información hidrológica y climática

Se consultaron los archivos de la Finca Sabana Grande, y no se encontró un registro diario, ni mensual de los caudales de los principales ríos y manantiales. No se han hecho estudios, en donde se puede utilizar la información climática generada en la estación climática del INSIVUMEH, ni información que se pueda generar en las estaciones hidrométricas de los ríos, ya que con esta información se puede determinar un índice de infiltración y por ende la recarga hídrica de la zona. La información de las bandas pluviográficas es diaria, las cuales se pueden encontrar en las oficinas centrales del INSIVUMEH, para futuros estudios.

A.4.6 Priorización de problemas

Tomando en cuenta la información recopilada y generada, se hizo un análisis matricial de los problemas encontrados y relacionados con el recurso hídrico, de esta forma se priorizaron los siguientes problemas:

- No existe información reciente de escorrentía superficial.
- No se ha sistematizado la información generada en la estación climática y la que se puede generar en las estaciones hidrométricas.
- Deterioro y contaminación de los nacimientos.
- No existe información de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos de las fuentes de agua.

A.5 CONCLUSIONES

- El recurso hídrico en la finca Sabana Grande es abundante, ya se cuenta con 39 nacimientos y 4 ríos, tomando en cuenta la ubicación y su caudal solo se trabajan con 14 nacimientos y tres ríos.
- De acuerdo con los resultados de las pruebas químicas y físicas desarrolladas las fuentes de agua de los nacimientos son aptas para consumo humano, pero hay que tomar en cuenta que no se analizaron bacterias y otros parámetros químicos de mucha importancia.
- La escorrentía superficial de nacimientos y ríos es abundante, la cual se puede aprovechar muy bien en proyectos de riego y otras actividades, se debe de cuidar las áreas boscosas para no perder el recurso hídrico.
- La situación actual de los nacimientos va en deterioro y pérdida del recurso hídrico, el avance de la frontera agrícola con el cultivo de caña de azúcar va aumentando reduciendo las áreas de protección de los mismos, no se trabaja en actividades que conlleven al aprovechamiento y conservación de los nacimientos.
- En base a la priorización de problemas, los mas grandes es la falta de información de caudales y calidad de agua, así como la poca sistematización de la información y la mas importante es la protección de los nacimientos.

A.6 BIBLIOGRAFÍA

1. Benítez, A. 1972. Captación de aguas subterráneas. Madrid, Dorsal. 619 p.
2. Cruz, JR., De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, basada en el sistema de Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
3. Herrera Ibáñez, IR. 1998. Reconocimiento hidrogeológico de la cuenca del río Itzapa, departamento de Chimaltenango, Guatemala. Tesis Msc. Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Escuela Centroamericana de Geología. 104 p.
4. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1978. Mapa de cuencas de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:500.000. Color.
5. _____. 1980. Mapa de regiones fisiográficas de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:1.000.000. Color.
6. _____. 1981. Mapa geológico de la república de Guatemala: hoja Alotenango, no. 2058 II. Guatemala. Esc. 1:50.000. Color.
7. _____. 1982. Mapa climatológico preliminar de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:1.000.000. Color.
8. _____. 1982. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Alotenango, no. 2059 III. Guatemala. Esc. 1:50.000. Color.
9. Linsley, K. 1988. Hidrología para ingenieros. 2 ed. México, Mc-Graw Hill. 357 p.
10. MINECO (Ministerio de Economía, GT); COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas y Regulaciones, GT). 2001. Norma NGO 29 001 agua potable. Guatemala. 3 p.
11. Morales Cayax, MA. 1990. Diagnóstico del recurso hídrico de la Unidad Docente Productiva Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla. Diagnóstico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 73 p.

B. INFORME FINAL DE LOS PROYECTOS DE SERVICIO

B.1 ANTECEDENTES

La Finca Sabana Grande se encuentra ubicada en la parte media de la Cuenca del Río Guacalate y dentro de la Microcuenca del Río Cantil, en donde, el drenaje natural hace confluir gran parte de las aguas subterráneas de dicha cuenca. A través del estudio de las principales variables hidrogeológicas e hidrogeoquímicas de las aguas del área de estudio, es decir, volúmenes de agua saliendo de manantiales, volúmenes de agua en los ríos, y la calidad química, física y bacteriológica del agua, se va lograr conocer mejor la situación del recurso hídrico para desarrollar un plan de manejo de la microcuenca en donde se encuentra ubicada la Finca Sabana Grande.

En la Finca Sabana Grande se reportan a la fecha 39 manantiales de agua y 4 ríos, producto del flujo base de la cuenca, por lo que cuenta con importantes recursos hídricos subterráneos, debido al gran número de fuentes y a la ubicación de estas, se decidió realizar el estudio únicamente en 14 manantiales de agua y en 3 ríos, los cuales son los mas importantes de acuerdo al caudal y el fácil acceso de éstos.

Por otra parte, en la Finca Sabana Grande, se cultivan Caña de Azúcar y Café, debido a una serie de problemas en el cultivo de Caña de Azúcar, tal como plantaciones con más de diez años, poco control de plagas y enfermedades, y al mal manejo que se le ha dado en los últimos años, el rendimiento cultivo (30 ton/ha) ha bajado considerablemente con respecto a la media nacional (70 ton/ha), entonces se decidió realizar cambios, entre estos renovar las plantaciones viejas, adoptar planes fitosanitarios y realizar un análisis de nutrientes del suelo en el cultivo de la Caña de Azúcar en un área de 81.867 hectáreas. Se tomaron las muestras de suelos, las cuales fueron analizadas en el Laboratorio de Análisis de Suelo, Agua y Planta "Salvador Castillo Orellana" de la Facultad de Agronomía, de la USAC, basados en los resultados del análisis de suelos, se plantearon las

recomendaciones necesarias para satisfacer las necesidades nutrimentales del cultivo de la Caña de Azúcar.

En la Finca Sabana Grande, existen áreas ociosas de aproximadamente 25 hectáreas, las cuales están completamente abandonadas, entonces se decidió iniciar un proceso que tiene como objetivo la reforestación de dichas áreas, se inició con la propuesta de crear un área para el establecimiento de un vivero forestal, y se iniciaron las pláticas con la empresa “Pilonos de Antigua”, para la donación de una serie de pilones de plantas forestales, en donde se llegó a empezar un protocolo de convenio entre dicha empresa y la Facultad de Agronomía, la cual tiene como objetivo la investigación forestal y la reforestación de la Finca Sabana Grande, así mismo se podría inscribir un área reforestada en el Programa de Incentivos Forestales del INAB. Tomando en cuenta que el nivel freático es altamente superficial, cerca de 2 metros, entonces es necesario implementar un área boscosa que tenga como objetivo el amortiguamiento y la infiltración del agua de lluvia, en áreas cercanas al campo de pozos, de esta forma se eliminaría la contaminación que proviene del cultivo de caña de azúcar, y se reduciría la escorrentía superficial.

B.2 OBJETIVOS

Objetivos del Servicio: Sistematización de la Información y Manejo del Recurso Hídrico.

- Realizar el análisis químico, físico y bacteriológico del agua proveniente del pozo, principales manantiales de la finca Sabana Grande, para proponer alternativas de su aprovechamiento.
- Cuantificar y registrar mensualmente el caudal de los principales manantiales y ríos de la finca Sabana Grande.
- Mejorar las condiciones actuales de los manantiales de la finca a través de su manejo y conservación.

Objetivos del Servicio: Análisis de Nutrientes del Suelo del Cultivo de Caña de Azúcar.

- Determinar la concentración de los principales nutrientes de los suelos del cultivo de caña de azúcar.
- Dar las recomendaciones necesarias para establecer un plan de fertilización general del cultivo de caña de azúcar.

Objetivos del Servicio: Propuesta de Fortalecimiento de Actividades Forestales dentro de la Unidad Docente-Productiva Sabana Grande.

- Fortalecer las actividades forestales dentro de la finca Sabana Grande, ya que han pasado a un segundo plano, y no se toma en cuenta la función de la finca y se olvida la parte docente.
- Proponer un Plan de Reforestación, el cual se pueda inscribir en el PINFOR.
- Plantear la creación de un Vivero Forestal.

B.3 METODOLOGÍA

B.3.1 Metodología del Servicio: Sistematización de la Información y Manejo del Recurso Hídrico.

- Se seleccionaron los puntos para el análisis físico y la toma de muestras de agua de las fuentes, con la ayuda de un mapa de la finca.
- Se realizó la toma de muestras en envases plásticos, y el análisis físico (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica) a nivel de campo con aparatos de red – CARA.
- Se analizó químicamente las muestras de agua, con la ayuda de un espectrofotómetro portátil y un titulador portátil.
- El análisis de bacterias se realizó a nivel de campo y en el Laboratorio Microbiológico de Referencia -LAMIR- de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Se seleccionaron 14 manantiales y 3 ríos, aquellos que presentaban altos caudales y alto potencial de ser utilizados en base a su ubicación y fácil acceso.
- Se aforaron los manantiales utilizando el método volumétrico, por medio de la siguiente fórmula:

$$Q = \text{volumen} / \text{tiempo} = \text{Lps.}$$

Los ríos se aforaron utilizando el método “sección – velocidad”, debido a que es un método sumamente confiable, y que se cuenta con un molinete; la sección transversal se obtuvo calculando áreas parciales perpendiculares a la dirección del río de acuerdo a las distancias recomendadas. Cuadro No. 1. La velocidad se obtuvo con la ayuda de un molinete de Red – CARA, con el método de los 6/10, el cual consiste en colocar el molinete a 6/10 de la profundidad (0.6H) de cada punto medio, contando de la superficie del agua hacia abajo. Con esta información el caudal se calculó con la ayuda de la siguiente fórmula:

$$Q = \text{Área Total (m}^2\text{)} * \text{Velocidad Media (m/s)} = \text{m}^3\text{/s.}$$

- El registro de los aforos, se realizó mensualmente en unas boletas diseñadas previamente.
- Se ubicaron e identificaron los 14 manantiales a estudiar.

- Se diseñó las rutas de acceso de los diferentes manantiales y se construyeron los pasamanos de bambú.
- Se obtuvieron los rótulos de metal para la identificación de los manantiales, los cuales fueron otorgados por el Departamento de Mantenimiento y Servicios de la USAC.
- Se pintaron los rótulos de metal y los nombres de cada nacimiento.
- Se elaboró un mapa de la Finca Sabana Grande, con la ubicación en base a coordenadas geográficas de cada nacimiento estudiado.
- Se sembraron estacas de sauce, a los alrededores de los nacimientos.
- Se elaboró un documento que contiene la información de calidad y cantidad de agua de las fuentes, de agua y en base a ello se realizó la propuesta de manejo del recurso hídrico de la Finca Sabana Grande.

B.3.2 Metodología del Servicio: Análisis de Nutrientes del Suelo del Cultivo de Caña de Azúcar.

- Se recorrieron los pantes de Caña de Azúcar (81.867 ha), y se dividieron en secciones de muestreo, en base a sus características. En 8 secciones, y cada sección con un área aproximada a las 10 hectáreas.
- Se tomaron submuestras en cada sección, a una profundidad de 30 – 45 cm. con la ayuda de un barreno helicoidal. En cada sección se tomaron de 100 – 150 submuestras, que se homogenizaron y al final se obtuvo una muestra. (2 libras)
- Posteriormente se seco la muestra al aire libre y bajo techo.
- Se tamizó la muestra previo al envío al laboratorio.
- Se coordinaron todas las actividades para la elaboración del mapa de pantes de caña de azúcar y sus nutrientes.
- En base a los resultados se plantearon las recomendaciones generales para suplir las necesidades nutricionales necesarias.

B.3.3 Metodología del Servicio: Propuesta de Fortalecimiento de Actividades Forestales dentro de la Unidad Docente-Productiva Sabana Grande.

B.3.3.1 Fortaleciendo actividades forestales

Se realizó en reconocimiento de las áreas boscosas y áreas ociosas dentro de la finca, en base a ello se consulto a profesionales del área forestal de la Facultad de Agronomía, y se planificó una visita al campo, ya realizada la visita de campo, se acordó que se apoyarían las diferentes actividades forestales con personas de módulos y cursos del área forestal, especialmente en actividades de reforestación.

Se les comunicó a las autoridades de la finca, los diferentes proyectos que se podrían implementar más adelante, todas con el objetivo de implementar el sector forestal como una alternativa docente y productiva, al servicio de la comunidad universitaria.

B.3.3.2 Plan de Reforestación

Se hizo un reconocimiento del área a reforestar, propuesto por la Red Centroamericana de Manejo de Recursos Hídricos, de la Facultad de Agronomía, durante este reconocimiento se observo el uso actual de la tierra, se tomo la pendiente del terreno, la accesibilidad, y se procedió a realizar la medición del área para la elaboración de los planos.

Con los datos anteriores se procedió a realizar el plan de reforestación, llenando los requisitos necesarios para poder ingresar la plantación al PINFOR.

B.3.3.3 El Vivero Forestal

Por medio de un recorrido dentro de la finca Sabana Grande, y tomando en cuenta las fuentes de agua y las rutas de acceso se establecerá el vivero en un área ligeramente plana, y que llene los requisitos antes mencionados.

Para la construcción del invernáculo se utilizarán parales de madera de volador de 3.5m de largo y de 5 por 4 pulgadas, así como costaneras de 4.5m de largo y de 5 por 2 pulgadas. Las bases

se fundirán en concreto y las costaneras se clavarán con clavos acerados de 6 pulgadas. La estructura de madera se forrará como tela de sarán.

El área del Vivero Forestal se circulará con alambre espigado, y se seccionará en diferentes partes, según sean las actividades a desarrollar. Los planos del vivero indican la distribución de cada componente.

Para poder reforestar parte de las 25 hectáreas ociosas dentro de la finca, es necesario poner a andar el vivero con la producción de 15,000 plantas forestales. Para determinar las especies forestales a producir se va a tomar en cuenta, el área a reforestar, el objetivo de la plantación, la semilla y el capital disponible.

El material para las camas de germinación va a ser la arena de río, la cual se va a obtener del río Cantil, ubicado dentro de la Finca. Los materiales para el sustrato de las bolsas va a consistir en tierra negra y piedra pómez, la tierra negra se va a obtener dentro de la Finca, del pante denominado "*La Chichicua*", la cual se trasladará en tractor hacia el área del Vivero Forestal y la Piedra Pómez se va a comprar directamente con una arenera.

Las camas de germinación se van a hacer de madera, las cuales consisten en cajas de un metro de largo, 50 cm de ancho y 15 cm de largo. Tendrán una serie de perforaciones en el fondo para el drenaje del agua. Luego se llenarán de arena de río. El sustrato para las bolsas va a consistir en una mezcla de piedra pómez, tierra negra, broza, en relación 1:1:1.

La siembra de las semillas en las camas de germinación va a depender de las instrucciones técnicas de cada especie forestal.

Para el llenado de las bolsas, el tamaño de estas va a depender de la especie a sembrar en ellas, se utilizarán palas de mano y botes, se acarrearán en carretillas de mano. La cantidad de bolsas a llenar por trabajador va a depender del tamaño de la bolsa.

Para el trasplante de la plántula de las camas de germinación hacia las bolsas, se capacitará personal, para evitar el daño radicular al momento de sacar la plántula de las camas y al momento de la siembra en las bolsas. Se utilizarán palas de mano y paletas.

Respecto al cuidado cultural y fitosanitario, se tomará en cuenta la necesidad de nutrientes y de riego de cada especie dentro del vivero forestal, así como de las plagas y enfermedades que atacan a las especies y otras labores culturales.

B.4 RESULTADOS DE LOS PROYECTOS DE LOS SERVICIOS EJECUTADOS

B.4.1 SISTEMATIZACION DE LA INFORMACIÓN Y MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO

B.4.1.1 Análisis físico

Cuadro 6. Resultados del análisis físico.

MUESTRA	MES / PARÁMETRO							
	AGOSTO 2004				SEPTIEMBRE 2004			
	Temperatura ° (C)	pH	C.E. (μS/cm)	Oxigeno Disuelto (mg/L)	Temperatura ° (C)	pH	C.E. (μS/cm)	Oxigeno Disuelto (mg/L)
El Idilio 2	23.7	6.6	268	5.4	24.3	6.6	270	5.1
El Ariete	24.1	6.1	380	3.1	24.1	6.0	385	3.1
La Pilita 1	23.4	6.2	272	4.6	24.6	6.3	280	4.5
La Pilita 2	23.0	6.0	545	3.6	24.0	6.1	560	3.7
La Presita	23.0	6.4	568	4.5	23.5	6.4	575	4.4
Cocales	24.7	6.3	225	4.2	25.0	6.3	225	4.1
Mineral 1 / El Chorruto	23.8	6.1	743	2.4	24.0	6.1	760	2.5
Mineral 2	23.2	6.5	695	3.3	23.8	6.1	728	3.4
Mineral 3 / Coban	24.2	6.0	438	3.8	24.4	6.1	445	3.8
La Berrera	23.7	6.9	475	4.7	24.6	6.4	405	4.1
Rincón de Alsacia	23.9	6.5	542	3.6	23.8	6.5	585	3.6
Guineo Morado / El Caulote	24.2	6.4	472	3.4	24.1	6.3	310	4.6
Piscina de Lorana	24.2	6.3	447	4.2	24.5	6.3	430	4.4
El Manial	22.9	6.5	202	3.1	23.1	6.6	211	3.1

MUESTRA	MES / PARÁMETRO							
	OCTUBRE 2004				NOVIEMBRE 2004			
	Temperatura ° (C)	pH	C.E. (μS/cm)	Oxigeno Disuelto (mg/L)	Temperatura ° (C)	pH	C.E. (μS/cm)	Oxigeno Disuelto (mg/L)
El Idilio 2	24.1	6.7	269	5.3	23.9	6.4	254	2.9
El Ariete	24.0	6.1	383	3.2	23.4	6.0	382	3.1
La Pilita 1	23.8	6.1	276	4.4	24.1	6.2	220	5.1
La Pilita 2	23.6	6.1	552	3.5	23.5	6.0	553	3.2
La Presita	23.2	6.3	574	4.5	23.2	6.4	556	5.4
Cocales	24.9	6.1	234	4.3	23.7	6.2	186	3.6
Mineral 1 / El Chorruto	23.9	6.2	751	2.6	23.6	6.2	740	2.8
Mineral 2	23.6	6.4	710	3.5	23.1	6.1	719	3.8
Mineral 3 / Coban	24.2	6.2	442	3.6	24.9	6.1	441	3.9
La Berrera	23.9	6.7	425	4.5	24.0	6.3	390	4.2
Rincón de Alsacia	23.6	6.4	565	3.7	23.8	6.4	570	3.6
Guineo Morado / El Caulote	24.0	6.2	415	3.9	24.0	6.4	301	4.7
Piscina de Lorana	24.4	6.4	440	4.3	24.4	6.3	430	4.4
El Manial	23.0	6.4	205	3.4	23.1	6.8	205	3.1

MUESTRA	MES / PARÁMETRO							
	DICIEMBRE 2004				ENERO 2005			
	Temperatura ° (C)	pH	C.E. (μS/cm)	Oxigeno Disuelto (mg/L)	Temperatura ° (C)	pH	C.E. (μS/cm)	Oxigeno Disuelto (mg/L)
El Idilio 2	24.6	6.6	270	5.2	23.6	6.3	260	4.5
El Ariete	24.3	6.2	385	3.3	23.8	6.1	370	3.2
La Pilita 1	24.1	6.1	280	4.5	23.4	6.3	225	4.7
La Pilita 2	23.6	6.2	565	3.4	23.1	6.5	555	3.8
La Presita	22.4	6.4	570	4.6	22.1	6.4	560	4.8
Cocales	24.9	6.2	240	4.5	23.1	6.6	210	3.9
Mineral 1 / El Chorruto	24.2	6.3	760	2.8	23.2	6.3	745	3.1
Mineral 2	23.9	6.5	718	3.3	22.6	6.4	725	3.6
Mineral 3 / Coban	23.8	6.4	452	3.8	23.4	6.5	445	3.7
La Berrera	23.6	6.2	434	4.6	22.9	6.6	410	4.4
Rincón de Alsacia	23.4	6.6	564	3.9	23.0	6.2	565	3.7
Guineo Morado / El Caulote	23.4	6.5	421	3.6	23.1	6.4	385	3.9
Piscina de Lorana	23.2	6.6	445	4.1	23.0	6.5	440	4.3
El Manial	22.9	6.5	216	3.5	22.6	6.6	210	3.4

MUESTRA	MES / PARÁMETRO							
	FEBRERO 2005				MARZO 2005			
	Temperatura ° (C)	pH	C.E. (μS/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temperatura ° (C)	pH	C.E. (μS/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/L)
El Idilio 2	24.1	6.4	274	5.1	24.1	6.5	273	5.2
El Ariete	24.4	6.1	389	3.0	24.2	6.1	386	3.1
La Pilita 1	24.5	6.1	276	4.7	24.4	6.2	275	4.6
La Pilita 2	24.4	6.0	555	3.9	24.2	6.1	552	3.7
La Presita	23.8	6.3	578	4.5	23.6	6.3	576	4.4
Cocales	25.4	6.2	230	4.2	25.2	6.2	227	4.1
Mineral 1 / El Chorrizo	24.2	6.1	765	2.5	24.1	6.1	760	2.5
Mineral 2	24.0	6.1	730	3.4	23.9	6.1	725	3.4
Mineral 3 / Coban	24.7	6.0	440	3.7	24.6	6.0	442	3.8
La Berrera	24.9	6.4	402	4.1	24.8	6.4	404	4.2
Rincón de Alsacia	24.3	6.5	585	3.6	24.0	6.5	581	3.6
Guineo Morado / El Caulote	24.5	6.4	311	4.6	24.4	6.4	310	4.6
Piscina de Lorana	24.7	6.3	428	4.4	24.6	6.3	431	4.4
El Maníal	23.4	6.5	211	3.1	23.2	6.5	210	3.1

MUESTRA	MES / PARÁMETRO							
	ABRIL 2005				MAYO 2005			
	Temperatura ° (C)	pH	C.E. (μS/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temperatura ° (C)	pH	C.E. (μS/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/L)
El Idilio 2	24.6	6.5	280	4.8	24.3	6.4	270	4.9
El Ariete	24.5	6.4	385	3.4	24.4	6.4	385	3.4
La Pilita 1	24.6	6.3	270	4.6	24.6	6.1	280	4.5
La Pilita 2	24.8	6.2	545	4.0	24.8	6.0	560	3.9
La Presita	24.5	6.4	565	4.6	24.9	6.2	570	4.2
Cocales	24.4	6.4	245	4.1	25.1	5.9	230	4.0
Mineral 1 / El Chorrizo	24.6	6.3	770	2.4	24.6	6.0	745	2.9
Mineral 2	24.2	6.4	745	3.5	24.2	6.4	735	3.6
Mineral 3 / Coban	24.9	6.2	460	3.6	24.9	6.4	445	3.9
La Berrera	25.1	6.5	415	4.0	25.2	6.2	415	4.1
Rincón de Alsacia	24.6	6.4	575	3.8	24.6	6.6	560	3.8
Guineo Morado / El Caulote	24.9	6.5	320	4.5	24.8	6.5	315	4.5
Piscina de Lorana	25.0	6.4	430	4.2	24.9	6.5	425	4.1
El Maníal	24.1	6.6	215	3.6	24.6	6.6	220	3.4

B.4.1.2 Resultado del análisis químico

Análisis de Calcio

Cuadro 7. Resultados del análisis de calcio.

MUESTRA	MES / PARÁMETRO		
	SEPTIEMBRE 2004	DICIEMBRE 2004	MAYO 2005
	Ca ²⁺ (mmol/L)	Ca ²⁺ (mmol/L)	Ca ²⁺ (mmol/L)
El Idilio 2	0.548	0.538	0.564
El Ariete	0.710	0.782	0.813
La Pilita 1	0.578	0.526	0.677
La Pilita 2	0.792	0.928	0.933
La Presita	0.840	0.914	0.952
Cocales	0.469	0.417	0.553
Mineral 1 / El Chorrizo	0.851	1.008	1.018
Mineral 2	0.873	1.041	1.059
Mineral 3 / Coban	0.894	0.814	
La Berrera	0.635	0.673	0.908
Rincón de Alsacia	0.703	0.651	0.688
Guineo Morado / El Caulote	0.463	0.486	0.515
Piscina de Lorana	0.688	0.777	0.818
El Maníal	0.462	0.451	0.519

Análisis de Carbonatos

Cuadro 8. Resultados del análisis de carbonatos.

MUESTRA	MES / PARÁMETRO				
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
	HCO ₃	HCO ₃	HCO ₃	HCO ₃	HCO ₃
El Idilio 2	112	120	115	122	115
El Ariete	158	161	157	165	160
La Pilita 1	124	120	113	118	123
La Pilita 2	267	260	270	272	275
La Presita	267	263	258	260	258
Cocales	106	112	110	115	110
Mineral 1 / El Chorrizo	355	360	362	365	352
Mineral 2	335	341	340	355	345
Mineral 3 / Coban	162	168	155	160	165
La Berrera	160	159	161	164	155
Rincón de Alsacia	227	221	220	223	218
Guineo Morado / El Caulote	135	136	140	145	142
Piscina de Lorana	255	258	258	260	265
El Maníal	122	130	125	128	120

Análisis de Cloro

Cuadro 9. Resultados del análisis de cloro.

MUESTRA	MES / PARAMETRO		
	AGOSTO 2004	DICIEMBRE 2004	ABRIL 2005
	Cl (mg/L)	Cl (mg/L)	Cl (mg/L)
El Idilio 2	5.0	4.9	5.1
El Ariete	4.8	3.0	3.2
La Pilita 1	3.2	3.1	3.1
La Pilita 2	7.2	7.5	7.6
La Presita	7.7	7.6	7.5
Cocales	2.0	2.1	2.2
Mineral 1 / El Chorrizo	8.8	8.6	8.7
Mineral 2	9.3	9.6	9.4
Mineral 3 / Coban	5.6	5.8	5.9
La Berrera	4.8	4.8	4.9
Rincón de Alsacia	7.2	7.6	7.7
Guineo Morado / El Caulote	3.5	3.7	3.9
Piscina de Lorana	4.7	4.9	5.1
El Maníal	1.1	4.6	4.9

Análisis de Magnesio

Cuadro 10. Resultados del análisis de magnesio.

MUESTRA	MES / PARAMETRO		
	SEPTIEMBRE 2004	DICIEMBRE 2004	MAYO 2005
	Mg ²⁺ (mmol/L)	Mg ²⁺ (mmol/L)	Mg ²⁺ (mmol/L)
El Idilio 2	0.444	0.395	0.416
El Ariete	0.821	0.797	0.842
La Pilita 1	0.554	0.464	0.611
La Pilita 2	1.509	1.533	1.563
La Presita	1.593	1.591	1.752
Cocales	0.411	0.342	0.046
Mineral 1 / El Chorrizo	2.526	2.498	2.606
Mineral 2	2.307	2.318	2.430
Mineral 3 / Coban	1.029	0.881	
La Berrera	1.072	0.957	1.370
Rincón de Alsacia	2.038	1.668	1.722
Guineo Morado / El Caulote	0.787	0.702	0.767
Piscina de Lorana	1.056	1.030	1.111
El Maníal	0.380	0.344	0.395

Análisis de Nitratos

Cuadro 11. Resultados del análisis de nitratos.

MUESTRA	MES / PARÁMETRO									
	AGOSTO 2004		OCTUBRE 2004		DICIEMBRE 2004		FEBRERO 2005		ABRIL 2005	
	NO ₃ -N	NO ₃	NO ₃ -N	NO ₃	NO ₃ -N	NO ₃	NO ₃ -N	NO ₃	NO ₃ -N	NO ₃
El Idilio 2	1.6	7.0	1.6	7.0	1.1	5.1	2.3	10.0	2.2	9.6
El Ariete	2.0	8.7	2.0	8.7	1.7	7.5	1.5	6.8	1.6	7.0
La Pilita 1	1.8	7.9	1.8	7.9	1.1	4.9	1.9	8.3	2.0	8.7
La Pilita 2	2.1	9.4	2.1	9.4	1.3	5.8	1.0	4.2	1.1	4.7
La Presita	2.0	8.7	2.0	8.7	1.0	4.5	0.8	3.4	0.9	4.2
Cocales	1.1	4.7	1.1	4.7	0.8	3.6	1.3	5.6	1.4	6.5
Mineral 1 / El Chorrillo	1.0	4.6	1.0	4.6	1.1	4.7	0.5	2.3	0.7	2.9
Mineral 2	1.4	6.4	1.3	5.6	0.5	2.3	0.6	2.4	0.8	3.7
Mineral 3 / Coban	1.7	7.8	1.8	7.8	1.8	8.1	1.7	7.8	2.0	8.7
La Berrera	1.1	4.7	1.0	4.3	1.9	8.3	1.2	5.3	1.2	5.3
Rincón de Alsacia	1.0	4.3	1.0	4.3	1.1	4.7	0.9	3.8	1.1	4.7
Guineo Morado / El Caulote	1.2	5.3	1.2	5.3	0.9	3.8	0.8	3.6	1.0	4.3
Piscina de Lorana	1.8	8.1	1.8	8.1	1.2	5.3	1.6	7.0	1.9	8.3
El Maníal	0.6	2.5	0.8	3.6	1.9	8.3	1.1	4.7	0.8	3.7

Análisis de Potasio

Cuadro 12. Resultados del análisis de potasio.

MUESTRA	MES / PARÁMETRO		
	SEPTIEMBRE 2004	DICIEMBRE 2004	MAYO 2005
	K ⁺ (mmol/L)	K ⁺ (mmol/L)	K ⁺ (mmol/L)
El Idilio 2	0.101	0.089	0.086
El Ariete	0.125	0.119	0.127
La Pilita 1	0.101	0.087	0.104
La Pilita 2	0.138	0.133	0.139
La Presita	0.141	0.141	0.144
Cocales	0.097	0.086	0.102
Mineral 1 / El Chorrillo	0.153	0.141	0.148
Mineral 2	0.156	0.149	0.154
Mineral 3 / Coban	0.127	0.097	0.116
La Berrera	0.094	0.104	0.107
Rincón de Alsacia	0.098	0.083	0.087
Guineo Morado / El Caulote	0.067	0.062	0.068
Piscina de Lorana	0.103	0.095	0.103
El Maníal	0.042	0.047	0.041

Análisis de Silicatos

Cuadro 13. Resultados del análisis de silicatos.

MUESTRA	MES / PARÁMETRO									
	SEPTIEMBRE 2004		NOVIEMBRE 2004		ENERO 2005		MARZO 2005		MAYO 2005	
	SiO ₂ (mg/L)	Si (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	Si (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	Si (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	Si (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	Si (mg/L)
El Idilio 2	92.5	43.2	94.6	43.8	90.4	42.3	86.5	40.4		
El Ariete	88.1	41.2	85.8	39.7	91.1	42.6	82.4	38.5	89.6	41.9
La Pilita 1	90.1	42.1	88.5	40.9	86.4	40.4	79.1	37.0	85.1	39.8
La Pilita 2	96.3	45.0	94.2	43.5	90.7	42.4	87.8	41.0	92.4	43.2
La Presita	94.5	44.2	90.5	41.7	87.9	41.1	88.5	41.4	91.2	42.6
Cocales	85.6	40.0	83.6	38.5	79.3	37.1	79.1	37.0	81.9	38.3
Mineral 1 / El Chorrillo	72.2	33.8	70.4	32.4	74.3	34.7	87.4	40.9	75.2	35.1
Mineral 2	93.3	43.6	91.2	41.9	87.3	40.8	87.1	40.7	90.8	42.4
Mineral 3 / Coban	94.9	44.4	93.6	43.0	92.5	43.2	90.2	42.1	93.6	43.7
La Berrera	92.0	43.0	90.3	41.5	93.2	43.5	95.1	44.3	93.7	43.8
Rincón de Alsacia	65.8	30.7	75.6	34.7	62.6	29.2	59.3	27.7	68.8	32.2
Guineo Morado / El Caulote	59.6	27.8	64.8	29.7	68.3	31.8	59.8	27.6	65.4	30.6
Piscina de Lorana	76.9	35.9	68.4	31.4	59.4	27.6	72.1	33.3	67.5	31.6
El Maníal	82.8	38.7	80.7	37.0	77.8	36.1	79.6	36.8	81.2	38.0

Análisis de Sodio

Cuadro 14. Resultados del análisis de sodio.

MUESTRA	MES / PARÁMETRO		
	SEPTIEMBRE 2004	DICIEMBRE 2004	MAYO 2005
	Na ⁺ (mmol/L)	Na ⁺ (mmol/L)	Na ⁺ (mmol/L)
El Idilio 2	0.526	0.529	0.537
El Ariete	0.750	0.786	0.799
La Pilita 1	0.586	0.548	0.639
La Pilita 2	0.986	1.072	1.060
La Presita	1.199	1.126	1.159
Cocales	0.518	0.434	0.505
Mineral 1 / El Chorruto	1.206	1.274	1.272
Mineral 2	1.244	1.322	1.321
Mineral 3 / Coban	0.846	0.781	0.814
La Berrera	0.710	0.687	0.862
Rincón de Alsacia	0.863	0.818	0.808
Guineo Morado / El Caulote	0.523	0.530	0.549
Piscina de Lorana	0.720	0.764	0.778
El Maníal	0.429	0.437	0.464

Análisis de Sulfato

Cuadro 15. Resultados del análisis de sulfato.

MUESTRA	MES / PARAMETRO		
	SEPTIEMBRE 2004	DICIEMBRE 2004	MAYO 2005
	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)
El Idilio 2	10.583	8.614	9.126
El Ariete	18.276	18.018	19.176
La Pilita 1	11.024	8.563	12.992
La Pilita 2	26.673	26.817	28.158
La Presita	28.387	28.271	32.215
Cocales	7.564	4.822	7.882
Mineral 1 / El Chorruto	30.659	31.580	32.353
Mineral 2	31.324	34.010	35.977
Mineral 3 / Coban	19.411	21.330	20.124
La Berrera	17.874	13.951	24.763
Rincón de Alsacia	22.463	19.000	20.004
Guineo Morado / El Caulote	12.385	10.294	12.034
Piscina de Lorana	18.129	15.806	18.540
El Maníal	6.528	4.429	7.446

B.4.1.3 Análisis de Bacterias

Cuadro 16. Resultados del análisis de bacterias.

MUESTRA	En Campo	En Laboratorio
	Coliformes Totales	Coliformes Totales
El Idilio 2	>2	
El Ariete	>2	
La Pilita 1	>2	
La Pilita 2	>2	
La Presita	>2	
Cocales	>2	
Mineral 1 / El Chorruto	>2	
Mineral 2	<2	<2
Mineral 3 / Coban	>2	
La Berrera	>2	
Rincón de Alsacia	<2	
Guineo Morado / El Caulote	<2	
Piscina de Lorana	>2	
El Maníal	>2	
Jocote 1	>2	1600
Jocote 2	>2	240

B.4.1.4 AFOROS

Aforos de nacimientos

Cuadro 17. Resultados de aforos a nacimientos.

