

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**ANÁLISIS DE LA RECARGA HÍDRICA POTENCIAL Y PROPUESTA DE
LINEAMIENTOS DE MANEJO PARA EL USO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA DEL
RÍO CHIPACÁ, CHICHICASTENANGO, QUICHÉ; GUATEMALA, C.A.;
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL MARCO DEL PROGRAMA PAISANO DE SAVE
THE CHILDREN**

MARÍA LETICIA PABLO QUIEJU
201210800

GUATEMALA, JULIO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

**ANÁLISIS DE LA RECARGA HÍDRICA POTENCIAL Y PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE
MANEJO PARA EL USO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIPACÁ,
CHICHICASTENANGO, QUICHÉ; GUATEMALA, C.A.; DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL
MARCO DEL PROGRAMA PAISANO DE SAVE THE CHILDREN**

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

POR

MARÍA LETICIA PABLO QUIEJU
201210800

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERA AGRÓNOMA**

EN

**RECURSOS NATURALES RENOVABLES
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADA**

GUATEMALA, JULIO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

ING. M.Sc MURPHY OLYMPO PAIZ RECIÑOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL SEGUNDO	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL CUARTO	P. Electr. Carlos Waldemar de León Samayoa
VOCAL QUINTO	P. Agr. Marvin Orlando Sicajaú Pec
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, JULIO DE 2019

Guatemala, Julio de 2019

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: **“Análisis de la recarga hídrica potencial y propuesta de lineamientos de manejo para el uso integral de la microcuenca del río Chipacá, Chichicastenango, Quiché; Guatemala, C.A.; diagnóstico y servicios en el marco del programa PAISANO de Save the Children”** como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciada.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

María Leticia Pablo Quieju

201210800

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios

Porque sé que tus ojos siempre han estado abiertos y has escuchado las plegarias que he elevado en tu nombre, y tu infinita misericordia me trajo hasta aquí.

Niñas de Guatemala

Creo en eso que alguien dijo: “cuando educas a una niña, empiezas a cambiar la cara de tu país.” Mi querida Guatemala necesita, de más niñas que sueñen en grande y superen las barreras que se han impuesto para llegar a quienes debemos ser.

Padres

Desde que jugaba de escuelita con mis hermanos, supieron que invertir en mi educación era la herencia que debían darme, así que es por ustedes y para ustedes este logro.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mamita: Por ser la clase de mujer a la que aspiro llegar a ser, tu ejemplo de vida me inspira siempre. Gracias por tu amor porque no hay otra palabra que describa mejor lo que haces por mí.

Papá: Gracias por confiar en mí, no desistir en mi sueño. Por darme lo que a las niñas de mi país les niegan: la educación superior.

Hermanos Sarita y David: Compartir mi vida con ustedes ha sido una competencia leal, gracias por ser un equipo para mí y jugar a mi favor siempre. Cada día de su vida me inspiran a lograr mis metas.

Amigos: Sairy, Madelin, Emi, Manuel, Adrián, Alejandro, Marco Aurelio, Venuz, Vanesa, Johnny, Karla, Raquel, Diana, Haasler, Ana Lucía, Arlen, Ami, Esaú, Tony. Algunos me han visto crecer, otros han crecido conmigo y otros el tiempo me los dio por los instantes necesarios; así que todos de alguna manera han marcado mi vida, sus palabras siempre me alientan, con las experiencias compartidas he aprendido de ustedes y cada uno tiene un espacio muy especial en mi vida.

Save the Children, programa PAISANO: Gracias por llevarme a esos lindos rincones de mi bella Guatemala, por permitirme poner mis habilidades y conocimientos a la orden de quienes realmente lo necesitan. Especialmente deseo agradecer a los técnicos del Objetivo estratégico 3, Yesmi, Carlos, Luis, Diego, Miguel, Gaspar, Vicente, Juan, Max por el tiempo y consejos compartidos, ya que desarrollar en campo las actividades siempre trajo consigo vivencias inolvidables. A Carlos, Allan y Doña Josefa Pérez por el apoyo directo en mi proyecto de investigación, su acompañamiento fue vital.

Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Quizá mi estancia en tus aulas ha sido efímera comparada con la historia que albergas, pero agradezco no solo que me brindaras un espacio entre tus estudiantes, sino que, a través de las becas de estudios, permitieras que finalizara mis estudios sin contratiempos. Gracias por proveerme de tantos catedráticos que lograron inquietarme a seguir aprendiendo y aplicando lo aprendido.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	página
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO REALIZADO EN LOS VIVEROS COMUNITARIOS IMPLEMENTADOS POR EL PROGRAMA PAISANO DE SAVE THE CHILDREN EN COMUNIDADES DE CHICHICASTENANGO, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 General.....	4
1.2.2 Específicos.....	4
1.3 MARCO TEÓRICO.....	5
1.3.1 Vivero comunitario	5
1.4 MARCO REFERENCIAL.....	9
1.4.1 Programa PAISANO.....	9
1.4.2 Componente de Resiliencia comunitaria.....	9
1.4.3 Producción forestal y frutal.....	10
1.4.4 Ubicación geográfica de los viveros.....	10
1.5 METODOLOGÍA.....	12
1.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
1.6.1 Existencia de semillero.....	13
1.6.2 Abonera.....	14
1.6.3 Plantas para trasplante.....	15
1.6.4 Disponibilidad de agua.....	16
1.6.5 Presencia de afecciones vinculadas con hongos.....	18
1.7 CONCLUSIONES.....	20
1.8 RECOMENDACIONES.....	21
1.9 BIBLIOGRAFÍA.....	22
1.19 ANEXO.....	23
 CAPÍTULO II: INVESTIGACIÓN ANÁLISIS DE LA RECARGA HÍDRICA POTENCIAL Y PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE MANEJO PARA EL USO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIPACÁ, CHICHICASTENANGO, QUICHÉ; GUATEMALA, C.A.	 25
2.1 PRESENTACIÓN.....	27
2.2 MARCO TEÓRICO.....	29
2.2.1 Marco conceptual.....	29
2.3 MARCO REFERENCIAL.....	53
2.3.1 Ubicación geográfica.....	53
2.3.2 Vías de acceso.....	53
2.3.3 Centros poblados.....	55
2.3.4 Aspectos biofísicos.....	58
2.4 OBJETIVOS.....	62

2.4.1	General.....	62
2.4.2	Específicos.....	62
2.5	METODOLOGÍA.....	63
2.5.1	Descripción de las características morfológicas de la microcuenca del río Chipacá.....	63
2.5.2	Cuantificación de la recarga hídrica potencial a través de balance de suelos.....	65
2.5.3	Determinación de calidad físico-químico/bacteriológico para uso doméstico y riego de la corriente principal.....	70
2.5.4	Planteamiento de lineamientos de manejo.....	71
2.6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	72
2.6.1	Determinación de características morfológicas de la microcuenca del río Chipacá.....	72
2.6.2	Cuantificación de la recarga hídrica potencial a través de balance hídrico de suelos.....	76
2.6.3	Calidad de agua.....	97
2.6.4	Lineamientos de manejo de la microcuenca del río Chipacá.....	101
2.7	CONCLUSIONES.....	111
2.8	RECOMENDACIONES.....	112
2.9	BIBLIOGRAFÍA.....	113
2.10	ANEXOS.....	120

CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN EL MARCO DEL PROGRAMA PAISANO, DE SAVE THE CHILDREN Y SU ÁREA DE INFLUENCIA

3.1	PRESENTACIÓN	139
3.2	Servicio 1: Implementación de bandejas forestales en los viveros comunitarios.....	140
3.2.1	Presentación.....	140
3.2.2	Objetivos.....	140
3.2.3	Metas.....	141
3.2.4	Metodología.....	141
3.2.5	Material y equipo.....	141
3.2.6	Resultados del trabajo de campo.....	142
3.3	Servicio 2: Planificación y ejecución de actividades de reforestación de las plantas procedentes de viveros comunitarios	144
3.3.1	Presentación.....	144
3.3.2	Objetivo.....	145
3.3.3	Metas.....	145
3.3.4	Metodología.....	145
3.3.5	Resultados.....	146
3.4	Servicio 3: Prueba de germinación para la selección del proveedor y procedencia.....	149
3.4.1	Presentación.....	149
3.4.2	Objetivo.....	149
3.4.3	Metodología.....	149
3.4.4	Materiales.....	150

3.4.5	Resultados del trabajo de campo.....	151
3.5	BIBLIOGRAFÍA.....	152

ÍNDICE DE FIGURAS

	página
Figura 1. Proceso productivo de un vivero.....	5
Figura 2. Ubicación geografía de los viveros comunitarios en el municipio de Chichicastenango.....	11
Figura 3. Proceso utilizado para la ejecución del diagnóstico.....	12
Figura 4. Modalidades de establecimiento de semillero en los diferentes viveros de Chichicastenango.....	14
Figura 5. Formas de provisión de agua en viveros comunitarios.....	18
Figura 6. Síntomas observados en plantas de vivero comunitarios.....	19
Figura 7. Prueba positiva para presencia de <i>Phytophthora</i> spp, en muestras provenientes de viveros comunitarios.....	20
Figura 8. Mapa de ubicación geográfica de la microcuenca Río Chipacá.....	54
Figura 9. Centros poblados dentro de la microcuenca del Río Chipacá	55
Figura 10. Recurso hídricos microcuenca Chipacá.....	59
Figura 11. Curva hipsométrica resultante de análisis del relieve y área parciales.....	75
Figura 12. Climadiagrama de la estación Chinique, Quiché.....	77
Figura 13. Climadiagrama de la estación El Tablón, Sololá.....	78
Figura 14. Mapa de isoyetas, Microcuenca Río Chipacá.....	79
Figura 15. Mapa de geoformas.....	83
Figura 16. Mapa de cobertura vegetal.....	87
Figura 17. Mapa de unidades de muestreo.....	90
Figura 18. Mapa de recarga hídrica potencial.....	94
Figura 19. Principales problemas encontrados dentro de la microcuenca.....	101
Figura 20. Degradación del suelo por erosión hídrica y proceso de sedimentación.....	102
Figura 21. Área con necesidad de ser protegida por su ubicación e importancia ecológica.....	103
Figura 22. Proceso de regeneración natural de pino.....	103
Figura 23. Infraestructura dentro de la microcuenca para el abastecimiento de agua de las comunidades.....	104
Figura 24. Recurso hídrico disponible.....	104
Figura 25. Producción de frutales en laderas.....	105
Figura 26. Diferentes oportunidades para desarrollar la economía de las distintas comunidades dentro de la microcuenca.....	106
Figura 27A. Gráfica Log ₁₀ Nu y u.....	120
Figura 28A. Resultados análisis de agua con fines de riego.....	122
Figura 29A. Resultados del primer análisis de agua para uso doméstico.....	123