MUESTRA	CAUDAL (Litros / segundo)									
	2004					2005				
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
El Idilio 2	0.10	0.20	0.18	0.21	0.12	0.09	0.10	0.12	0.10	0.15
El Ariete	5.50	5.20	5.30	5.60	4.85	3.96	4.20	4.35	4.40	4.45
La Pilita 1	5.20	4.80	4.95	5.10	5.85	5.25	5.35	5.15	5.10	5.15
La Pilita 2	3.40	3.55	3.65	3.45	3.20	3.50	3.20	3.25	3.14	3.35
La Presita	2.10	1.95	1.90	2.10	1.75	1.35	1.45	1.95	1.90	1.95
Cocales	1.30	1.20	1.15	1.23	1.10	0.82	1.10	1.14	0.95	1.10
Mineral 1 / El Chorruto	0.06	0.05	0.05	0.06	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04
Mineral 2	9.50	12.50	12.20	13.10	9.45	8.25	8.65	8.40	8.10	8.95
Mineral 3 / Coban	5.10	5.20	5.15	5.25	4.75	4.85	4.90	5.10	4.15	4.65
La Berrera	1.80	1.95	1.92	2.02	1.85	1.64	1.70	1.85	1.65	1.70
Rincón de Alsacia	2.20	2.10	2.60	2.85	2.40	2.10	2.25	2.15	2.05	2.10
Guineo Morado / El Caulote	5.60	5.10	5.40	5.46	4.95	4.23	4.56	4.75	4.25	4.85
El Limonar	2.40	2.50	3.10	3.25	3.10	2.65	2.10	2.15	2.10	2.25
El Manial	9.40	8.60	7.65	8.25	6.10	5.65	6.45	7.15	6.95	7.85

Aforo de ríos

Cuadro 18. Resultados de aforos a ríos.

MES	Río Cantil (Lps)	Río Mongoy (Lps)	Río Cometa (Lps)
Enero	142	245.6	92.5
Febrero	198.1	106.4	81.5
Marzo	231.8	185.4	87.1
Abril	189.2	105.6	66.1
Mayo	1052.5	215.6	119.8
Junio	536.1	265.2	145.6
Julio	765.2	325.2	225.2
Agosto	190.5	295.6	130.4
Septiembre	230.1	161.4	220.5
Octubre	252.1	108.5	86.5
Noviembre	185.2	75.6	65
Diciembre	163	55.6	88.5

B.4.1.5 Propuestas de Alternativas de Aprovechamiento del Recurso Hídrico

Tomando en cuenta la información técnica generada en este estudio y considerando que en el área se está profundizando en la generación de la información específica del recurso hídrico, se definen algunos lineamientos para el aprovechamiento y uso sostenible del recurso hídrico.

La disponibilidad en el futuro del recurso hídrico para la Finca Sabana Grande dependerá del Manejo Sostenible que se le de a todos los elementos que interactúan en el ciclo hidrológico. Se tendrá que ver el área como un sistema (microcuenca del río Cantil), tomando en cuenta las poblaciones de los alrededores y por supuesto el régimen de propiedad de la tierra.

Más del 50% del uso actual de la tierra son actividades agrícolas y ganaderas (caña de azúcar y potreros), siendo actividades empresariales con fines de lucro, se propone que como mínimo se conserven las áreas boscosas de la parte alta y la parte baja de la microcuenca. Así mismo reforestar todas aquellas áreas que se encuentren ociosas en la parte media de la microcuenca, y en los alrededores de los nacimientos ubicados en la Finca, lo que supone una gran ventaja en la factibilidad de realización de tal actividad, esto con el objetivo de tener un área de protección y para favorecer el proceso de infiltración de la lluvia y la recarga al acuífero.

Es necesario el establecimiento de un vivero forestal dentro de la Finca, iniciando con especies nativas de la región que tengan características favorables hacia el mantenimiento de las reservas de agua. De igual forma es sumamente importante introducir prácticas de conservación de suelos y agua en las áreas dedicadas a la agricultura y ganadería.

La conservación y manejo de cualquier recurso debe estar basado en la investigación, de tal manera se propone la continuación de los aforos mensuales de los diferentes nacimientos y ríos, ya que con el tiempo se puede garantizar un uso sostenible de este recurso teniendo en cuenta la disponibilidad de agua superficial y poderla comparar con los requerimientos de cualquier proyecto hídrico. De igual forma se insta a que se continúe realizando el análisis físico, químico y bacteriológico de las diferentes fuentes de agua, y acumular una serie de datos con brinden un historial de información en cuanto a las características de las fuentes de agua, y estén disponibles para su consulta en cualquier proyecto hídrico.

Se propone que se construyan estructuras herméticas selladas, principalmente en los nacimientos de agua, de esta forma se podrá garantizar la no contaminación bacteriológica del agua debido a la descomposición de materia orgánica tanto vegetal como animal, ya que actualmente los nacimientos se encuentran sin ninguna estructura que sirva como aislante de este tipo de contaminación.

También se propone realizar una investigación para verificar la fuente de contaminación del agua entubada que consumen las personas de la Finca Sabana Grande, ya que se realizó un estudio

en donde se analizó la presencia de bacterias Coliformes en el nacimiento El Ariete, dando resultados aceptables (< 2 UFC) en el nacimiento limpio, ya en el tanque o deposito (9 UFC) y las muestras de los chorros de las casas (35 – 40 UFC). Por lo tanto se hace necesario llevar a cabo una investigación detallada para encontrar la fuente de contaminación y empezar a tratarla.

B.4.2 ANALISIS DE NUTRIENTES DEL SUELO DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZUCAR

B.4.2.1 Resultados del análisis de laboratorio

Cuadro 19. Resultados del análisis de suelo.

IDENTIFICACIÓN	pH	Ppm		Meq/100 gr.		Meq/100 gr.			
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
		12-16	120-150	6-8	1.5-2.5	2-4	4-6	10-15	10-15
La Fundación	5.4	1.77	60	3.12	0.52	0.5	2.0	5.0	5.0
Presas-Fundación	5.8	2.52	60	9.67	2.57	0.5	4.0	3.5	10.0
Presas-Chichicua	5.8	0.55	41	6.24	1.59	0.5	3.5	4.5	7.0
Santo Domingo I	5.6	0.14	63	7.47	1.49	0.5	3.5	3.5	6.0
Santo Domingo II	5.8	0.14	41	8.74	1.7	0.5	3.5	3.0	6.5
El Rodeo I	5.7	0.14	35	5.00	0.67	0.5	4.5	4.5	4.0
El Rodeo II	5.5	0.07	48	4.68	0.62	0.5	3.5	4.0	2.5
El Campo	5.6	0.01	40	4.37	0.51	0.5	4.0	3.0	4.5

Tenemos como resultado en todos los suelos del cultivo de Caña de Azúcar una baja concentración de Nitrógeno, en base a esto decimos que las plantas pueden absorber el nitrógeno del suelo en forma amoniacal (NH_4^+) y nítrica (NO_3^-). El nitrógeno nítrico es muy susceptible a la lixiviación (lavado) a través del perfil del suelo. Las pérdidas por lixiviación incrementan si existen condiciones de alta precipitación pluvial, suelos arenosos con buen drenaje y baja CIC. Para disminuir las pérdidas por lixiviación, el nitrógeno debe ser suministrado en varias aplicaciones.

La dosis de nitrógeno a aplicar depende de los requerimientos nutricionales del cultivo, su rendimiento y las características químicas del suelo. Debido a que el nitrógeno es móvil en el suelo, éste se puede aplicar al voleo cuando hay lluvia o riego, en banda o incorporado en condiciones secas.

Debido al pH de los suelos se recomienda no utilizar sulfato de amonio (21-0-0), para suplir las necesidades de nitrógeno, en cambio se puede utilizar UREA (46-0-0), fuentes a base de nitratos (CAN, Nitrato de Amonio, Nitrato de Calcio, etc.)

El fósforo es el nutriente que más limita el desarrollo de los cultivos, a pesar de que las plantas lo necesitan en menores cantidades. Los suelos tienen fósforo en varias formas, pero la mayoría no son disponibles para la absorción por las plantas. Las plantas absorben fósforo en las formas H_2PO_4^- (suelos ácidos) y HPO_4^{2-} (suelos alcalinos). La disponibilidad de este elemento depende del pH y la cantidad de Materia Orgánica presente en el suelo. El fósforo no es móvil en el suelo, por lo que se acumula en las capas superficiales. La mayor pérdida de P es por la erosión superficial del suelo. La dosis de fósforo a aplicar depende de los requerimientos nutricionales del cultivo, su rendimiento y las características químicas del suelo. Es preferible aplicarlo en bandas cerca de la semilla de los cultivos sembrados en surcos. La mayor parte del fósforo debe ser aplicado en la siembra o etapas tempranas de crecimiento.

Los fertilizantes que se pueden utilizar para suplir las necesidades de fósforo son: Fosfato Di Amónico (DAP) 18-46-0, Roca Fosfórica (0-30-0), Triple Superfosfato (0-46-0) y Fosfato Mono Amónico MAP (10-50-0).

Existe una baja concentración de potasio en los suelos del cultivo de caña de azúcar, teniendo efectos tales como la reducción a la resistencia a enfermedades, al stress hídrico, disminuye la calidad del fruto. Las dosis de potasio a aplicar dependen de los requerimientos nutricionales del cultivo, su rendimiento y las características químicas del suelo.

En el caso de potasio se puede aplicar Muriato de Potasio MOP (0-0-60), Sulfato de Potasio (0-0-50) y fuentes de potasio como nitratos KNO_3 , Nitrato de Potasio (13-0-46).

El calcio es absorbido por las raíces de las plantas como catión Ca^{+2} , tiene su función como nutriente secundario, pero juega un papel muy importante en las características físicas y químicas del suelo. La mayoría de recomendaciones de Ca al suelo son para corregir y prevenir problemas como la acidez y suelos sódicos. La dosis de calcio a aplicar depende de las características químicas del suelo, especialmente del nivel de acidez y la concentración de Al o Na presentes. El calcio es un elemento ligeramente móvil en el suelo por lo que sugiere aplicarlo incorporado cuando sea posible, especialmente previo a la siembra de cualquier cultivo.

Basándonos en nuestros bajos niveles de magnesio, se puede utilizar la cal dolomítica como una fuente económica de Mg para suministrar grandes cantidades a veces necesarias para corregir este tipo de desbalance. El magnesio, al igual que el calcio es ligeramente móvil en el suelo por lo que se recomienda incorporarlo previo a la siembra cuando sea posible. Generalmente se sugiere aplicar de 50 – 100 kg/ha Mg.

En el caso de los micro elementos Cobre, Cinc, Hierro y Manganeso, se pueden suplir por la vía foliar o por el suelo.

Si se aplican los micro elementos en forma quelatada en el suelo, se sugiere aplicar 1/3 de la cantidad recomendada. La dosis de aplicación al suelo es para aplicar en una sola aplicación. La dosis para aplicar foliarmente, se debe aplicar en 2 o 3 aplicaciones durante todo el ciclo del cultivo.

B.4.3 PROPUESTA DE FORTALECIMIENTO DE ACTIVIDADES FORESTALES DENTRO DE LA FINCA SABANA GRANDE.

Tomando en cuenta que el área boscosa de la finca no representa en la actualidad una fuente alterna de ingresos, cobra importancia en otros campos, debido a razones tales como:

- a. Es un reservorio de flora y fauna, así como de vida silvestre.
- b. Mantiene y mejora los sistemas hidrológicos, y de abastecimiento de agua.
- c. Evita la erosión y reprime la sedimentación, conservando el recurso suelo.
- d. Resguarda materiales genéticos como elementos naturales o cultivados, con lo que se evitan pérdidas de especies de plantas o animales.
- e. Al conservarse se protege y mejora el paisaje natural y cultural, asegurando la calidad del medio, de esta forma aumentarían las opciones de estudio e investigación como docencia de la facultad de agronomía.
- f. De enriquecer y aumentar el área boscosa, se eleva su valor económico o comercial, asegurando a largo plazo una fuente de ingresos, que bajo el control adecuado podrá seguir aprovechándose en forma sostenida.

Para el enriquecimiento del área forestal se debe considerar dos tipos, mediante el uso de viveros y mediante la dispersión de semillas en el bosque, o cercano a las fuentes de agua, o en todas las riveras de los diferentes ríos. Se podrá utilizar la semilla originaria de áreas circunvecinas o provenientes de árboles de maderas importantes con características similares. También se puede enriquecer con especies no madereras, tal es el caso de la Pacaya, u otras especies que se utilizan en la sombra del Café. De esta forma reforestando las diferentes áreas ociosas y dándoles un manejo adecuado a las áreas boscosas existentes se podrá aumentar la cantidad y calidad de las especies forestales dentro de la finca, y así mismo se incorporara la parte forestal a las actividades de la finca, y serviría como una fuente alterna en la docencia y producción de la finca.

B.4.3.1 Plan de Reforestación

Teniendo el área ya identificada (pante No. 20 y No. 22) de la sección La Fundación, comprendiendo un área 4.367 hectáreas, se planea eliminar el cultivo actual Caña de Azúcar con el paso de arado y rastra, y una aplicación de herbicida *Gramoxone* cuyo ingrediente activo es el *dipiridilio paraquat*. Posteriormente se realizará el trazó de la cuadrícula de siembra, con un distanciamiento de 3 x 3 m, y el ahoyado con la colaboración de estudiantes de módulos y cursos del área forestal.

Se tiene planificado sembrar 4860 plantas, provenientes del vivero forestal propio de la finca, la siembra se puede realizar con la colaboración de personal de campo de la finca y estudiantes de módulos y cursos del área forestal.

Toda la información anterior se presenta en un plan de reforestación. Anexo 4

B.4.3.2 El Vivero Forestal

Los planos del vivero forestal se realizaron teniendo en cuenta los criterios básicos para el establecimiento de un vivero forestal, la ubicación, pendiente, cercanía a fuentes de agua, accesibilidad y facilidad de manejo. Se estableció que el ancho del vivero será de 8 m y el largo de 12 m. El cual se hará con madera de volador, y estará sembrados en bases de concreto, y será cubierto con sarán.

La madera para la construcción del invernáculo, se puede conseguir por medio del aprovechamiento de algunos árboles ubicados dentro de la finca, y el sarán podría utilizarse el que esta abandonado en las antiguas instalaciones de la Granja Experimental del CUNSUR.

La preparación del sustrato requiere de broza, arena y tierra, en proporción 1:1:1. Estos materiales se pueden conseguir fácilmente dentro de la finca. Las bolsas de polietileno pueden ser de diversos tamaños, basándose en la especie forestal a producir. Las bolsas llenas pueden colocarse con facilidad dentro del vivero forestal, a la espera de la siembra de plántulas provenientes de las cajas de germinación, ubicadas dentro del invernáculo.

Ya estando las bolsas con su respectiva planta, entonces se procede a acomodar las plantas dentro del invernáculo, para brindarles condiciones adecuadas para su crecimiento y desarrollo.

B.5 CONCLUSIONES

- Los resultados de los análisis físico-químicos y bacteriológicos de las fuentes de agua de la finca, nos permite conocer la calidad de agua y el comportamiento de ésta a lo largo del año, y basándose en estos resultados se pueden realizar diversos proyectos relacionados con el recurso hídrico y mejorar aquellos que se estén ejecutando.
- Cuantificando la cantidad de agua disponible en la finca, ya sea en ríos y nacimientos nos permite utilizar esta en proyectos de aprovechamiento del recurso hídrico, conocer temporadas de caudales de estiaje, y llevar un registro de los aforos.
- Mejorando las condiciones y los de los nacimientos podemos garantizar la disponibilidad del agua, por medio de la reforestación de las áreas circundantes, haciendo rutas de acceso, identificando los nacimientos, realizando un mapa con la ubicación de éstos, todo con el fin de conservar las fuentes de agua.
- El análisis de suelos, es una herramienta importante en todo proceso de producción agrícola, en el cultivo de caña de azúcar no puede faltar, basándose en todo eso se realizó el muestreo de suelos en mas de 85 hectáreas de cultivo, las muestras fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la USAC, la cual reporto la cantidad de nutrientes primarios y secundarios, así como de algunos elementos menores.
- Tomando en cuenta las características químicas del suelo, se plantearon los diferentes tipos de fertilizantes a utilizar para las enmiendas, basadas en los resultados del análisis de suelos, no se recomendaron dosis, ya que dependen de los requerimientos nutricionales y edad del cultivo, rendimiento y características químicas.

- El componente forestal es una alternativa de producción para la Finca Sabana Grande, sin olvidar la docencia e investigación, ya que por mucho tiempo no se ha tomado en cuenta, se proponen diversas actividades las cuales tienen como finalidad incorporarlas a las prioridades de la Finca, así mismo integrar el área forestal de la Facultad de Agronomía en diversos proyectos forestales.

- Se presenta un Plan de Reforestación a las autoridades de la Finca, la cual tiene como objetivo servir como área de amortiguamiento e infiltración al Campo de Pozos, así mismo se anexa un Plan de Reforestación requerido por el INAB, para poder inscribir este proyecto en el Programa de Incentivos forestales.

- Un vivero forestal es de suma importancia en una Finca, especialmente en aquellas que tengan áreas para reforestación, se presentan los planos del vivero, así como una guía de producción de plantas forestales.

B.6 RECOMENDACIONES GENERALES

- Se recomienda a las autoridades de la Finca, continuar con el muestreo y el análisis físico-químico y bacteriológico de las fuentes de agua de la Finca, de esta forma se tendrá mayor información sobre la calidad de agua y así se podría utilizar en futuros proyectos de aprovechamiento, conservación e investigación del recurso hídrico.
- Se recomienda continuar con la medición y registro de caudales de los nacimientos y ríos, de esta forma se tendrá una base de datos que serviría para saber el potencial de agua superficial dentro de la Finca.
- Para poder garantizar la disponibilidad de agua en las diferentes fuentes dentro de la Finca, se recomienda a las autoridades informarse del tema y así poder brindar más apoyo al tema relacionado con el agua, en aspectos como, impartir charlas sobre la importancia del recurso hídrico a las personas de la finca, en actividades como reforestación, apoyar las diferentes investigaciones y actividades relacionadas, buscando el mejor manejo y la conservación de las fuentes.
- Se recomienda realizar un análisis de suelos de los diferentes cultivos de la finca, y realizar las diferentes enmiendas según sea el caso, también tomar en cuenta la utilización de abonos orgánicos, en el caso del Cultivo de Café, el cual conseguiría mejores precios en el mercado.
- Se recomienda tomar en cuenta a los estudiantes de los diferentes cursos del área forestal en las actividades que estén relacionadas al componente forestal. De esta forma se realizarían una serie de proyectos, ya sean de producción, conservación e investigación.

- Se recomienda replantear las áreas de producción dentro de la Finca, definiendo la importancia de cada cultivo, de esa forma se podrían conseguir más áreas para reforestación e inscripción en el Programa de Incentivos Forestales del INAB.

B.7 BIBLIOGRAFÍA GENERAL

1. Benítez, A. 1972. Captación de aguas subterráneas. Madrid, Dorsal. 619 p.
2. Herrera Ibáñez, IR. 1995. Manual de hidrología. Guatemala. USAC, Facultad de Agronomía. 223p.
3. Linsley, K. 1988. Hidrología para ingenieros. 2 ed. México, Mc-Graw Hill. 357 p.
4. MINECO (Ministerio de Economía, GT); COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas y Regulaciones, GT). 2001. Norma NGO 29 001 agua potable. Guatemala. 3 p.
5. Yol Zamora, VE. 2002. Evaluación y propuesta de manejo y uso sostenible del recurso hídrico de la finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala. USAC, Facultad de Agronomía. 108p.
6. Wade M. de Romero, N. 1995. Guía práctica para la interpretación de análisis de suelos. Guatemala. Agrilab, Laboratorio Agrícola. 23p.

B.8 ANEXOS

Anexo 1. Manual de Procedimiento para el análisis químico del agua.



Chloride

Method 8113

Mercuric Thiocyanate Method
 (0.1 to 25.0 mg/L Cl⁻)

Scope and Application: For water and wastewater



Tips and Techniques

- Filter turbid samples with moderately rapid filter paper (Cat. No. 692-57) and a funnel (Cat. No. 1083-68) before analysis.
- Both the sample and the blank will contain mercury (D009) at a concentration regulated as a hazardous waste by the Federal RCRA. Do not pour these solutions down the drain. See Section 4 for more information on proper disposal of these materials.
- Wipe the outside of sample cells before each insertion into the instrument cell holder. Use a damp towel followed by a dry one to remove fingerprints or other marks.



Method 8113





Hach Programs

1. Touch **Hach Programs**.
Select program **70 Chloride**.
Touch **Start**.

2. Fill a round sample cell with 25 mL of sample. (This is the prepared sample.)

3. Fill another sample cell with 25 mL of deionized water. (This is the blank.)

4. Pipet 2.0 mL of Mercuric Thiocyanate Solution into each sample cell.



5. Swirl to mix.



6. Pipet 1.0 mL of Ferric Ion Solution into each sample cell.



7. Swirl to mix. An orange color will develop if chloride is present.



8. Touch the timer icon. Touch OK.

A two-minute reaction time will begin.



9. Within five minutes of the timer beep, wipe the blank and place it into the cell holder.



10. Touch **Zero**.
The display will show:
0.0 mg/L Cl⁻



11. Wipe the prepared sample and place it into the cell holder.



12. Touch **Read**.
Results will appear in mg/L Cl⁻.



FOR TECHNICAL ASSISTANCE, PRICE INFORMATION AND ORDERING:
In the U.S.A. – Call toll-free 800-227-4224
Outside the U.S.A. – Contact the HACH office or distributor serving you.
On the Worldwide Web – www.hach.com; E-mail – techhelp@hach.com

HACH COMPANY
WORLD HEADQUARTERS
Telephone: (970) 669-3050
FAX: (970) 668-2932



Nitrogen, Ammonium

Salicylate Method
(0.05 to 1.50 mg/L NH_4^+)

UniCell™ Vials

Scope and Application: For water, wastewater, surface water, swimming pool water, and process control



Tips and Techniques

- Adjust the pH of preserved samples to between pH 4–9 before testing.
- Clean the outside of the vial before placing it in the instrument. Wipe with a damp towel, followed by a dry one.
- Use the standard solution or standard addition method to verify results (see *Accuracy Check*).
- See Section 3.2.4 in the procedure manual for information on adjusting the calibration curve.
- Make sure that the temperature of the water sample and the sample vial is 20 °C. Temperature will affect the color of the reaction and may give inaccurate results.
- Analyze the sample between 15 and 30 minutes after the reaction begins. The final color and final absorbance are reached after a reaction time of 15 minutes and remains constant for an additional 15 minutes.
- Underrange appears on the display when the instrument is zeroed or when the determined sample concentration is below the operating range listed for this method.



UniCell Vials



Hach Programs

1. Touch **Hach Programs**.

Select program
802 Ammonium, HCT 100.
Touch **Start**.

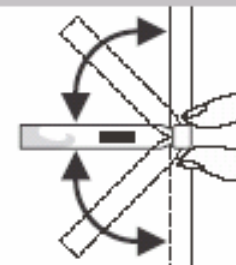


2. Add 5.0 mL of sample to a sample vial.



3. Immediately screw a **light green UniCap A** (HCT 100-104 A) onto the sample vial.

Close the UniCap A bottle immediately after use.



4. Invert the sample vial repeatedly until the solid reagent in the cap is dissolved.



5. Touch the timer icon.
Touch **OK**.
A 15-minute reaction period will begin.



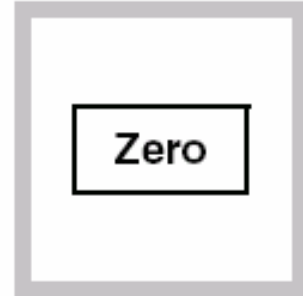
6. Wipe the zero (white cap) and sample vials.



7. Install the 16-mm cell adapter.

Note: See Section 2.6 Sample Cell Adapters in the Instrument Manual for adapter installation details.

When the timer beeps, place the zero vial into the cell adapter.



8. Touch **Zero**.
The display will show:
0.00 mg/L NH₄⁺
Underrange



9. Wipe the sample vial and place it into the cell adapter.



10. Touch **Read**.
Results will appear in mg/L NH₄⁺.



FOR TECHNICAL ASSISTANCE, PRICE INFORMATION AND ORDERING:
In the U.S.A. – Call toll-free 800-227-4224
Outside the U.S.A. – Contact the HACH office or distributor serving you.
On the Worldwide Web – www.hach.com; E-mail – techhelp@hach.com

HACH COMPANY
WORLD HEADQUARTERS
Telephone: (970) 669-3050
FAX: (970) 669-2932



Iron, Total

★Method 8008

FerroVer® Method*

Powder Pillows or AccuVac® Ampuls

(0.02 to 3.00 mg/L)

Scope and Application: For water, wastewater, and seawater; digestion is required for determining total iron; USEPA approved for reporting wastewater analysis**

* Adapted from *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*

** *Federal Register*, June 27, 1980; 45 (126:43459)



Tips and Techniques

- Digestion is required for determining total iron for EPA reporting purposes. See *Section 4* on page 63 for the digestion procedure.
- For more accurate results, determine a reagent blank value for each new lot of reagent. Follow the procedure using deionized water in place of the sample. Subtract the reagent blank value from the final results or perform a reagent blank adjust. See the instrument manual for more information on *Running a Reagent Blank*.
- After adding reagent, an orange color will form if iron is present.
- Accuracy is not affected by undissolved powder.



Powder Pillows

Method 8008

Hach Programs



1. Touch

Hach Programs.

Select program

265 Iron, FerroVer.

Touch **Start**.

2. Fill a clean, round sample cell with 10 mL of sample.

3. Add the contents of one FerroVer Iron Reagent Powder Pillow to the sample cell (the prepared sample). Swirl to mix.

4. Touch the timer icon. Touch **OK**.

A three-minute reaction period will begin.

(Samples that contain rust should react for at least 5 minutes.)



5. Fill another sample cell (the blank) with 10 mL of sample.



6. When the timer beeps, place the blank into the cell holder.



7. Touch **Zero**.
The display will show:
0.00 mg/L Fe



8. Place the prepared sample into the cell holder.
Touch **Read**.
Results will appear in mg/L Fe.



FOR TECHNICAL ASSISTANCE, PRICE INFORMATION AND ORDERING:
In the U.S.A. – Call toll-free 800-227-4224
Outside the U.S.A. – Contact the HACH office or distributor serving you.
On the Worldwide Web – www.hach.com; E-mail – techhelp@hach.com

HACH COMPANY
WORLD HEADQUARTERS
Telephone: (970) 669-3050
FAX: (970) 669-2932

Method 8149

1-(2-Pyridylazo)-2-Naphthol PAN Method*

Powder Pillows

LR (0.007 to 0.700 mg/L)

Scope and Application: For water and wastewater; digestion is required for determining total manganese (see *Section 4* for digestion procedure)

* Adapted from Goto, K., et al, *Talanta*, 24, 652-3 (1977)



Tips and Techniques

- Rinse all glassware with 1:1 Nitric Acid Solution. Rinse again with deionized water.
- Wipe the outside of sample cells before each insertion into the instrument cell holder. Use a damp towel followed by a dry one to remove fingerprints or other marks.
- The alkaline cyanide solution contains cyanide. Cyanide solutions should be collected for disposal as a reactive (D001) waste. Be sure cyanide solutions are stored in a caustic solution with pH >11 to prevent release of hydrogen cyanide gas. See *Section 4 Waste Management and Safety* for more information on proper disposal of these materials.



Powder Pillows

Method 8149




1. Touch **Hach Programs**.
Select program **290 Manganese LR**.
Touch **Start**.
2. Pour 10.0 mL of deionized water into a round sample cell (the blank).
3. Pour 10.0 mL of sample into another round sample cell (the prepared sample).
4. Add the contents of one Ascorbic Acid Powder Pillow to each cell. Cap and invert gently to mix.



5. Add 15 drops of Alkaline-Cyanide Reagent Solution to each cell. Cap and invert gently to mix.

A cloudy solution may form. The turbidity should dissipate after *step 6*.



6. Add 21 drops of PAN Indicator Solution, 0.1%, to each sample cell. Cap and invert gently to mix.

An orange color will develop in the sample if manganese is present.



7. Touch the timer icon. Touch **OK**.

A two-minute reaction period will begin.



8. When the timer beeps, wipe the blank and place it into the cell holder.



9. Touch **Zero**.
The display will show:
0.000 mg/L Mn



10. Wipe the prepared sample and place it into the cell holder.



11. Touch. **Read**.
Results will appear in mg/L Mn.



FOR TECHNICAL ASSISTANCE, PRICE INFORMATION AND ORDERING:
In the U.S.A. – Call toll-free 800-227-4224
Outside the U.S.A. – Contact the HACH office or distributor serving you.
On the Worldwide Web – www.hach.com; E-mail – techhelp@hach.com

HACH COMPANY
WORLD HEADQUARTERS
Telephone: (970) 669-3050
FAX: (970) 669-2932

Method 8039
Cadmium Reduction Method
Powder Pillows or AccuVac® Ampuls
HR (0.3 to 30.0 mg/L NO_3^- -N)
Scope and Application: For water, wastewater, and seawater.

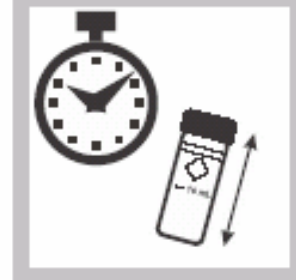

Tips and Techniques

- For more accurate results, determine a reagent blank value for each new lot of reagent. Follow the procedure using deionized water in place of the sample. Subtract the reagent blank value from the final results or perform a reagent blank adjust. See the instrument manual for more information on *Running a Reagent Blank*.
- A deposit of unoxidized metal will remain after the NitraVer® 5 dissolves. The deposit will not affect results.
- This method is technique-sensitive. Shaking time and technique influence color development. For most accurate results, make successive tests on a 10-mg/L Nitrate Nitrogen Standard solution. Adjust shaking time and technique to obtain the correct result.
- Wipe the outside of sample cells before each insertion into the instrument cell holder. Use a damp towel followed by a dry one to remove fingerprints or other marks.
- Rinse the sample cell immediately after use to remove all cadmium particles. Prepared samples will contain cadmium and must be disposed of according to Federal, State and local hazardous waste regulations. For information on pollution prevention and waste management, refer to Section 4.



Powder Pillows

Method 8039

1. Touch **Hach Programs**.
Select program **355 N, Nitrate HR**.
Touch **Start**.
2. Fill a round sample cell with 10 mL of sample.
3. Add the contents of one NitraVer 5 Nitrate Reagent Powder Pillow. Cap (this is the prepared sample).
4. Touch the timer icon. Touch **OK**.
A one-minute reaction period will begin. Shake the cell vigorously until the timer beeps.



5. When the timer beeps, touch the timer icon. Touch **OK**.

A five-minute reaction period will begin.

An amber color will develop if nitrate is present.



6. When the timer beeps, fill a second round sample cell with 10 mL of sample (this is the blank).



7. Wipe the blank and place it into the cell holder.



8. Touch **Zero**.

The display will show:

0.0 mg/L NO₃⁻-N



9. Within one minute after the timer beeps, wipe the prepared sample and place it into the cell holder.



10. Touch **Read**.

Results will appear in mg/L NO₃⁻-N.



FOR TECHNICAL ASSISTANCE, PRICE INFORMATION AND ORDERING:
In the U.S.A. – Call toll-free 800-227-4224
Outside the U.S.A. – Contact the HACH office or distributor serving you.
On the Worldwide Web – www.hach.com; E-mail – techhelp@hach.com

HACH COMPANY
WORLD HEADQUARTERS
Telephone: (970) 669-3050
FAX: (970) 669-2932

Method 8185
Silicomolybdate Method
Powder Pillows
HR (1.0 to 100.0 mg/L)
Scope and Application: For water and seawater


Tips and Techniques

- Sample temperature should be 15–25 °C (59–77 °F).



Powder Pillows

Method 8185

Hach Programs

1. Touch **Hach Programs**.
Select program **656 Silica HR**.
Touch **Start**.



2. Fill a round sample cell with 10-mL of sample.



3. Add the contents of one Molybdate Reagent Powder Pillow for High Range Silica to the sample cell (the prepared sample). Swirl until completely dissolved.



4. Add the contents of one Acid Reagent Powder Pillow for High Range Silica. Swirl to mix.
A yellow color will develop if silica or phosphorus is present.



5. Touch the timer icon.
Touch **OK**.
A ten-minute reaction period will begin.



6. When the timer beeps, add the contents of one Citric Acid Powder Pillow to the sample cell. Swirl to mix.
Any yellow color due to phosphorus is removed in this step.



7. Touch the timer icon.
Touch **OK**.
A two-minute reaction period will begin.
Perform *step 8—step II* within three minutes after the timer beeps.



8. Fill a second sample cell with 10 mL of the original sample (the blank).



9. Place the blank into the cell holder.



10. Touch **Zero**.
The display will show:
0.0 mg/L SiO₂



11. Place the prepared sample into the cell holder.



12. Touch **Read**.
Results will appear in
mg/L SiO₂.

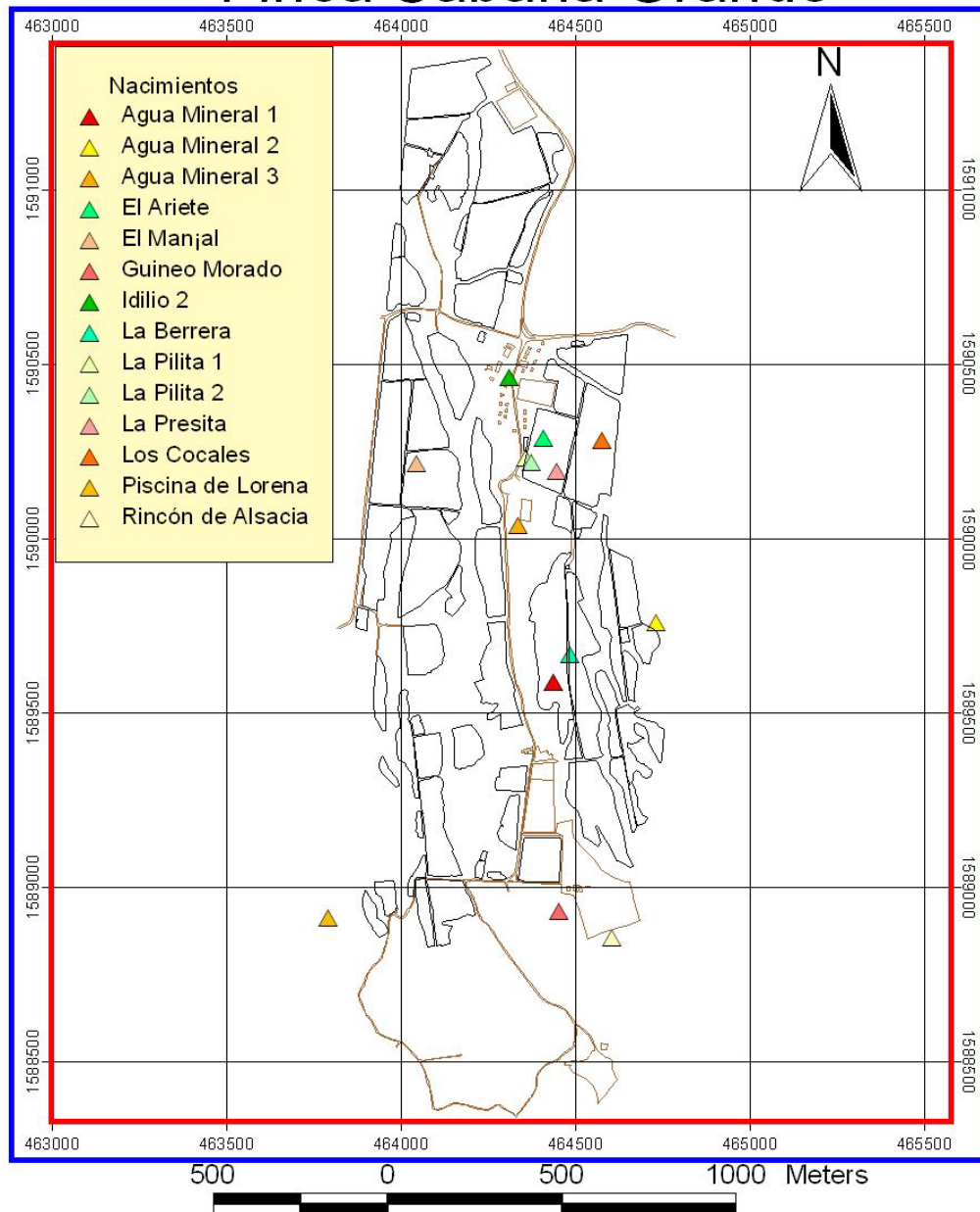


FOR TECHNICAL ASSISTANCE, PRICE INFORMATION AND ORDERING:
In the U.S.A. – Call toll-free 800-227-4224
Outside the U.S.A. – Contact the HACH office or distributor serving you.
On the Worldwide Web – www.hach.com; E-mail – techhelp@hach.com

HACH COMPANY
WORLD HEADQUARTERS
Telephone: (970) 669-3050
FAX: (970) 669-2932

Anexo 2. Ubicación de los principales nacimientos de finca Sabana Grande

Ubicación de Nacimientos Finca Sabana Grande



Coordenadas GTM Estuardo Vásquez
Datum WGS 84 EPS Finca Sabana Grande
Fuente UTJ Agosto 2004 - Mayo 2005



Anexo 3. Metodología de Campo: Análisis de Coliformes Fecales.