	Página
Figura 30A. Resultados del segundo análisis de agua para uso doméstico.....	124
Figura 31A. Resultados de análisis microbiológico de agua para uso doméstico.....	125
Figura 32A. Resultados análisis físicos de suelo de la microcuenca.....	126
Figura 33A. Resultados análisis físico – químico de los suelo de la microcuenca.....	127
Figura 34A. Día del taller sobre Vinculación de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales con los líderes de la comunidad (COCODE) para la facilitación y la coordinación continua en el cumplimiento de los planes proyectos comunitarios.....	128
Figura 35A. Evaluación de la implementación de una campaña radial para la reducción de quemas.....	128
Figura 36A. Evaluación de la implementación de taller sobre uso de curvas a nivel.....	129
Figura 37A. Evaluación para implementación de multas por tirar basura en ribera del río.....	129
Figura 38A. Evaluación para la implementación de inventario por comunidades.....	130
Figura 39A. Evaluación para la implementación de reforestación con especies nativas...	130
Figura 40A. Evaluación para la implementación de campañas de limpieza en nacimientos.....	131
Figura 41A. Evaluación para la implementación de métodos de cosecha de agua.....	131
Figura 42A. Evaluación para promover uso de terrazas individuales en cultivos de frutales.....	132
Figura 43A. Evaluación para promover uso de barreras rompevientos.....	132
Figura 44A. Evaluación para promover uso de barreras vivas.....	133
Figura 45A. Evaluación para la promoción como destino eco turístico cascadas...	133
Figura 46A. Evaluación para el desarrollo del mercado de hongos comestibles.....	134
Figura 47A. Evaluación para desarrollo y promoción de viveros comunitarios.....	134
Figura 48A. Evaluación para la implementación de un basurero comunitario.....	135
Figura 49A. Evaluación para la construcción de unidades domiciliarias para tratamiento de agua.....	135
Figura 50. Práctica de preparación de sustrato y llenado de bandejas, realizado en el vivero de Telena, Concepción Chiquirichapa Quetzaltenango.....	142
Figura 51. Práctica realizada en el vivero de Chicúa II (a) y producción de <i>Pinus pseudostrobus</i> establecida en el vivero de Chucalibal II de Chichicastenango (b).....	143
Figura 52. Disposición de las bandejas dentro del vivero por parte de las mujeres de Salquil, Nebaj (a). Practica realizada con las mujeres de Salquil (b).....	143

	página
Figura 53. Producción de <i>Pinus oocarpa</i> establecida en el vivero de San Juan Xeul, Cunén.....	144
Figura 54. Actividades de reforestación en las comunidades de Tijom (a). Chemal (b y c).....	148
Figura 55. Entrega y proceso de reforestación en el nacimiento de la comunidad Chuabaj.....	148
Figura 56. Proceso de reforestación en la escuela de Chicúa II.....	148
Figura 57. Metodología utilizada para la prueba de germinación.....	150

ÍNDICE DE CUADROS

	página
Cuadro 1. Resumen de la producción de cada vivero establecido en el municipio de Chichicastenango, Quiché.....	16
Cuadro 2. Clases de valores de compacidad.....	37
Cuadro 3. Clases de densidad de drenaje.....	39
Cuadro 4. Valores del coeficiente de rugosidad (n) de Manning para cauces naturales.....	42
Cuadro 5. Valores medios mensuales de radiación solar extraterrestre (mm/día).....	45
Cuadro 6. Características físicas y sus límites máximos para agua potable.....	47
Cuadro 7. Características químicas y sus límites máximos para agua potable.....	48
Cuadro 8. Selección del punto de muestreo y procedimiento.....	52
Cuadro 9. Población dentro de la microcuenca para el año 2017 y proyección para 10 años.....	57
Cuadro 10. Cuadro comparativo entre las series de suelos y sus equivalentes con la taxonomía de suelos de Guatemala.....	60
Cuadro 11. Resumen de las características morfométricas de la microcuenca del río Chipacá.....	73
Cuadro 12. Datos mensuales del monitoreo realizado al caudal del Río Chipacá.....	80

	Página
Cuadro 13. Características físicas de los suelos muestreados dentro del área de la microcuenca del río Chipacá.....	89
Cuadro 14. Clasificación de la recarga hídrica en la microcuenca del Río Chipacá.....	93
Cuadro 15. Resultados de los análisis de agua para uso doméstico.....	97
Cuadro 16. Resultados del análisis de calidad de agua para riego.....	100
Cuadro 17. Matriz de alternativas para el cumplimiento de las líneas estratégicas.....	107
Cuadro 18A. Proceso de evaluación de adopción de las alternativas seleccionadas para lineamientos de manejo.....	120
Cuadro 19A. Geo formas encontradas dentro de la microcuenca río Chipacá.....	121
Cuadro 20. Comunidades donde se apoyó en el proceso de reforestación...	146
Cuadro 21. Resultados de la prueba de germinación para cinco especies de pino y sus diferentes proveedores.....	151

**ANÁLISIS LA RECARGA HÍDRICA POTENCIAL Y PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE
MANEJO PARA EL USO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIPACÁ,
CHICHICASTENANGO, QUICHÉ; GUATEMALA, C.A.;
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL MARCO DEL PROGRAMA PAISANO DE SAVE THE
CHILDREN.**

RESUMEN

Save the Children firmó un convenio de cooperación con la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través del cual se asignaron estudiantes de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) para trabajar con el Programa de Acciones Integradas de Seguridad Alimentaria y Nutricional del Occidente (PAISANO) específicamente en el objetivo estratégico tres (SO3), por lo cual en el periodo de febrero – noviembre de 2017 se desarrollaron las tres fases del EPS para finalmente detallar lo ejecutado y plasmarlo en el presente trabajo de graduación.

El SO3, entre sus acciones contemplaba la producción de árboles frutales y forestales por medio de viveros comunitarios por lo que uno de los objetivos de este ejercicio profesional fue la planificación, diseño e implementación de viveros comunitarios para la producción de plantas como medidas de mitigación al cambio climático.

El diagnóstico realizado a los viveros de municipio de Chichicastenango sirvió para identificar que el mayor reto que afrontó la producción en los viveros implementados fue la reducida disponibilidad de agua para riego debido a las restricciones que se dan a nivel comunitario, por lo que durante la etapa de crecimiento de las planta se presentó retraso en la producción y muerte de plántulas por desecamiento, aunado a eso la desacertada elección de proveedores de semilla la cual redujo considerablemente la producción esperada para 2017. Pese a los contratiempos que se tuvieron, los viveros mantuvieron la capacidad de cumplir con sus metas de producción.

Por lo anterior, se recomendó analizar la viabilidad para la implementación de viveros ya que cada consejo comunitario posee su propio manejo del recurso hídrico y en ocasiones este es exclusivo para actividades domésticas por lo que lo productivo resulta ser un tema poco aceptado, con lo que se limita uno de los recursos necesarios para tener la producción deseada. Además de impulsar el acompañamiento técnico a través de capacitaciones técnicas pues año con año se instalaba un nuevo vivero.

Al consultar con los distintos pobladores sobre esta restricción de uso del agua únicamente para uso doméstico y afrontar el reto de buscar una fuente de agua para desarrollar la actividad productiva se consideró abordar la temática del agua para la parte de investigación, pues pese a que el área de Chichicastenango se considera un lugar con riqueza hídrica, este recurso han sido poco estudiado a nivel municipal, como lo evidenció el programa Nexos Locales de USAID en 2015.

VIII

La microcuenca formada por el río Chipacá fue elegida para ser objeto de estudio dado que en el mismo informe de Nexos Locales se resaltaba que la microcuenca del río Camanchaj es una de las tres fuentes de agua con la que se abastece al centro del municipio de Chichicastenango ya que esta provee un 50 % de la cantidad de agua usada por sus habitantes y ésta al estar circunscrita a la microcuenta del río Chipacá cobró relevancia.

La investigación plantea entre sus objetivos: describir las características morfométricas de la microcuenca para generar información general a cerca de la misma; cuantificar a través del balance hídrico de suelos la recarga hídrica potencial de la microcuenca; determinar la calidad físico-química y microbiológica de la corriente principal para uso doméstico y la calidad del agua para riego; plantear lineamientos de manejo que permitan el uso y conservación adecuados del agua.

Después de analizar varias variables tanto climáticas, suelos, vegetación, relieve se encontró que la recarga hídrica potencial es de $9.7 \text{ Mm}^3 / \text{año}$, 3/12 unidades de muestreo les corresponde un potencial de recarga hídrica muy alta, siendo estas las formadas por el pie de monte de Sacbichol y las colinas de Chicué, al resto les corresponde recarga hídrica alta y muy baja.

En cuanto a la contaminación la causa se debe a la presencia de coliformes totales así como de *Escherichia coli* en las aguas del río Chipacá, mayormente en verano.

En cuanto al agua del río para uso agrícola, el agua presenta una baja sodicidad con un RAS de 0.46 por lo cual puede ser utilizada para regar cultivos, pues se clasificó como de clase C1S1 de USDA.

Finalmente, se plantearon alternativas para el cumplimiento de líneas estratégicas, las cuales contemplan la sensibilización y concientización a la población. La conservación y restauración de ecosistemas de pino- encino, gestión del agua ya que la riqueza hídrica está allí, pero se debe crear formas de captación/cosecha de agua, y garantizar que estos nacimientos estén limpios. Agro-forestaría como opción a la dinámica de cambio de uso que se ha dado recientemente con la adopción de frutales deciduos manejados para conservar agua por medio de terrazas y el fomento económico ya que posee la capacidad de desarrollar tanto los mercados de turismo ecológico, hongos comestibles y los viveros forestales.

Los servicios realizados contemplaron: mejorar la producción de los viveros por lo que se realizó la transición entre producción en bolsas a producción en bandejas con el fin de reducir la utilización de bolsas plásticas por lo cual siete grupos de viveristas fueron capacitados en este tipo de producción. Los procesos de reforestación se enfocaron en la protección de fuentes de agua y con la inclusión tanto de niños, hombre y mujeres, también se priorizó realizar esta práctica con comunidades que implementaban en su primer año un vivero. Posteriormente, con en el propósito de capacitar al equipo técnico y elegir al proveedor de semilla para el ciclo de producción 2018 se realizó una prueba de procedencia y germinación en bandejas germinativas.



CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO
REALIZADO EN LOS VIVEROS COMUNITARIOS IMPLEMENTADOS POR EL
PROGRAMA PAISANO DE SAVE THE CHILDREN EN COMUNIDADES DE
CHICHICASTENANGO, DEPARTAMENTO DE QUICHÉ

1.1 PRESENTACIÓN

Por parte del Programa de Acciones Integradas para la Seguridad Alimentaria y Nutricional del Occidente – PAISANO-, de Save the Children se ha implementado viveros comunitarios en el municipio de Chichicastenango en las comunidades de Agua Escondida, Chicúa II, Chutzorop II, Rio Camanibal, Chujulimul II, Chontala, Chucalibal II, y Chuguexa IV.

En los cuales se trata de producir plantas de pino, aliso, ciprés y pinabete por lo que con el diagnóstico se estableció las condiciones de infraestructura, manejo y el aspecto fitosanitario de cada vivero para así determinar las deficiencias en cada uno.

También se cuantificó el potencial productivo de los viveros para lograr conocer si se alcanzarían las metas de reforestación propuestas para el año 2017.

Después de la visita de presentación a las diferentes comunidades con vivero, se realizó la observación de las condiciones del lugar, para llevar registro de las visitas se utilizó una boleta con la que se pretendía la colección de información acerca de aspectos necesarios para el buen funcionamiento de los viveros.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

Describir la condiciones de siete viveros comunitarios implementados por el programa PAISANO de Save the Children Internacional en las comunidades de Chichicastenango, departamento de Quiché.

1.2.2 Específicos

1. Identificar las deficiencias en el manejo y estructura de los viveros comunitarios.
2. Evaluar las condiciones fitosanitarias en las que se encuentran las plantas y su calidad antes de salir al campo definitivo.
3. Cuantificar el potencial productivo de los viveros para metas de reforestación.

1.3 MARCO TEORICO

1.3.1 Vivero comunitario

Son espacios definidos, donde se proporcionan cuidados necesarios para el cultivo y manejo de plantas tanto forestales como frutales, hasta que sean aptas para ser establecidas en campo de manera definitiva (Benítez G. et al 2002).

Se usan viveros como depositarios y proveedores de plantas nativas (Akeroyd y Wyse-Jackson, citado en Benítez G. 2002).

El éxito de las reforestaciones se debe a la eficiencia con la que se manejen las plantas tanto en la fase inicial como en el establecimiento en campo (Benítez G. et al, 2002).