Materiales:

- Filtro Nalgene
- Bomba Manual
- Papel Filtro (esterilizado, 0.47 μm)
- Cajas Petri, con material de absorción
- Etanol (70%)
- Beakers de 50ml y 200ml
- Incubadora Portátil: 45° C
- Guantes de Látex
- Polvo MFC
- Ácido Rosolic
- Polvo NaOH
- Estufa de Gas
- Sartén y Olla
- Fórceps y Tenazas
- Espátulas
- Cerillos

Metodología:

Nota: Primero debe de ser la filtración de la muestra testigo, para evitar contaminación.

1. Marque la cantidad necesarias de cajas petri de la siguiente forma:
 - a. Nombre de Muestra
 - b. Fecha
 - c. Número de Repetición
2. Desinfecte las pinzas con etanol (70%) y fuego.

3. Esterilice probetas, beakers, filtros, con la ayuda de la olla, llevando a ebullición el agua que contenga la cristalería anterior. (5 minutos)
4. Saque el equipo, con los guantes de látex, y colóquelos en una superficie limpia, y espera 30 minutos para poder utilizarlos.
5. Prepare el caldo MFC para el análisis de Coliformes Fecales, de la siguiente forma:

Solución A:

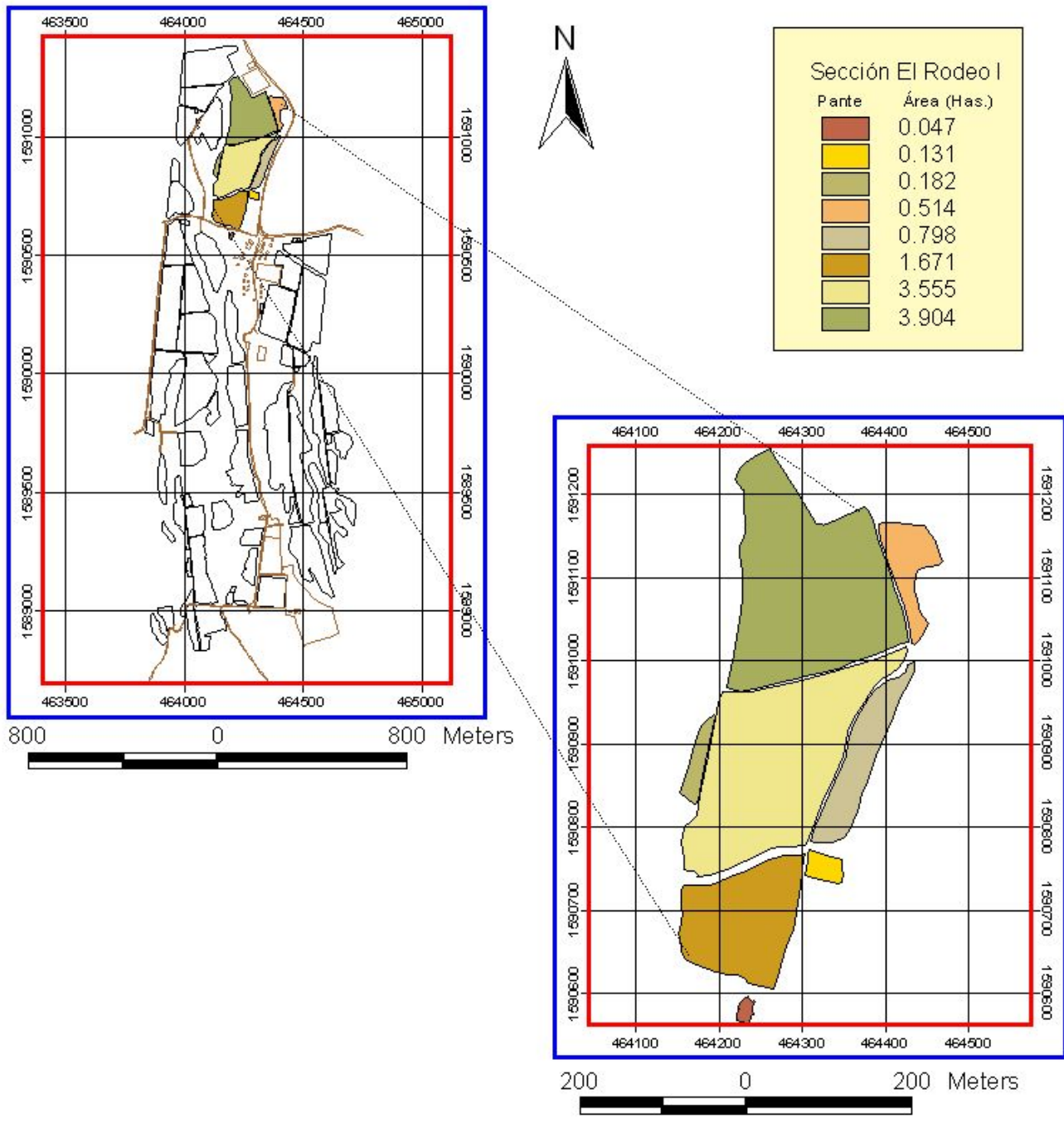
- a. Agregue 0.8 g de NaOH a 100 mL de agua esterilizada, mezcle hasta que quede disuelto.
- b. Agregue a la mezcla anterior, 1 g de ácido rosólico, y mezcle hasta que quede disuelto.
- c. La mezcla anterior, enróllela en papel aluminio, que quede completamente sellada, para evitar que le penetre la luz. Guárdela en el refrigerador. Puede durar hasta seis meses.

Solución B:

- a. Agregue 3.7 g de polvo MFC a un beaker junto con 100 mL de agua esterilizada.
 - b. Agregue a la mezcla anterior 1 mL de Solución A.
 - c. Llévelo a ebullición y listo.
6. Agregar de 2 – 3 mL de caldo MFC a las cajas petri, deje de 3 minutos para absorción.
 7. Prepare el Filtro Esterilizado (conecte el filtro Nalgene al tubo plástico y el tubo a la bomba manual).
 8. Utilizando unas pinzas esterilizadas tome el papel filtro y colóquelo dentro del filtro esterilizado.
 9. Agregue 100 mL de muestra de agua dentro del filtro esterilizado, y empiece la filtración con la bomba manual.
 10. Cuando la filtración haya terminado, use las pinzas esterilizadas para colocar el papel filtro dentro de las cajas petri (líneas arriba).
 11. Colocar las cajas petri, de las diferentes muestras a analizar dentro de una bolsa especial e identificarla (máxima 40 cajas petri / bolsa).

12. Meter la bolsa en la incubadora a 45° C por 24 horas.
13. Transcurridas las 24 horas, saque la bolsa y cuente las colonias existentes en cada caja petri.

Anexo 4. Ubicación de los pantes de caña de azúcar

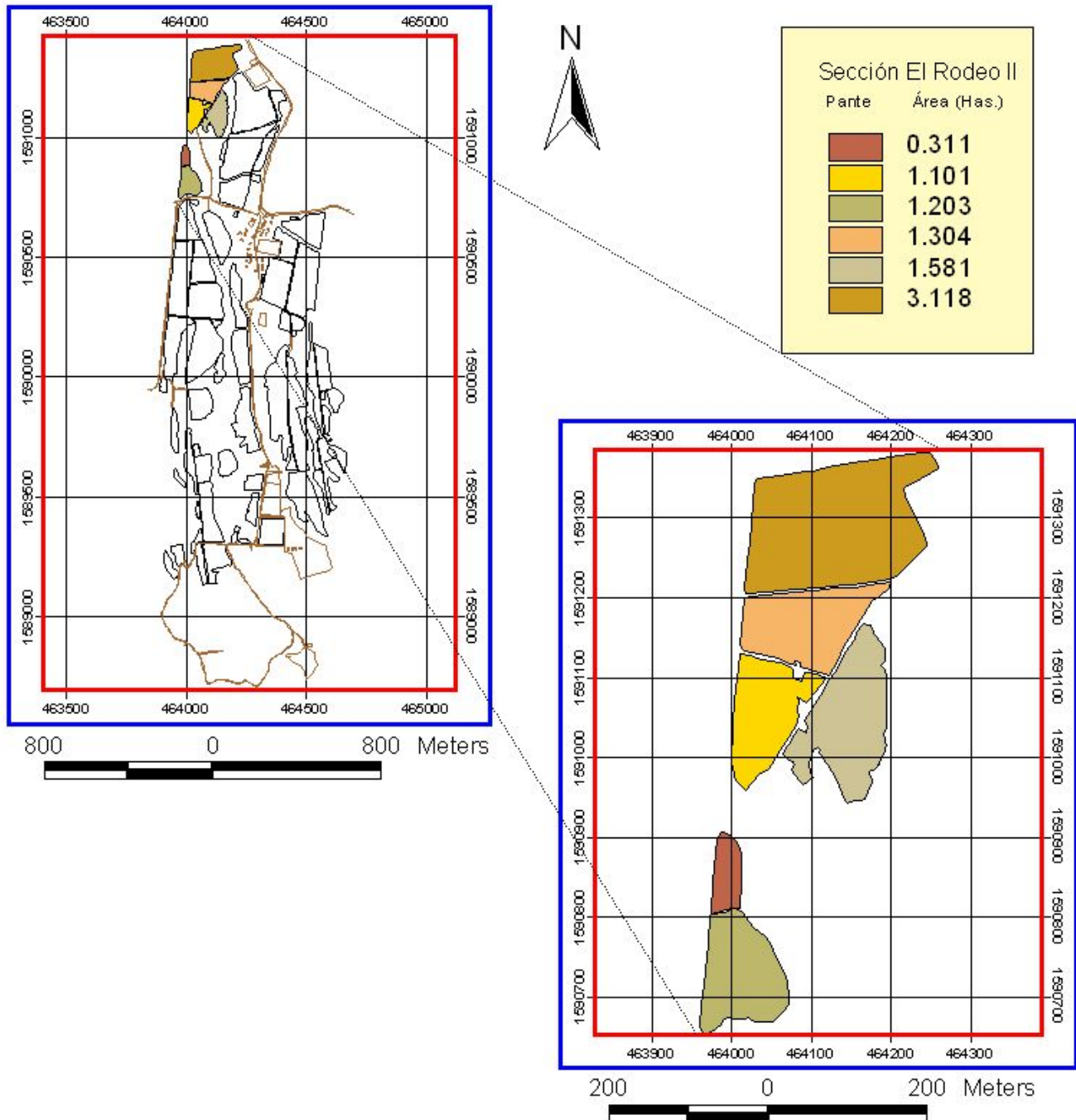


Análisis de Suelos Finca Sabana Grande



Coordenadas GTM Estuardo Vásquez
 Datum WGS 84 EPS Finca Sabana Grande
 Fuente UTJ Agosto 2004 - Mayo 2005



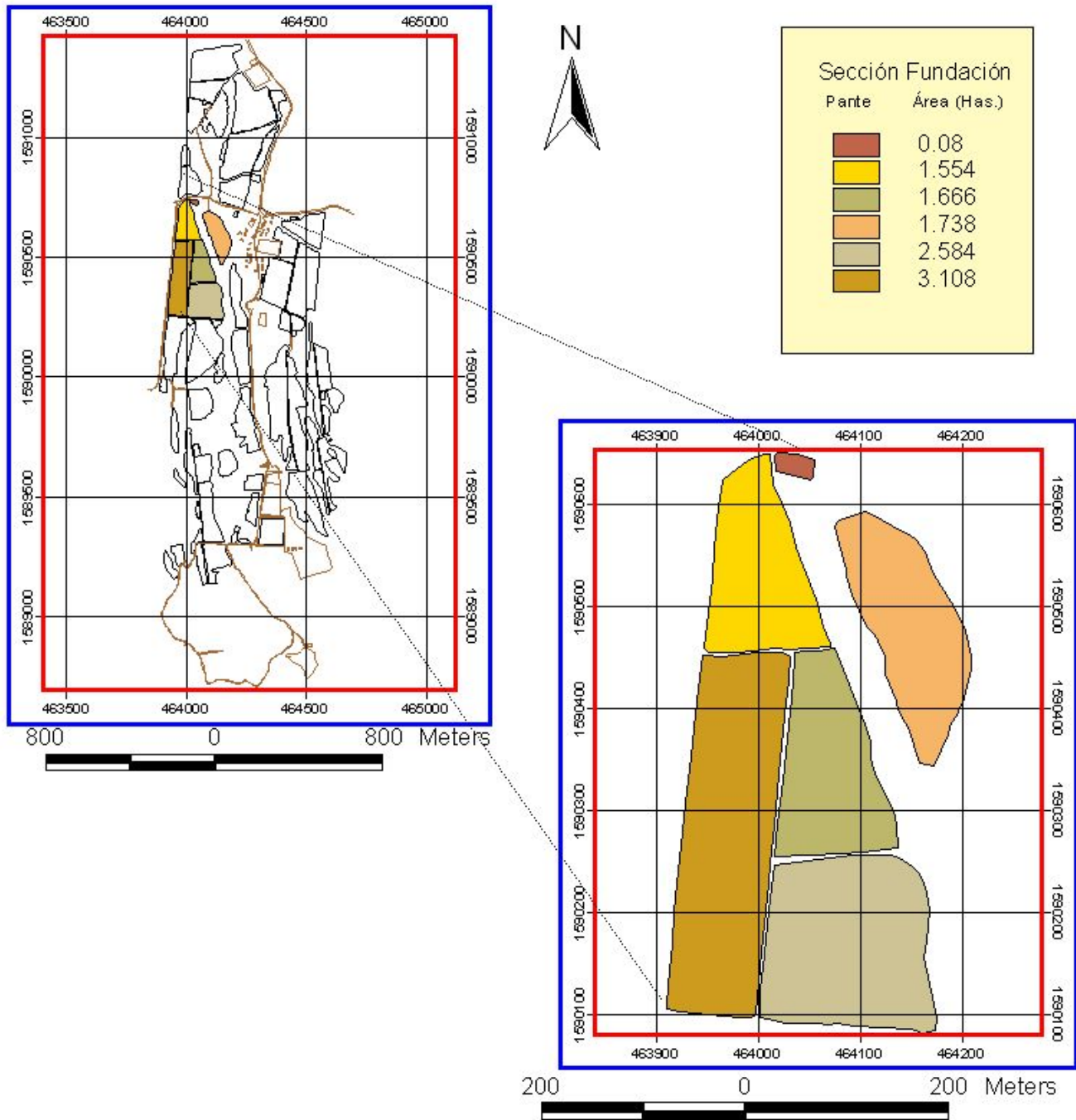


Análisis de Suelos Finca Sabana Grande



Coordenadas GTM Estuardo Vásquez
 Datum WGS 84 EPS Finca Sabana Grande
 Fuente UTJ Agosto 2004 - Mayo 2005



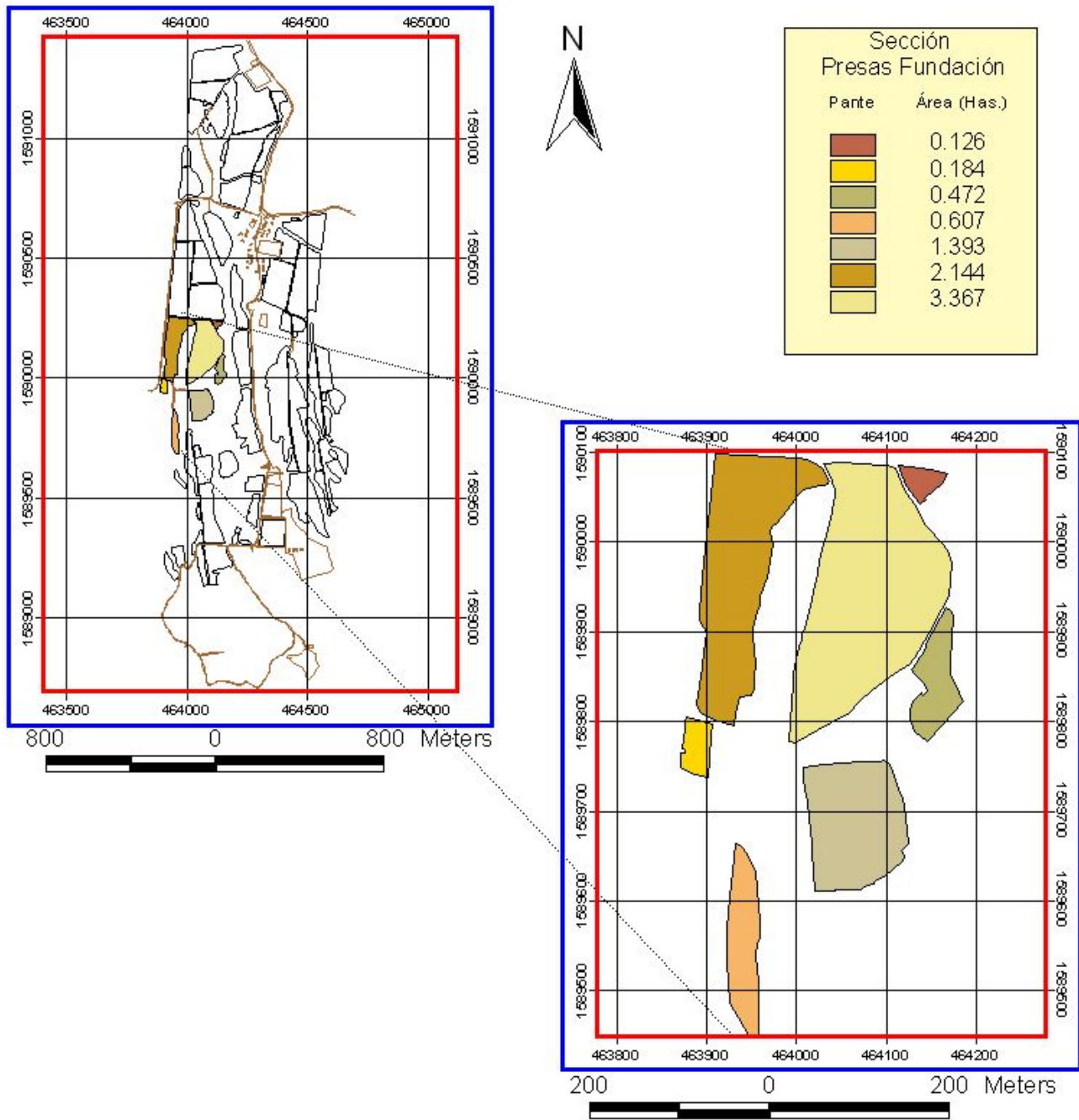


Análisis de Suelos Finca Sabana Grande



Coordenadas GTM Estuardo Vásquez
 Datum WGS 84 EPS Finca Sabana Grande
 Fuente UTJ Agosto 2004 - Mayo 2005



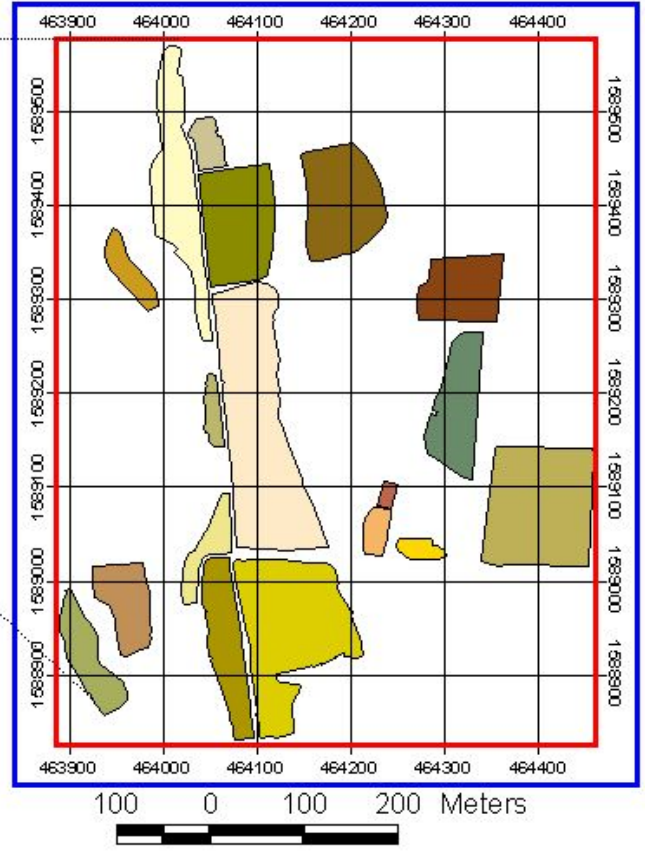
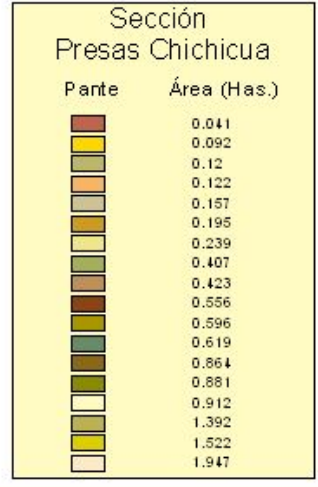
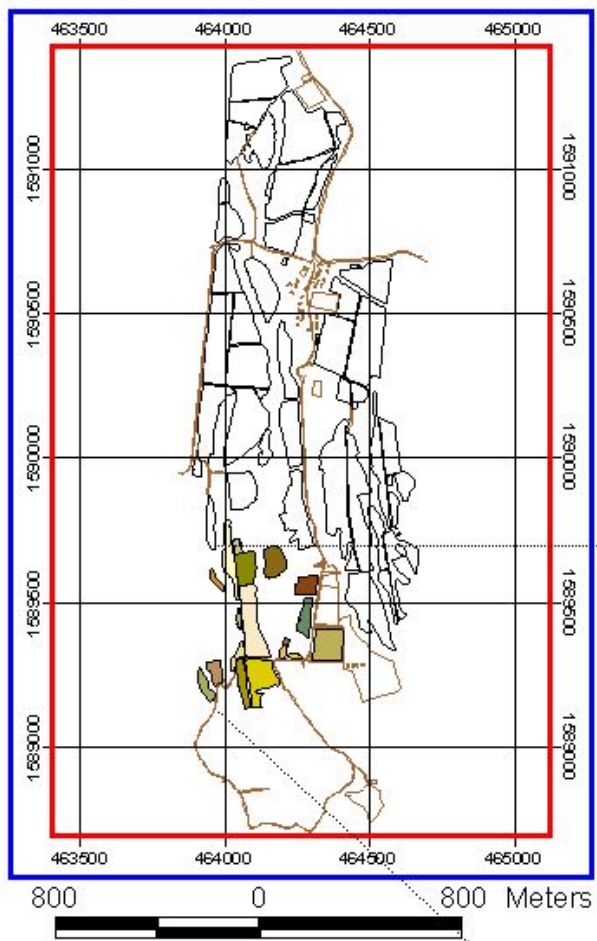


Análisis de Suelos Finca Sabana Grande



Coordinadas GTM Estuardo Vásquez
 Datum WGS 84 EPS Finca Sabana Grande
 Fuente UTJ Agosto 2004 - Mayo 2005



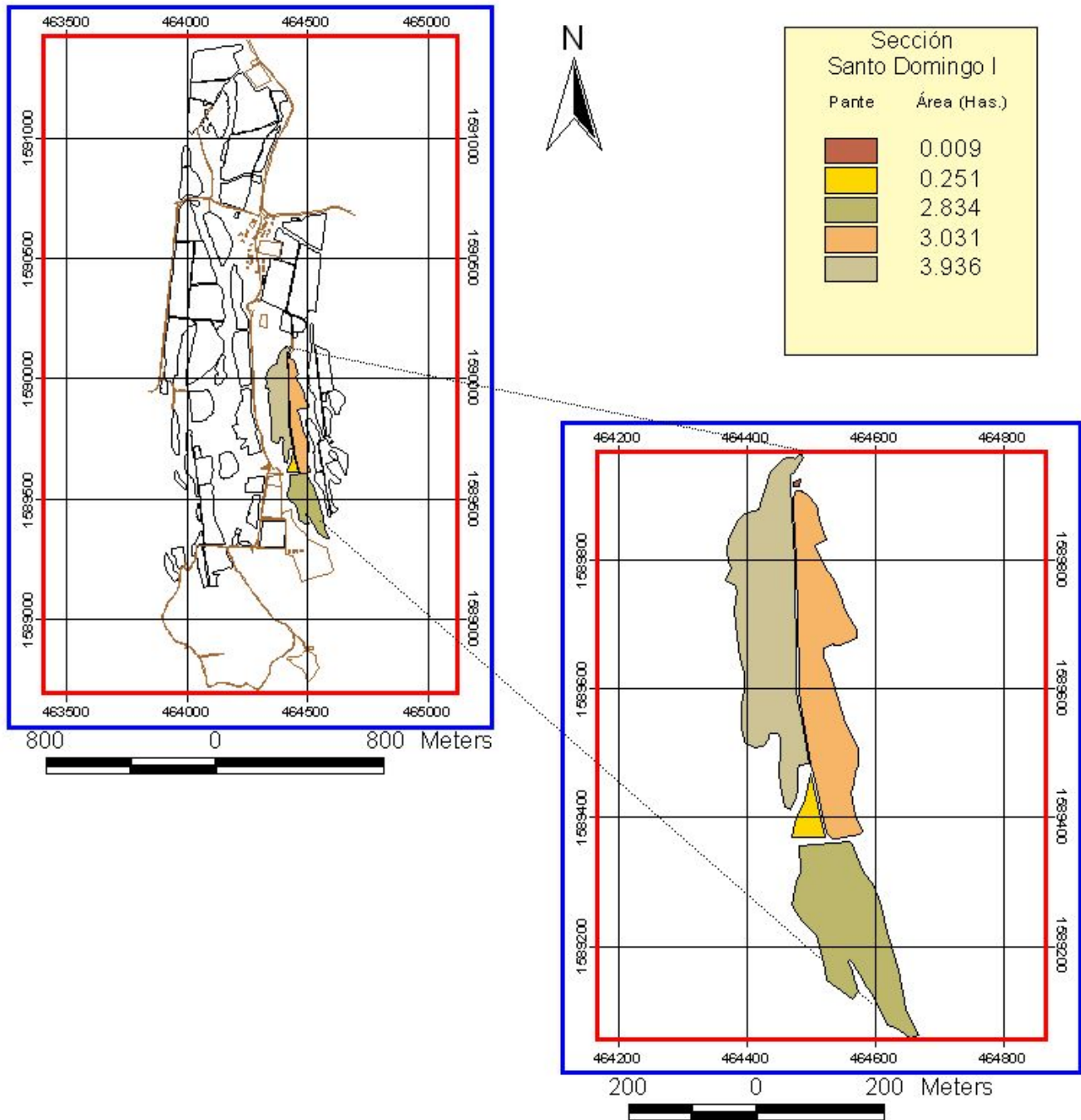


Análisis de Suelos Finca Sabana Grande



Coordenadas GTM Estuardo Vásquez
 Datum WGS 84 EPS Finca Sabana Grande
 Fuente UTJ Agosto 2004 - Mayo 2005



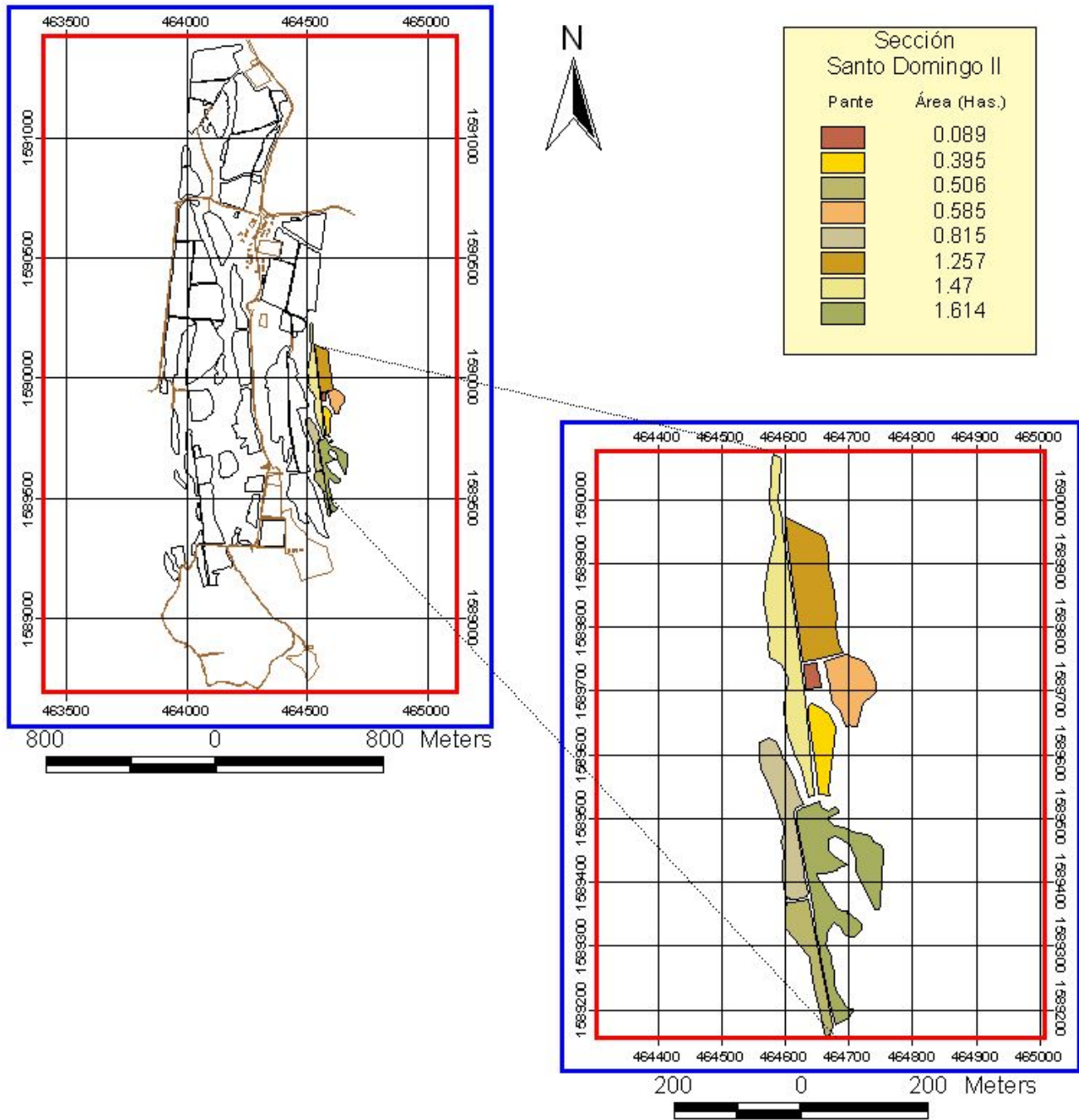


Análisis de Suelos Finca Sabana Grande



Coordenadas GTM Estuardo Vásquez
 Datum WGS 84 EPS Finca Sabana Grande
 Fuente UTJ Agosto 2004 - Mayo 2005



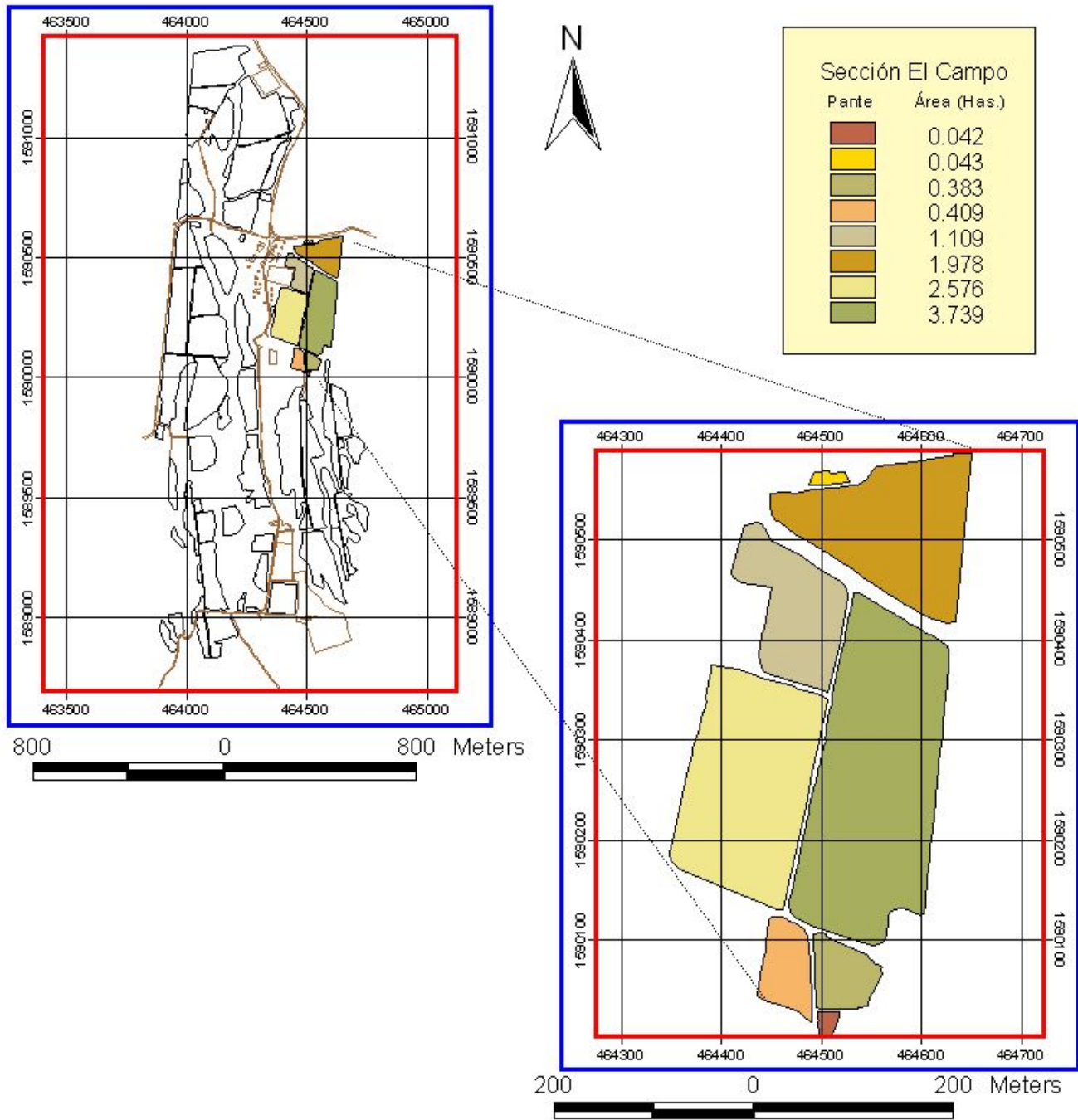


Análisis de Suelos Finca Sabana Grande



Coordenadas GTM Estuardo Vásquez
 Datum WGS 84 EPS Finca Sabana Grande
 Fuente UTJ Agosto 2004 - Mayo 2005





Análisis de Suelos Finca Sabana Grande



Coordenadas GTM Estuardo Vásquez
 Datum WGS 84 EPS Finca Sabana Grande
 Fuente UTJ Agosto 2004 - Mayo 2005



Anexo 4. Plan de Reforestación

INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES

FORMULARIO PARA PLANES DE REFORESTACIÓN POR INCENTIVOS FORESTALES

Número de Solicitud _____

DATOS GENERALES DEL TERRENO

Nombre: Finca Sabana Grande

Aldea: El Rodeo Municipio: Escuintla

Nombre del Propietario: Facultad de Agronomía, USAC.

Número de Registro de la Propiedad: Folio: Libro:

Otro documento que acredita la propiedad: _____

Área total: 215.51 hectáreas. Área a reforestar: 4.367 hectáreas.

OBJETIVOS

1. Establecer una cubierta boscosa que sirva como área de amortiguamiento e infiltración al campo de pozos.
2. Restablecer la cubierta arbórea del área por medio de plantaciones de Teca (*Tectona grandis*).
3. Habilitar el área a reforestar para actividades de docencia e investigación.

JUSTIFICACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE LA ESPECIE

1. Actualmente en el área hay Teca, presentando el mayor crecimiento y mejor desarrollo de las diferentes especies que se encuentran presentes.
2. La especie seleccionada se adapta fácilmente a las características agro climáticas en donde se encuentra ubicada la finca.
3. Es una de las especies madereras mas cotizadas actualmente en el mercado.

PROCEDENCIA DE LA SEMILLA

Se obtendrá la planta del vivero propio de la finca.

CARACTERÍSTICAS DE LA REFORESTACIÓN

ESPECIE	AREA A REFORESTAR (ha)	DURACIÓN DEL PROYECTO HASTA CORTA FINAL (años)	DENSIDAD INICIAL DE PLANTACIÓN (plantas/ha)	DENSIDAD FINAL DE PLANTACIÓN (plantas/ha)	DISTANCIAS DE PLANTACIÓN	
					E. S. (m)	E. P. (m)
Teca	4.367	25	1111	333	3	3
TOTAL	4.367					

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE REFORESTACIÓN

- Para establecer la plantación es necesario previamente realizar la preparación del terreno, lo que abarca las siguientes actividades:
 - Eliminación del cultivo anterior, en este caso Caña de Azúcar y malezas presentes.
 - Trazado y estaquillado del distanciamiento de siembra.
 - Ahoyado del terreno con un distanciamiento de 3 metros entre cada planta y 3 metros entre cada surco, para obtener la densidad inicial de 1111 plantas por hectárea.
- Las plantas se obtendrán del vivero de la finca, y la plantación se establecerá en el mes de agosto del 2006.
- La resiembra o replante se hará en el mes de septiembre del 2006 y se tiene que hacer una observación el año siguiente para ver si es necesario un nuevo replante.
- Actividades Culturales: Para evitar la competencia con las malezas y el brote de la Caña de Azúcar, se harán 3 o 4 limpieas al año y se hará también plateo en la misma época.

PROGRAMA DE PROTECCIÓN

- Protección contra incendios forestales. Debido a que el área a reforestar es muy vulnerable a incendios por la presencia de material combustible vegetal, las medidas preventivas serán de vital importancia en el plan de protección. Se realizarán de 3 a 4 limpieas al año para eliminar el material combustible y se realizarán rondas cortafuegos con un ancho de 3.6 m, en la periferia de la plantación, así como en lugares clave, con el fin de disminuir el riesgo de incendio debido a la quema de Caña de Azúcar.
- Protección contra plagas y enfermedades. Lo primero será establecer un plan de monitoreo epidemiológico para la detección, protección y control de las plagas y enfermedades de importancia para la Teca (*Tectona grandis*).
- Protección contra otros factores.
Exclusión de ganado, debido a que la finca no es ganadera, la protección de la plantación por daños del ganado no es un factor importante. Construcción de caminos, la finca posee un adecuado acceso periférico al área de la plantación, lo que permite la movilización y el traslado de material y equipo. No se tiene planificado la construcción de caminos internos.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
AREA INTEGRADA
SUBAREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

C. INFORME DE INVESTIGACIÓN

**DETERMINACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA VERTICAL DE LA
MICRO CUENCA DEL RÍO CANTÍL, EL RODEO, ESCUINTLA.**

POR: OBDULIO ESTUARDO VÁSQUEZ RIVAS

CARNÉ: 99-19373

GUATEMALA, ABRIL DE 2006.

C.1 INTRODUCCION

En Guatemala, el recurso agua ha venido sufriendo un gran deterioro, debido a tres factores: Primero, la variabilidad natural de las precipitaciones; Segundo, la constante y creciente deforestación, la erosión de los suelos y el pastoreo excesivo. Tercero, la contaminación del agua provocada tanto por los factores antes mencionados como por la incorporación de aguas negras debido al crecimiento demográfico. Todo esto ha provocado una reducción considerable en la disponibilidad de agua con características adecuadas para el aprovechamiento humano.

Actualmente Finca Sabana Grande cuenta con importantes recursos hídricos, entre estos hay 41 manantiales y cuatro ríos, sobre los cuales han empezado a surgir los problemas anteriores que dan como resultado la disminución de la cantidad y calidad del recurso hídrico subterráneo, así mismo empieza a existir un aumento en la presión sobre este recurso debido a los factores que se desencadenan por el aumento demográfico de la zona.

Finca Sabana Grande, tiene el problema de no contar con información precisa del potencial hídrico, ya que se han hecho estudios para estimar el potencial hídrico que toman en cuenta información generada con fórmulas matemáticas que no se adecuan a las condiciones del lugar, y se alejan de la realidad, de esa forma no nos permite plantear una estrategia adecuada para el manejo y conservación del recurso hídrico. Debido a lo anterior es necesario implementar este tipo de estudios, los cuales generen información precisa y reciente.

Debido a las características hidrológicas que presenta Finca Sabana Grande, las autoridades universitarias en convenio con la Red Centroamericana de Manejo de Recursos Hídricos, han decidido establecer un Centro de Investigación y Capacitación en Recursos Hídricos, que apoye la Maestría en Planificación y Manejo de Recursos Hídricos, por lo tanto se hace necesario empezar a generar información básica, ya que no se cuenta con información reciente y generada con

metodología que se adecue a las condiciones del lugar, por lo que se hace necesario determinar la Recarga Hídrica de la Finca, ya que se han realizado estudios de recarga hídrica, pero se ha hecho con información de precipitación efectiva generada por medio de fórmulas y no determinadas directamente en el campo por medio del índice de infiltración Φ , que es un índice estrictamente definido para determinar la precipitación efectiva y escorrentía de un evento de lluvia; de esta forma contando con información mas precisa en cuanto al potencial hídrico que la finca presente y se puede plantear una estrategia adecuada para el manejo del recurso hídrico; y por ende obtener un Índice de Infiltración representativo de la zona.

Tomando en cuenta la alta permeabilidad que presentan los suelos de la Finca Sabana Grande, y el nivel freático superficial ($< 3\text{m}$), las capacidades de infiltración que se presentan son muy altas y por ende lo es la recarga hídrica potencial; siendo éstas las características que no permiten el uso de fórmulas matemáticas para el cálculo de la precipitación efectiva por lo que se hace necesario utilizar otro método para el cálculo de esta, que se adapte bien a las condiciones de la Finca, tal es el caso del método del Índice de Infiltración. En donde se da el análisis de bandas pluviográficas e hidrogramas para determinar la precipitación efectiva, como forma de estimación de la recarga hídrica y como punto de partida para estimar el Índice de Infiltración.

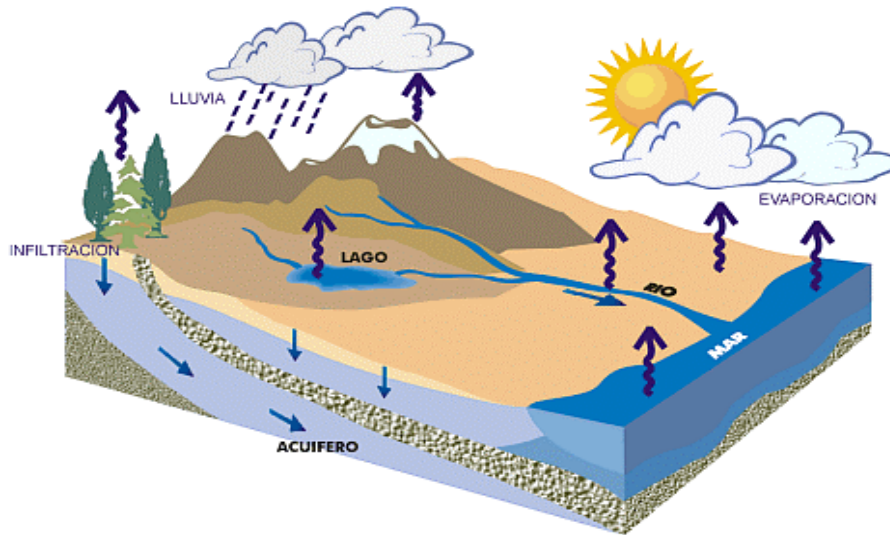
C.2 MARCO TEÓRICO

C.2.1 EL CICLO HIDROLÓGICO

De acuerdo con Linsley (1988). El concepto de *ciclo hidrológico* es un punto útil, desde el cual comienza el estudio de la hidrología. Este ciclo se visualiza iniciándose con la evaporación del agua de los océanos. El vapor de agua resultante es transportado por las masas móviles de aire. Bajo condiciones adecuadas el vapor se condensa para formar las nubes, las cuales, a su vez, pueden transformarse en precipitación. La precipitación que cae sobre la tierra se dispersa de diversas maneras. La mayor parte de ésta es retenida temporalmente por el suelo, en las cercanías del lugar donde cae, y regresa eventualmente a la atmósfera por evaporación y transpiración de las plantas. Otra porción de agua que se precipita viaja sobre la superficie del suelo o a través de éste hasta alcanzar los canales de las corrientes. La porción restante penetra más profundamente en el suelo para hacer parte del suministro de agua subterránea. Bajo la influencia de la gravedad, tanto la escorrentía superficial y del agua subterránea regresa a la atmósfera por medio de evaporación y transpiración, antes de alcanzar los océanos.

De acuerdo con Custodio y Llamas (2001). El ciclo hidrológico es un proceso continuo en el que una partícula de agua evaporada del océano vuelve al océano después de pasar por las etapas de precipitación y escorrentía superficial o subterránea. A lo largo del ciclo existen múltiples cortos circuitos o ciclos menores. También hay que tener en cuenta que el movimiento del agua en el ciclo hidrológico se caracteriza por la irregularidad, tanto en el espacio como en el tiempo.

El ciclo hidrológico inicia con la evaporación del agua en los océanos transportándose hacia los continentes a través de masas móviles de aire que bajo condiciones adecuadas se condensan y forman nubes transformándose en precipitación. La precipitación se dispersa, parte es retenida por el suelo regresando a la atmósfera por evaporación y transpiración de las plantas. Otra porción viaja por la superficie en forma de escorrentía y una pequeña parte llega a los acuíferos en forma de agua subterránea. Por gravedad, tanto el agua superficial como la subterránea llegan en algún momento a ser parte de los océanos. Figura 1.



Fuente: Linsley

Año: 1998

Figura 1. El Ciclo Hidrológico

De acuerdo con Herrera Ibáñez (2002). El ciclo hidrológico es el foco central de la hidrología. El ciclo no tiene principio ni fin y sus diversos procesos ocurren en forma continua. En la figura 1, se muestra en forma esquemática como el agua se evapora desde los océanos y de la superficie terrestre, para volverse parte de la atmósfera; el vapor de agua se transporta y se eleva en la atmósfera hasta que se condensa y precipita sobre la superficie terrestre o los océanos.

El agua precipitada puede ser interceptada por la vegetación y techos de casas, y convertirse en escurrimiento o flujo superficial sobre el suelo, infiltrarse en él, correr a través del suelo como flujo subsuperficial y descargar en los ríos y lagos como escorrentía superficial.

La mayor parte del agua interceptada y de escorrentía superficial, regresa a la atmósfera mediante la evaporación y transpiración. El agua infiltrada puede percolarse profundamente para recargar los acuíferos que contienen el agua subterránea, emergiendo en manantiales o en ríos para formar la escorrentía superficial, y finalmente el agua, fluye hacia el mar o se evapora en la atmósfera a medida que el ciclo hidrológico continúa.

Los procesos del sistema hidrológico se pueden agrupar en dos:

- a. Procesos de almacenamiento.
- b. Procesos de transferencia.

Los procesos de almacenamiento se dan en:

- La atmósfera, por la formación de nubes.
- La vegetación y techos por intercepción.
- Las depresiones del terreno.
- El suelo por detención superficial.
- Los cauces de ríos y quebradas.
- Los lagos y embalses.
- La zona no saturada como humedad del suelo.
- La zona saturada como aguas subterráneas.

Los procesos de transferencia se dan por:

- Precipitación pluvial.
- Infiltración en el suelo.
- Percolación a través de las rocas.
- Escurrimiento del agua sobre el suelo.
- Escorrentía del agua, en los cauces de los ríos y quebradas.
- Flujo subsuperficial por el movimiento del agua en la zona no saturada.
- Flujo base por el movimiento del agua subterránea en la zona saturada, que abastece a los acuíferos y a ríos cuando sale a la superficie.

Aunque el ciclo hidrológico es bastante teórico, tienen aplicaciones reales en una cuenca hidrográfica, ya que parte de la escorrentía de los ríos se puede desviar, mediante obras de derivación, para ser utilizadas de inmediato con fines de abastecimiento de agua a las poblaciones, a las industrias, a la agricultura, a la producción de energía eléctrica, etc.

C.2.2 PRECIPITACIÓN PLUVIAL

De acuerdo con Custodio y Llamas (2001). Uno de los componentes principales del ciclo hidrológico es la precipitación. Puede calificarse de factor esencial que constituye la materia prima del referido ciclo. Como precipitación se conocen todas las formas de humedad que caen a la tierra,

provenientes de las nubes, como agua, nieve y hielo. La evaporación desde la superficie de los océanos es la principal fuente de humedad para la precipitación, ya que no más del 10% de la precipitación continental se puede atribuir a la evaporación en los continentes. Sin embargo, la cercanía a los océanos no necesariamente implica altas precipitaciones, como es el caso de islas desérticas.

De acuerdo con Herrera Ibáñez (2002). Para que ocurra la precipitación, se requiere algún mecanismo que enfríe el aire lo suficiente para que llegue de esta manera a, o cerca del punto de saturación. Los enfriamientos de grandes masas, necesarios para que se produzcan cantidades significativas de precipitación, se logran cuando ascienden a la atmósfera las masas de aire. Este fenómeno se lleva a cabo por medio de sistemas convectivos o enfriamiento de la superficie de la Tierra y la atmósfera o por barreras orográficas.

La condensación generalmente requiere una superficie o un núcleo sobre el cual pueda formarse. Estos núcleos son pequeñas partículas, cuyo tamaño varía entre 0.1 y 10 μm de diámetro. Los núcleos artificiales de congelamiento que se utilizan en la modificación de climas son el dióxido de carbono y el yoduro de plata.

En ausencia de un núcleo, la masa de aire puede supersaturarse sin la formación de gotas de lluvia. Las gotas de lluvia se forman por colisión de las masas de aire. Cuando las gotas de lluvia se han formado, las gotas crecen inicialmente por atracción (difusión) de vapor de agua y empiezan a caer, ocurriendo colisiones, de modo que las gotas pueden crecer hasta 6 mm de diámetro. La velocidad máxima de caída o velocidad terminal se encuentra entre 2 a 9.2 m/s y tiende a nivelarse cuando las gotas de agua se acercan a su tamaño máximo debido al aumento en resistencia del aire a medida que se deforman.

C.2.2.1 Medición de la precipitación

De acuerdo con Aparicio Mijares (1996). Los aparatos más usuales para medir la precipitación son los pluviómetros y los pluviógrafos. Figura 2.



Fuente: Aparicio Mijares

Año: 1996

Figura 3. Pluviógrafo

Los pluviómetros están formados por un recipiente cilíndrico graduado al que descarga un embudo que capta el agua de lluvia, por medio del área de captación. Figura 3.

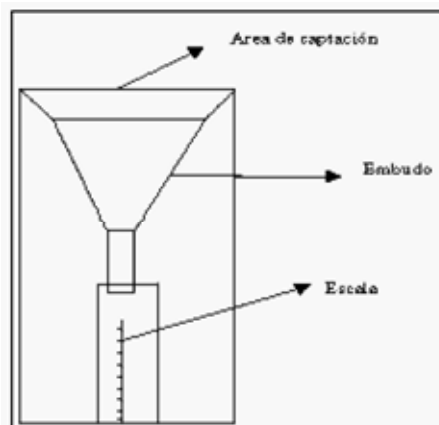


Figura 4. Componentes del pluviómetro.

El área de captación es normalmente diez veces mayor que el área de entrada del recipiente de la escala, con el objeto de que, por cada milímetro de lluvia, se deposite un centímetro en el recipiente. De este modo, es posible hacer lecturas a simple vista hasta de una décima de milímetro de lluvia, que corresponde a un milímetro depositado en el recipiente.

Los pluviógrafos son semejantes a los pluviómetros, con la diferencia de que tienen un mecanismo para producir un registro continuo de precipitación. Este mecanismo está formado por un tambor que gira a velocidad constante sobre el que se coloca un papel graduado especialmente. En el recipiente se coloca un flotador que se une mediante un juego de varillas a una plumilla que marca las alturas de precipitación en el papel. El recipiente tiene normalmente una capacidad de 10 mm de lluvia y, al alcanzarse esta capacidad, se vacía automáticamente mediante un sifón.

El registro que se obtiene de un pluviógrafo se llama *pluviograma*. Figura 4

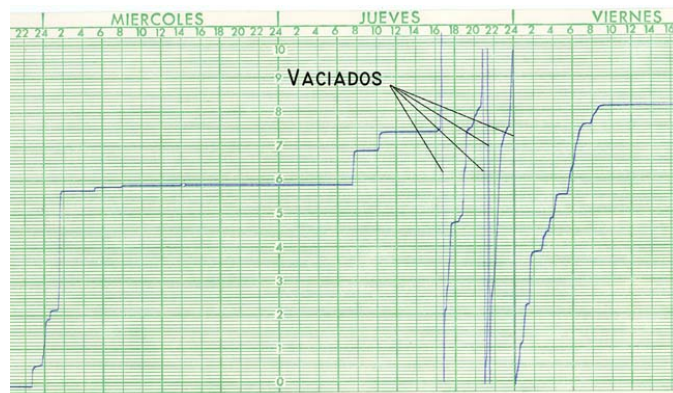


Figura 5. Pluviograma.

Si a un pluviograma se le quitan los descensos o vaciados, se obtiene una gráfica de precipitación acumulada contra el tiempo llamada *curva masa de precipitación*. Nótese que esta curva es no decreciente, y que su pendiente, en cualquier tiempo, es igual a la intensidad de la lluvia (altura de precipitación por unidad de tiempo) en ese instante.

A partir de una curva masa de precipitación es posible dibujar diagramas de barras que representen las variaciones de la altura de precipitación o de su intensidad en intervalos de tiempo (Δt) previamente seleccionados. Estos diagramas de barras se llaman *hietogramas*. Figura 5.

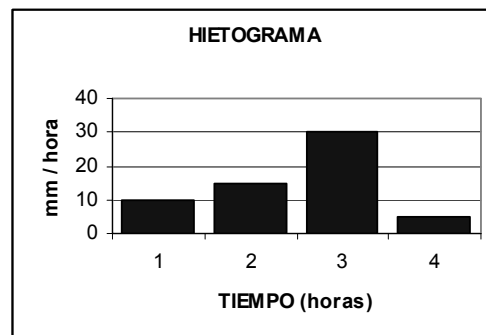


Figura 6. Hietograma de intensidades.

El intervalo Δt seleccionado es importante en cuanto a la información que proporciona el hietograma; un valor de Δt demasiado grande arrojaría muy poca información y uno muy pequeño la daría excesiva y difícil de manejar.

C.2.3 ESCURRIMIENTO

De acuerdo con Herrera Ibáñez (2002). Se entiende por escurrimiento, al flujo superficial (sobre el suelo), subsuperficial (dentro del suelo) y al flujo subterráneo (en los estratos de roca) provenientes de la precipitación pluvial, los cuales generalmente son captados por los cauces de los ríos. En el caso de presentarse capas de menor permeabilidad, el agua infiltrada puede moverse horizontalmente, proceso conocido como *interflujo*.

La medición del escurrimiento de un río, es el dato básico empleado en la mayoría de los casos en que se van a planear o proyectar obras hidráulicas en el cauce de alguna cuenca. Por lo tanto, es conveniente tener esta información disponible y en la cantidad adecuada, además de confiable.

El caudal o gasto es el volumen de agua que pasa por una sección específica del cauce de un río, en un tiempo determinado; y al conjunto de operaciones que conducen a la valorización del gasto, se le denomina *aforo*.

El régimen de los caudales de un curso de agua durante un período determinado, es el único parámetro del balance hidrológico de una cuenca que puede ser medido con una buena precisión. Los otros elementos del balance, tales como, las precipitaciones pluviales, la evaporación, etc., pueden ser únicamente estimados a partir de muestras recabadas en diversos puntos de la cuenca, o deducidos de fórmulas hidrológicas siempre aproximados.

C.2.3.1 Métodos de aforo

De acuerdo con Herrera Ibáñez (1995). Los métodos prácticos de aplicación más frecuentes son:

- Método Volumétrico.

- Medidor Parshall.
- Método de Vertederos y Orificios.
- Método de Sección-Velocidad.
- Otros métodos (Tubos de Pitot y Ventura, Balanza Hidrométrica, Métodos Químicos y Eléctricos).

A. Método volumétrico

De acuerdo con Herrera Ibáñez (1995). Es usado para corrientes pequeñas como nacimientos de agua o riachuelos, siendo el método más exacto, a condición de que el depósito sea bastante grande y de que pueda medir su capacidad de modo preciso. Consiste esencialmente en hacer desembocar la corriente en un depósito impermeable cuyo volumen sea conocido y contar el tiempo total en que se llena el depósito.

Por lo tanto, este método es de utilización práctica, siempre que se trate de mediciones de pequeños caudales, en trabajos experimentales o para tener una idea rápida del caudal aportado por determinado riachuelo.

B. Método de sección-velocidad

De acuerdo con Herrera Ibáñez (1995). En este método se determinan separadamente la sección transversal del cauce y la velocidad del agua; la sección se determina por medio de sondeos o algún otro procedimiento topográfico y la velocidad por cualquiera de los métodos con molinete, flotador o pendiente hidráulica.

De tal manera que el caudal del río estará dado por:

$$Q = \text{Área} * \text{Velocidad Media, en m}^3/\text{s}$$

B.1 Determinación del área de la sección: El método para determinar el área de la sección, depende de las condiciones del cauce. Si el cauce es estable el área se determinará con nivel montado y estatal; determinando las áreas correspondientes a cada nivel del agua con el fin de

obtener una tabla de altura de escala-áreas, para que al practicar aforos posteriores, únicamente sea determinada la velocidad media.

Para cauces variables donde el nivel del agua no sufre cambios apreciables durante el aforo, el área de la sección se determinará por medio de sondeos antes de medir las velocidades. Las varillas del molinete pueden utilizarse para determinar la profundidad de la corriente en la sección donde se quiere conocer el área.

La determinación del área de la sección es como sigue:

- a. Una vez determinada la zona donde se efectuará la medición se deberá sembrar dos estacas, una en cada orilla y fijándose que la línea que las une, sea perpendicular a la dirección del río para determinar el ancho del mismo.
- b. Dividir el ancho del cauce en tramos de acuerdo al Cuadro 1.

Cuadro 20. Espaciamiento de sondeos según el ancho del cauce.

ANCHO DEL CAUCE (m)	ESPACIAMIENTO (m)
0.0 - 1.0	0.20
1.0 - 2.0	0.25
2.0 - 4.0	0.50
4.0 - 8.0	1.00
8.0 - 15.0	1.50
15.0 - 25.0	3.00
25.0 - 50.0	5.00

- c. Obtener la profundidad al principio y al final de cada dos tramos.
 - Obtener la profundidad media del área parcial.
 - Obtener el ancho del área parcial.
 - Determinar el área parcial de cada sección.

B.2 Determinación de la velocidad media: Esta se puede efectuar por medio de flotadores, molinetes o la pendiente hidráulica.

Molinetes: Estos son aparatos provistos de una hélice o una rueda de copas, la cual gira al chocar el agua de la corriente sobre ella. También son llamados *correntómetros*.

El movimiento de rotación es tanto más rápido cuanto más fuerte es la velocidad del agua. Conociendo el número de vueltas o revoluciones que da la rueda y el tiempo empleado en darlas, se puede conocer la velocidad del agua con ayuda de una constante o factor calculado para el efecto para cada molinete. El registro del tiempo se efectúa por medio de un cronómetro que deberá tener apreciaciones mínimas de un décimo de segundo.

El molinete tiene otras piezas que ayudan a mantenerlo vertical y en la dirección de la corriente. Estas piezas son el lastre o escandallo y el timón compuesto por dos hojas de lámina, una horizontal y otra vertical.

La determinación de la relación entre las revoluciones o vueltas por segundo que da la rueda del molinete y la velocidad del agua, se expresa por una ecuación de la siguiente forma:

$$V = a + bN$$

Donde:

V = velocidad del agua (m/s)

N = revoluciones/segundo (molinete)

a y b = constantes del aparato.

La velocidad del agua en una corriente, en sentido vertical, generalmente varía como una parábola, desde cero en el fondo del canal hasta un máximo en la superficie del agua. De tal cuenta, la velocidad media se obtiene aproximadamente a una profundidad de 0.6h, a partir del tirante o nivel de la corriente de agua.

C.2.4 HIDROGRAMAS

De acuerdo con Linsley (1988). Un *hidrograma* es el gráfico de nivel o caudal contra el tiempo. Se han utilizado diferentes medios para representarlo gráficamente, según el propósito del gráfico; las medias anuales y mensuales o el caudal total se utiliza para mostrar el registro de la escorrentía que pasa por una estación. Las características de una creciente en particular por lo general no pueden mostrarse como descargas promedio para períodos mayores de un día. Es preferible que los hidrogramas de crecientes se dibujen calculando el caudal instantáneo a partir de

los registros del limnógrafo. Se debe dibujar un número suficiente de puntos par indicar adecuadamente todos los cambios significativos en la pendiente del hidrograma. La forma del hidrograma está determinada por las escalas utilizadas, y en un estudio en particular es una buena práctica utilizar las mismas escalas para todas las crecientes en una estructura de aforo dada.

De acuerdo con Herrera Ibáñez (2002). Se denomina *hidrógrafo o hidrograma* de caudal, a la representación gráfica de la variación del caudal en relación con el tiempo. El intervalo de tiempo puede variar de horas, meses a años. Figura 6.

Si la escala de tiempo es de horas, se tendría una gráfica donde se podría observar el escurrimiento producido por una sola tormenta (lluvia intensa). En general la manera más fácil de analizar estos fenómenos es tomar un hidrograma aislado, producto de una lluvia que cae al suelo después de un período no lluvioso de algunos días. Para esto se construye un hietograma que representa la intensidad de lluvia en un tiempo medido en minutos. En el hietograma se separa la precipitación neta o de exceso o efectiva, de acuerdo a la diferencia entre la precipitación total y la infiltración, en un intervalo de tiempo.

C.2.4.1 Análisis de Hidrogramas

De acuerdo con Herrera Ibáñez (2002). La forma de los hidrogramas producidos por tormentas particulares varía no sólo de una cuenca a otra, sino también de tormenta a tormenta, pero generalmente se pueden distinguir las siguientes partes de un hidrograma:

A: Punto donde comienza a aumentar el caudal. En este punto el agua proveniente de la tormenta comienza a llegar a la salida de la cuenca y se produce inmediatamente después de iniciada la tormenta. Es decir, una vez excedida la capacidad de infiltración se inicia la escorrentía superficial directa, lo que corresponde al punto A en el hidrograma.

Del punto A al punto B, se da la *curva de concentración*. En este punto solamente tres componentes del hidrograma están contribuyendo a la alimentación del caudal:

- Escorrentía superficial directa.

- Precipitación directa sobre la corriente.
- Agua subterránea (caudal base).

- C: Punto del *pico o cresta del hidrograma*, que es el caudal máximo que se obtiene cuando toda la cuenca esta contribuyendo. Del punto B al punto D, se considera que además de los tres componentes del hidrograma que estaban contribuyendo antes del punto B, está contribuyendo el flujo subsuperficial. La precipitación directa sobre la corriente es el componente que menos contribuye. Del punto D al punto E, se da la *curva de descenso del hidrograma* y el caudal esta compuesto exclusivamente por flujo subsuperficial y agua subterránea. El punto E se localiza gráficamente y señala el momento en que cesa la escorrentía superficial directa.
- E: Punto que indica la terminación de toda escorrentía superficial. A partir de este punto comienza la denominada *curva de agotamiento*, durante la cual los aportes al caudal de la corriente provienen únicamente de las reservas de agua subterránea.

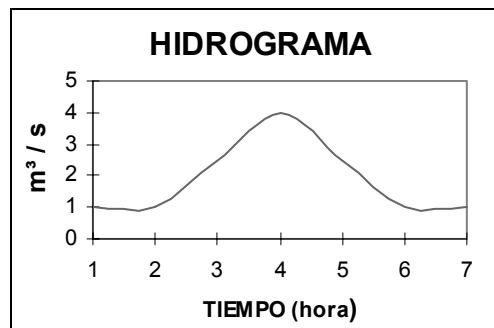


Figura 7. Hidrograma de crecientes.

C.2.4.2 Métodos para la separación de los componentes del hidrograma

De acuerdo con Herrera Ibáñez (2002). La separación del hidrograma en escorrentía superficial directa y en escorrentía base es muy importante para el estudio de las características hidrogeológicas de la cuenca, y para algunos métodos de prevención de crecientes. Generalmente se asume que la precipitación directa y el interflujo no son importantes.

- A. Método de la línea recta:** Es el más elemental de todos. Consiste en unir con una línea recta los puntos A (comienzo de incremento del caudal) y el E (inicio de la curva de agotamiento).

El caudal por debajo de esa línea corresponde al aporte de agua subterránea y el resto a la escorrentía superficial total.

B. Método de las dos líneas rectas: Consiste en trazar una prolongación de la curva de agotamiento anterior al comienzo de la creciente en consideración, y prolongar hasta cortar la vertical trazada en la abscisa correspondiente al caudal pico del hidrograma. El punto así determinado se une mediante una recta con el punto E de comienzo de la curva de agotamiento del hidrograma en consideración.

C. Método de la línea curva: Algunos autores prefieren reemplazar las dos rectas del caso anterior por una curva suave que se inicie tangente a las curvas normales de agotamiento antes y después del hidrograma de creciente considerado.

C.2.5 INFILTRACIÓN

De acuerdo con Linsley (1988). La infiltración es el paso del agua a través de la superficie del suelo hacia el interior de la tierra. Aun cuando existe una diferencia con la *percolación*, que es el movimiento del agua dentro del suelo, los dos fenómenos están relacionados íntimamente, puesto que la infiltración no puede continuar libremente sino cuando la percolación ha removido el agua de las capas superiores del suelo.

De acuerdo con Aparicio Mijares (1996). Se define como el movimiento del agua, a través de la superficie del suelo y hacia dentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares.

La diferencia entre el volumen de agua que llueve en una cuenca y el que escurre por su salida recibe el nombre genérico de *pérdidas*. En general, las pérdidas están constituidas por la intercepción en el follaje de las plantas y en los techos de las construcciones, la retención en depresiones o charcos, la evaporación y la infiltración. Además de que en la práctica es difícil separar estos cuatro componentes, la porción más considerable de las pérdidas está dada por la infiltración, por lo que es costumbre calcularlas conjuntamente bajo este nombre.

La infiltración juega un papel de primer orden en la relación lluvia-escurrimiento y, por lo tanto, en los problemas de diseño y predicción asociados a la dimensión y operación de obras hidráulicas. En general, el volumen de infiltración es varias veces mayor que el de escurrimiento durante una tormenta dada, especialmente en cuencas con un grado de urbanización relativamente bajo. Sin embargo, la infiltración recibe poca atención por parte de los ingenieros proyectistas, quizá por la falta de herramientas adecuadas para su tratamiento.

De acuerdo con Norero S. (1974). La infiltración es inicia tan pronto el agua entra en contacto con el suelo. Si el suministro inicial es lento el agua penetra tan rápidamente como llega, pero si aquel aumenta llega un momento en que el aporte excede la capacidad del suelo de absorber el agua, ésta comienza a acumularse y escurrir sobre la superficie. Si el suministro de agua se mantiene por debajo de la velocidad de infiltración del suelo, la penetración depende de la velocidad con que el agua superficial fluye hacia él. Tan pronto esta velocidad supera la infiltración, la penetración está determinada por las características físicas del perfil.

La infiltración disminuye gradualmente con el tiempo. Es máxima en los comienzos del proceso, particularmente si el suelo está bastante seco, y tiende luego progresivamente hacia un valor mínimo, a veces impropriamente llamado *infiltración final*.

C.2.5.1 Descripción del proceso de infiltración

De acuerdo con Aparicio Mijares (1996). El proceso de infiltración puede describirse de la siguiente manera:

Considérese un área de suelo suficientemente pequeña, de modo que sus características (tipo de suelo, cobertura vegetal, etc.), así como la intensidad de la lluvia en el espacio puedan considerarse uniformes, aunque la última cambie en el tiempo.

Supóngase que, al inicio de una tormenta, el suelo está de tal manera seco que la cantidad de agua que puede absorber en la unidad de tiempo (es decir, su *capacidad de infiltración*) es mayor que

la intensidad de la lluvia en esos primeros instantes de la tormenta. Bajo estas condiciones, se infiltraría toda la lluvia, es decir:

$$\text{Si } i < f_p \quad f = i$$

Donde:

f = infiltración, expresada como lamina por unidad de tiempo (mm/h)

f_p = capacidad de infiltración, en las mismas unidades.

i = intensidad de lluvia.