En el vivero se pueden controlar las condiciones ambientales durante la etapa crítica de las plantas, desde la semilla hasta la edad de trasplante. Las plantas que se producen en vivero tienden a ser de buena calidad. Además que el productor se permite seleccionar las mejores plantas (sanas y fuertes) para trasplantar (Piñuela, A., Guerra,A., Pérez-Sánchez E. 2013).

El proceso de producción de un vivero puede realizarse en diez pasos o etapas, como lo muestra la Figura 1.



Fuente: Tomado de Piñuela, A., Guerra,A., Pérez-Sánchez E. 2013

Figura 1. Proceso productivo de un vivero.

A. Semilleros

También llamados almácigos y/o germinadores, pueden ser pequeñas parcelas de terreno, cajas de madera, macetas, las cuales están destinadas a la siembra y crecimiento inicial de las plántulas. Donde las semillas permanecen por el periodo de 3 a 4 meses dependiendo de la especie (FFBT, 2005).

En las zonas secas pueden construirse al nivel del suelo y en las zonas lluviosas deben estar sobre el nivel del suelo, para permitir el drenaje del agua y evitar encharcamientos (Piñuela, A., Guerra, A., Pérez-Sánchez E. 2013).

En el caso de las cajas de madera, éstas deben ser de más o menos 30 x 40 cm, con una profundidad de 20 cm, deben tener hoyos y rendijas para el drenaje del agua (FFBT, 2005).

En semilleros, cuando las semillas son pequeñas la siembra se hace al voleo; cuando son semillas medianas, se realiza en surcos separados a 2 a 5 centímetros; y cuando las semillas son grandes en hoyos individuales (Piñuela, A., Guerra, A., Pérez-Sánchez E. 2013).

B. Abonos orgánicos y/o abonera

Los abonos orgánicos están constituidos por sustancias de origen vegetal y animal, o bien una mezcla de ambos y que en diferente estado de descomposición dan como resultado el compost (FFBT, 2005).

C. Compost

La elaboración de compost se define como “la pila de material orgánico formado comúnmente de pisos alternos de material vegetal tanto seco como fresco (principalmente leguminosas); y estiércol previamente descompuesto. Todo este material será descompuesto por la acción de microorganismos y fauna del suelo en condiciones de temperatura y humedad” (FFBT, 2005).

El lugar ideal para colocar el montículo es cercano a la fuente de agua, y con sombra. Se debe regar constantemente, puede ser pasando un día, manteniendo siempre húmeda la pila de la compostera. En el centro de la pila de materiales colocados es aconsejable colocar un palo en el centro y retirarlo luego de unas 2 semanas, esto para que permita la aireación. Si se toma la temperatura, esta debe mantenerse entre 20° a 25°. Es importante en este método remover (dar la vuelta) cada mes y adicionar agua sobre el material seco (FFBT, 2005).

D. Trasplante de plántulas

El repique y/o trasplante consiste en sacar las pequeñas plantitas del semillero y llevarlas a las bolsas preparadas con anticipación (FFBT, 2005).

Prácticas adecuadas para el trasplante

1. Desechar toda plántula que parezca enferma o deformada.
2. Trasplantar cuando plántulas todavía son pequeñas (5 - 10 cm dependiendo de la especie).
3. Regar bien las bolsas y el almácigo una noche antes de efectuar el repique, de tal modo que el agua penetre hasta el fondo.
4. Sombra por dos semanas luego del trasplante.
5. Regar las plántulas 24 horas antes y nuevamente una hora antes de comenzar el repique.
6. En los días de sol muy fuerte, repicar en la mañana temprano o al atardecer.
7. Poner las plántulas en agua tan pronto como las saque del almácigo.
8. Preparar agujeros con una estaca.
9. Recorte las raíces largas o muy ramificadas para asegurar que apuntan hacia abajo (Wightman, K. 2000).

E. Riego

El suministro periódico de agua limpia es esencial para el crecimiento de las plantas.

Las plantas están constituidas por más de un 90% de agua. Cuando se las cultiva en contenedores, las plantas del vivero tienen sólo un volumen limitado de sustrato y carecen de la capacidad de los árboles maduros de buscar agua a gran profundidad bajo la superficie del suelo. La cantidad de agua que requieren las plántulas depende de:

- La edad de las plántulas
- La cantidad de luz solar
- El tipo de suelo (Wightman, K. 2000).

La mayoría de los viveros riegan las plantas a mano con una manguera o una regadera. Este sistema es más asequible y más fácil de mantener que un sistema automático de riego. Sin embargo, por lo general cuando son regadas a mano, el riego no es uniforme. Algunas plantas reciben demasiada agua y otras no reciben la suficiente (Wightman, K. 2000).

La presión baja del agua es mejor para el riego que la presión alta. Cuando la presión del agua es demasiado alta, la tierra y/o las semillas pueden ser arrastradas de la bolsa o el almácigo. Del mismo modo, si las plantas están en un almácigo que está en desnivel, siempre párese al pie de la pendiente cuando riegue para minimizar la pérdida de suelo por erosión (Wightman, K. 2000).

1.4 MARCO REFERENCIAL

1.4.1 Programa PAISANO

Es el programa de acciones integradas de seguridad alimentaria y nutricional de occidente en adelante PAISANO, su meta es disminuir la inseguridad alimentaria de familias de los departamentos de Quiché, Quetzaltenango y Huehuetenango.

PAISANO es apoyado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional USAID y es implementado por Save the Children en dos departamentos siendo estos, Quiché y Quetzaltenango (Save the Children, 2013).

Para el logro de sus metas el programa, trabaja con distintos componentes, los cuales son Medios de Vida, Salud y Nutrición y Resiliencia comunitaria, Logística, Comunicación y Género, y monitoreo y evaluación (Save the Children, 2013).

1.4.2 Componente de Resiliencia comunitaria (SO3)

Este objetivo y/o componente promueve, el aumento de la capacidad de los pobladores a desarrollar su liderazgo y tomar decisiones para ser resilientes. Esto se logra a través de fortalecer y promover la organización a nivel de comunidad.

Las acciones tomadas por el componente de resiliencia comunitaria son:

1. Implementación de mapeos comunitarios de riegos y planes de reducción de riesgo.
2. Planificación comunitaria en base a la información recolectada en los mapeos comunitarios.
3. Rehabilitación de sistemas de agua potable, sistemas de riego y caminos.
4. Producción de árboles frutales y forestales por medio de viveros comunitarios (Save the Children, 2013).

1.4.3 Producción forestal y frutal

Con el objetivo de poder proteger el ambiente en donde las comunidades se encuentran a través de PAISANO se promueve la propagación de plantas del genero *Pinus* sp., *Alnus* sp., *Cupressus* sp., y la especie *Abies guatemalensis* así como arboles de tipo frutal y ornamentales (Save the Children, 2013).

También se impulsa la producción forestal y frutal a nivel municipal y comunal. A nivel comunal se trabaja con miembros de comités comunitarios de desarrollo COCODES, comisión de seguridad alimentaria y nutricional COSAN y agricultores. Quienes tienen la labor de establecer y manejar los viveros comunitarios. Estas personas son capacitadas para poder llevar a cabo sus labores.

Por parte del programa PAISANO, se brinda apoyo con materiales para incentivar la producción de plantas (Save the Children, 2013).

1.4.4 Ubicación geográfica de los viveros

Dada la extensa cobertura del programa, se decidió presentar un diagnóstico por municipio, por lo cual los viveros dentro del municipio Chichicastenango son los que se presentan en este informe.

En el municipio de Chichicastenango hay una población de 165,000 habitantes según proyecciones del INE para el año 2016, siendo el 90% población indígena y 72% población rural (PNUD, 2011). Las cuales viven en condiciones de pobreza y pobreza extrema. Actualmente el programa atiende a 20 comunidades de Chichicastenango. De las cuales siete han implementado viveros forestales, en cada vivero forestal se cuenta con el apoyo de pequeños grupos que funcionan como viveristas (Sacbin, 2017).

La Figura 2, se muestra la ubicación de cada vivero comunitario.



Fuente: Google Earth, 2019

Figura 2. Ubicación geográfica de los viveros comunitarios en el municipio de Chichicastenango

1.5 METODOLOGÍA

La Figura 3, muestra el proceso llevado para el levantamiento del diagnóstico a los viveros atendidos por el Programa PAISANO – SCI.

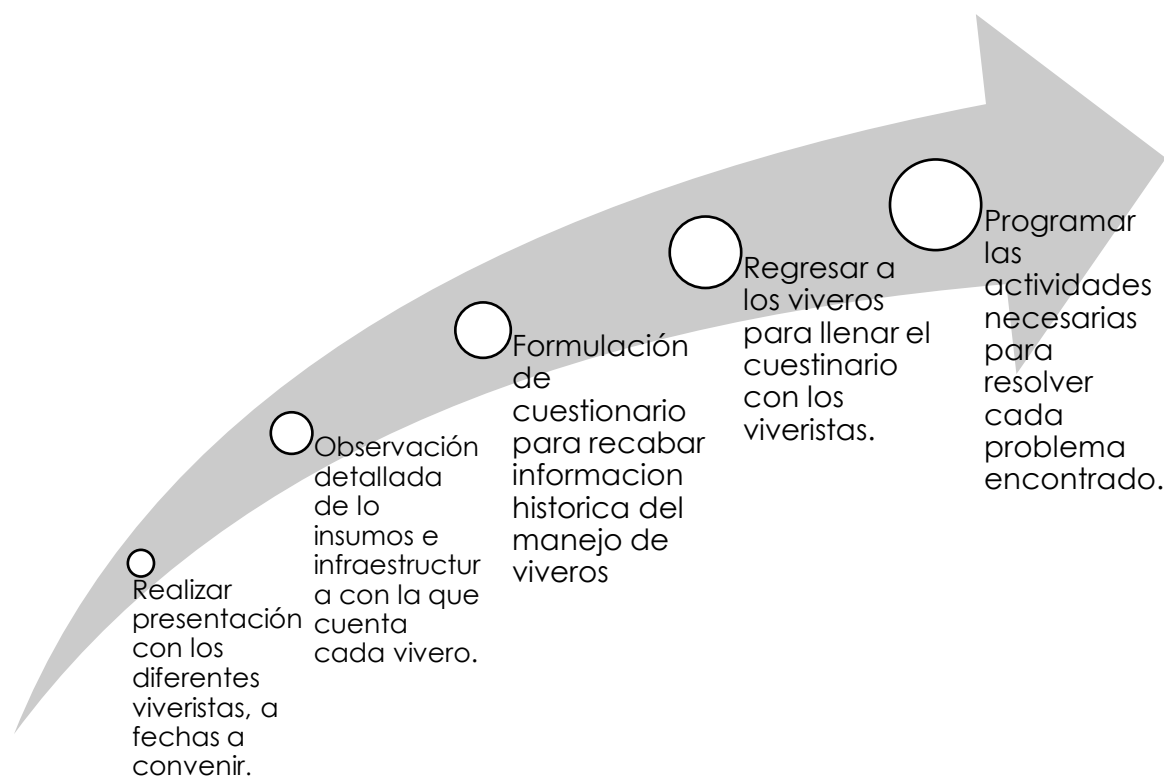


Figura 3. Proceso utilizado para la ejecución del diagnóstico.

1.6 RESULTADOS Y DISCUSION

1.6.1 Existencia de semillero

De manera generalizada se encontró que para el año 2017 existieron bajos porcentajes de germinación a nivel de semillero de todos los viveros, esto debido a que el proveedor contratado envió semillas que no cumplían con los requerimientos de calidad fisiológica y física, por lo que los repetidos intentos por parte de viveristas de lograr incrementar la germinación fueron en vano.

Los viveristas emplearon diferentes técnicas de escarificación de semillas para lograr obtener alguna respuesta, una de ellas fue el remojo por 24 horas de las semillas en agua templada, la otra fue remojo de semillas en agua tibia. A pesar del uso de estas dos técnicas la respuesta de la semilla siempre fue la misma.

Además de ello se observó que las semillas de aliso presentaban material inerte, por lo que no se estaba recibiendo semilla 100 % pura.

Los semilleros en cada vivero (Figura 4), han sido empleados de dos diferentes maneras, siendo una de ellas el semillero de tipo aéreo, el cual consiste en cajones hechos con tablas de madera. La otra forma ha sido a nivel del suelo o bien con artículos como cajas de verdura. También se observó la inclusión de la técnica de siembra directa.

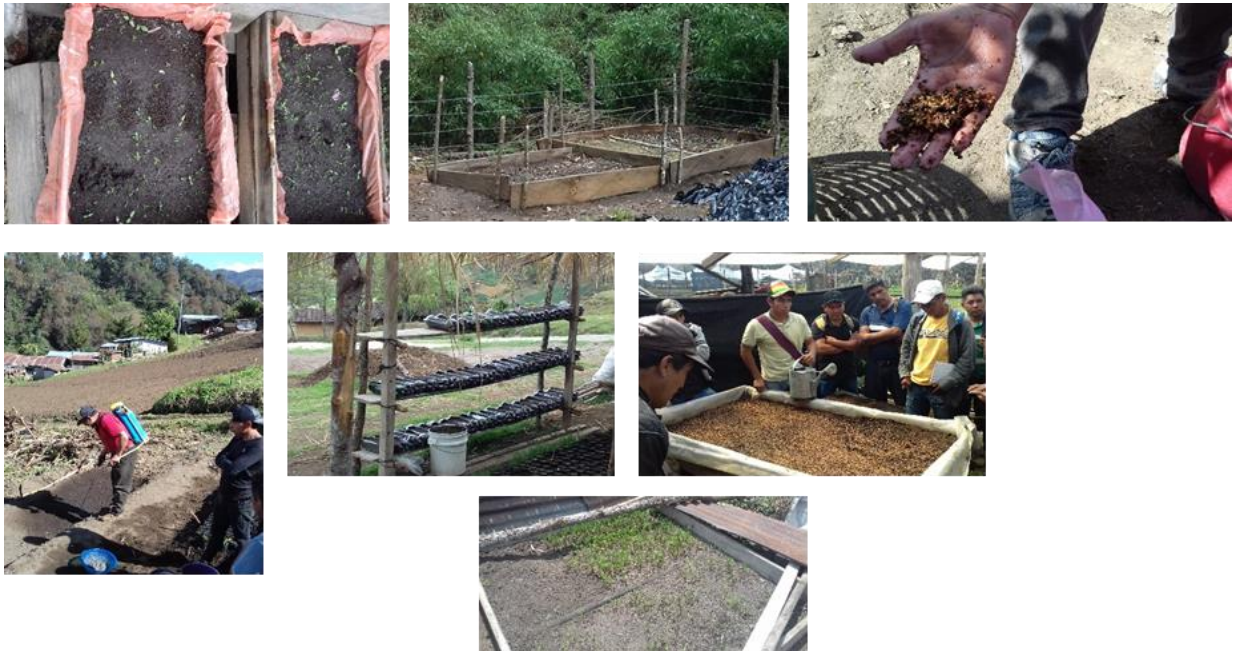


Figura 4. Modalidades de establecimiento de semillero en los diferentes viveros de Chichicastenango, Quiché

1.6.2 Abonera

La creación de aboneras es uno de los ítems que presentan las mayores deficiencias dentro de las actividades realizadas en los viveros debido a que se encontró, que no existe una fuente de humedad en las aboneras para lograr la descomposición del material vegetal, esto debido las pocas fuentes de agua cercanas al vivero, reducido espacio para la colecta de material vegetal debido a que los viveros han sido colocados en espacios donde las plantas arvenses se desarrollan muy bien, aunque se realice un desmalezado manual este no puede ser colectado y ordenado en un espacio adecuado pues no se cuenta con este.

La incorporación de material proveniente de las excretas de ganado ovino o caprino ha sido poco aceptada por parte de los viveristas por lo que esta fuente de humedad tampoco se ha agregado a las aboneras.

Por lo anterior se tiene únicamente empleada una abonera de siete que deben implementarse.

1.6.3 Plantas para trasplante

En el Cuadro 1, se presenta la producción alcanzada para el año 2017 de plántulas a nivel de vivero.

Cuadro 1. Resumen de la producción de cada vivero establecido en el municipio de Chichicastenango, Quiché.

Municipio	Comunidad	Producido	Producción por especie		
Chichicastenango	Chicúa II	4200	2520 Alnus	1680 Pinus	
	Chontala	4000	2000 Alnus,	2000 Pinus	
	Río Camanibal	1300	Pinus maximinoii		
	Chutzorop II	8700	6090 Alnus,	2610 Pinus	
	Chujulimul II	800	Pinus pseudostrubus		
	Agua Escondida	400	Cupressus		
	Chucalibal II	5500	2750 Pinus, ,	1650 Cupressus	1100 Alnus

La producción de plantas durante el año 2017 fue baja esto debido a la poca germinación que se reportó por parte de los viveristas.

El vivero de Chicúa II, tuvo una producción de 2000 árboles de pino triste (*Pinus pseudostrobus* Lindl), 200 plantas de ciprés común (*Cupressus lusitanica* Mill), 500 plantas de aliso (*Alnus jorullensis*).

El vivero de Chutzorop II, tuvo una producción de 1500 plantas de aliso y 1500 plantas de pino triste.

Chontala, 1000 plantas de aliso, 1500 plantas de pino triste.

Chucalibal II, produjo 3500 plantas, entre ellas 1500 de aliso, 1000 ciprés común y 1000 de pino candelillo (*Pinus maximinoii*).

Agua Escondida y Chujulimul II produjeron en menor escala 600 y 800 plantas de pino triste de manera respectiva.

Todas las comunidades alcanzaron su meta establecida de producción la cual era de mil árboles por comunidad, los viveros que tuvieron excedentes pudieron cubrir la cuota de los viveros donde menor producción se obtuvo.

La comunidad de Río Camanibal no pudo producir plantas debido a que el terreno que se eligió para poner el vivero no contaba con agua tampoco una fuente cercana que le permitirá regar las plantas, el semillero fue implementado en noviembre de 2016, siguiendo el patrón presentado en los demás viveros, este semillero no logró la germinación de las plántulas.

1.6.4 Disponibilidad de agua

Esta es la mayor dificultad que enfrentan los viveristas de las comunidades, esto debido a la elección de sitios inadecuados para establecer los viveros, restricciones por parte de los comités de desarrollo comunitario (COCODE), aprovisionamiento de agua en horas de la madrugada únicamente, falta de infraestructura adecuada para almacenamiento de agua, (Figura 5.).

En el vivero de Chicúa II, se aprovecha el agua de un pozo excavado de manera artesanal, para poder regar las plantas en verano se ha estado extrayendo agua de ese pozo también de manera mecánica sin ayuda de bomba eléctrica o a base de diésel.

En Chontala el riego de las plantas ha sido difícil de trabajar, debido a que la autoridad comunitaria negó el acceso a un chorro argumentando que no todos los vecinos poseen agua y al darle al vivero estarían beneficiando algo que no es prioridad para ellos por lo que el grupo que maneja el vivero tomo la decisión de usar el agua que tenían en sus casas para poder mantener las plantas vivas.

Chutzorop II, es el único vivero que tiene acceso a un chorro dentro del vivero ya que este está ubicado en el terreno de uno de los encargados, el agua no resulta ser un problema. La infraestructura para realizar un riego adecuado debe mejorarse pues se hace de manera manual.

Agua Escondida por estar dentro del terreno del encargado de vivero, es regado de manera manual por él, por lo que es necesario acoplar un sistema de riego más técnico dentro del vivero ya que está siendo considerado para convertirse en un vivero comercial.

Chucalibal II y Chujulimul II, estos dos viveros cuentan con reservorio de plástico, el cual se pone a llenar durante las horas de la madrugada y lograr almacenar agua para el día siguiente y así regar las plantas. En estas dos comunidades en época de verano, el agua que recolectan no es suficiente para riego ya que cae con baja presión y el caudal que llega es muy bajo. Además existen intervalos de tiempo muy prolongados sin agua ya que la ración del agua se da cada tres días.

Únicamente en Río Camanibal fue imposible la implementación del vivero comunitario debido a que el lugar seleccionado no cuenta con agua y pese a los esfuerzos por excavar un pozo no se logró obtener agua de ninguna manera. Por lo que este vivero no trabajo ninguna actividad.



Figura 5. Formas de provisión de agua en viveros comunitarios

1.6.5 Presencia de afecciones vinculadas con hongos

Durante las visitas periódicas realizadas en los viveros de Chucalibal II y Chicúa II, se observó plantas que se presentaban la siguiente sintomatología, poco desarrollo foliar y radicular esto debido a que no se presentaban raíces secundarias, mientras que otras plantas que si presentaban las raíces secundarias no eran abundantes, los síntomas más severas se presentaron en plántulas que tenían alturas arriba de 8 cm pues en el tallo de planta se observó manchas necróticas, en las plantas más jóvenes se observó que empezaban a marchitarse, (Figura 6).

Por lo anterior en primera instancia se pensó que la falta de agua estaba ocasionando que las plantas empezaran a morir, mientras que la que no presentaban desarrollo foliar

se consideró como falta de nutrientes. Luego de evaluar el resto de las plantas se procedió a fertilizar las plantas, mientras que se recomendó que se regara de manera más constante.



Figura 6. Síntomas observados en plantas de vivero comunitarios.

Luego de realizadas estas actividades, estas plantas no se recuperaron por lo que se procedió a realizar un muestreo de las plantas y se enviaron a revisión al Centro de Diagnóstico Parasitológico de la Facultad de Agronomía donde se procesó y el resultado indicó que existe presencia de un tipo de *Phytophthora* (Figura 7), en la muestra, debido a que en el formulario que se utilizó para evaluar las condiciones de los viveros, la detección de enfermedades por hongos solo se evaluó a nivel de presencia y ausencia, se recomendó a los viveristas realizar desinfección del suelo pues al realizar las consultas ellos respondieron que no estaban utilizando ninguna técnica.



Figura 7. Prueba positiva para presencia de *Phytophthora spp*, en muestras provenientes de viveros comunitarios.

1.7 CONCLUSIONES

1. El manejo que se da dentro de los viveros, está limitado por la asistencia técnica ya que si esta no llega, los encargados de los viveros quedan sin orientación por lo que se debe realizar capacitaciones constantes y despejar las dudas que se observen para lograr que se dé un manejo adecuado.
2. Existe una reducida disponibilidad de agua para riego debido a las restricciones que se dan a nivel comunitario por lo que durante la etapa de crecimiento de las plantas, estas se mantiene en estrés hídrico lo cual implica retraso en la producción y muerte de plántulas por desecamiento haciendo que se reduzca el número de plantas aprovechables para ser comercializadas.
3. Debido a que no se pone en práctica alguna técnica de desinfección del suelo el riesgo de la presencia de hongos como *Phytophthora*, pueden ser perjudiciales sino se le pone la debida atención a los síntomas por lo cual se debe tratar el suelo antes de utilizarlo tanto en semillero como en el llenado de bolsas.

4. A pesar de las distintas adversidades a las que se enfrentan en especial la falta de agua, los viveros establecidos dentro del municipio de Chichicastenango lograron producir 24, 900 plantas de distintas especies las cuales podría elevar, sí se da capacitación constante y acompañamiento de parte del equipo técnico.