En esta parte del proceso las fuerzas producidas por la capilaridad predominan sobre las gravitatorias.

Al avanzar el tiempo, si la lluvia es *suficientemente intensa*, el contenido de humedad del suelo aumenta hasta que su superficie alcanza la saturación. En este momento se empieza a llenar las depresiones del terreno, es decir, se originan *charcos* y comienza a producir flujo sobre la superficie. A este instante se le llama *tiempo de encharcamiento* y se denota como t_p .

Después del tiempo de encharcamiento, si la lluvia sigue siendo intensa, las fuerzas capilares pierden importancia frente a las gravitatorias, pues el contenido de humedad del suelo aumenta y la capacidad de infiltración disminuye con el tiempo. Además, bajo estas condiciones, la infiltración se hace independiente de la variación en el tiempo de la intensidad de la lluvia, en tanto que ésta sea mayor que la capacidad de transmisión, de manera que:

$$\text{Si } i > f_p \quad t > t_p \quad f = f_p$$

donde f_p decrece con el tiempo. Nótese que las dos primeras desigualdades son interdependientes.

Bajo las condiciones anteriores, la capa saturada –que en el tiempo de encharcamiento era muy delgada y estaba situada en la superficie del suelo- se ensancha a medida que su límite inferior, denominado *frente húmedo*, baja. Entonces, dado que cada vez una mayor parte del suelo está saturada, las fuerzas capilares pierden importancia paulatinamente hasta que llega un momento, teóricamente en $t = \infty$, en que, el estar todo el medio saturado, el movimiento del agua se produce sólo por la acción de la gravedad y la capacidad de infiltración se hace constante.

La descripción anterior es, de rigor, válida solamente para una columna de suelo homogénea donde el nivel freático esté muy profundo; sin embargo, se verifica con una precisión aceptable en la mayoría de los casos prácticos.

Si después del tiempo de encharcamiento la tormenta entra en un periodo de calma, es decir, su intensidad disminuye hasta hacerse menor que la capacidad de infiltración, el tirante de agua existente sobre la superficie del suelo, de haberlo, disminuye hasta desaparecer y el agua contenida en los charcos también se infiltra, y en menor grado se evapora.

Cuando ya no hay agua sobre la superficie del terreno, el contenido de humedad de las capas de suelo cercanas al frente húmedo se difunde, haciendo que dicho frente avance hacia arriba hasta que la superficie deja de estar saturada.

Posteriormente, la lluvia puede volver a intensificarse y alcanzar otro tiempo de encharcamiento repitiéndose todo el ciclo descrito.

C.2.5.2 Índice de Infiltración Media Φ

De acuerdo con Aparicio Mijares (1996). Este criterio supone que la capacidad de infiltración es constante durante toda la tormenta. A esta capacidad de infiltración se le llama *índice de infiltración media Φ* . El cual se puede calcular cuando se tiene un registro simultáneo de precipitación y escurrimiento de una tormenta.

De acuerdo con Rojas (1986). El índice de infiltración media Φ , se utiliza para calcular la precipitación efectiva o la escorrentía, considerando una tasa de infiltración promedio. El índice Φ se obtiene de hidrogramas medidos.

De acuerdo con Remenieras (1974). Se admite que para un aguacero dado y en las condiciones iniciales determinadas de la cuenca, la tasa de recarga de la cuenca es constante durante toda la duración del aguacero. En un gráfico que da la intensidad media de la lluvia en función del tiempo el índice Φ representa la intensidad media por encima de la cual todo excedente

de caudal pluvial se halla en forma de escurrimiento en la salida. Es claro que el índice Φ integra, en una forma excesivamente simplificada, la acción de la intercepción de los diversos almacenajes superficiales y de la infiltración; así algunos hidrólogos la designan con el nombre bastante impropio de *índice de retención*.

C.2.6 EVAPOTRANSPIRACIÓN

De acuerdo con Herrera Ibáñez (2002). La evapotranspiración llamada también *uso consuntivo* del cultivo, es la suma de los fenómenos de evaporación del suelo y transpiración de las plantas.

Sabemos que, por una parte, la superficie del suelo se deseca emitiendo vaporizada a la atmósfera el agua que ocupa los macro poros y la que asciende por capilaridad, y por otra, que la planta, por cada kilo de materia seca que forma, transpira varios cientos de litros a través de los estomas, en proporción variable según la especie vegetal, lo que constituye su coeficiente de transpiración. Ambas causas son de orígenes totalmente diferentes: físico el primero y biológico el segundo, pero tanto uno como el otro conducen al mismo resultado: pérdidas de humedad por el suelo arable; por eso se les estudia conjuntamente con el nombre de *evapotranspiración*.

Existen varios métodos que permiten obtener la evapotranspiración potencial durante un cierto período de tiempo, generalmente semanal, decenal, quincenal o mensual, en función de ciertos datos que han de ser previamente determinados. Uno de los métodos más fáciles y confiables es el del tanque de evaporación por un coeficiente del lugar.

$$ET = \text{Evaporación de tanque} * 0.7 \text{ a } 0.8$$

Para las partes altas (tierras altas volcánicas y sedimentarias), se recomienda utilizar el factor 0.7, mientras que para al región oriental 0.75, y para la costa sur y Petén 0.8.

C.2.7 RECARGA HÍDRICA

De acuerdo con Herrera Ibáñez (2002). La recarga hídrica es el proceso que implica el incremento de agua hasta la zona de saturación, donde se encuentra el nivel de las aguas

subterráneas. Es decir, es la cantidad de agua adicionada a un acuífero o recarga artificial (irrigación, inundación y piscinas o zanjas excavadas). Mientras que la recarga natural se refiere a la cantidad de agua absorbida de la infiltración de la lluvia (precipitación eficaz) y también de la infiltración de agua de los ríos influentes y lagos que llega a un acuífero. Además, puede ser directa (más o menos vertical por infiltración) y lateral (aporte de otras áreas o cuencas).

Las aguas infiltradas en el subsuelo no permanecen estáticas, parcialmente retornan a la atmósfera por evaporación, o bien emergen a la superficie del suelo como manantiales, aportando el gasto base de escurrimientos perennes o al encontrarse almacenadas en acuíferos costeros, descargan sus excedentes directamente al mar.

Así, la descarga subterránea, es el agua liberada de la zona de saturación, es decir, es la salida natural del agua subterránea proveniente de un acuífero, que generalmente se realiza por manantiales, ríos efluentes o el mar.

C.2.7.1 Balance de Aguas Subterráneas

De acuerdo con Herrera Ibáñez (2002). Existen tres métodos para estimar la cantidad de agua subterránea en un área:

- a. Estimación de la recarga por el balance hídrico de suelos y datos climáticos como lluvia y evaporación. Esta determinación es muy útil para áreas locales o micro cuencas superficiales, en donde existe un acuífero libre o freático.
- b. Estimación del flujo subterráneo, por medio del cálculo del caudal de las celdas perimetrales de la red de flujo de un acuífero. Este método es muy útil para cuando se conoce la cuenca hidrogeológica y el flujo regional, así como, para grandes áreas.
- c. Estimación de la recarga de agua subterránea mediante el flujo base de ríos efluentes y manantiales. Utilizando cuando existen datos de limnógrafo, para construir un hidrograma que muestre la recesión del flujo base.

El balance hidrológico de una cuenca subterránea puede ser expresado de manera semejante al principio de conservación de la masa o ecuación de continuidad, para un intervalo de tiempo determinado, de la siguiente forma:

$$\text{Entradas (E)} - \text{Salidas (S)} = \text{Cambio de Almacenamiento } (\Delta V)$$

En esta ecuación general si las entradas son mayores a las salidas se almacena agua en el acuífero y por lo tanto, ΔV conserva su signo positivo. Si las salidas son de mayor magnitud que las entradas, se mina el acuífero y ΔV toma el signo negativo. El cambio de almacenamiento para un acuífero, para un intervalo de tiempo determinado, puede ser valuado mediante la ecuación:

$$\Delta V = S \cdot A \cdot \Delta h$$

en donde S es el coeficiente de almacenamiento, A el área del acuífero y Δh la variación de la carga hidráulica.

La ecuación del balance puede ser planteada de diferentes formas, dependiendo de cuales son los componentes importantes de las entradas y las salidas. Entre éstas pueden ser citadas las siguientes:

Entradas horizontales: Intrusión salina, ingreso de agua dulce por las fronteras.

Entradas verticales: Lluvia, infiltración por riego, infiltraciones en canales de riego de tierra y revestidos, infiltraciones en cauces de ríos, en presas y lagos, recarga artificial.

Salidas horizontales: Hacia el mar, hacia otros acuíferos, a drenes.

Salidas verticales: Extracción de pozos, manantiales, evaporación, Evapotranspiración e infiltración profunda.

C.3 OBJETIVOS

C.3.1 GENERAL

- Determinar la recarga hídrica vertical de la micro cuenca del río Cantíl, utilizando tres metodologías para obtener la precipitación infiltrante.

C.3.2 ESPECÍFICOS

- Determinar el índice de infiltración media de la micro cuenca del río Cantil.
- Determinar la cantidad disponible de agua de los principales ríos y manantiales.
- Comparar los diferentes resultados de recarga hídrica provenientes del índice de infiltración, porchet y recarga hídrica real del pozo.

C.4 METODOLOGÍA

C.4.1 Delimitación del área de estudio

Con la ayuda del mapa topográfico, hoja cartográfica Alotenango, escala 1:50,000, se definió la micro cuenca del río Cantil, dentro de la cual se ubica la Finca Sabana Grande. Primero se ubicó el río Cantil en la hoja cartográfica, posteriormente se identificaron las corrientes intermitentes y efímeras, y de último de delimitó la micro cuenca trazando el parte aguas, el área de la micro cuenca se determinó utilizando un planímetro.

C.4.2 Aforo de nacimientos y ríos

El método de aforo de los manantiales fue el volumétrico, realizándose durante los doce meses del año (época seca y lluviosa), por lo que la fórmula utilizada fue la siguiente.

$$Q = \text{volumen} / \text{tiempo} = \text{L/s}, \text{m}^3/\text{s}.$$

Para el aforo de los ríos se utilizó el método de sección-velocidad: se identificaron las secciones con las mejores condiciones de rectitud y regularidad en su cauce que facilitarían su aforo.

La sección transversal se obtuvo calculando las áreas parciales perpendiculares a la dirección del río de acuerdo con las distancias recomendadas. El área total de la sección transversal se determinó sumando las áreas parciales.

La velocidad se obtuvo de un molinete, con el método de los 6/10, el cual consiste en colocar el molinete a 6/10 de la profundidad (0.6 H) de cada punto medio, contando de la superficie del agua hacia abajo.

$$V = a + bN \quad \text{donde} \quad N = \text{revoluciones del molinete}$$

$$b = \text{Número de vueltas por tiempo}$$

$$a = \text{factor de corrección del molinete}$$

Con esta información el caudal se calculó de la siguiente manera:

$$Q = \text{Área total (m}^2\text{)} \times \text{Velocidad media en (m/s)} = \text{m}^3/\text{s}$$

C.4.3 Registros de precipitación

Se utilizaron los datos registrados en la estación meteorológica Sabana Graden tipo B, ubicada en las instalaciones de la granja experimental del Centro Universitario del Sur (CUNSUR), Finca Sabana Grande, en las coordenadas latitud norte 14°22'03" y longitud oeste 90°49'48", a una altura de 660m SNM. Durante el período de estudio (agosto 2004 – julio 2005).

C.4.4 Índice de infiltración

De acuerdo con Aparicio Mijares (1996). Siguiendo la metodología propuesta se obtuvo el Índice de Infiltración por medio del Criterio de la Capacidad de Infiltración Media o Índice de Infiltración, analizando los registros de precipitación y escorrentía de las tormentas período estudiado (agosto 2004 – julio 2005).

Este criterio supone que la capacidad de infiltración es constante durante toda la tormenta. A esta capacidad de infiltración se le llama Índice de Infiltración media Φ . Cuando se tiene un registro simultáneo de precipitación y escurrimiento de una tormenta, el Índice de Infiltración se calcula de la siguiente manera:

1. De los hidrogramas de los tres ríos de la finca se separó el gasto base y se calculo el volumen de escurrimiento directo. Esto se hizo mensualmente.
2. Se calculo la altura de lluvia en exceso o efectiva hp_e como el volumen de escurrimiento directo dividido entre el área de la cuenca, el área de la cuenca tomado de Padilla Cámara (2002), es de 9.86 km².

$$hp_e = V_{ed} / A_c.$$

3. Se calculo el Índice de Infiltración trazando una línea horizontal en el hietograma de las lluvias, de tal manera que la suma de las alturas de precipitación que quedaron arriba de esa línea sea igual a hp_e . El Índice de Infiltración es entonces igual a la altura de precipitación correspondiente a la línea horizontal dividida entre el intervalo de tiempo Δt que duro cada barra del hietograma.

C.4.5 Precipitación infiltrada

La precipitación infiltrada se determinó por medio del índice de infiltración media Φ , el cual determina la precipitación efectiva y la escorrentía. También se determinó por medio de valores de infiltraciones básicas de campo.

C.4.6 Recarga hídrica

La recarga hídrica de suelos, se determinó por el método (Schosinsky & Losilla, 2000), la precipitación efectiva se determinó por medio del método del índice de infiltración Φ y con valores de infiltraciones básicas de campo, la evapotranspiración se determinó a partir de la información proporcionada por la estación meteorológica del INSIVUMEH del CUNSUR, y los valores relacionados directamente con el suelo, tales como CC, PMP y Densidad Aparente se determinaron en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía, USAC..

C.4.7 Recarga hídrica real

La recarga hídrica real se determinó por la fluctuación del nivel freático mensual (lámina) y considerando el área de la micro cuenca se determinó el volumen de agua recargada anualmente.

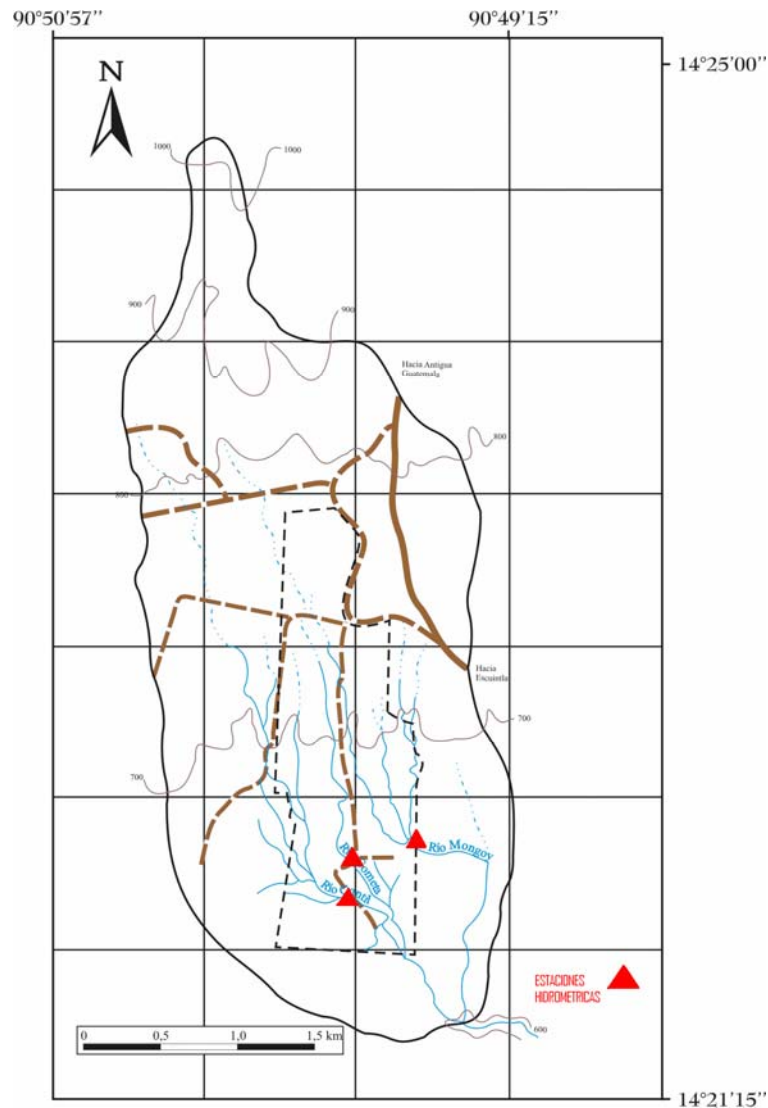
C.4.8 Propuesta de manejo del recurso hídrico

Esta propuesta de manejo está basada en la información generada en este estudio, tomando en consideración variables como, uso actual del suelo, características edáficas, riesgos de erosión o problemas de conservación de suelo y agua, pendiente del terreno, todo enfocado a la conservación y manejo de recurso hídrico.

C.5 RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN

C.5.1 El área de estudio

Con la ayuda de la hoja cartográfica Alotenango, escala 1:50,000. Se delimito la micro cuenca del río Cantil. Figura 8.



Fuente: Padilla Cámara.

Año: 2002

Figura 8. Micro cuenca del río Cantil.

El área total de la micro cuenca del río Cantil es de 9.86 Km², para el cálculo de la recarga hídrica se dividió la cuenca en tres partes, tomando en cuenta la pendiente del terreno y el uso actual de la tierra, las partes de la micro cuenca son:

- La parte alta > 800 msnm.
- La parte media 700 – 800 msnm.
- La parte baja < 700 msnm.

C.5.2 Aforo de nacimientos y ríos

Esta información se obtuvo por medio de la medición mensual de 14 principales nacimientos dentro de la Finca, y de los tres principales ríos.

Cuadro 21. Aforo de los principales nacimientos.

NACIMIENTO	CAUDAL (Litros / segundo)									
	2004					2005				
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
El Idilio 2	0.10	0.20	0.18	0.21	0.12	0.09	0.10	0.12	0.10	0.15
El Ariete	5.50	5.20	5.30	5.60	4.85	3.96	4.20	4.35	4.40	4.45
La Pilita 1	5.20	4.80	4.95	5.10	5.85	5.25	5.35	5.15	5.10	5.15
La Pilita 2	3.40	3.55	3.65	3.45	3.20	3.50	3.20	3.25	3.14	3.35
La Presita	2.10	1.95	1.90	2.10	1.75	1.35	1.45	1.95	1.90	1.95
Cocales	1.30	1.20	1.15	1.23	1.10	0.82	1.10	1.14	0.95	1.10
Mineral 1 / El Chorrito	0.06	0.05	0.05	0.06	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04
Mineral 2	9.50	12.50	12.20	13.10	9.45	8.25	8.65	8.40	8.10	8.95
Mineral 3 / Coban	5.10	5.20	5.15	5.25	4.75	4.85	4.90	5.10	4.15	4.65
La Berrera	1.80	1.95	1.92	2.02	1.85	1.64	1.70	1.85	1.65	1.70
Rincón de Alsacia	2.20	2.10	2.60	2.85	2.40	2.10	2.25	2.15	2.05	2.10
Guineo Morado / El Caulote	5.60	5.10	5.40	5.46	4.95	4.23	4.56	4.75	4.25	4.85
El Limonar	2.40	2.50	3.10	3.25	3.10	2.65	2.10	2.15	2.10	2.25
El Manial	9.40	8.60	7.65	8.25	6.10	5.65	6.45	7.15	6.95	7.85

Cuadro 22. Registro de aforo de los principales nacimientos de febrero 2001 a enero 2002.

NACIMIENTO	CAUDAL (Litros / segundo)									
	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
El Idilio 2	0.30	0.28	0.28	0.27	0.27	0.29	0.23	0.21	0.18	0.15
El Ariete	5.68	5.77	5.76	5.81	6.01	5.74	5.78	5.89	4.96	4.91
La Pilita 1	3.62	3.63	3.60	4.86	5.16	4.87	4.98	5.14	5.56	4.99
La Pilita 2	2.17	2.24	2.23	2.59	2.72	2.96	2.95	3.17	2.33	3.14
La Presita	3.26	3.22	3.23	3.18	3.21	3.13	3.09	3.24	2.08	2.27
Cocales	1.54	1.58	1.55	1.85	2.09	1.86	1.81	1.87	0.93	0.47
Mineral 1 / El Chorrito	0.36	0.25	0.26	0.29	0.33	0.27	0.26	0.28	0.26	0.24
Mineral 2	21.56	21.98	21.95	21.98	22.11	21.87	21.34	20.96	18.49	14.21
Mineral 3 / Coban	4.30	4.27	4.26	4.42	4.39	4.32	4.28	4.54	2.69	4.69
La Berrera	0.94	0.95	0.93	0.94	0.91	0.92	0.90	0.93	0.71	0.64
Rincón de Alsacia	7.42	7.40	7.44	7.82	7.93	7.49	6.81	3.74	3.44	7.48
Guineo Morado / El Caulote	0.76	0.75	0.73	0.92	1.39	1.13	1.41	1.13	0.64	0.26
El Limonar	2.05	2.29	2.27	2.39	2.49	2.75	3.03	3.50	2.04	2.0
El Manial	12.91	12.83	12.81	12.95	12.93	13.07	13.16	12.71	8.11	8.24

Cuadro 23. Aforo de los principales ríos.

RÍO	CAUDAL (Litros / segundo)									
	2004					2005				
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Cantil	536.1	265.4	296.3	235.6	251.5	182.0	198.1	333.8	189.2	522.9
Mongoy	365.2	225.2	195.6	161.4	108.5	145.6	106.4	285.4	105.6	252.5
Cometa	145.6	185.2	130.4	120.5	86.5	92.5	81.5	87.1	66.1	119.8

La disponibilidad de agua saliendo de los nacimientos, varía de un rango que va de 0.03 Lps en el nacimiento Idilio 2, hasta el máximo caudal de 13.1 Lps del nacimiento Mineral 2. Dentro de la finca tenemos un potencial de agua de 50 Lps disponibles en los nacimientos estudiados, que es igual a un volumen anual de agua de 1,584,936 m³.

La disponibilidad del agua de los ríos se debe a la contribución de todos los nacimientos, ya que se encuentran mas de 60 nacimientos en toda la micro cuenca, los caudales presentados son los normales durante todo el mes, no se tomaron en cuenta los influenciados por la escorrentía de la lluvia. El caudal promedio del río Cantil es de 301.09 Lps, el caudal promedio del río Mongoy es de 195.14 Lps y el caudal promedio del río Cometa es de 111.52 Lps. Lo que convertido en volumen de agua aprovechable por escorrentía de los tres ríos es de 19,166,004 m³ / año.

C.5.3 Registro de intensidades de precipitación

Estos se obtuvieron por medio del análisis de bandas pluviográficas, proporcionadas por el INSIVUMEH. (agosto 2004 – julio 2005)

Cuadro 24. Intensidades de precipitación.

MES	DIA	HORA	LAMINA (mm)	DIA	HORA	LAMINA (mm)
AGOSTO	1		NADA	14	5-6PM	2.2
	2	2-3PM	3	15	6-7PM	3.5
		3-4PM	2		2-3PM	8.3
		10-11PM	2.3		16	7-8PM
	3	4-5PM	1.7	8-9PM		2.6
		4	3-4PM	0.6		12-1PM
	5		4-5PM	2.4	3-4PM	5.5
		5-6PM	0.5	17	5-6PM	1.8
		7-8PM	0.3		3-4PM	7.8
	6	3-4PM	6	19	7-8PM	5
		4-5PM	2.6		8-9PM	4.6
		5-6PM	0.4		20	4-5PM
	7	2-3PM	3.7	21		1-2PM

		3-4PM	11.2	22	4-5PM	0.6
		4-5PM	0.2		5-6PM	0.6
	8		NADA		10-11PM	1.4
	9	5-6PM	7.8	23	3-4PM	3.5
		6-7PM	3.3	24 AL 26		NADA
		8-9PM	0.7	27	3-4PM	10.9
		9-10PM	1.2	28	12-1PM	2
	10		NADA		1-2PM	2.2
	11	3-4PM	6.2		3-4PM	21.2
		5-6PM	0.6	29	12-1PM	7.5
	12		NADA		1-2PM	2.3
	13	2-3PM	10	30	4-5PM	0.8
				31		NADA

<i>MES</i>	<i>DIA</i>	<i>HORA</i>	<i>LAMINA</i>	<i>DIA</i>	<i>HORA</i>	<i>LAMINA</i>	
SEPTIEMBRE	1 AL 3		NADA	21	3-4PM	1.6	
	4	3-4PM	5.3		6-7PM	10.9	
		4-5PM	3.3	22	4-5PM	54	
	5	2-3PM	1.4		5-6PM	35	
		3-4PM	26		6-7PM	4.8	
	6	8-9PM	24.2		8-9PM	1	
		9-10PM	0.6		9-10PM	1.1	
	7		NADA	23	6-7PM	10	
	8	5-6PM	13.5	24	2-3PM	2.7	
		6-7PM	5.5		3-4PM	4.2	
	9	2-3PM	8		4-5PM	1.6	
	10		NADA		5-6PM	0.8	
	11	5-6PM	3.1	25	5-6PM	0.7	
	12	6-7PM	1.7	26	2-3PM	1.5	
		13	8-9PM	31.8		3-4PM	0.6
				NADA		4-5PM	0.1
	14		NADA		9-10PM	5.1	
	15	3-4PM	1.6		10-11PM	0.7	
	16	3-4PM	41				
	17		NADA	27	1-2AM	0.5	
	18	11-12PM	2.1		4-5PM	10.2	
	19	2-3PM	0.6		5-6PM	36	
		3-4PM	6.3		6-7PM	0.4	
		11-12PM	1.8	28	3-4PM	9.4	
	20	4-5PM	0.9		4-5PM	0.4	
		6-7PM	0.5	29	2-3PM	5	
		7-8PM	1.5		3-4PM	1.8	
		8-9PM	1		11-12PM	0.7	
				30	3-4PM	0.9	

<i>MES</i>	<i>DIA</i>	<i>HORA</i>	<i>LAMINA</i>	<i>DIA</i>	<i>HORA</i>	<i>LAMINA</i>
OCTUBRE	1		NADA	14	2-3PM	18.6
	2	3-4PM	2.9		3-4PM	1.3
		4-5PM	7.4		9-10PM	4.1
		5-6PM	2.5		10-11PM	1.3

		6-7PM	0.3	15	3-4PM	2.3	
3		3-4PM	0.7	15	4-5PM	43.6	
		4-5PM	4.5		5-6PM	10.5	
		5-6PM	5.1		6-7PM	1.3	
		6-7PM	2.2		7-8PM	1.7	
		7-8PM	6		9-10PM	2.8	
		9-10PM	2.1		10-11PM	1.1	
10-11PM		10-11PM	3.9	16	2-3PM	0.6	
		11-12PM	5.8		3-4PM	0.4	
4		1-2AM	1.3	16	8-9PM	1.2	
		3-4PM	28.8		10-11PM	13.4	
		4-5PM	33		11-12PM	1.2	
		5-6PM	0.4		17	4-5PM	1
	7-8PM	4.7	5-6PM	2			
5		3-4PM	2.1	18	5-6PM	1.6	
		4-5PM	1.4	19	8-9PM	0.4	
		5-6PM	0.6		4-5PM	2.8	
		7-8PM	6.4		5-6PM	4.2	
		8-9PM	0.4		6-7PM	38	
6		2-3PM	5.5	19	7-8PM	1.8	
		3-4PM	17		8-9PM	3.3	
		4-5PM	35.5		20	4-5PM	1.3
		5-6PM	36.5		21		NADA
		6-7PM	9.3		22	3-4PM	1.5
	7-8PM	13.7	4-5PM	0.4			
	8-9PM	23.4	6-7PM	0.6			
	9-10PM	9.8	10-11PM	0.9			
	10-11PM	3.1	23	4-5PM	0.7		
7		3-4PM		1.7	10-11PM	0.3	
		5-6PM	1.8	24	8-9PM	2.5	
8		3-4PM	22.4		9-10PM	1.7	
		4-5PM	15	25	10-11PM	0.4	
		5-6PM	16.2		3-4PM	2.4	
		6-7PM	0.5		5-6PM	6.9	
9		NADA			6-7PM	0.6	
10		3-4PM	1.1	25	7-8PM	13.3	
		4-5PM	2.2		8-9PM	1.3	
11		8-9PM	24.7	26		NADA	
		9-10PM	10.5	27	11-12AM	1.3	
12		4-5PM	50.2	28	3-4PM	8.2	
		5-6PM	12	29	3-4PM	2	
		6-7PM	8.3		4-5PM	1.5	
		7-8PM	2.7		5-6PM	0.8	
		11-12PM	1.3		6-7PM	8	
13		NADA	30	5-6PM	1.4		
			31	4-5PM	2.1		

MES	DIA	HORA	LAMINA	DIA	HORA	LAMINA
NOVIEMBRE	1	7-8PM	7.1	5 AL 25		NADA
	2		NADA	26	3-4PM	5.2
	3	1-2PM	0.8		4-5PM	1.1
	4	11-12PM	1.8	27 AL 30		NADA

<i>MES</i>	<i>LAMINA</i>
DICIEMBRE	NADA
ENERO	NADA
FEBRERO	NADA

<i>MES</i>	<i>DIA</i>	<i>HORA</i>	<i>LAMINA</i>	<i>DIA</i>	<i>HORA</i>	<i>LAMINA</i>
MARZO	1	5-6PM	1.2	17	12-1AM	2.6
	2	12-1PM	1.4		4-5PM	0.9
		4-5PM	1.4		6-7PM	12.1
		6-7PM	1.7		NADA	
	3 AL 9		NADA	19	3-4PM	0.3
	10	3-4PM	10		7-8PM	0.5
		4-5PM	4.2		8-9PM	20.9
	11 Y 12		NADA	20 AL 29		NADA
	13	5-6PM	0.4	30	2-3PM	1.1
		7-8PM	1.5		5-6PM	9
		8-9PM	1.3		8-9PM	3.2
	14 Y 15		NADA	31		NADA
	16	8-9PM	0.4			
		10-11PM	10.6			
		11-12PM	1.9			

<i>MES</i>	<i>DIA</i>	<i>HORA</i>	<i>LAMINA</i>	<i>DIA</i>	<i>HORA</i>	<i>LAMINA</i>	
ABRIL	1 AL 10		NADA	24	2-3PM	1.3	
	11	6-7PM	3.1	25 AL 28		NADA	
		7-8PM	1.4		29	3-4PM	12.7
		9-10PM	3.2		4-5PM	17.2	
	12		NADA		6-7PM	0.6	
	13	2-3PM	12.5		7-8PM	1.1	
	14 AL 22		NADA		10-11PM	2	
	23	1-2PM	4.7	30		NADA	
		4-5PM	0.8				
		5-6PM	6.9				

<i>MES</i>	<i>DIA</i>	<i>HORA</i>	<i>LAMINA</i>	<i>DIA</i>	<i>HORA</i>	<i>LAMINA</i>
MAYO	1		NADA	15		NADA
	2	2-3PM	1.7	16	9-10PM	0.6
		3-4PM	14.3	17	12-1AM	7.5
	3 AL 6		NADA		1-2AM	4.5

	7	3-4PM	1.6		2-3AM	1.5
		4-5PM	3.7		3-4AM	0.5
		5-6PM	0.4		4-5PM	2.5
	8	5-6PM	19.8		5-6PM	1
	9	4-5PM	40	18 Y 19		NADA
		5-6PM	7.1	20	1-2PM	0.3
		6-7PM	1.5		3-4PM	4.1
		8-9PM	32.3		5-6PM	19.8
		9-10PM	4.3		6-7PM	10.9
		10-11PM	1		7-8PM	3.5
	10	2-3PM	15.2		8-9PM	3.7
		3-4PM	13.7		9-10PM	0.6
		4-5PM	1.5	21		NADA
	11	5-6PM	0.4	22	1-2PM	1
		2-3PM	27.3		3-4PM	6.6
	12	3-4PM	1.9	23	4-5PM	0.4
		4-5PM	1.2		5-6PM	7.5
		5-6PM	18.3		6-7PM	0.7
		6-7PM	23	24 AL 27		NADA
		7-8PM	1	28	5-6PM	9
		8-9PM	1.4		7-8PM	0.5
		9-10PM	0.6	29	1-2AM	38.6
		11-12PM	0.6		2-3AM	0.7
	13	3-4PM	16.3		8-9PM	6.6
14	4-5PM	0.6	30	4-5PM	4.9	
	5-6PM	0.9	31	5-6PM	2.6	
	6-7PM	4.7		6-7PM	12.5	
	7-8PM	10.3		7-8PM	0.5	

<i>MES</i>	<i>DIA</i>	<i>HORA</i>	<i>LAMINA</i>	<i>DIA</i>	<i>HORA</i>	<i>LAMINA</i>	
JUNIO	1		NADA	14	2-3PM	1.5	
	2	2-3PM	5		15	3-4PM	1.5
		3-4PM	1.8		6-7PM	5.8	
		5-6PM	0.7		11-12PM	1.5	
		7-8PM	9.9		16	12-1AM	0.7
	3	3-4PM	3		1-2PM	18.2	
		4-5PM	43.4		2-3PM	18.6	
		5-6PM	2.1		3-4PM	1.8	
		6-7PM	0.8		6-7PM	0.6	
	4	9-10PM	0.7		17	4-5PM	2.8
		7-8PM	0.3		5-6PM	23.6	
		8-9PM	2.5		6-7PM	1.2	
	5	1-2PM	1.5		18	9-10PM	4
		3-4PM	1.2		19	6-7PM	8.1
	6	4-5PM	0.7			7-8PM	1.8
		5-6PM	4.1		20	11-12AM	3.4
		7-8PM	0.4		10-11PM	3.8	
	7	11-12AM	3.6			11-12PM	1.7
		3-4PM	0.6		21	6-7PM	13.1
	8	10-11PM	8.2			7-8PM	16.5
		11-12PM	0.6			8-9PM	6.8
		8-9PM	44.4			9-10PM	2.1

		9-10PM	15.5	22	7-8PM	23.8
	8	5-6AM	0.7		8-9PM	8
		3-4PM	7.6		9-10PM	3.7
		4-5PM	2.7		10-11PM	2.3
	9	2-3AM	0.6		11-12PM	1.4
		3-4AM	0.5	23	4-5PM	11.7
		2-3PM	1.3		8-9PM	1.6
		3-4PM	6.2	24	3-4PM	2.7
	10	4-5PM	0.9		4-5PM	2.1
		1-2PM	24.9	25	3-4PM	6.8
		2-3PM	24		4-5PM	3.4
		3-4PM	3		5-6PM	1.5
		5-6PM	2.7	26	1-2PM	1.4
	11	9-10PM	0.8		2-3PM	1.5
		4-5PM	19.6		3-4PM	3.5
		5-6PM	87		4-5PM	12.3
		6-7PM	19.6		5-6PM	3.2
	12	7-8PM	0.4		6-7PM	1.8
		3-4PM	0.9		9-10PM	1.2
		4-5PM	10.3		10-11PM	4.3
		5-6PM	9.8	27	1-2PM	15.6
	13	6-7PM	2		6-7PM	3.5
		12-1AM	0.8	28	8-9PM	4
		4-5PM	47.7	29	2-3AM	7.1
		5-6PM	0.8		4-5PM	14.1
		6-7PM	1	30	1-2PM	9.3
		7-8PM	1.1		2-3PM	0.7
					10-11PM	5.3

MES	DIA	HORA	LAMINA	DIA	HORA	LAMINA	
JULIO	1	4-5PM	2.6	17	11-12AM	5.4	
		5-6PM	2.9		12-1PM	4	
		6-7PM	3.5		1-2PM	9	
		7-8PM	1.4		2-3PM	1.8	
	2	12-1PM	10		3-4PM	0.7	
	3	4-5PM	1	18		NADA	
	4	4-5PM	4.6	19	4-5PM	0.7	
		5-6PM	14.2		5-6PM	13	
		6-7PM	2.3		20	4-5PM	0.7
		7-8PM	2.9			5-6PM	25.8
	5	3-4AM	1.8		8-9PM	1.5	
		4-5AM	8.1	21	12-1PM	1.1	
	6	9-10PM	5.1			1-2PM	18.1
			10-11PM	5.1		2-3PM	7.1
	7		NADA		3-4PM	0.7	
	8	2-3PM	3.5		4-5PM	0.4	
	9 Y 10		NADA		5-6PM	0.3	
	11	7-8PM	3.3		6-7PM	0.8	
	12	2-3AM	0.9		7-8PM	0.1	
		1-2PM	4		8-9PM	0.4	

		4-5PM	20	22	1-2PM	3.4
		5-6PM	8.4		3-4PM	13.5
	13	9-10AM	1.4		4-5PM	3.7
		2-3PM	0.6	23	5-6PM	8.4
	14	2-3PM	7.6		6-7PM	6.6
		3-4PM	10.4		7-8PM	13
		7-8PM	1.2		8-9PM	2.7
	15	1-2PM	1.6	24	12-1PM	1.6
		2-3PM	1		3-4PM	44.5
		3-4PM	3.4		4-5PM	8.8
		4-5PM	3		5-6PM	0.8
	16	4-5PM	1.7		7-8PM	1.9
		5-6PM	1.7	25		NADA
		8-9PM	11.1	26	11-12AM	0.9
		10-11PM	2.8		2-3PM	3.6
				27 AL 31		NADA

Del total de días del año estudiado, se pudo observar que llovieron 162 días, y 203 días no cayó lluvia. Las horas de lluvia más comunes son en la tarde de 3 PM a 6 PM. En el mes de Junio llueve casi todos los días y en los meses de Diciembre, Enero y Febrero no hubo precipitación.