1.8 RECOMENDACIONES

1. Realizar pruebas de procedencia y germinación a los distintos lotes de semilla, ya que el proceso de semilleros resultó ser un problema debido a la baja germinación presentada, y dado que se buscan proveedores que tengan semilla certificada esta no ha cumplido con alguno de los criterios para considerarse certificada.
2. Reforzar con el equipo técnico las técnicas para el resguardo de la semilla luego que hayan salido de bodega, pues un buen almacenamiento permitirá garantizar la vida de las semillas.
3. Analizar la viabilidad para la implementación de viveros ya que cada consejo comunitario posee su propio manejo del recurso hídrico y en ocasiones este, está restringido a actividades domésticas por lo que lo productivo resulta ser un tema poco aceptado, con lo que se limita uno de los recursos necesarios para tener la producción deseada.

1.9 Bibliografía

1. Benítez, G., Equihua, M., & Pulido, M. (2002). Diagnóstico de la situación de los viveros oficiales de Veracruz y su papel para apoyar programas de reforestación y restauración. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 8 (1), 5-12.
2. Fondo Flamenco para el Bosque Tropical, Bélgica (FFBT). (2005). *Manual básico para viveristas del bosque seco*. Ecuador. 28 p.
3. Instituto Nacional de Bosques, Guatemala (INAB). (2005). Registro Nacional Forestal (RNF). Guatemala, INAB, *Boletín de Estadística Forestal*. 21 p.
4. Piñuela , A., Guerra, A., & Pérez-Sanchez , E. (2013). *Guía para el establecimiento y manejo de viveros agroforestales*. Venezuela: Fundación DANAC. 38 p.
5. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2011). *Colección estadística departamental : Cifra para el desarrollo humano Quiché*. Guatemala: ServiPrensa. 10 p.
6. Sacbin, M. (2017). Actualización sobre comunidades atendidas por PAISANO en Chichicastenango, Quiché. (M. Pablo, Entrevistador)
7. Save the Children (SCI). (2013). *Socialización de lineamientos generales de PAISANO*. Guatemala. 150 p.
8. Wightman, K. (2000). *Prácticas adecuadas para los viveros forestales: Guía práctica para los viveros comunitarios*. (N. de Allende, Trad.) Nairobi, Kenia: Majestic Printings Works.102 p.

1.10 Anexo

Boleta para definir la situación de los viveros comunitario del Programa PAISANO

Comunidad visitada: _____	
Fecha de visita: _____	
Existencia de semillero: responder con ausencia o presencia - Si existe establecer: fecha que se implementó _____ día _____ mes Si se realizó tratamiento pre germinativo.	
Existencia de abonera: responder con ausencia o presencia - Si existe establecer: materiales utilizados dentro de la abonera Condición en la que se encuentra.	
Existencia de plantas por trasplante: responder con ausencia o presencia - Si existe establecer: número de plantas Especies en existencia Estado general de las plantas	
Disponibilidad de agua para riego: responder si es suficiente o no Formas de abastecimiento de agua: responder - Por pozos excavado - Sistema de distribución de agua. - Tanques de agua	
Presencia de insectos dentro de bolsas: responder con ausencia o presencia Presencia de afecciones vinculadas con hongos: responder con ausencia o presencia Otros o comentario de viverista:	

Fuente: propia

CAPÍTULO II: INVESTIGACIÓN
ANÁLISIS DE LA RECARGA HÍDRICA POTENCIAL Y PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE
MANEJO PARA EL USO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIPACÁ,
CHICHICASTENANGO, QUICHÉ; GUATEMALA, C.A.

ANALYSIS OF RECHARGEABLE HYDRIC POTENCIAL AND PROPOSAL OF MANAGEMENT
GUIDELINES FOR INTEGRAL USE OF THE MICROBASIN OF CHIPACÁ RIVER,
CHICHICASTENANGO, QUICHÉ; GUATEMALA, C.A.

2.1 PRESENTACIÓN

La microcuenca del río Chipacá ubicada en los municipios de Chichicastenango y Sololá, posee una población 49, 845 habitantes y se ha estimado que para 2027 esta población crezca según su tasa de crecimiento hasta los 74, 360 habitantes para lo cual será necesario un mayor volumen de agua disponible para el uso doméstico así como para el establecimiento a sistemas de riego debido a su importancia en ser parte del municipio del país donde se da el mayor aporte a la producción nacional de frutales deciduos, aguacate y hortalizas, por lo que la presión sobre el recurso hídrico cada vez será más evidente (Ministerio de agricultura, ganadería y alimentación, 2011).

Según el estudio realizado por Nexos Locales/ USAID esta microcuenca es una de las tres fuentes de agua con la que se abastece al centro del municipio de Chichicastenango ya que esta provee un 50 % de la cantidad de agua usada por sus habitantes, por lo que el restante 50 % debe ser complementado con nacimientos ubicados dentro de las comunidades o bien depender de la adquisición de estos fuera de los mismos límites municipales (USAID/Nexos Locales, 2015).

En el informe Diagnóstico de agua y cambio climático del municipio de Santo Tomás Chichicastenango se menciona que: “en la actualidad la municipalidad no ha realizado un diagnóstico que permita conocer la situación actual de la microcuenca, la existencia de debilidades y fortalezas de manera que permitan proponer cambios o soluciones a los problemas” (USAID/Nexos Locales, 2015).

La creciente población, la vulnerabilidad al cambio climático que la microcuenca del río Chipacá y su papel en el proceso de recarga hídrica ya que es un área donde surgen las pequeñas corrientes que alimentaran al río Motagua hace a la microcuenca una unidad importante dentro de planificación de cuenca. Con todos estos antecedentes queda claro que para que se ponga atención ya sea por parte de las autoridades municipales o comunitarias se debe contar con un estudio que integre las características de la

microcuenca, el potencial que esta tiene para proveer agua, con lo que se pueda planificar proyectos que permitan su aprovechamiento así como su conservación.

Por lo que se debe procurar tanto a nivel comunitario como municipal ejecutar un plan que repercuta de manera positiva en la cantidad y la calidad del agua que se produce de la corriente principal para que este en primer lugar para los habitantes dentro de la microcuenca.

Los principales resultados de la elaboración del presente estudio fueron la descripción de las características de la microcuenca, por lo que se encontró que esta posee entre sus características el ser de orden 4, presentando un total de 157 corrientes entre intermitentes y efímeras, de forma alargada con tendencia a ser oblonga. Dado el porcentaje de pendiente 22.8 %, el relieve tiende a ser moderado es decir presenta geo formas como colinas, ladera, valles montañas por lo que la configuración del paisaje repercute en las características como densidad de drenaje (2.63 km/km^2) la cual es alta según el número de corrientes encontradas por unidad de área, así como en el tiempo de concentración (2.42 h) indica que la microcuenca responde rápidamente a concentraciones altas de precipitación.

La estimación de la recarga hídrica por método de balances hídricos de suelos permitió definir que la microcuenca posee un potencial de recarga hídrica de 9.7 Mm^3 al año por lo que con la recarga actual se podría aprovechar el agua subterránea, pero debido a que esta capacidad se puede agotar en algún punto se deben realizar acciones que permitan conservar esa capacidad o bien aumentarla.

Como objetivo de mantener la capacidad de recarga se ajustaron en una matriz cinco líneas estratégicas que obedecen a los planes municipales de adaptación al cambio climático manejado por la municipalidad de Chichicastenango así como la propuesta de actividades respectivas las cuáles permitirán concientizar para el resguardo de los recursos naturales, adecuar prácticas de agroforestería, así como el fomento económico con lo que se podrá no solo aprovechar recursos naturales sino también aportar a la economía de las familias dentro de la microcuenca.

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 Marco conceptual

USAID a través de programa de Nexos Locales estableció en el diagnóstico de agua y cambio climático para el municipio de Santo Tomás Chichicastenango que actualmente a nivel municipal no se ha realizado un diagnóstico que permita conocer la situación actual de la microcuenca, del río Chipacá (USAID/Nexos Locales , 2015).

Mientras que a nivel académico poca ha sido la investigación realizada tanto dentro del área que ocupa la microcuenca como dentro del municipio de Chichicastenango en cuanto al tema de los recursos hídricos.

Con lo que respecta a lugares adyacentes al área donde se realizó la investigación, se consideró revisar información generada tanto en el departamento de Quiché así como en la parte de la cuenca del lago de Atitlán que contemple referencias tanto en lo que respecta al potencial de recarga hídrica, así como las condiciones de la calidad del agua.

A nivel gubernamental el INDE reporta en el informe 02-82 que el río Quiscab es una Subcuenca que drena hacia el lago de Atitlán y posee 100 km² de área y recorre unos 22.25 km de longitud. Este río anualmente posee un caudal medio de 1.91 m³/s (CONAP, 2007).

Dado que la microcuenca vierte sus agua en la parte alta de la cuenca del río Motagua, se revisó la tesis titulada, Determinación de la áreas de principales de recarga hídrica natural en la microcuenca de río Sibacá, Chinique; este estudio siguió como metodología la generación de mapas temáticos para finalmente definir unidades de muestreo las cuales se usaron para establecer las zonas de recarga hídrica de la microcuenca. Entre los resultados se reporta que la microcuenca del río Sibacá posee un producción anual de 16₁ 194,945.01 m³ lo que indica zonas de recarga altas pero que no llegan a hasta el acuífero profundo debido al material geológico no fracturado de la región (Noriega, 2005).

Uno de los aspectos más relevantes del recurso hídrico y que se debe tomar en cuenta es la calidad del agua para consumo humano, para esto se utilizan índices de calidad por tal

razón, durante el periodo de abril 2012 a enero 2013 se realizó un estudio de índices de calidad de agua del río Cucabaj en el municipio de Santa Cruz del Quiché y la influencia en los costos de potabilización del agua. En dicho estudio se estableció que este río posee un caudal que oscila 0.009 a 0.1004 m³/s durante el año. Mientras que en la parte de calidad de agua se estableció que el índice de contaminación ICA, el cual va de media a buena según la escala propuesta por NJ Fernández y F. Solórzano, que es citado dentro del estudio. Por lo que finalmente se concluyó que el río Cucabaj presentaba un ICA de contaminado a levemente contaminado para el consumo humano (Aldana & Zacarias, 2014).

El cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos en 1999 realizó una evaluación de recursos de agua en Guatemala en el apartado de condiciones del agua por departamento, se hace mención del río Tzepelá que forma parte del área de captación del río Motagua, cuya ubicación es adyacente a los municipios de Chichicastenango y Santa Cruz del Quiché. El río Tzepelá presenta una producción de agua superficial que se considera pequeña con valores que van de mayor o igual a 1 a 10 m³/s de mayo a octubre moderada mientras que en marzo y abril las cantidades se vuelven muy pequeñas 0.1 a 1 m³/s. En cuanto al agua subterránea se concluyó que debido a encontrarse en bajo rocas ígneas y metamórficas se debe hacer reconocimiento específico de las áreas para poder evaluar la producción de agua y la calidad (SOUTHCORP, 2000).

A. Cuenca hidrográfica

Es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar. Este es un ámbito tridimensional que integra las interacciones entre la cobertura sobre el terreno, las profundidades del suelo y el entorno de la línea divisoria de las aguas (World Vision, 2001).

Villón (2002) la describe como un “área donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua (...) también explica que cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de su recorrido”.

Cuenca hidrográfica es el territorio en que las aguas convergen hacia los puntos más bajos los cuales se unen a una corriente resultante o bien a un río principal que las evacua hacia un lago, mar u océano. Sus límites suelen coincidir con líneas de cimas de montañas que marca la divisoria de las aguas (Herrera, 2014b).

Las cuencas hidrográficas se deben entender como sistemas por lo que:

1. En la cuenca hidrográfica existen entradas y salidas.
2. En la cuenca hidrográfica se producen interacciones entre sus elementos.
3. En la cuenca hidrográfica existen interrelaciones (World Vision, 2001).

Características morfométricas de cuenca

a. Corriente Perenne

Es aquella corriente que siempre conduce agua o tiene un caudal en cualquier época del año. Esto es porque el flujo del agua subterránea mantiene una alimentación continua y no desciende el nivel o tirante de agua, por debajo del lecho del río (Herrera, 2014b).

b. Corriente Intermitente

Es aquella que conduce agua en la época de lluvia y se seca en el verano, debido al cese de la lluvia (Herrera, 2014b).

c. Corriente Efímera

Es aquella que se presenta durante o después de una lluvia, la cual se presenta en zanjones, hondonadas y surcos (Herrera, 2014b).

Aspectos lineales

a. Perímetro de la cuenca

Se refiere al borde de la cuenca proyectada en un plano horizontal que por lo general es de forma irregular (Villón, 2002).

Se define con curvímetro pasándolo por la línea del parte aguas de la cuenca o bien con un hilo, esto dependiendo de la escala en la cual se trabaje (Herrera, 2014).

b. Orden de corrientes

Es la clasificación de los ríos, según las ramificaciones que el cauce principal tenga a lo largo de su curso.

Un riachuelo puede tomarse como orden uno pues no presenta ramificaciones, así que a medida que se presenta ramificaciones va adquiriendo un nuevo orden (Herrera, 2014b).

El orden de una cuenca hidrográfica será el número de orden del cauce principal. (Herrera, 2014b).

c. Grafica Log Nu y u.

Es una relación que se utiliza para determinar si los órdenes de las corrientes y los números de cada uno se definieron correctamente.

Se plotea en escala logarítmica con el valor del logaritmo del número de corriente el cual va en el eje de ordenadas mientras que en el eje de abscisas el orden de corrientes. El grafico resultante coincide con una recta de sentido negativo (Herrera, 2014b).

Aspectos de relieve

a. Pendiente media de la cuenca (S_c)

La pendiente de una cuenca, tiene una relación compleja con la infiltración, escorrentía superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea a la escorrentía. Controla el tiempo de escurrimiento y concentración de la lluvia en los canales de drenaje y tiene una importancia directa en la relación de la magnitud de las crecidas (Villón, 2002).

b. Método de Horton

Consiste en trazar una malla de cuadrados sobre la proyección planimetría de la cuenca orientándola según la dirección de la corriente principal. Si se trata de una cuenca pequeña, la malla llevará al menos cuatro cuadros por lado, pero si se trata de una superficie mayor, deberá aumentarse el número de cuadros por lado, ya que la precisión del cálculo depende de ello (UNEE, 2007).

Una vez construida la malla, se miden las longitudes de las líneas de la malla dentro de la cuenca y se cuentan las intersecciones y tangencias de cada línea con las curvas de nivel (UNEE, 2007).

$$S_c = \frac{S_x + S_y}{2} * 100$$

$$S_x = \frac{N_x * D}{L_x} \qquad S_y = \frac{N_y * D}{L_y}$$

Nx: número total de intersecciones en x

Ny: número total de intersecciones en y

Lx: Longitud total de la cuadrícula x

Ly: longitud total de la cuadrícula y

D: intervalo entre curvas

c. Pendiente de cauce

La pendiente del cauce principal es la que influye, en la velocidad del flujo del agua así como en el poder que este tenga de erosionar y arrastrar sedimentos (Herrera, 2014).

Es uno de los principales indicadores de respuesta de una cuenca a una tormenta, es la línea que divide el perfil de manera que por encima de ella y debajo de la misma queden áreas iguales la línea apoyada en el punto bajo del perfil (Bateman, 2007).

También sirve de mucho a la hora de proponer trabajos para control de las aguas, puntos de captación y ubicación de posibles centrales hidroeléctricas (Villón, 2002).

i. Método analítico

Se determina de acuerdo a las diferencias de altura entre curvas de nivel y la longitud del cauce principal (Herrera, 2014b).

$$Scp = \frac{\Delta H * 100}{dH}$$

ΔH : Diferencia de nivel entre la curva más alta y la más baja que toca el cauce principal

dH : Longitud o distancia horizontal del cauce principal.

d. Elevación media a de la cuenca.

Parámetro que resulta importante debido a que indica el grado de madurez de la cuenca.

i. Método de la curva hipsométrica

Para trazar esta curva, se sitúa en las abscisas los porcentajes de la superficie de la cuenca, que se encuentra arriba de la cota de elevación colocada en las ordenadas.

La curva hipsométrica se construye midiendo con un planímetro el área entre contornos de curvas de nivel de un mapa topográfico representando gráficamente el área acumulada por encima de una elevación, usando de preferencia valores del límite inferior de elevación (Herrera, 2014b).

De acuerdo con Strahler, 1952 citado en (Quezada , Cerda, & Jensen, 2010).

La curva hipsométrica se utiliza para “deducir la etapa evolutiva de la geomorfología de la cuenca (...) una curva convexa representa una cuenca que tiene una proporción de su superficie situada a altitudes elevadas por lo que le corresponde un paisaje juvenil (...) la curva convexa da cuenta de la influencia de los factores tectónicos, climáticos y litológico sobre la evolución de la cuenca los cuales tienen un predominio sobre los procesos de erosión”.

e. Tiempo de concentración

El tiempo que tarda el flujo superficial en contribuir al caudal de salida, desde el punto más alejado hasta la desembocadura de la cuenca (Gaspari, F. et al, 2012).

Según Kirpich (citado por Herrera 2014a) el tiempo de concentración es:

$$T_c = \frac{0.0195 * L^{1.155}}{H^{0.385}}$$

Donde:

L: longitud del cauce principal (m)

H: Diferencia de nivel entre los puntos extremos que tocan el cauce principal (m)

Aspectos de relieve

a. Área de la cuenca (A_k)

Indica la superficie del área drenada, desde donde nace el cauce principal hasta donde se encuentra la estación medidora de caudal (aforo) o la desembocadura de otra corriente o mar (Herrera, 2014b).

b. Relación de forma (R_f)

Horton, sugiere un factor adimensional para la forma de la cuenca, según la ecuación:

$$R_f = \frac{A_k}{L_c^2}$$

Donde:

A_k : área de la cuenca

L_c : longitud del cauce principal desde el nacimiento del cauce hasta la salida de en la cuenca.

Por lo regular las cuencas alargadas tienen relaciones de forma menores de 0.3. La forma de la cuenca tiene importancia debido a que muestra la cantidad de escurrimiento que pasa por una misma área y una misma intensidad de lluvia (Herrera, 2014b).

Si una cuenca tiene un valor de R_f mayor que otra, existe mayor posibilidad de tener una tormenta intensa simultánea, sobre toda la extensión de la cuenca. Por lo contrario si la cuenca tiene un R_f menor tiene menos tendencia a concentrar las intensidades de lluvias, que una cuenca de igual área pero con un R_f mayor (Villón, 2002).

c. Coeficiente de compacidad

Es la relación entre el perímetro P de la cuenca y la longitud de la circunferencia de un círculo de área A igual al de la cuenca (Herrera, 2014b).

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

P : perímetro de la circunferencia de área igual a la curva

A : área de la cuenca

El grado de aproximación de este índice a la unidad (1) indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escorrentía siendo más acentuado cuanto más cercano sea a la unidad, lo cual quiere decir que entre más bajo sea K_c , mayor será la concentración de agua (Instituto Nacional de Ecología, 2004), (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clases de valores de compacidad

Clases de valores de compacidad	
Rangos de K_c	Clases de compacidad
< 1.25	Redonda
1.25 – 1.5	Oval redonda - oval oblonga
1.5 – 1.75	Oval oblonga – rectangular oblonga

Fuente: Instituto Nacional de Ecología, 2004.

Para cuencas alargadas se espera que K_c sea mayor a 1, por lo que se reduce la probabilidad de que sean cubiertas en su totalidad por una tormenta, teniendo influencia en la respuesta del río en el drenaje del agua en exceso (Villón, 2002).

d. Densidad de drenaje.

Este índice permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. En general una mayor densidad de escurrimientos indica mayor estructuración de la red fluvial, o bien que existe mayor potencial de erosión (Instituto Nacional de Ecología, 2004).

Esta es indicativa de la relación entre la infiltración y la escorrentía.

La densidad de drenaje refleja la facilidad que presenta una cuenca para evacuar las aguas que provienen de la precipitación y que se quedan en la superficie (Herrera, 2014b).

La densidad de drenaje se calcula dividiendo la longitud total de las corrientes de la cuenca por el área total que las contiene (Herrera, 2014b), (Cuadro 3).

$$D = \frac{La}{Ak}$$

D : densidad de drenajes

La : longitud acumulada de corrientes

Ak : área de la cuenca

Cuadro 3. Clases de densidad de drenaje

Clases de densidad de drenaje	
Rangos de densidad	Clases
1.1 – 1.8	Baja
1.9 – 3.6	Moderada
3.7 – 5-6	Alta

Fuente: Instituto Nacional de Ecología, 2004.

B. Precipitación

a. Método de las Isoyetas

El método de las isoyetas determina las líneas de igual altura de precipitación. En todo el plano y después se calcula el área entre isoyetas y se determina así la precipitación caída entre estas (Bateman, 2007).

Este método es el más exacto para lograr determinar la precipitación en todas las zonas de la cuenca, pero debe contarse con suficientes estaciones meteorológicas para que logré mostrar el comportamiento de la precipitación sobre la cuenca (Villón, 2002).

C. Escurrimiento

El escurrimiento es la parte de la precipitación que fluye sobre el terreno que va a partes subterráneas y eventualmente hacia mares u océanos.

La medición del escurrimiento de un río, es el dato básico empleado en la mayoría de los casos que se van a planear o proyectar obras en alguna cuenca (Herrera, 2014b).

a. Escurrimiento superficial

Flujo o escurrimiento superficial es el que proviene de la precipitación no infiltrada y que escurre sobre la superficie del suelo. La parte de la precipitación total que da lugar a este escurrimiento, se denomina precipitación en exceso (Villón, 2002).

Factores que intervienen en el escurrimiento

Factores climáticos: Intensidad y duración de la precipitación, precipitaciones previas. Así como la forma y tipo de precipitación y la distribución de las lluvias sobre la cuenca (Villón, 2002).

Factores fisiográficos: Área, permeabilidad del suelo, elevación y pendiente de la cuenca, tipo y uso del suelo (Villón, 2002).

D. Caudal

En hidrología, es volumen de escorrentía superficial que pasa en el área transversal del cauce de un río en un tiempo determinado (Herrera, 2014b).

E. Aforo

Determinar a través de mediciones, el caudal que pasa por una sección dada y un momento dado (Villón, 2002).

a. Secciones de control de aforo

Es el punto donde se efectúa la medición del caudal, en una sección transversal del río, una sección control de una corriente se define con aquella en la que existe una relación única entre el tirante y el gasto.

Además debe cumplir con ciertas características importantes como:

1. Accesibilidad
2. Estabilidad en la ubicación de aforo, es decir, un punto donde no exista sedimentación o erosión.
3. Conformación y permeabilidad en el suelo para que no exista flujos su superficiales o subterráneos o ambos.
4. Velocidad del río, que no sea menor a 0.1 ni mayor a 2.5 m/s (Herrera, 2014b).

b. Métodos de aforo.

i. Pendiente hidráulica

Es más correcto llamarlo método de sección y pendiente hidráulica, ya que utiliza los conceptos de área hidráulica y perímetro mojado, que tiene la corriente para calcular la velocidad (Herrera, 2014a).

Está basada en la ecuación de conservación de la energía. Todo depende de la calidad del tramo en cuestión. Se buscan tramos uniformes y aplicar la hipótesis de flujo normal (Bateman, 2007).

La velocidad de la corriente será la que define Manning (SAGARPA, 2011) en la siguiente ecuación:

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde

n = coeficiente de rugosidad de Manning (valores para corrientes naturales en cuadro 4.)