La precipitación pluvial anual de la zona fue de 2815.8 mm.

C.5.4 Índices de infiltración Φ

Estos se obtuvieron siguiendo la metodología del índice de infiltración media, por medio de relacionar los registros de escorrentía y precipitación pluvial de un evento de lluvia, de los meses agosto, septiembre, octubre, mayo, junio, julio. Apéndice 1.

Cuadro 25. Valores de los índices de infiltración Φ

MES	<i>Índice de Infiltración Φ</i>
Agosto	20.78 mm / hora
Septiembre	32.99 mm / hora
Octubre	33.20 mm / hora
Mayo	29.94 mm / hora
Junio	31.82 mm / hora
Julio	28.12 mm / hora

El valor del Índice de Infiltración medio Φ para la micro cuenca del río Cantil de es **29.48 mm / hora**, o **94.69%** el cual se obtuvo promediando los valores de los índices de los meses estudiados.

Esto quiere decir que todos los valores de intensidades de lluvia menores o iguales a 29.48 mm / hora, se infiltran y forman parte de la precipitación efectiva, y aquellos valores de intensidad que sean mas altos que el índice, la diferencia es directamente la escorrentía superficial por lluvia.

También se utilizaron valores de infiltración básica de campo, obtenidos por Padilla Cámara (2002).

Cuadro 26. Valores de infiltración básica de la micro cuenca del río Cantil.

AREA	Infiltración Básica (mm/hora)
Parte alta de la micro cuenca	47.1
Parte media de la micro cuenca	28.36
Parte baja de la micro cuenca	61.1

C.5.5 Precipitación infiltrada

Los valores de precipitación infiltrada se obtuvo utilizando el valor del índice de infiltración media Φ de cada mes, de la micro cuenca del río Cantil. Los cuales se presentan en el Apéndice 2.

Cuadro 27. Precipitación infiltrada y escorrentía, determinada por el método del índice de infiltración Φ

MES	Precipitación infiltrante (mm)	Escorrentía (mm)
Agosto	170.1	0
Septiembre	349.36	34.04
Octubre	629.7	37.8
Noviembre	16	0
Diciembre	0	0
Enero	0	0
Febrero	0	0
Marzo	86.6	0
Abril	67.5	0
Mayo	398.62	21.08
Junio	606.86	40.04
Julio	341.72	16.38
TOTAL	2666.46	149.34

Cuadro 28. Precipitación infiltrada, determinada por medio de la infiltración básica.

MES	Precipitación Efectiva (mm)	Precipitación Efectiva (mm)	Precipitación Efectiva (mm)
	Parte alta	Parte media	Parte baja
Agosto	170.1	170.1	170.1
Septiembre	376.5	327.4	383.4
Octubre	664.4	600.4	667.5
Noviembre	16	16	16
Diciembre	0	0	0
Enero	0	0	0
Febrero	0	0	0
Marzo	86.6	86.6	86.6
Abril	67.5	67.5	67.5
Mayo	419.7	393.9	419.7
Junio	646.3	596.5	646.9
Julio	358.1	342	358.1
TOTAL	2805.2	2600.34	2815.8

C.6.6 Recarga hídrica

La recarga hídrica de la micro cuenca del río Cantil, la obtuvimos por medio de la metodología propuesta por (Schosinsky & Losilla, 2000), al analizar los factores de la micro cuenca como pendiente, cobertura vegetal, uso actual, pendiente, y otros, se diferenciaron tres áreas dentro de la micro cuenca, en la parte alta con mayor pendiente una vegetación boscosa y una profundidad efectiva de 2.0 m; la parte media con una profundidad efectiva de 1.4 m, cubierta vegetal de cultivos como pastos y caña de azúcar, y una pendiente ligeramente plana y la parte baja, con una cubierta boscosa y cafetal, pendiente ligeramente quebrada, una profundidad efectiva de 1.6 m.

La parte alta de la micro cuenca del río Cantil posee un área de 2.15 Km²., la parte media es de 3.95 Km². y la parte baja es de 3.76 Km².

Cuadro 29. Recarga hídrica, utilizando la precipitación infiltrada determinada por el índice de infiltración media Φ

Área	Lámina de Agua (m)	Volumen anual de Recarga (m ³)
Parte alta (2.15 Km ²)	1.83226	3,939,359
Parte media (3.95 Km ²)	1.90055	7,507,173
Parte baja (3.76 Km ²)	1.92084	7,222,358
		TOTAL = 18,668,890

La recarga hídrica dentro de la micro cuenca del río Cantil utilizando la precipitación infiltrante del índice de infiltración Φ es de 18,668,890 m³ / año.

Cuadro 30. Recarga hídrica, utilizando la precipitación infiltrada determinada por la infiltración básica de campo.

Área	Lámina de Agua (m)	Volumen anual de Recarga (m ³)
Parte alta (2.15 Km ²)	1.971	4,237,650
Parte media (3.95 Km ²)	1.83443	7,245,999
Parte baja (3.76 Km ²)	2.07018	7,783,877
		TOTAL = 19,267,526

La recarga hídrica dentro de la micro cuenca del río Cantil utilizando la precipitación infiltrante de la Infiltración Básica es de 19,267,526 m³ / año.

La medición del nivel freático fue tanto en la época de verano como en la época de lluvia los resultados de los diferentes niveles se presentan en la figura 9.

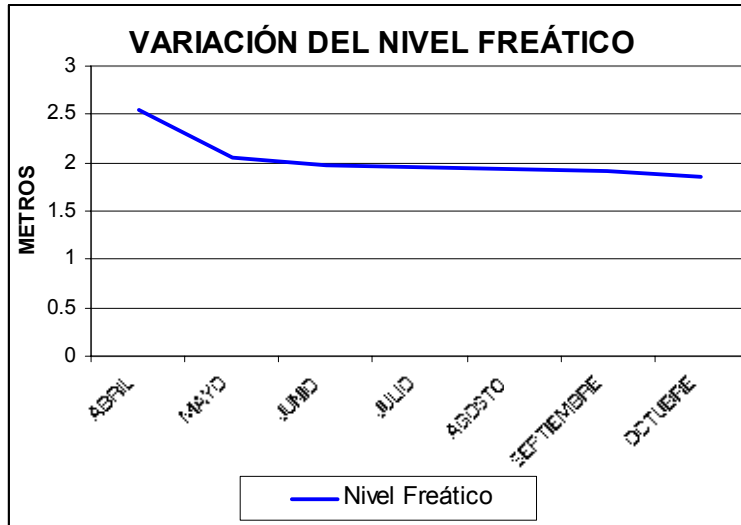


Figura 9. Variación del nivel freático.

Cuadro 31. Recarga hídrica, utilizando la precipitación infiltrada por medio de la medición directa del nivel freático en el pozo.

Área	Lámina de Agua (m)	Volumen anual de Recarga (m ³)
Micro cuenca (9.86 Km ²)	0.68	6,704,800

La recarga hídrica, utilizando la medición directa del nivel freático por medio del pozo ubicado dentro de Finca Sabana Grande, tanto en la época baja como en la época de mayor recarga, y por deferencia nos da la lámina de recarga de 0.68 metros y considerando el área de la micro cuenca del río Cantil, tenemos una recarga hídrica anual de 6,704,800 m³/año.

Como podemos observar, la recarga hídrica determinada con valores provenientes de precipitación infiltrada de la Infiltración Básica es mayor en 12,562,726 m³ anuales a la recarga hídrica determinada con valores de precipitación infiltrada de la medición directa del nivel freático en el pozo, esto se debe principalmente a que determinar la velocidad de infiltración por estos métodos directos en el campo (Porchet), no toman en cuenta el tipo de suelo, la pendiente del terreno, la

vegetación e intensidades de lluvia, por lo que generalmente tienden a sobreestimar los valores de infiltración, y por ende sobreestima los valores de recarga hídrica.

Al analizar la recarga hídrica determinada con los valores de precipitación infiltrada con el Índice de Infiltración, nos damos cuenta que sobrepasa en 11,964,090 m³ anuales a la recarga hídrica determinada con valores de precipitación infiltrada de la medición directa del nivel freático en el pozo. Basado en estos resultados nos damos cuenta que la recarga hídrica utilizando los valores de precipitación infiltrada por Infiltración Básica e Índice de Infiltración sobreestiman la realidad, acercándose un poco mas a la realidad los valores estimados por el Índice de Infiltración. Por lo tanto es mas aconsejable utilizar el índice de infiltración para el cálculo de la precipitación infiltrada y por ende de la recarga hídrica, ya que no en todos los lugares se cuenta con un pozo mecánico que nos permita observar la fluctuación del nivel freático durante la época de recarga.

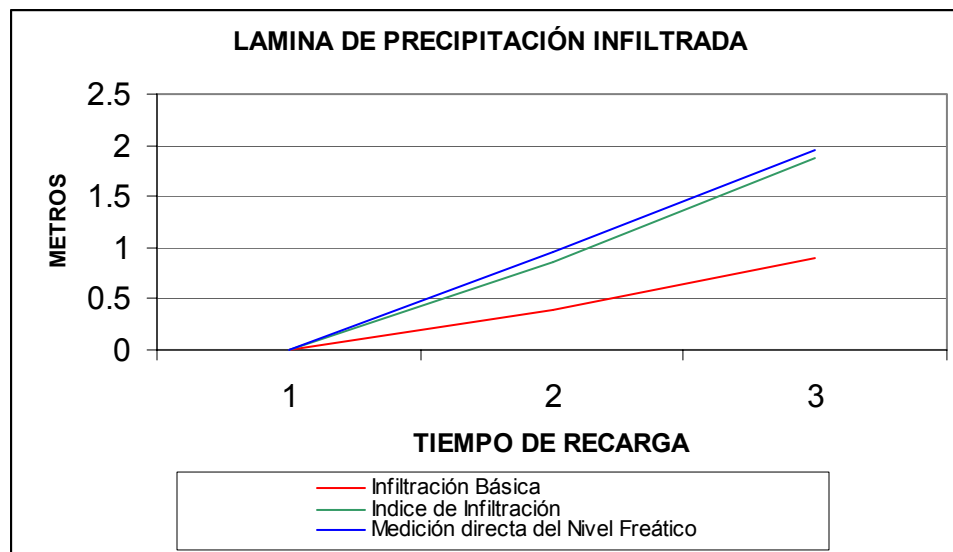


Figura 10. Gráfica comparativa de la lámina de precipitación infiltrada por medio de las tres metodologías utilizadas.

Cuadro 32. Balance hídrico de la parte alta de la micro cuenca del río Cantil.

BALANCE HÍDRICO DE SUELOS															
Zona de Estudio:	Unidad:	Parte alta de la Micro cuenca del río Cantil													
	Serie de suelo:	Alotenango													
Estación climática:	Sabana Grande														
Textura de Suelo:	Franco arenoso														
Simbología															
fc: Capacidad de Infiltración.							P: Precipitación Media Mensual.								
I: Infiltración.							Pi: Precipitación que infiltra.								
CC: Capacidad de Campo.							ESC: Escorrentía Superficial								
PM: Punto de Marchites.							ETP: Evapotranspiración Potencial.								
PR: Profundidad de Raíces.							ETR: Evapotranspiración Real.								
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.							HSi: Humedad de Suelo Inicial.								
DS: Densidad de Suelo.							HD: Humedad Disponible								
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR							HSf: Humedad de Suelo Final.								
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR							DCC: Déficit de Capacidad de Campo.								
Kp: Factor por pendiente							Rp: Recarga Potencial								
Kv: Factor por vegetación							NR: Necesidad de Riego.								
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración							Ret: Retención de lluvia								
fc [mm/d]	29.48						Por peso								
Kp [0.01%]	0.10						(%)	(mm)							
Kv [0.01%]	0.20						CC	40.50	891.00						
Kfc [0.01%]	0.40						PM	27.30	600.60						
I [0.01%]	0.70						(CC-PM)	13.20	290.40						
DS (g/cm ³):	1.10														
PR (mm)	2000														
HSi (mm)	600.60														
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	8														
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2	0.20														
Concepto	Mes												Total		
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep			
Pi (mm)	629.7	16	0	0	0	86.6	67.5	398.6	606.9	341.7	170.1	349.4	2666.5		
ETP (mm)	65.7	86.8	97.5	108.2	98.6	95.9	82.4	65.3	54.2	72.1	64.5	51.9	943.10		
HSi (mm)	891.00	891.00	830.78	766.47	716.18	683.60	723.44	600.60	891.00	891.00	891.00	891.00			
C1	1.00	1.00	0.79	0.57	0.40	0.58	0.66	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
C2	1.00	0.76	0.53	0.36	0.26	0.39	0.47	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
HD (mm)	920.10	306.40	230.18	165.87	115.58	169.60	190.34	398.62	897.26	632.12	460.50	639.76			
ETR (mm)	65.70	76.22	64.31	50.29	32.58	46.76	46.35	65.30	54.20	72.10	64.50	51.90	690.20		
HSf (mm)	891.00	830.78	766.47	716.18	683.60	723.44	744.60	891.00	891.00	891.00	891.00	891.00			
DCC (mm)	0.00	60.22	124.53	174.82	207.40	167.56	146.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Rp (mm)	564.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.92	552.66	269.62	105.60	297.46	1832.26		
NR (mm)	0.00	70.80	157.72	232.73	273.42	216.70	182.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1133.82		
* La precipitación efectiva se calculo con el índice de Infiltración Φ															

Cuadro 33. Balance hídrico de la parte media de la micro cuenca del río Cantil.

BALANCE HÍDRICO DE SUELOS													
Zona de Estudio:	Unidad:	Parte media de la Micro cuenca del río Cantil											
	Serie de suelo:	Alotenango											
Estación climática:	Sabana Grande												
Textura de Suelo:	Franco arenoso												
Simbología													
fc: Capacidad de Infiltración.												P: Precipitación Media Mensual.	
I: Infiltración.												Pi: Precipitación que infiltra.	
CC: Capacidad de Campo.												ESC: Escorrentía Superficial	
PM: Punto de Marchites.												ETP: Evapotranspiración Potencial.	
PR: Profundidad de Raíces.												ETR: Evapotranspiración Real.	
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.												HSi: Humedad de Suelo Inicial.	
DS: Densidad de Suelo.												HD: Humedad Disponible	
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR												HSf: Humedad de Suelo Final.	
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR												DCC: Déficit de Capacidad de Campo.	
Kp: Factor por pendiente												Rp: Recarga Potencial	
Kv: Factor por vegetación												NR: Necesidad de Riego.	
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración												Ret: Retención de Iluvia	
fc [mm/d]	29.48												
Kp [0.01%]	0.20												
Kv [0.01%]	0.10												Por peso
Kfc [0.01%]	0.40												(%) (mm)
I [0.01%]	0.70												CC 37.60 500.08
DS (g/cm ³):	0.95												PM 20.90 277.97
PR (mm)	1400												(CC-PM) 16.70 222.11
HSi (mm)	277.97												
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	8												
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2	0.20												
Concepto	Mes												Total
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	
Pi (mm)	629.7	16	0	0	0	86.6	67.5	398.6	606.9	341.7	170.1	349.4	2666.5
ETP (mm)	65.7	86.8	97.5	108.2	98.6	95.9	82.4	65.3	54.2	72.1	64.5	51.9	943.10
HSi (mm)	500.08	500.08	443.11	386.53	346.53	322.85	364.94	277.97	500.08	500.08	500.08	500.08	
C1	1.00	1.00	0.74	0.49	0.31	0.59	0.70	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
C2	1.00	0.68	0.42	0.25	0.17	0.34	0.44	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
HD (mm)	851.81	238.11	165.14	108.56	68.56	131.48	154.47	398.62	828.97	563.83	392.21	571.47	
ETR (mm)	65.70	72.97	56.58	40.00	23.68	44.51	46.68	65.30	54.20	72.10	64.50	51.90	658.12
HSf (mm)	500.08	443.11	386.53	346.53	322.85	364.94	385.76	500.08	500.08	500.08	500.08	500.08	
DCC (mm)	0.00	56.97	113.55	153.55	177.23	135.14	114.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Rp (mm)	564.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	111.21	552.66	269.62	105.60	297.46	1900.55
NR (mm)	0.00	70.80	154.47	221.75	252.15	186.53	150.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1035.74
* La precipitación efectiva se calculo con el índice de Infiltración Φ													

Cuadro 35. Recarga hídrica, de la parte alta de la micro cuenca del río Cantil, utilizando la Infiltración Básica.

BALANCE HÍDRICO DE SUELOS													
Zona de Estudio:	Unidad:	Parte alta de la Micro cuenca del río Cantil											
	Serie de suelo:	Alotenango											
Estación climática:	Sabana Grande												
Textura de Suelo:	Franco arenoso												
Simbología													
fc: Capacidad de Infiltración.						P: Precipitación Media Mensual.							
I: Infiltración.						Pi: Precipitación que infiltra.							
CC: Capacidad de Campo.						ESC: Escorrentía Superficial							
PM: Punto de Marchites.						ETP: Evapotranspiración Potencial.							
PR: Profundidad de Raíces.						ETR: Evapotranspiración Real.							
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.						HSi: Humedad de Suelo Inicial.							
DS: Densidad de Suelo.						HD: Humedad Disponible							
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR						HSf: Humedad de Suelo Final.							
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR						DCC: Déficit de Capacidad de Campo.							
Kp: Factor por pendiente						Rp: Recarga Potencial							
Kv: Factor por vegetación						NR: Necesidad de Riego.							
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración						Ret: Retención de lluvia							
fc [mm/d]	47.10												
Kp [0.01%]	0.10					Por peso							
Kv [0.01%]	0.20					(%) (mm)							
Kfc [0.01%]	0.40					CC	40.50	891.00					
I [0.01%]	0.70					PM	27.30	600.60					
DS (g/cm ³):	1.10					(CC-PM)	13.20	290.40					
PR (mm)	2000												
HSi (mm)	600.60												
Nº de mes con que inicia HSi; 1,2,3...12?	8												
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2,	0.20												
Concepto	Mes												Total
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	
Pi (mm)	664.4	16	0	0	0	86.6	67.5	419.7	646.3	358.1	170.1	376.5	2805.20
ETP (mm)	65.70	86.80	97.50	108.20	98.60	95.90	82.40	65.30	54.20	72.10	64.50	51.90	943.10
HSi (mm)	891.00	891.00	830.78	766.47	716.18	683.60	723.44	600.60	891.00	891.00	891.00	891.00	
C1	1.00	1.00	0.79	0.57	0.40	0.58	0.66	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
C2	1.00	0.76	0.53	0.36	0.26	0.39	0.47	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
HD (mm)	954.80	306.40	230.18	165.87	115.58	169.60	190.34	419.70	936.70	648.50	460.50	666.90	
ETR (mm)	65.70	76.22	64.31	50.29	32.58	46.76	46.35	65.30	54.20	72.10	64.50	51.90	690.20
HSf (mm)	891.00	830.78	766.47	716.18	683.60	723.44	744.60	891.00	891.00	891.00	891.00	891.00	
DCC (mm)	0.00	60.22	124.53	174.82	207.40	167.56	146.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Rp (mm)	598.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64.00	592.10	286.00	105.60	324.60	1971.00
NR (mm)	0.00	70.80	157.72	232.73	273.42	216.70	182.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1133.82
* La precipitación efectiva se calculó con los valores de Infiltración Básica.													

Cuadro 37. Recarga hídrica, de la parte baja de la micro cuenca del río Cantil, utilizando la Infiltración Básica.

BALANCE HÍDRICO DE SUELOS	
Zona de Estudio:	Unidad: Parte baja de la Micro cuenca del río Cantil Serie de suelo: Alotenango
Estación climática:	Sabana Grande
Textura de Suelo:	Franco arenoso
Simbología	
fc: Capacidad de Infiltración.	P: Precipitación Media Mensual.
I: Infiltración.	Pi: Precipitación que infiltra.
CC: Capacidad de Campo.	ESC: Escorrentía Superficial
PM: Punto de Marchites.	ETP: Evapotranspiración Potencial.
PR: Profundidad de Raíces.	ETR: Evapotranspiración Real.
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.	HSi: Humedad de Suelo Inicial.
DS: Densidad de Suelo.	HD: Humedad Disponible
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR	HSf: Humedad de Suelo Final.
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR	DCC: Déficit de Capacidad de Campo.
Kp: Factor por pendiente	Rp: Recarga Potencial
Kv: Factor por vegetación	NR: Necesidad de Riego.
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración	Ret: Retención de lluvia
fc [mm/d]	29.48
Kp [0.01%]	0.20
Kv [0.01%]	0.10
Kfc [0.01%]	0.40
I [0.01%]	0.70
DS (g/cm ³):	1.10
PR (mm)	2000
HSi (mm)	417.12
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	8
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2	0.20
	Por peso
	(%) (mm)
	CC 35.60 626.56
	PM 23.70 417.12
	(CC-PM) 11.90 209.44

Concepto	Mes												Total
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	
Pi (mm)	667.5	16	0	0	0	86.6	67.5	419.7	646.9	358.1	170.1	383.4	2815.80
ETP (mm)	65.70	86.80	97.50	108.20	98.60	95.90	82.40	65.30	54.20	72.10	64.50	51.90	943.10
HSi (mm)	603.78	603.78	548.20	494.61	458.25	437.47	479.83	401.95	603.78	603.78	603.78	603.78	
C1	1.00	1.00	0.72	0.46	0.28	0.61	0.72	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
C2	1.00	0.65	0.37	0.21	0.14	0.32	0.43	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
HD (mm)	869.32	217.82	146.25	92.66	56.30	122.11	145.38	419.70	848.72	559.92	371.92	585.22	
ETR (mm)	65.70	71.58	53.59	36.36	20.79	44.24	47.24	65.30	54.20	72.10	64.50	51.90	647.49
HSf (mm)	603.78	548.20	494.61	458.25	437.47	479.83	500.09	603.78	603.78	603.78	603.78	603.78	
DCC (mm)	0.00	55.58	109.16	145.52	166.31	123.95	103.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Rp (mm)	601.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	152.58	592.70	286.00	105.60	331.50	2070.18
NR (mm)	0.00	70.80	153.08	217.36	244.12	175.61	138.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	999.82

* La precipitación efectiva se calculó con los valores de Infiltración Básica.

C.6.7 Propuesta de manejo del recurso hídrico

C.6.7.1 Contaminación al acuífero

No habiendo un sistema recolección de basura dentro de la micro cuenca, este factor se considera como uno de los riesgos más grandes de contaminación al acuífero. También se debe de tomar en cuenta la falta de sistemas de letrización en las viviendas de la población, ya que la mayor parte de la población de Finca Sabana Grande, posee fosas sépticas o hacen sus necesidades fisiológicas directamente en el campo, lo que conlleva a una serie de problemas por contaminación debido al arrastre de estos desechos a las fuentes de agua, de esta forma se ayuda en la proliferación de bacterias y enfermedades gastrointestinales.

Debe existir un mayor control por parte de las autoridades de la finca en el uso de los ríos de la finca Sabana Grande, para actividades de recreación por parte de la población visitante, ya que esta no tiene una conciencia sobre el daño que se le hace al ambiente al vaciar la basura sobre los mismos, así como en el área circundante.

Otro factor a tomar en cuenta, es el uso del agua de los ríos para actividades de higiene, lavado de ropa, por parte de la población utilizando jabón , detergentes, cloro y otros productos químicos no biodegradables, que contienen agentes que favorecen la formación de espuma, la cual dificulta la depuración natural de las aguas.

Debido a lo anterior, se recomienda establecer un área de vertedero de basura, en la parte inferior de la micro cuenca, en donde no tenga mucha influencia con las aguas de escorrentía, al mismo tiempo implementar un sistema de drenaje de aguas negras y alcantarillado de aguas superficiales para disminuir la erosión de los suelos, de esa forma se reduciría un poco la contaminación al acuífero y a la población. Así mismo, se recomienda a las autoridades de la Finca,

por medio de la Facultad de Agronomía, concienciar a la población de la micro cuenca y en especial a la de Finca Sabana Grande, sobre la contaminación a los mantos de agua, y los daños que pueden existir en el futuro.

C.6.7.2 Estrategias de manejo

Se debe de conservar y manejar el acuífero en conjunto, pero principalmente en el área de recarga, tratando de implementar medidas de control sobre las actividades agropecuarias y humanas que podrían afectarlo. Hay que tomar en cuenta que más del 50% del área de la micro cuenca del río Cantil es utilizada para actividades agrícolas y ganaderas, siendo estas dos actividades totalmente empresariales con fines de lucro, siendo en áreas privadas, debido a lo anterior se propone que como mínimo se conserven las pequeñas áreas boscosas que existen en la parte alta y media de la micro cuenca, y al mismo tiempo reforestar las áreas de influencia de nacimientos y ríos, así como terrenos con alta pendiente, con capacidad de uso estrictamente de protección.

Es necesario crear conciencia en la población, de la necesidad de reforestar las áreas de amortiguamiento o infiltración, ya que de estas depende la recarga hídrica y por ende la disponibilidad de agua subterránea como lo son los nacimientos y ríos. Es indispensable crear límites de protección de nacimientos y ríos, en donde deben de estar completamente reforestados. Especialmente a las autoridades de Finca Sabana Grande, se les recomienda reforestar las áreas que actualmente están sin utilizar y las ubicadas en la parte de arriba del Campo de Pozos, las cuales aparte de generar beneficios en cuanto a la recarga hídrica, se pueden inscribir en el Programa de Incentivos Forestales y de esta forma también estaría generando beneficios económicos.

C.7 CONCLUSIONES

- Se pudo determinar el Índice de Infiltración Medio Φ , de la micro cuenca del río Cantil, siendo este de 94.69%, el cual las lluvias mayores que este escurren y las lluvias menores o iguales infiltran, dicho valor se obtuvo del promedio de los índices de infiltración de los meses de agosto, septiembre, octubre del año 2004 y los meses de mayo, junio, julio del año 2005. Esto significa que el 94.69% de una lluvia se infiltra y el 5.31% escurre.
- Se llegó a determinar la recarga hídrica de la micro cuenca del río Cantil por medio del método de (Schosinsky & Losilla, 2000), dando un valor de 18,668,890 m³ / año, para obtener dicho valor se tuvo que segmentar la micro cuenca en tres regiones obedeciendo a las diferencias entre pendiente, cobertura vegetal, uso actual, y otros, dando una lámina de recarga de 1.83226 m en la parte alta, y una de 1.90055 m en la parte media y una de 1.92084 m en la parte baja.
- El caudal aprovechable de los ríos Cantil, Mongoy y Cometa es de 19,166,004 m³ / año, hay que tomar en cuenta la cantidad de agua que aportan los nacimientos que es de 1,584,936 m³ / año y de otros nacimientos que por razones de acceso y ubicación no se pudieron aforar.
- Se obtuvieron los valores de recarga hídrica utilizando los tres métodos de determinación de precipitación infiltrada, para el método del Índice de Infiltración nos dio una recarga hídrica de 18,668,890 m³/año, utilizando el método de la Infiltración Básica nos da una recarga hídrica de 19,267,526 m³/año y utilizando el método mas real la medición directa del nivel freático en el pozo, nos da una recarga hídrica de 6,704,800 m³/año, existiendo una variabilidad amplia entre ellos, y el método que más se acerca a la realidad es el del Índice de Infiltración.

C.8 RECOMENDACIONES

- Hacer estudios de este tipo en otras áreas del país para determinar índices de infiltración.
- Se recomienda continuar con los estudios hidrogeológicos, que permitan definir con exactitud y caracterizar el acuífero, y determinar la extensión y espesor del mismo.
- Realizar investigaciones de hidrogeología isotópica, para determinar con exactitud el origen de la recarga del acuífero de la micro cuenca del río Cantil.
- Se recomienda implementar medidas de protección estrictas en los nacimientos, especialmente en su punto de afloramiento, esto incluye cercas, cajas de protección y reforestación del área circundante.
- La Facultad de Agronomía, por medio de la Área Forestal, debe de coordinar con propietarios de tierras de la parte alta de la micro cuenca de río Cantil Programas de Reforestación, que ayuden la infiltración del agua de lluvia, y de esta forma aumentar la recarga hídrica.
- Se deben de ubicar y construir estructuras de aforo a todos los nacimientos dentro de la micro cuenca, y de esta forma conocer las variaciones de los caudales a lo largo del año.
- Se recomienda actualizar el Índice de Infiltración de la micro cuenca del río Cantil, por medio de este tipo estudios, al menos una vez al año.

- Tomando en cuenta la variabilidad de los resultados de recarga hídrica, se deben de comparar los resultados de recarga hídrica por diferentes métodos en otras cuencas, para enriquecer este tipo de investigaciones.

C.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Aceituno Juárez, MT. 1988. Estudio de la calidad del agua del río El Cometa de la finca Sabana Grande, Escuintla, para determinar usos potenciales. Tesis MSc. Guatemala, USAC, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos. 67 p.
2. Aparicio Mijares, FJ. 1996. Fundamentos de hidrología de superficie. México, Limusa. 532 p.
3. Custodio, E; Llamas, R. 1983. Hidrología subterránea. 2 ed. Barcelona, España, Omega. tomo 1 y 2, 2100 p.
4. Cruz, JR. De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
5. GEOCONSA (Geología y Construcción SA, GT). 1999. Informe hidrogeológico de la cuenca del alto Guacalate, desde Antigua Guatemala hasta Alotenango; informe técnico. Guatemala. 38 p.
6. Herrera Ibáñez, IR. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 223 p.
7. _____, IR. 2002. Hidrogeología práctica. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía / Red CARA. Volumen I. 265 p.
8. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1976 Mapa de regiones fisiográficas de la república de Guatemala. Guatemala. Escala: 1:1,000, 000. Color.
9. _____. 1978. Mapa de cuencas de la república de Guatemala. Guatemala. Escala: 1:500,000. 4H. Color.
10. _____. 1983. Mapa geológico de la república de Guatemala, hoja de Alotenango, no. 2059 GIII Guatemala. Escala. 1:50,000. Color.
11. Linsley, R. 1988. Hidrología para ingenieros. 2 ed. México, Mc-Graw Hill. 357 p.
12. Morales Cayax, MA. 1990. Diagnóstico del recurso hídrico de la Unidad Docente Productiva Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla. Diagnóstico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 73 p.
13. Norero Sch, A. 1974. El agua y el aire en el suelo: relaciones físicas básicas. serie suelos y clima. Mérida, México. CIDIAT. 760 p. (Material de Enseñanza).
14. Padilla Cámbara, TA. 2002. Evaluación del potencial hídrico en la micro cuenca del río Cantil, para el aprovechamiento de las aguas subterráneas en la finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla, Guatemala. Tesis Msc. Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Escuela Centroamericana de Geología. 137p.
15. Rojas, RM. 1986. Hidrología de tierras agrícolas. 3 ed. Mérida, Venezuela. CIDIAT 118 p. (Hidrología no. H-19).