S = pendiente del tramo donde se hará el aforo, la pendiente del cauce S

R = radio hidráulico

De la ecuación de continuidad se calcula:

$$Q = V * A$$

Anteriormente se definió V, por lo que A, resulta ser el área hidráulica de la sección de aforo (SAGARPA, 2011).

Por lo que el caudal será

$$Q = A/n * R^{(2/3)} * S^{(1/2)}$$

Q: caudal del punto de aforo

A: área de la sección donde se toma el aforo

n. coeficiente de rugosidad según Manning

R: radio hidráulico de la sección de aforo

S: pendiente del cauce

Cuadro 4. Valores del coeficiente de rugosidad (n) de Manning para cauces naturales

TIPO DE CANAL	mínimo	medio	Máximo
Cursos menores (Ancho Superficial < 30 m)			
A) de llanuras o planicies (BAJA PENDIENTE)			
Limpios, rectos, a capacidad plena sin vados o charcas profundas.	0.025	0.03	0.33
Idem, con más piedras y malezas.	0.033	0.035	0.04
Limpio, con curvas, algunas pozas y banco de arena.	0.035	0.04	0.045
Idem, con algo de maleza y piedras.	0.04	0.045	0.05
Idem, a niveles bajos y secciones y pendientes irregulares.	0.045	0.048	0.055
Idem anterior pero más pedregosa.	0.05	0.05	0.06
Tramos descuidados con maleza, pozas profundas.	0.075	0.07	0.08

Tramos con mucha maleza, pozas profundas o cauces de crecida con árboles y arbustos.		0.1	0.15
B) DE MONTAÑA (alta pendiente), sin vegetación en el canal, riberas usualmente empinada, árboles y arbustos sumergidos a lo largo de las riberas.			
Fondo: grava, ripio, y pocos bolones.	0.03	0.04	0.05
Fondo: ripio y grandes bolones.	0.04	0.05	0.07
Planicies de inundación.			
A) PASTIZALES, SIN MATORRALES			
Pasto pequeño	0.025	0.03	0.035
Pasto alto	0.03	0.35	0.05
B) ÁREAS CULTIVADAS			
Sin cosechas	0.02	0.03	0.04
Cultivos crecidos, y plantaciones en surcos.	0.025	0.035	0.045
Cultivos crecidos, plantaciones a campo traviesa.	0.03	0.04	0.05
C) MATORRALES			
Matorrales dispersos, grandes malezas.	0.035	0.05	0.07
Pocos matorrales y árboles, en invierno.	0.035	0.05	0.06
Pocos matorrales y árboles, en verano	0.04	0.6	0.8
Mediana a gran cantidad de matorrales, en invierno.	0.045	0.07	0.11
Mediana a gran cantidad de matorrales, en verano.	0.07	0.1	0.16
D) ÁRBOLES			
Sauces densos, en verano, rectos. A	0.11	0.15	0.2
Tierra despejada con postes o troncos de árboles, sin brotes.	0.03	0.04	0.05
Idem, con gran cantidad de brotes o ramas.	0.05	0.06	0.08
Troncos o postes, pocos árboles caídos, pequeños cultivos, nivel de crecida bajo las ramas.	0.08	0.1	0.12
Idem, pero el nivel de crecida alcanza las ramas.	0.1	0.12	0.16

Fuente: SAGARPA, 2011.

F. Evapotranspiración

Es el llamado uso consuntivo de cualquier cultivo y es el resultante de la sumatoria de la evaporación del suelo y la transpiración de las plantas que combinados dan como resultado la evapotranspiración (Herrera, 2014b).

Aunque estos dos fenómenos tienen orígenes distintos ambos conducen al mismo resultado, el cual es la pérdida de humedad del suelo.

Esta se expresa en términos de altura por lo que se le indica en mm, lo cual indica la capa de agua que se formaría si no existiera evapotranspiración (Herrera, 2014b).

El cálculo de la evapotranspiración recomendado para la región centro americana es el propuesto por el investigador Hargreaves (Herrera, 2014b).

Para este método, se debe contar con información como la temperatura mensual en grados Fahrenheit, la radiación solar mm/día, (Cuadro 5), humedad relativa para conocer el brillo solar de una zona en específico.

La ecuación que define la evapotranspiración potencial mensual es la siguiente:

$$ETP = 0.0075 * TMF * RSM \text{ mm/mes}$$

Siendo: RSM

$$RSM = 0.075 * RMM * S^{1/2}$$

RMM: radiación mensual extraterrestre

(RMM= RS * Días en el mes)

RS, radiación solar

S: Brillo solar mensual en % (1 - 100)

$$S = K_s * (100 - HR)^{1/2}$$

Ks es constante con valor de 12.5

HR humedad relativa en %

Cuadro 5. Valores medios mensuales de radiación solar extraterrestre (mm/día)

Enero	Febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
12.18	13.42	14.78	15.76	16.05	16.048	16.06	15.94	15.29	13.99	12.55	11.79

Fuente: valores adaptados para la latitud norte 15.5, tomado de Herrera, 2014b.

G. Infiltración

La infiltración es el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno en el suelo (Herrera, 2014a).

a. Capacidad de infiltración

Es la capacidad máxima con que un suelo en una condición dada puede absorber agua (Herrera, 2014a).

b. Método de Porchet

Este método consiste en excavar en el suelo un agujero cilíndrico de radio R el cual se llena con agua hasta la altura h , e inmediatamente se empieza a tomar un intervalo de tiempo suficientemente pequeño para que pueda medirse el descenso del nivel de agua, hasta la saturación del suelo y de esta manera pueda suponerse constante la capacidad de infiltración (f) (Herrera, 2014b).

Para obtener f , se debe medir los pares de valores de altura y tiempo de forma que t_2 y t_1 no difieran demasiado y se entre con los valores de radio del pozo o agujero, tiempos y altura (Herrera, 2014b).

$$F = \frac{R}{2(t_2 - t_1)} * \ln \frac{2h_1 + R}{2h_2 + R}$$

R. radio del agujero

H: altura del agujero al momento de medir

t. tiempo transcurrido entre una altura u otra

H. Balance hídrico.

Es el balance de agua basado en el principio, que durante un cierto intervalo de tiempo la masa de agua que ingresa a la cuenca debe ser igual a la salida total del agua más la variación del almacenamiento (Herrera, 2014a).

En la caracterización de un balance de agua en el suelo debe considerarse el factor climatológico y la respuesta del acuífero, el suelo y la vegetación (Samper et al, 1997 en Garcia y Schulz 2015).

El flujo del agua en el suelo pasa por distintas fases las cuales en un balance hídrico se distribuyen como sigue, una parte de lo precipitado (P) puede ser interceptado por la vegetación y el resto se distribuye entre escorrentía superficial (Es) e infiltración (I). Del agua infiltrada, parte se pierde por evapotranspiración (ETR), otra parte se utiliza para aumentar la reserva de agua en el suelo, y el resto constituye la recarga en tránsito (Pe). La descarga subterránea (Qs) es la salida natural hacia los arroyos o manantiales (Samper et al, 2005 en García y Schulz 2015).

Por su parte Schosinsky (2006), plantea el cálculo del balance del agua que puede recargar al suelo tomando en cuenta la infiltración de cada suelo presente en la cuenca de estudio. Además del dato de infiltración se hace necesario conocer el tipo de cobertura vegetal del suelo, la profundidad de las raíces extractoras del agua, la capacidad de campo, el punto de marchitez permanente, la evapotranspiración potencial y la humedad del suelo inicial.

I. Calidad de agua

a. Agua potable

Es el tipo de agua que cumple con las normas establecidas por el Comité de Guatemala para la Normalización - COGUANOR -, y cumple con las especificaciones para ser consumida por los seres humanos. Por lo que se han establecido los valores límites máximos aceptables y permisibles tanto para las propiedades físicas las químicas y bacteriológicos (Comisión Guatemalteca Nacional de Normas, 1985).

El límite máximo aceptable, es la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua puede ser rechazable por quien la consume esto desde el punto de vista sensorial puesto que no implica daño a la salud de quien consume (COGUANOR, 1985).

El límite máximo permisible, es la concentración de cualquier característica agua, arriba del cual agua no es adecuada para consumo humano (COGUANOR, 1985).

Los Cuadros 6 y 7 muestran las características admitidas para Guatemala en cuanto a agua considerada potable.

Cuadro 6. Características físicas y sus límites máximos para agua potable.

Características	LMA	LMP
Color	5,0 u	35.0 u (1)
Olor	No rechazable	No rechazable
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT	15.0 UNT (2)
(1) Unidades de color en la escala de platino – cobalto (2) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados.		

Fuente: COGUANOR, 1985

Cuadro 7. Características químicas y sus límites máximos para agua potable.

Características	Límite máximo aceptable	Límite máximo permisible
Cloro residual libre (1) (2)	0.5 mg /L	1.0 mg/L
Cloruro (Cl)	100.000 mg/L	250.00 mg/L
Conductividad	---	< 1500 μ S/cm
Dureza total (CaCO ₃)	100.000 mg/L	500 mg/L
Potencial de hidrógeno (3)	7.0 – 7.5	6.5 – 8.5
Sólidos totales disueltos	500.00 mg/L	1000.00 mg/L
Sulfato (SO ₄)	100.00 mg/L	250.00 mg/L
Temperatura	15 °C – 25 °C	34 °C
Aluminio	0.050 mg/L	0.1 mg/L
Calcio	75.00 mg/L	150.00 mg/L
Cinc	3.000 mg/L	70 .00 mg/L
Cobre	0.050 mg/L	1.5000 mg/L
Magnesio	50.000 mg/L	100.00 mg/L
(1) El límite máximo aceptable, seguro y deseable de cloro residual libre, en los puntos más alejados del sistema de distribución es de 0.5 mg/L, después de por lo menos 30 minutos de contacto, a un pH menor de 8.0, con el propósito de reducir en un 99% la concentración de <i>Escherichia coli</i> y ciertos virus. (2) En aquellas ocasiones en que amenacen o prevalezcan brotes de enfermedades de origen hídrico, el residual de cloro puede mantenerse en un límite máximo permisible de 2.0 mg/L, haciendo caso omiso de los olores y sabores en el agua de consumo. Deben tomarse medidas similares en los casos de interrupción o bajas en la eficiencia de los tratamientos para potabilizar el agua (3) En unidades pH.		

Fuente: COGUANOR, 1985

b. Características bacteriológicas

La norma COGUANOR estipula un número permisible de microorganismos coliformes y fecales en términos de porciones normales de volumen y del número de porciones que examina por lo cual depende de cada método de análisis que el resultado sea o no apta para el consumo humano (COGUANOR, 1985).

c. Prueba de 15 tubos

Se examinan 5 tubos en porción de 10 mL, 5 en porción 1 mL y 5 tubos en porción de 0.1 mL, la ausencia de producción de gas indica como número más probable NMP de 2.0 de

coliformes en 100 mL de agua y se interpreta como que esta muestra aislada satisface la norma de calidad de agua y el agua es adecuada para el consumo humano (COGUANOR, 1985).

d. Método membrana de filtración

Se examina 100 mL de agua, se acepta como límite una colonia de coliformes totales y ausencia de *Escherichia coli* en 100 mL de agua. La ausencia de coliformes totales se interpreta como que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para el consumo humano (COGUANOR, 1985).

Para confirmar la presencia de *E. coli*, se obtiene al realizar una prueba con el indicador rojo de metilo y obteniendo resultado positivo (COGUANOR, 1985).

e. Calidad de agua para riego

Israelsen (1979) menciona que “la calidad de agua resulta decisiva, no solo para los usos domésticos, sino también para el riego, la demanda de agua de riego es mayor en algunas regiones comparado con otras y es allí donde se llega a utilizar toda el agua disponible para este fin por lo que se va alcanzando el punto de saturación de la expansión de los regadillos. Al acercarse al punto de saturación se cae en la utilización de agua salobres las cuales pueden repercutir en las cosechas y pérdidas de dinero por parte del productor” (Israelsen, 1979).