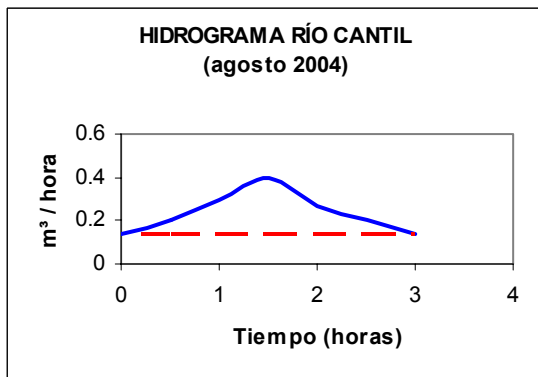
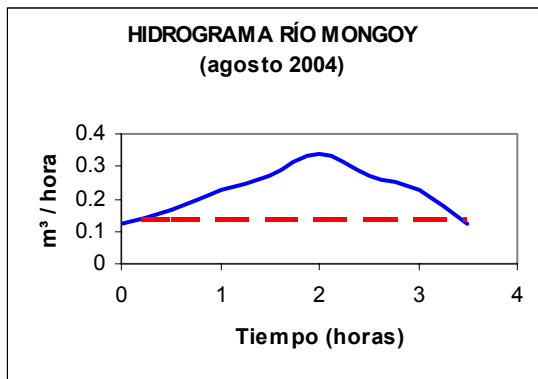
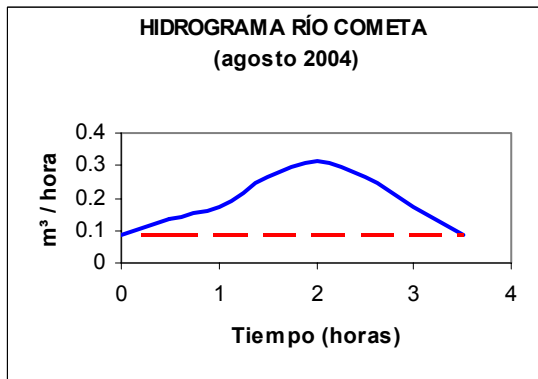
C.10 APENDICES

APENDICE No. 1 DETERMINACIÓN DE ÍNDICES DE INFILTRACIÓN Φ

ÍNDICES DE INFILTRACIÓN Φ

Índice de Infiltración de Agosto

Hidrogramas



Cálculo del volumen de escurrimiento

$$V_{ed}(\text{cometa}) = 3.5 * 3600 * 0.231 / 2 = 1455.3 \text{ m}^3$$

$$V_{ed}(\text{mongoy}) = 3.5 * 3600 * 0.212 / 2 = 1335.6 \text{ m}^3$$

$$V_{ed}(\text{cantil}) = 3.5 * 3600 * 0.26 / 2 = 1404 \text{ m}^3$$

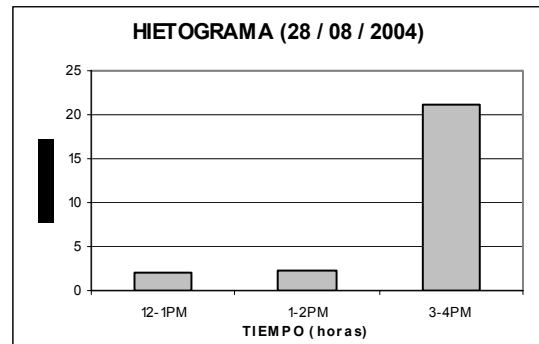
$$V_{ed}(\text{total}) = 4,194.9 \text{ m}^3$$

Cálculo de la Lluvia Efectiva

$$hp_e = 4194.9 \text{ m}^3 / 9,860,000 \text{ m}^2 = 0.000425 \text{ m}$$

$hp_e = 0.425 \text{ mm}$

Cálculo del Índice de Infiltración

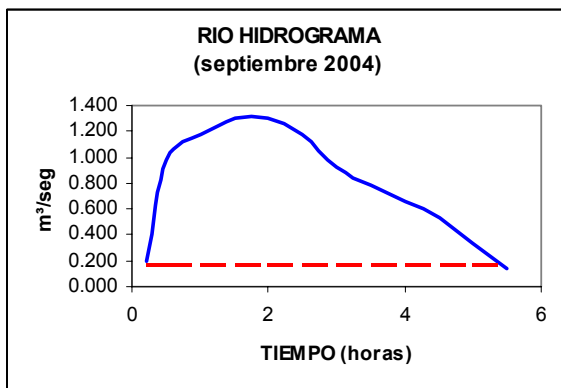
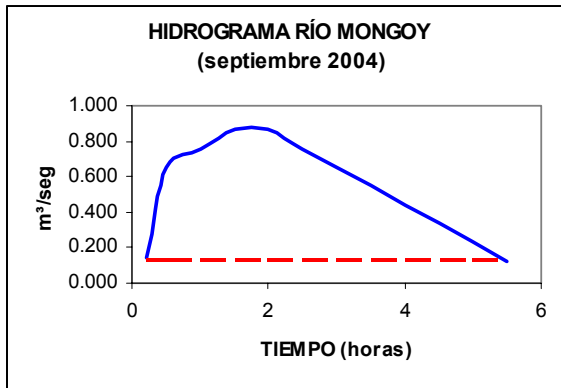
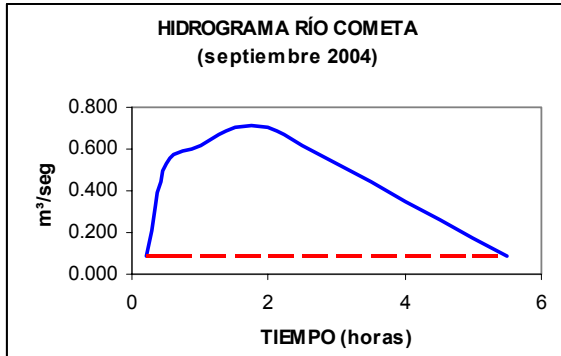


Φ mm/h	Hp_{e1} mm	Hp_{e2} mm	Hp_{e3} mm	$\sum hp_{ei}$ mm
20.775	0	0	0.425	0.425 = 0.425

Índice de Infiltración (28 /08/2004) = **20.775 mm**

Índice de Infiltración de Septiembre

Hidrogramas



Cálculo del Volumen de Escurrimiento

$$V_{ed} \text{ (cometa)} = 4.5 \cdot 3600 \cdot 0.623 / 2 = 5046.3 \text{ m}^3$$

$$V_{ed} \text{ (mongoy)} = 4.5 \cdot 3600 \cdot 0.72 / 2 = 5832 \text{ m}^3$$

$$V_{ed} \text{ (cantil)} = 4.5 \cdot 3600 \cdot 1.17 / 2 = 9477 \text{ m}^3$$

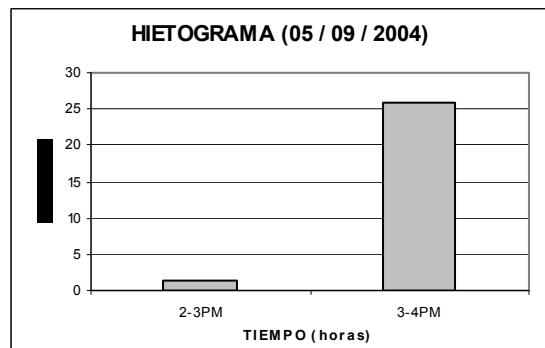
$$V_{ed} \text{ (total)} = 20355.3 \text{ m}^3$$

Cálculo de la Lluvia Efectiva

$$hp_e = 20355.3 \text{ m}^3 / 9,1860,000 \text{ m}^2 = 0.00206 \text{ m}$$

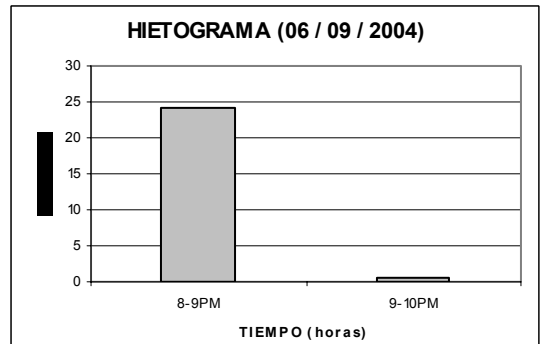
hp_e = 2.06 mm

Cálculo del Índice de Infiltración



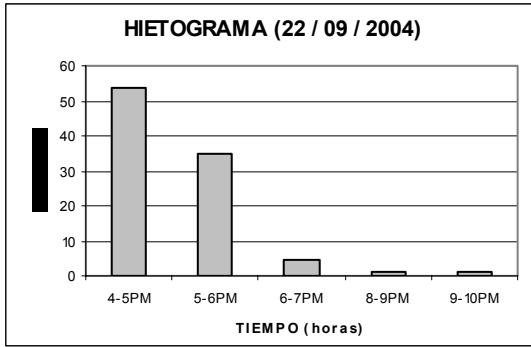
Φ mm/h	hp _{e1} mm	hp _{e2} mm	Σhp _{ei} mm
23.94	0	2.06	2.06 = 2.06

Índice de Infiltración (05 / 09 / 2004) = **23.94 mm**



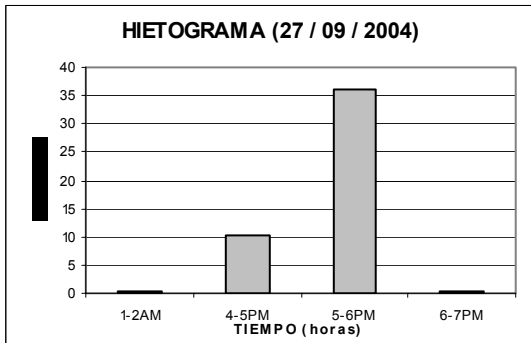
Φ mm/h	hp _{e1} mm	hp _{e2} mm	Σhp _{ei} mm
22.14	2.06	0	2.06 = 2.06

Índice de Infiltración (06 / 09 / 2004) = **22.14 mm**



Φ mm/h	$H_{p_{e1}}$ mm	$H_{p_{e2}}$ mm	$H_{p_{e3}}$ mm	$H_{p_{e4}}$ mm	$H_{p_{e5}}$ mm	$\sum hp_{ei}$ mm
51.94	2.06	0	0	0	0	2.06 = 2.06

Índice de Infiltración (22 /09/2004) = **51.94 mm**

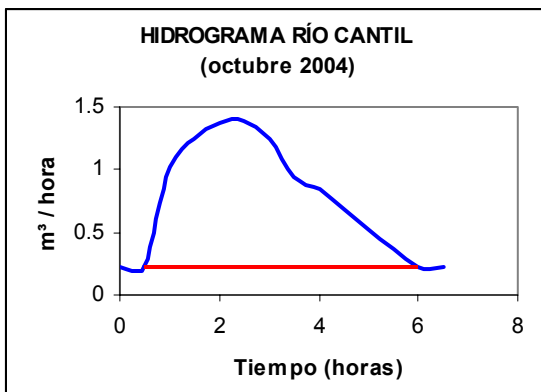
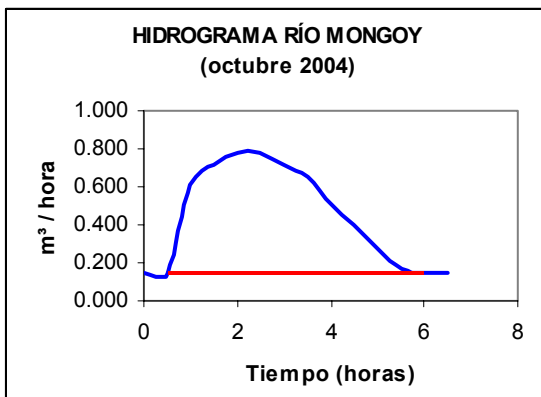
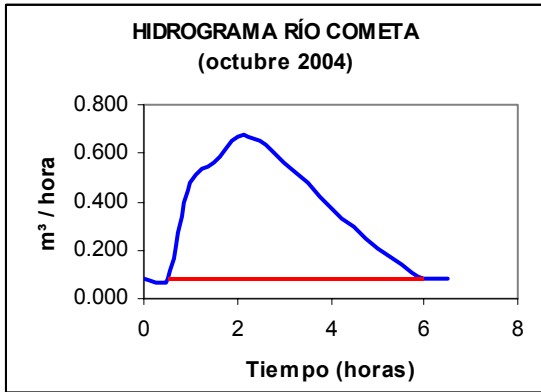


Φ mm/h	$H_{p_{e1}}$ mm	$H_{p_{e2}}$ mm	$H_{p_{e3}}$ mm	$H_{p_{e4}}$ mm	$\sum hp_{ei}$ mm
33.94	0	0	2.06	0	2.06 = 2.06

Índice de Infiltración (27 /09/2004) = **33.94 mm**

Índice de Infiltración de Octubre

Hidrogramas



Cálculo del Volumen de Escurrimiento

$$V_{ed} (\text{cometa}) = 5.5 * 3600 * 0.587 / 2 = 5811.3 \text{ m}^3$$

$$V_{ed} (\text{mongoy}) = 5.5 * 3600 * 0.635 / 2 = 6286.5 \text{ m}^3$$

$$V_{ed} (\text{cantil}) = 5.5 * 3600 * 1.157 / 2 = 11454.3 \text{ m}^3$$

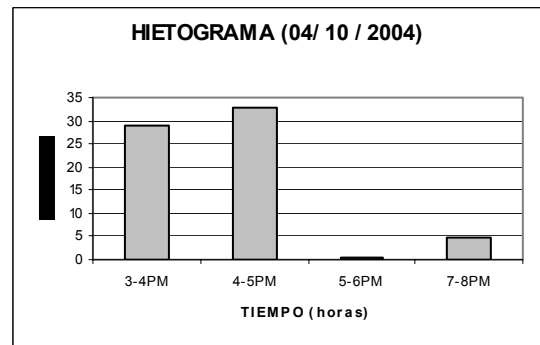
$$V_{ed} (\text{total}) = 23552.1 \text{ m}^3$$

Cálculo de la Lluvia Efectiva

$$hp_e = 23552.1 \text{ m}^3 / 9,186,000 \text{ m}^2 = 0.00238 \text{ m}$$

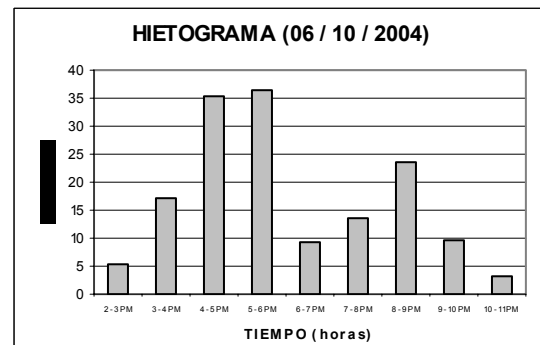
hp_e = 2.38 mm

Cálculo del Índice de Infiltración



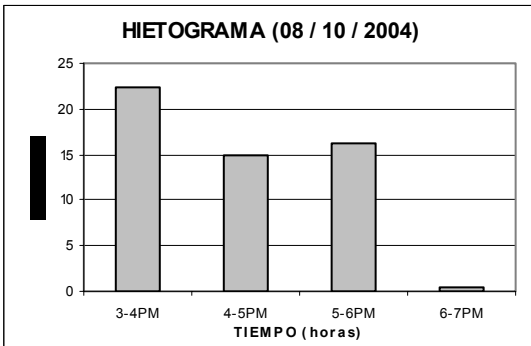
Φ mm/h	Hp _{e1} mm	Hp _{e2} mm	Hp _{e3} mm	Hp _{e4} mm	Σhp _{ei} mm
30.62	0	2.38	0	0	2.38 = 2.38

Índice de Infiltración (04/10/2004) = **30.62 mm**



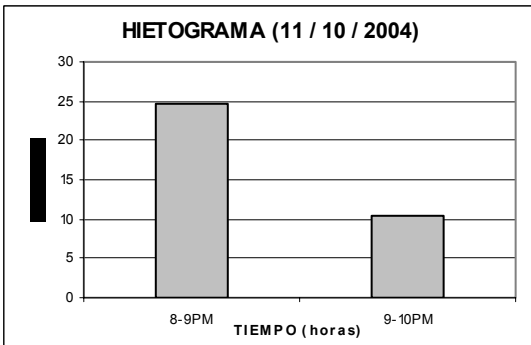
Φ mm/h	Hp _{e3} mm	Hp _{e4} mm	Σhp _{ei} mm
34.81	0.69	1.69	2.38 = 2.38

Índice de Infiltración (06/10/2004) = **34.81 mm**



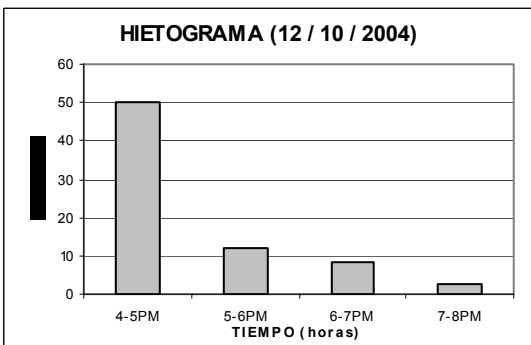
Φ mm/h	Hp _{e1} mm	Hp _{e2} mm	Hp _{e3} mm	Hp _{e4} mm	Σhp _{ei} mm
20.02	2.38	0	0	0	2.38 = 2.38

Índice de Infiltración (08/10/2004) = **20.02 mm**



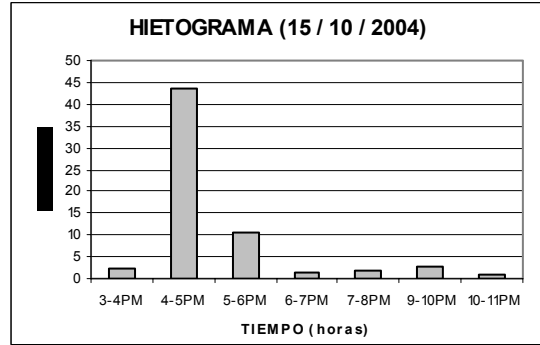
Φ mm/h	Hp _{e1} mm	Hp _{e2} mm	Σhp _{ei} mm
22.32	2.38	0	2.38 = 2.38

Índice de Infiltración (11/10/2004) = **22.32 mm**



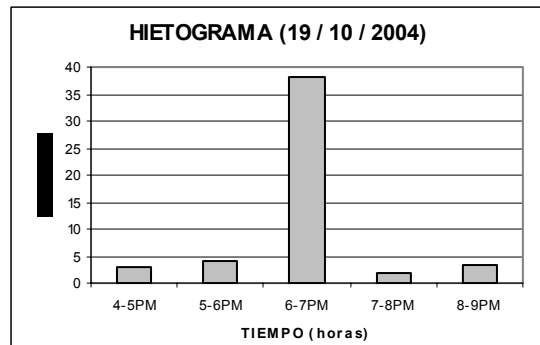
Φ mm/h	Hp _{e1} mm	Σhp _{ei} mm
47.82	2.38	2.38 = 2.38

Índice de Infiltración (12/10/2004) = **47.82 mm**



Φ mm/h	Hp _{e2} mm	Hp _{e3} mm	Σhp _{ei} mm
41.22	2.38	0	2.38 = 2.38

Índice de Infiltración (15/10/2004) = **41.22 mm**

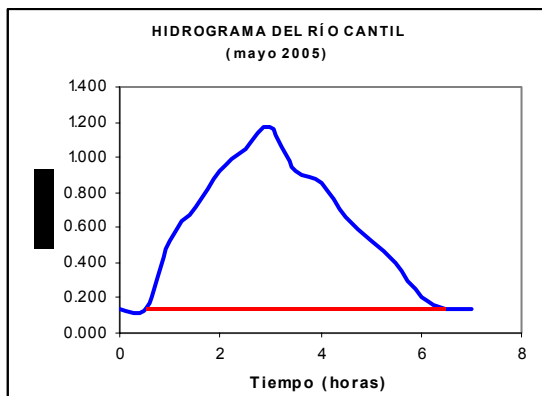
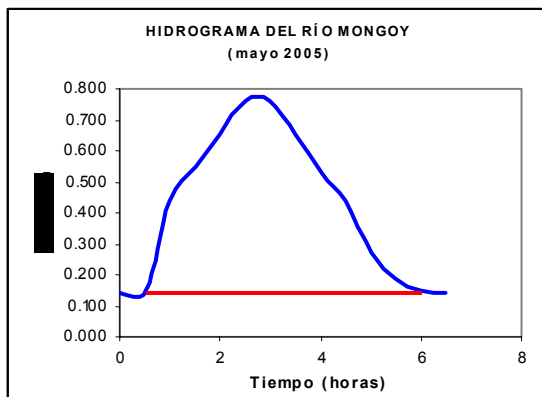
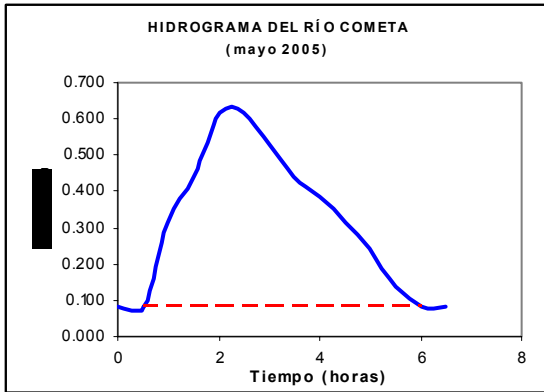


Φ mm/h	Hp _{e3} mm	Σhp _{ei} mm
35.62	2.38	2.38 = 2.38

Índice de Infiltración (19/10/2004) = **35.62 mm**

Índice de Infiltración de Mayo

Hidrogramas



Cálculo del Volumen de Escurrimiento

$$V_{ed} (\text{cometa}) = 5.5 \cdot 3600 \cdot 0.534 / 2 = 5,286.6 \text{ m}^3$$

$$V_{ed} (\text{mongoy}) = 5.5 \cdot 3600 \cdot 0.614 / 2 = 6,078.6 \text{ m}^3$$

$$V_{ed} (\text{cantil}) = 6.0 \cdot 3600 \cdot 1.04 / 2 = 11,232 \text{ m}^3$$

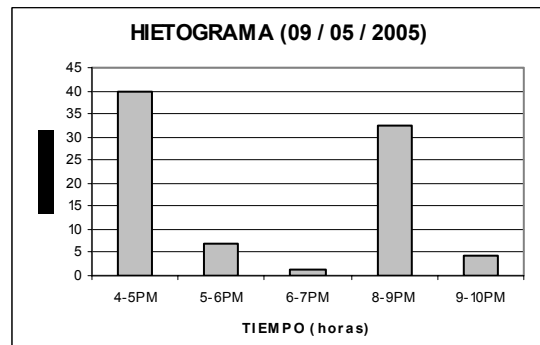
$$V_{ed} (\text{total}) = 22,597.2 \text{ m}^3$$

Cálculo de la Lluvia Efectiva

$$hp_e = 22,597.2 \text{ m}^3 / 9,860,000 \text{ m}^2 = 0.00229 \text{ m}$$

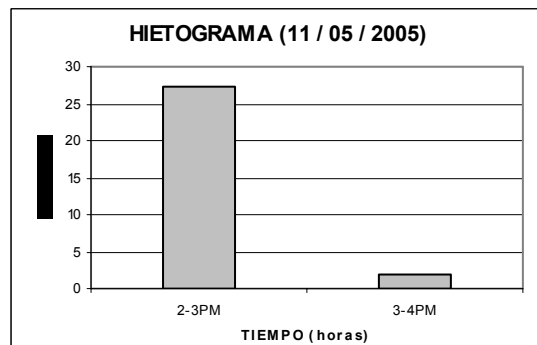
hp_e = 2.29 mm

Cálculo del Índice de Infiltración



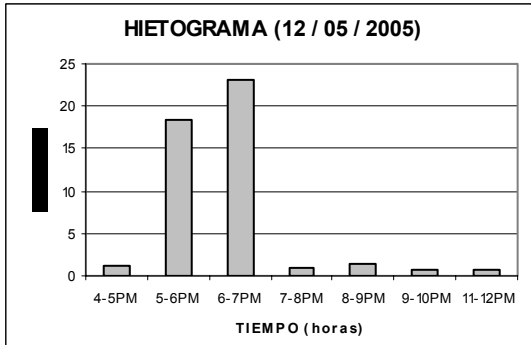
Φ mm/h	Hp _{e1} mm	Hp _{e4} mm	Σhp _{ei} mm
37.71	2.29	0	2.29 = 2.29

Índice de Infiltración (09/05/2005) = **37.71 mm**



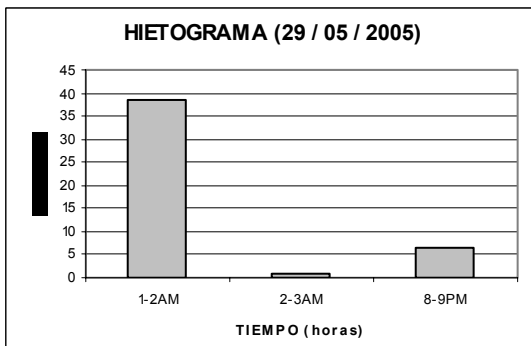
Φ mm/h	Hp _{e1} mm	Hp _{e2} mm	Σhp _{ei} mm
25.01	2.29	0	2.29 = 2.29

Índice de Infiltración (11/05/2005) = **25.01 mm**



Φ mm/h	H_{pe2} mm	H_{pe3} mm	$\sum h_{pei}$ mm
20.71	0	2.29	2.29 = 2.29

Índice de Infiltración (12/05/2005) = **20.71 mm**

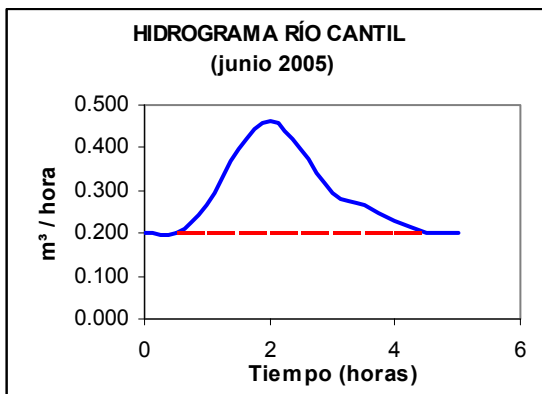
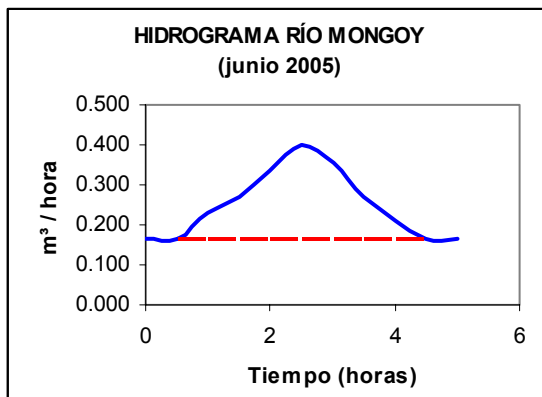
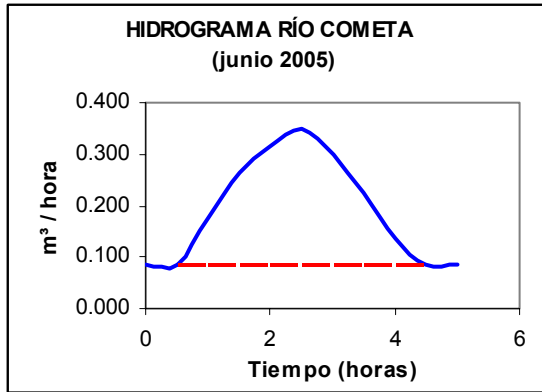


Φ mm/h	H_{pe1} mm	H_{pe3} mm	$\sum h_{pei}$ mm
36.31	2.29	0	2.29 = 2.29

Índice de Infiltración (29/05/2005) = **36.31 mm**

Índice de Infiltración de Junio

Hidrogramas



Cálculo del Volumen de Esguirmiento

$$V_{ed} (\text{cometa}) = 4.0 * 3600 * 0.242 / 2 = 1,742.4 \text{ m}^3$$

$$V_{ed} (\text{mongoy}) = 4.0 * 3600 * 0.234 / 2 = 1,684.8 \text{ m}^3$$

$$V_{ed} (\text{cantil}) = 4.0 * 3600 * 0.26 / 2 = 1,872 \text{ m}^3$$

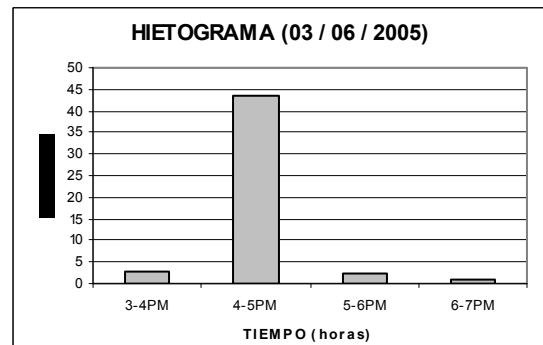
$$V_{ed} (\text{total}) = 5,299.2 \text{ m}^3$$

Cálculo de la Lluvia Efectiva

$$hp_e = 5,299.2 \text{ m}^3 / 9,860,000 \text{ m}^2 = 0.00053 \text{ m}$$

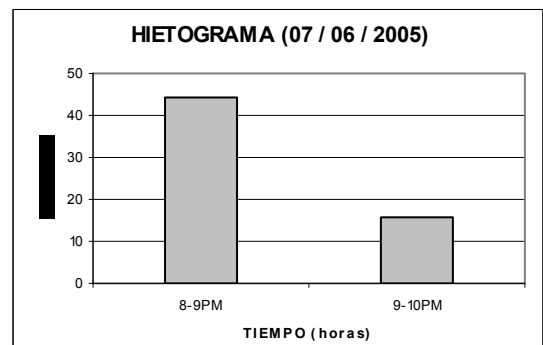
hp_e = 0.53 mm

Cálculo del Índice de Infiltración



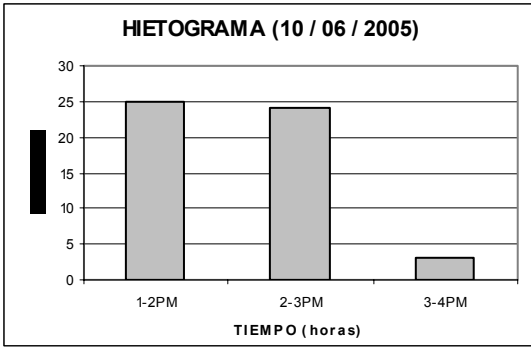
Φ mm/h	H _{p_{e1}} mm	Σhp _{ei} mm
42.87	0.53	0.53 = 0.53

Índice de Infiltración (03/06/2005) = **42.87 mm**



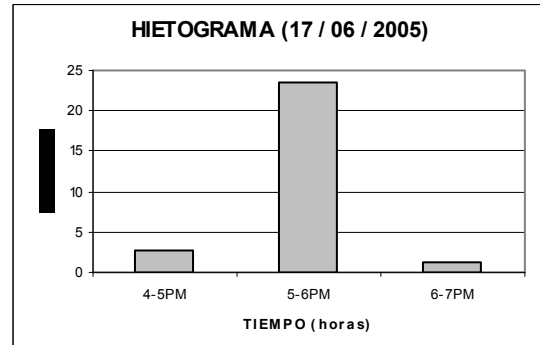
Φ mm/h	H _{p_{e1}} mm	Σhp _{ei} mm
43.87	0.53	0.53 = 0.53

Índice de Infiltración (07/06/2005) = **43.87 mm**



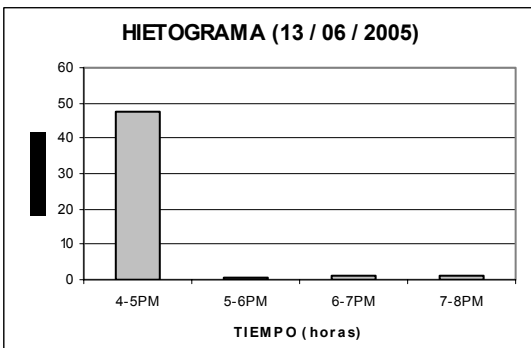
Φ mm/h	$H_{p_{e1}}$ mm	$H_{p_{e2}}$ mm	$\sum h_{p_{ei}}$ mm
24.37	0.53	0	0.53 = 0.53

Índice de Infiltración (10/06/2005) = **24.37 mm**



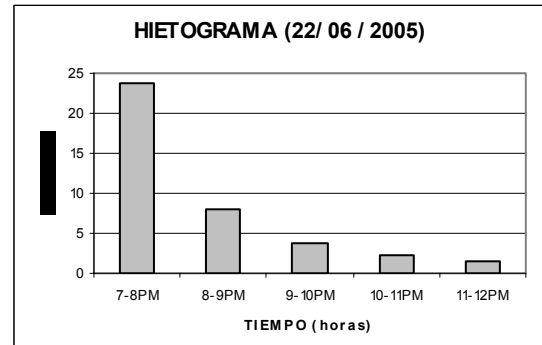
Φ mm/h	$H_{p_{e2}}$ mm	$\sum h_{p_{ei}}$ mm
23.07	0.53	0.53 = 0.53

Índice de Infiltración (17/06/2005) = **23.07 mm**



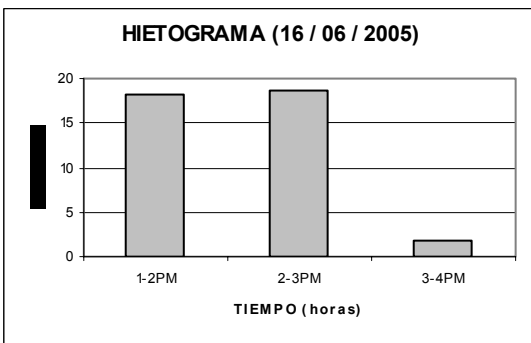
Φ mm/h	$H_{p_{e1}}$ mm	$\sum h_{p_{ei}}$ mm
47.17	0.53	0.53 = 0.53

Índice de Infiltración (13/06/2005) = **47.17 mm**



Φ mm/h	$H_{p_{e1}}$ mm	$\sum h_{p_{ei}}$ mm
23.27	0.53	0.53 = 0.53

Índice de Infiltración (12/06/2005) = **23.27 mm**

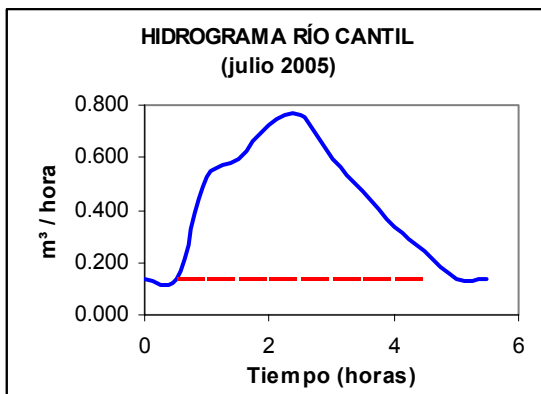
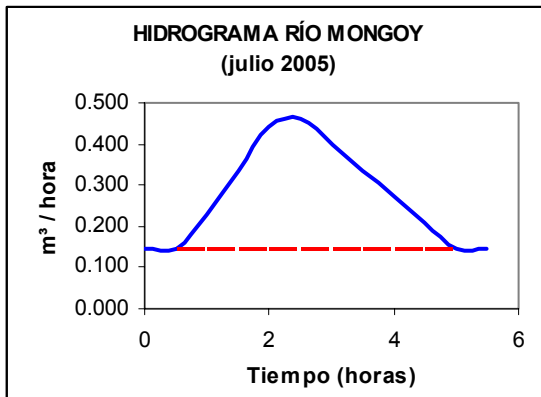
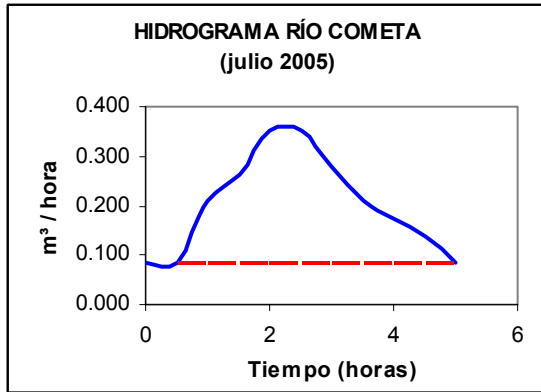


Φ mm/h	$H_{p_{e1}}$ mm	$H_{p_{e2}}$ mm	$\sum h_{p_{ei}}$ mm
18.135	0.465	0.065	0.53 = 0.53

Índice de Infiltración (16/06/2005) = **18.135 mm**

Índice de Infiltración de Julio

Hidrogramas



Cálculo del Volumen de Escurrimiento

$$V_{ed} (\text{cometa}) = 4.5 * 3600 * 0.267 / 2 = 4,325.4 \text{ m}^3$$

$$V_{ed} (\text{mongoy}) = 4.5 * 3600 * 0.318 / 2 = 5,151.6 \text{ m}^3$$

$$V_{ed} (\text{cantil}) = 4.5 * 3600 * 0.624 / 2 = 10,108.8 \text{ m}^3$$

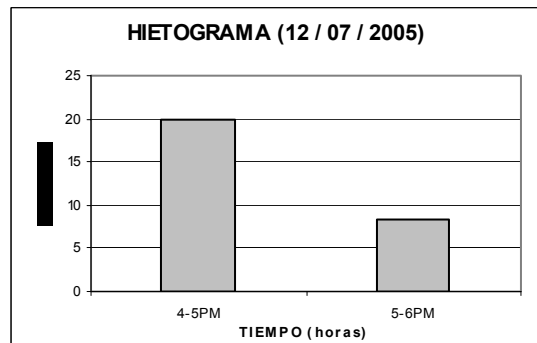
$$V_{ed} (\text{total}) = 19,585.8 \text{ m}^3$$

Cálculo de la Lluvia Efectiva

$$hp_e = 19,585.8 \text{ m}^3 / 9,860,000 \text{ m}^2 = 0.00198 \text{ m}$$

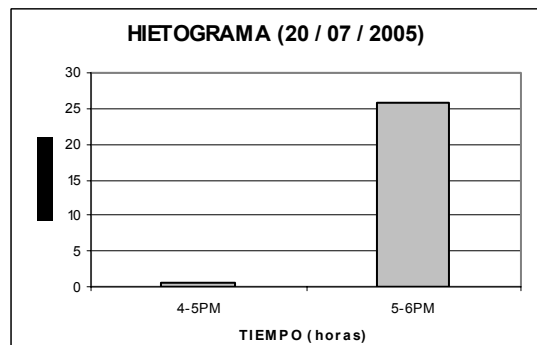
hp_e = 1.98 mm

Cálculo del Índice de Infiltración



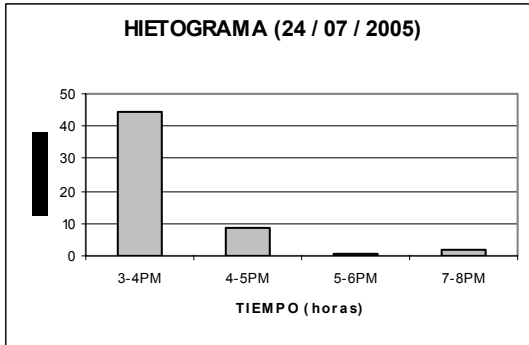
Φ mm/h	Hp _{e1} mm	Hp _{e2} mm	Σhp _{ei} mm
18.02	1.98	0	1.98 = 1.98

Índice de Infiltración (12/07/2005) = **18.02 mm**



Φ mm/h	Hp _{e1} mm	Hp _{e2} mm	Σhp _{ei} mm
23.82	0	1.98	1.98 = 1.98

Índice de Infiltración (20/07/2005) = **23.82 mm**



Φ mm/h	$H_{p_{e1}}$ mm	$\sum h_{p_{ei}}$ mm
42.52	1.98	1.98 = 1.98

Índice de Infiltración (24/07/2005) = **42.52 mm**

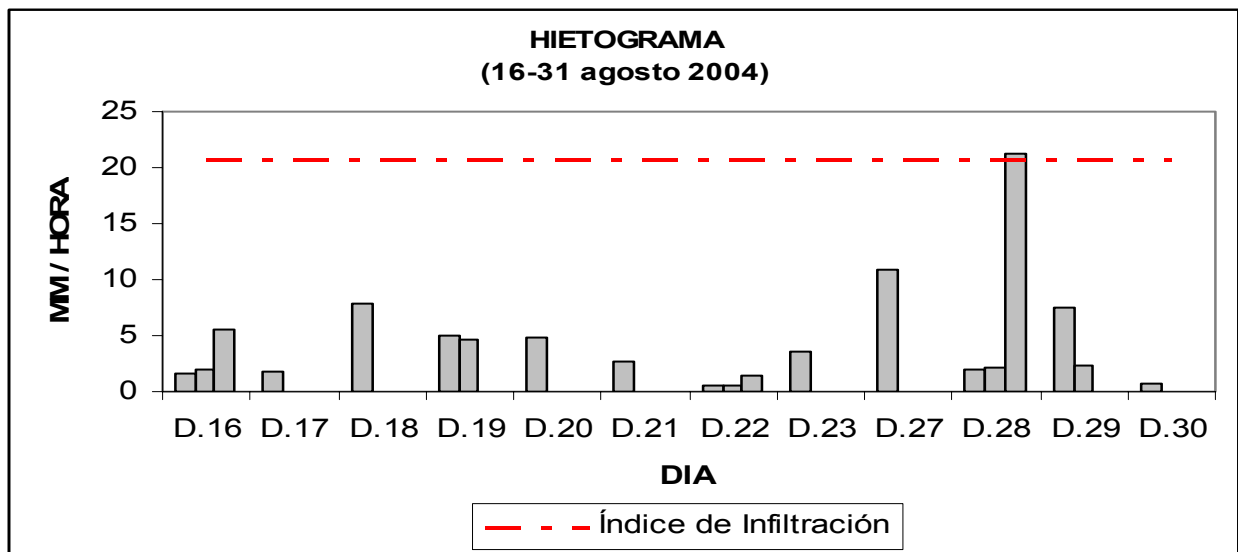
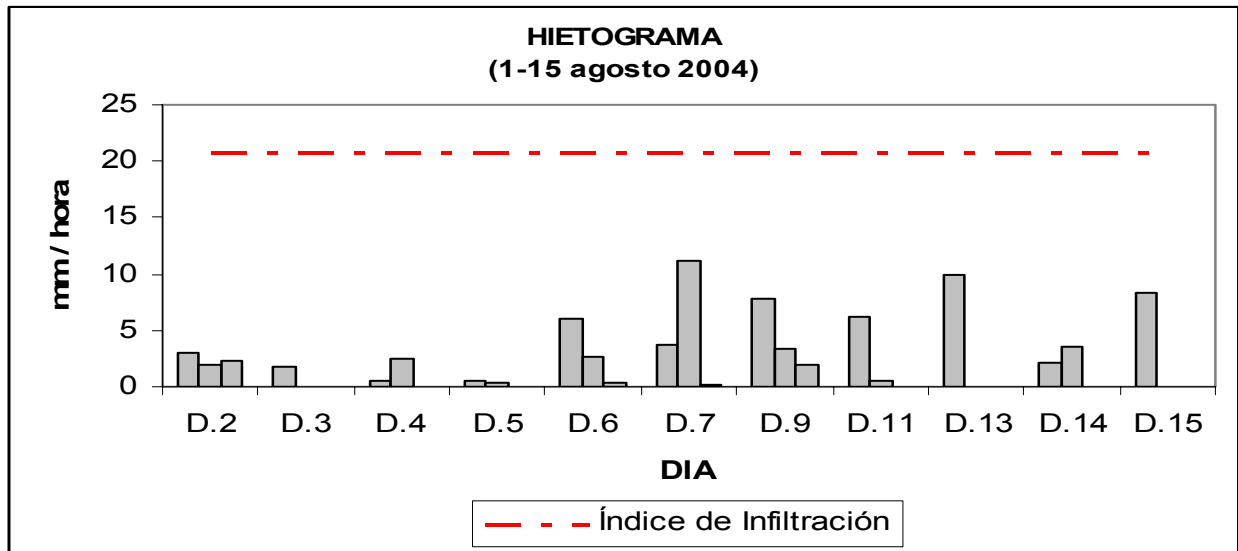
Índices de Infiltración Media

Mes	Día	Índice de Infiltración Φ (mm/hora)	Índice de Infiltración Φ Mensual (mm/hora)	Índice de Infiltración Φ Anual (mm/hora)
Agosto	28	20.78	20.78	29.48
Septiembre	5	23.94	32.99	
	6	22.14		
	22	51.94		
	27	33.94		
Octubre	4	30.62	33.20	
	6	34.81		
	8	20.02		
	11	22.32		
	12	47.82		
	15	41.22		
	19	35.62		
Mayo	9	37.71	29.94	
	11	25.01		
	12	20.71		
	29	36.31		
Junio	3	42.87	31.82	
	7	43.87		
	10	24.37		
	13	47.17		
	16	18.135		
	17	23.07		
	22	23.27		
Julio	12	18.02	28.12	
	20	23.82		
	24	42.52		

El índice de infiltración media Φ de la micro cuenca del río Cantil es de 29.48 mm / hora, donde el índice de infiltración Φ mas bajo 20.78 mm / hora corresponde al mes de agosto y el índice de infiltración Φ mas alto 33.20 mm / hora corresponde al mes octubre. Dichos valores se obtuvieron siguiendo la metodología del índice de infiltración media Φ .

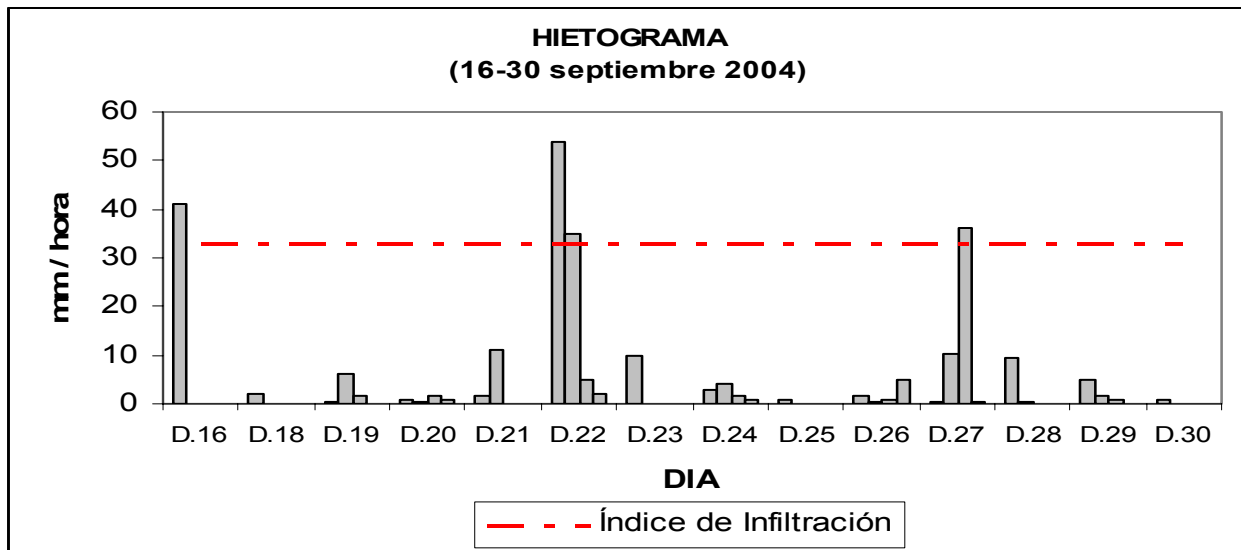
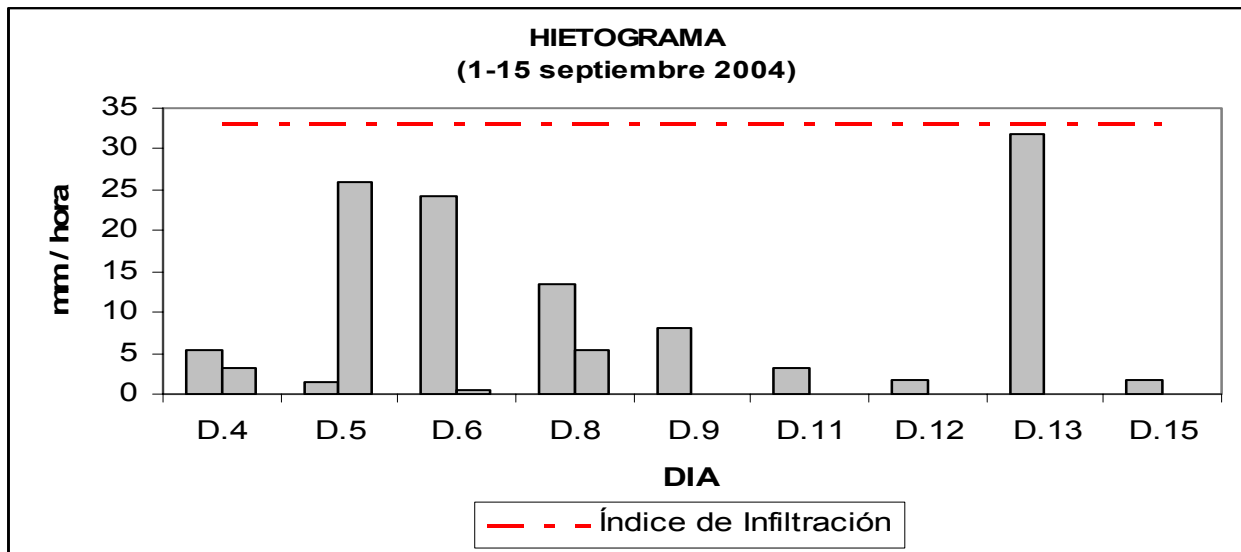
Apéndice 2. DETERMINACIÓN DE LA PRECIPITACION EFECTIVA Y LA ESCORRENTÍA

Agosto 2004



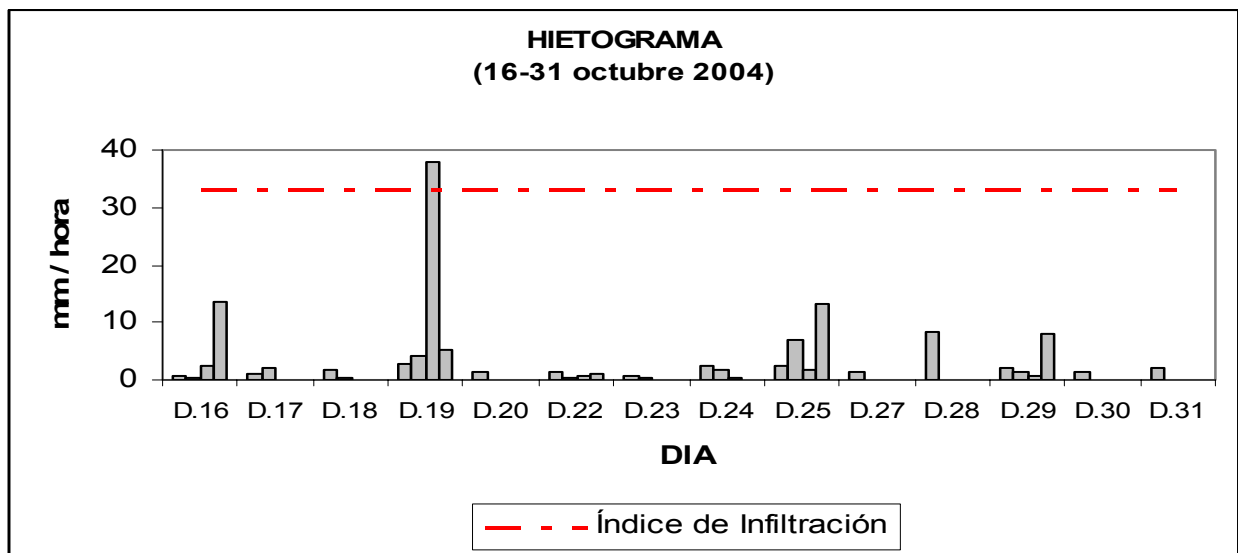
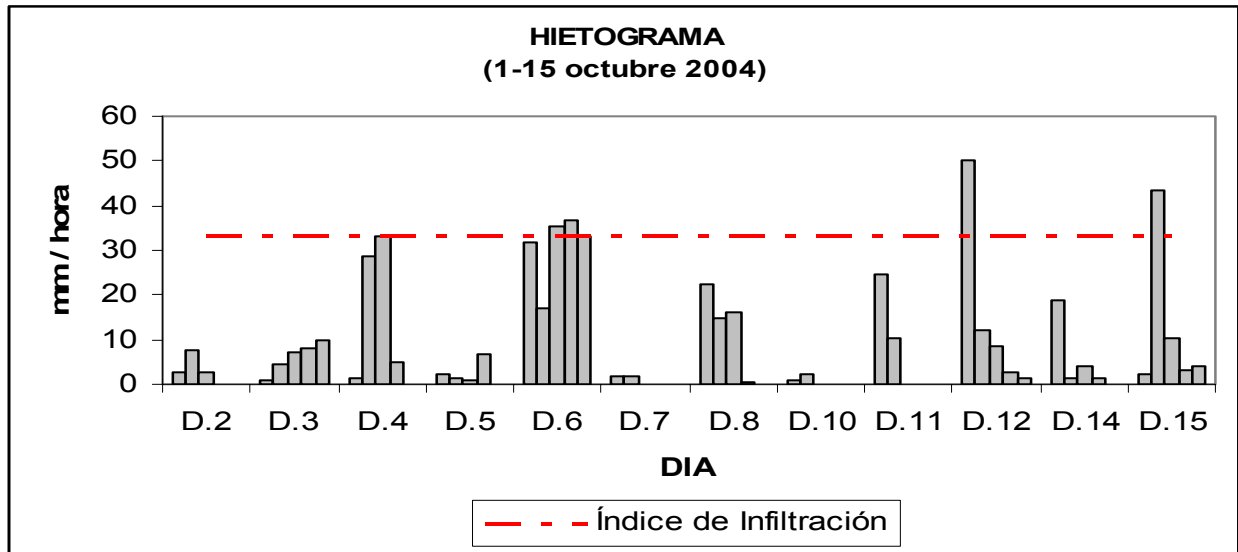
Tomando en consideración el índice de infiltración Φ (20.78 mm/hora) del mes de agosto del 2004, y teniendo como referencia la gráfica superior, podemos llegar a determinar que la precipitación efectiva durante este mes fue de 170.1 mm y no existió escorrentía, ya que todas las barras del

Septiembre 2004



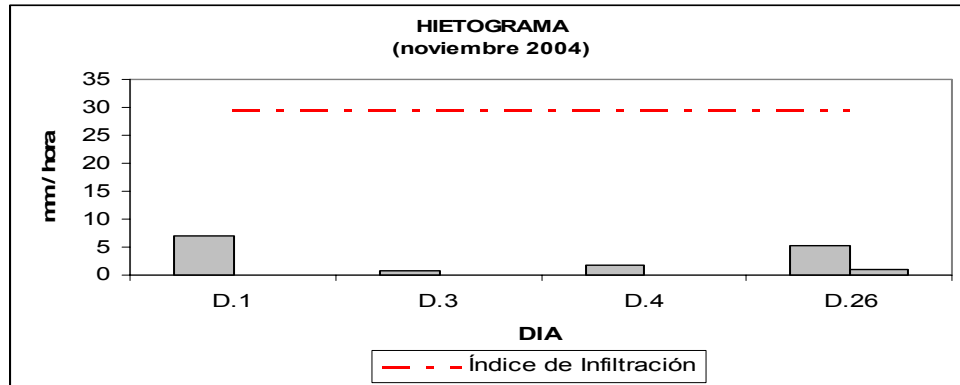
Considerando el índice de infiltración Φ del mes de septiembre que es de 32.99 mm/hora, y observando en la gráfica superior podemos llegar a la conclusión que el total de precipitación efectiva para el mes de septiembre es de 349.36 mm y la lámina de escorrentía producto de estas lluvias es de 34.04 mm.

Octubre 2004

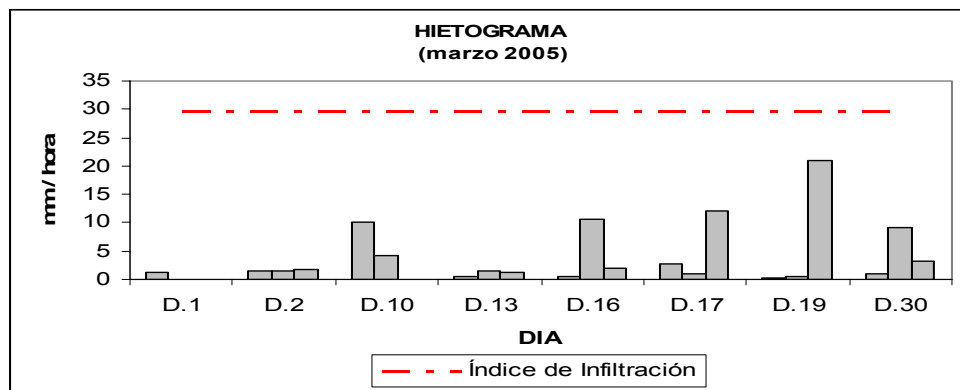


Como se puede observar en las gráficas anteriores, el índice de infiltración Φ del mes de octubre es de 33.2 mm/hora, y basado en el llegamos a determinar que para este mes fue un total de 629.7 mm de precipitación efectiva y 37.8 mm de escorrentía.

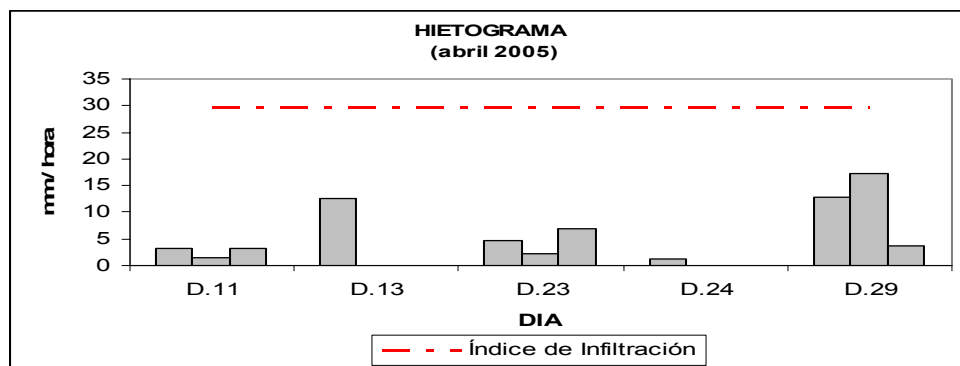
Noviembre 2004



Marzo 2005

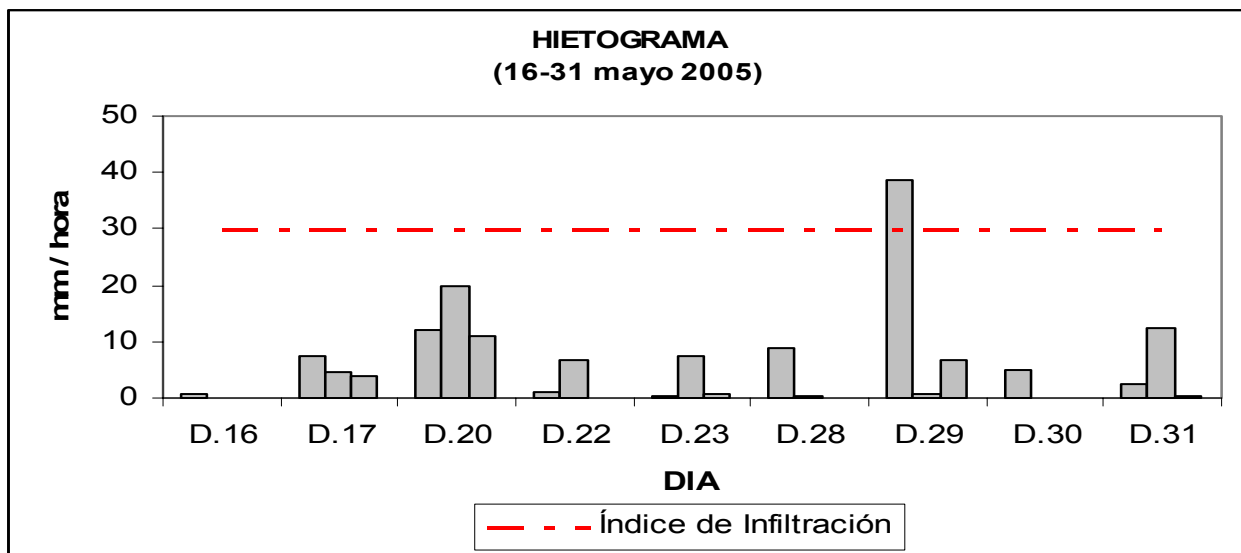
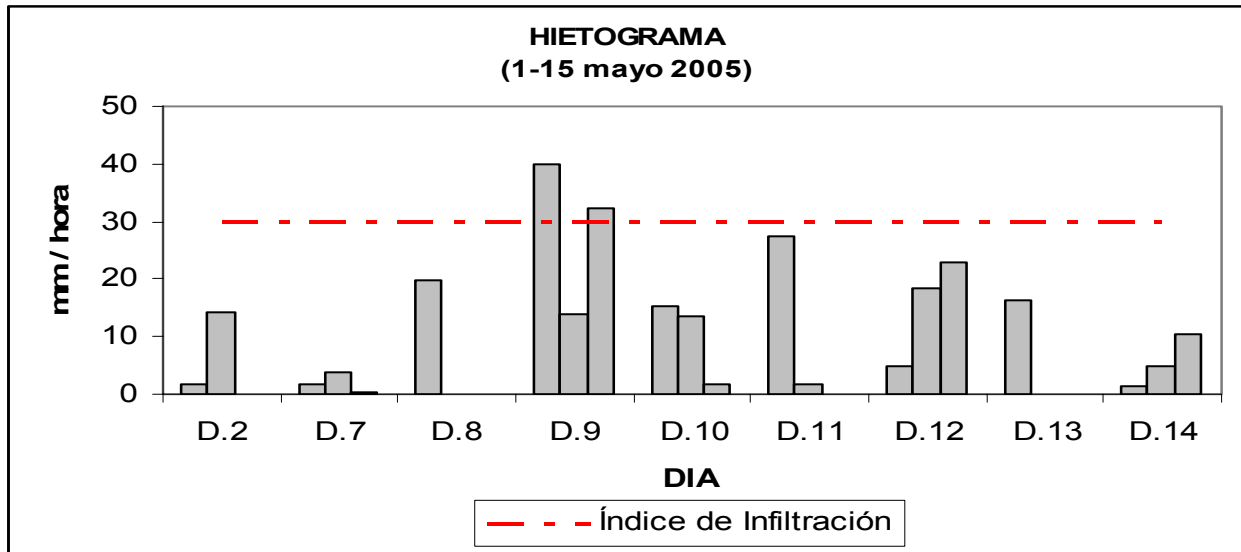


Abril 2005



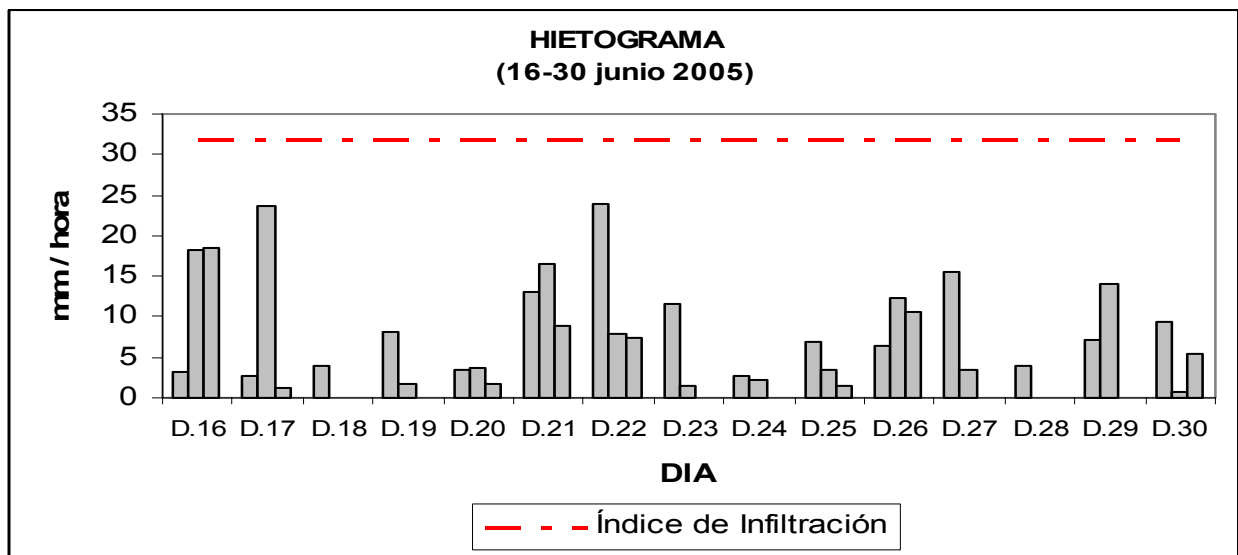
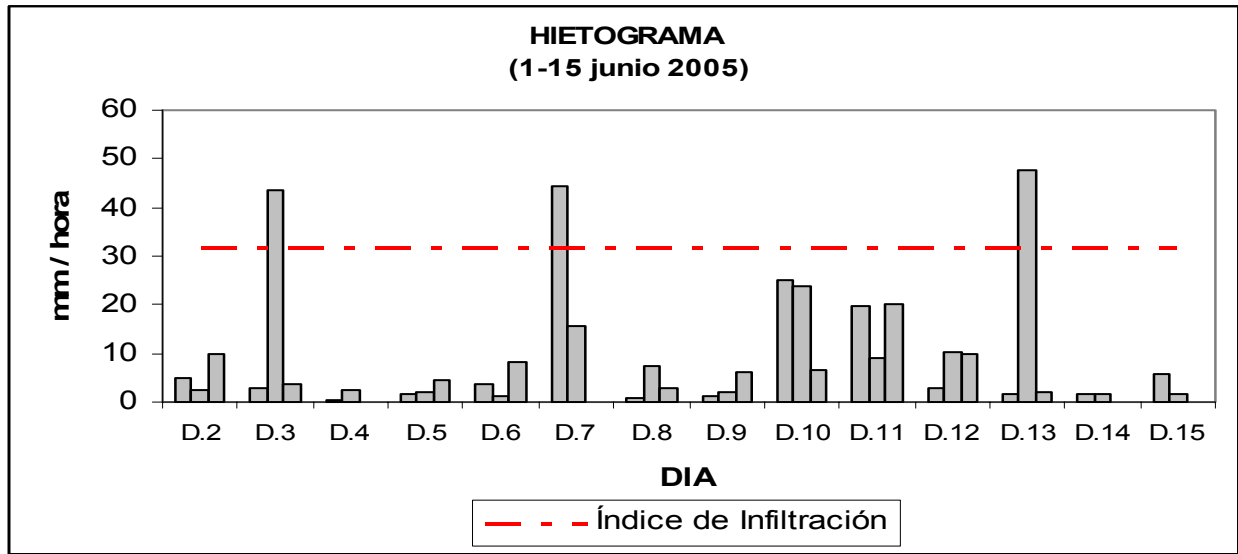
Tomando en cuenta el índice de infiltración medio Φ de la micro cuenca del río Cantil, y utilizando los gráficos superiores podemos decir que durante los meses de noviembre, marzo y abril, hubo una precipitación efectiva de 170.1 mm y no existió escorrentía.

Mayo 2005



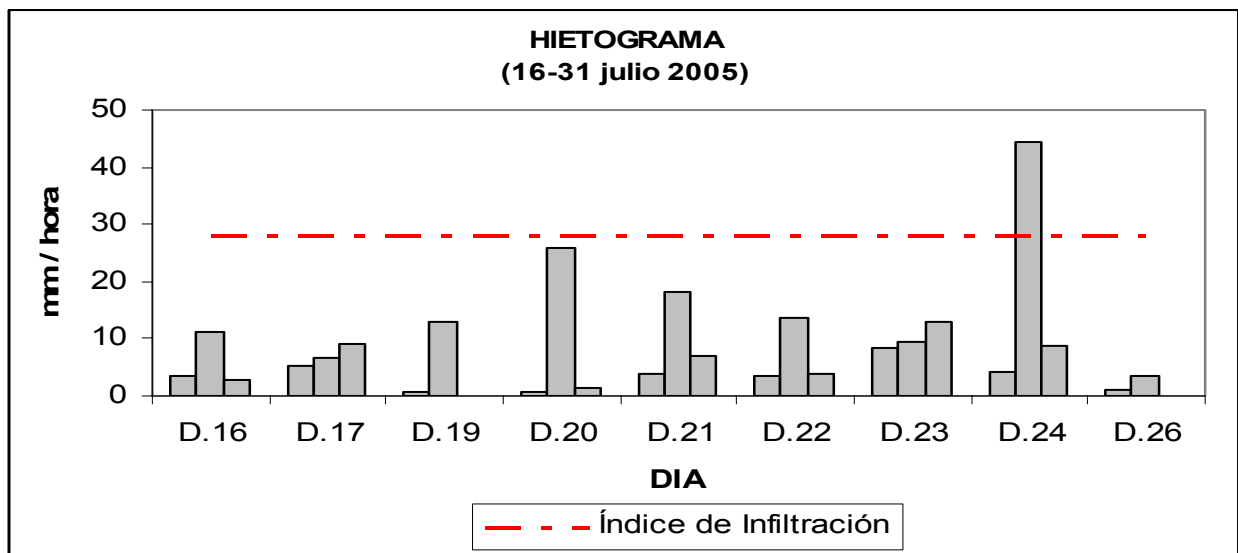
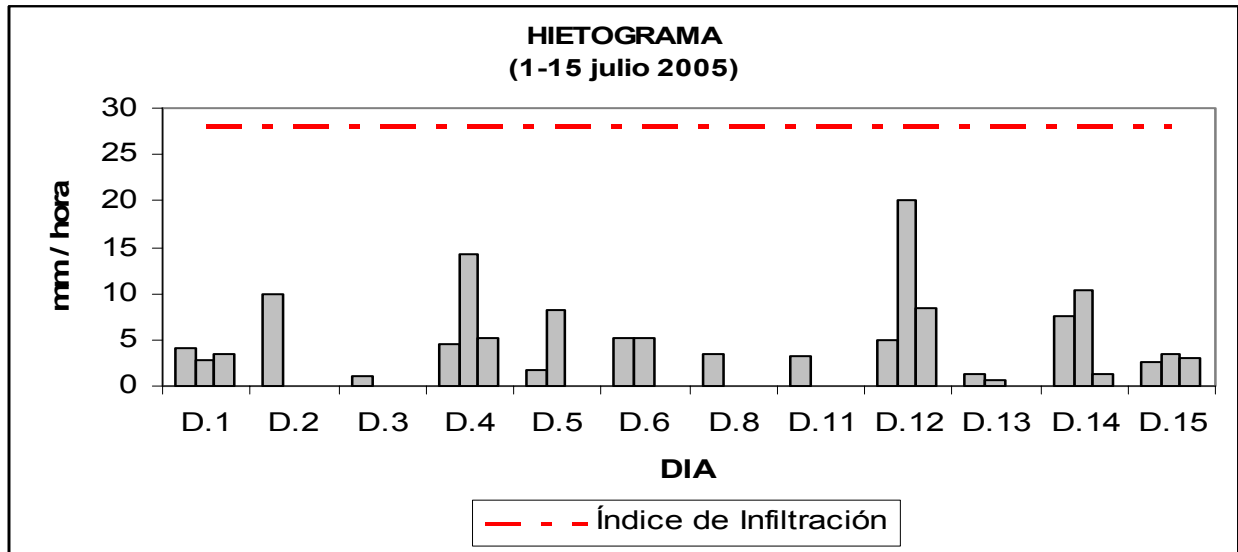
El índice de infiltración Φ del mes de mayo es de 29.94 mm/hora, como podemos observar en los gráficos superiores todos los valores por debajo de éste índice representa la precipitación efectiva que es de 398.62 mm y los valores arriba de éste índice es la escorrentía que tiene un valor de 21.08 mm.

Junio 2005



Para el mes de junio se presenta la mas alta lámina de escorrentía la cual es de 40.04 mm y la precipitación efectiva es de 606.86 mm, se llego a determinar por medio del índice de infiltración Φ del mes que es de 31.82 mm/hora y con la ayuda de los hietogramas superiores.

Julio 2005



Tomando en consideración el índice de infiltración Φ del mes que es de 28.12 mm/hora, y los hietogramas, se pudo determinar la precipitación efectiva que es de 341.72 mm y la lámina de escorrentía de 16.38 mm.