El autor reconoce también que “la presencia de ciertas sales en el agua puede ser inocuas mientras que pueden aportar al crecimiento de las plantas” (Israelsen, 1979).

El agua de riego de elevado contenido en sodio, al cabo de cierto tiempo, dará origen a un suelo muy rico en sodio reemplazable en el coloide y que suele denominarse álcali negro, incluso los suelos arenosos con buen drenaje las aguas que poseen un 85% o algo más de sodio son capaces de transformar el suelo en impermeable después de una prolongada utilización (Israelsen, 1979).

La clasificación estándar del Salinity Laboratory para las agua de riego describe las tres diferentes clases.

Clase 1: aguas excelentes a buenas, pueden ser empleadas en todas las plantas y en todas las condiciones de manejo.

Clase 2: aguas buenas a perjudiciales, son dañinas a los cultivos más sensibles a la salinidad.

Clase 3: aguas perjudiciales a absolutamente dañinas (Israelsen, 1979).

García (2012), menciona que los problemas más resultantes en el uso del agua para riego tiene que ver con la salinidad, alcalinidad, infiltración del agua en el suelo, toxicidad de los iones que existan en el agua aunque también pueden darse algunas combinaciones entre los anteriores problemas los cuales podrían tener un efecto en la calidad del agua.

f. Relación de absorción de sodio

La relación de adsorción de sodio RAS es uno de los índices más difundidos para medir el peligro de sodificación que presenta el agua de riego, además de ellos está correlacionado con el porcentaje de sodio intercambiable del suelo que está en equilibrio con el agua de riego. De acuerdo con esto, entre mayor sea el valor de la RAS, es de esperarse un mayor valor del porcentaje de sodio intercambiable (PSI) del suelo y un mayor peligro de sodificación del mismo (Contreras, 2009).

Es necesario aclarar que el porcentaje de sodio intercambiable se refiere al grado en el cual el complejo de adsorción de un suelo es ocupado por el sodio (Contreras, 2009).

La salinidad en el agua puede provenir de:

- El agua que es recogida en las divisorias de agua con un alto contenido de sales alcalinas en los suelos y en las rocas.
- Las formaciones rocosas muy impregnadas de sales alcalinas, por las cuales se atraviesa los ríos.
- Las cantidades de agua de infiltración y desagües de las tierras susceptibles a riego que llegan a las partes bajas de los cauces y ríos (Israelsen, 1979).

g. Muestreo de aguas

Las muestras de agua pueden provenir tanto de fuentes superficiales como de subterráneas por lo que dependiendo del tipo de fuente se debe definir la forma de realizar el muestreo.

El Instituto técnico agropecuario INTA (2011) recomienda que “cualquiera que sea la fuente de agua, previo a la toma de muestra de agua se enjuagará el envase por lo menos 2 o 3 veces con el agua a muestrear”, en cuanto al procedimiento para muestrear ríos y/o canales el Cuadro 8 muestra la forma de realizarlo.

Para muestras tomadas de agua superficial provenientes de agua en constante movimiento, la muestra deber ser tomada en donde el agua se mantenga en constante circulación por lo que no es recomendable tomarla en lugares donde se estanque el agua. Además de ello si se trata de muestreos periódicos es necesario que se tome siempre en el mismo lugar (INTA, 2011).

Cuadro 8. Selección del punto de muestreo y procedimiento.

Fuente de agua	Punto de muestreo	Procedimiento
Ríos y canales	En el centro, tanto horizontal como verticalmente, de la toma hacía al predio	Sumergir el envase y llenarlo con la muestra evitando la extracción de la película superficial

Fuente: adoptado de Sadzawka R, .A., 2006.

h. Acondicionamiento y transporte de muestras.

En general se recomienda el uso de hielo o bien un refrigerador a 4° C. (Sadzawka, 2006).

No se recomienda el uso de hielo seco, debido a que podría afectar el valor de pH de la muestra. El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA, sugiere que la conservación en hielo de la muestra, inhibirá las trasformaciones de los iones de nitrito y nitrato por la acción bacteriana. Además deben de resguardarlas de la luz. (Sadzawka, 2006).

J. Manejo integrado de cuenca

Es un tipo de planificación de los recursos donde no solo se trabaja en base al recurso hídrico sino que considera e incluye otros recursos existentes en la cuenca. Esta tendencia hace posible que se maneje a la cuenca tanto en función de lo que hay dentro como de la influencia y el efecto que tiene lugar fuera de ella (OEA 1978 citado en Andino 2005).

a. Análisis multiobjetivo

“Los métodos de análisis multiobjetivo tratan de identificar la mejor o las mejores soluciones, considerando múltiples objetivos simultáneamente. Generalmente, la solución al problema estará constituida por distintas soluciones, las cuales serán sometidas a la estructura de preferencias del decisor” (Perpiñan, 2013).

En materia de aprovechamiento de los recursos naturales, y en especial, del recurso hídrico, los problemas de toma de decisiones se tornan sumamente complejos y exigen una visión integral del problema global, en lugar de pensar en soportar las decisiones asociadas a estos problemas con base en un solo objetivo (Smith, et al., 2005 citado en Perpiñan, 2013).

b. Método de promedios ponderados.

En la búsqueda de la alternativa al problema intenta plantear una que posea la mayor calificación o valor multiobjetivo. Considera las funciones objetivos indiferentes para todos los objetivos y los relaciona mediante una regla de agregación tipo sumatoria. (Perpiñan Guerra, 2013).

2.3 MARCO REFERENCIAL

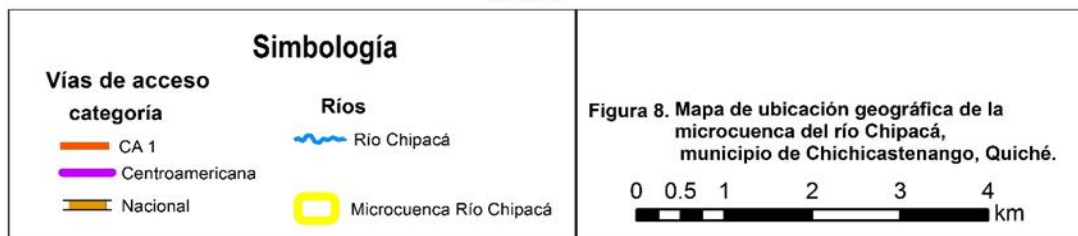
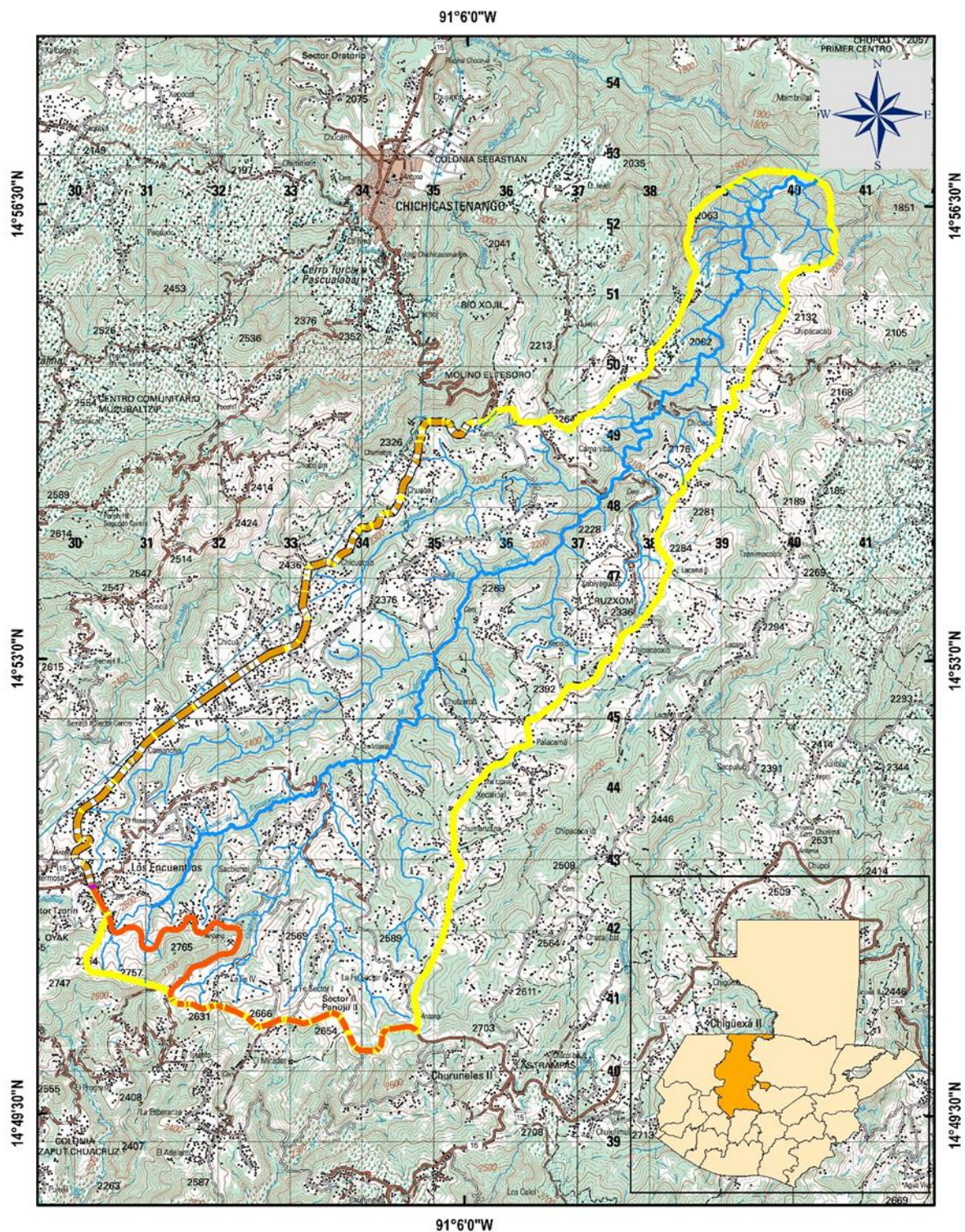
2.3.1 Ubicación geográfica

La microcuenca del río Chipacá se encuentra en el municipio de Santo Tomás Chichicastenango el cual se encuentra a 144 km de la Ciudad Capital de Guatemala. Dentro de las coordenadas latitud de 14° 56' 30" y longitud de -91° 06' 42" (SEGEPLAN, 2010).

2.3.2 Vías de acceso

Para llegar se recorre la carretera Interamericana CA-9, a la altura del kilómetro 127 en el lugar denominado Los Encuentros, se desvía hacia la derecha por la carretera Nacional No. 15 la cual conduce hacia el municipio de Chichicastenango (De León y De León, 2010), (Figura 8.).

También existe una red de caminos de terracería que dan acceso a la microcuenca. Siendo uno de ellos en el cantón Chicúa II a la altura del Km 133.5, en el lugar denominado La vuelta del Km 140 ruta a Chichicastenango, también el cantón Chumanzana a la altura del Km 118 de la carretera Interamericana (SEGEPLAN, 2010).



2.3.3 Centros poblados

De los 86 cantones que conforman el municipio de Chichicastenango, los cantones que son abarcados por la microcuenca del río Chipacá, se muestran en la figura 9.

Y son los siguientes: Quiejel, Camanibal, Chicúa I y Chicúa II, Camanchaj, Río Camanibal, Chuabaj, Xabillaguach, Chutzorop I, Chutzorop II, Chutzorop III, Sacbichol, Chontala, Xecojá, Chipacá I (De León y De León, 2010).

Parte de la microcuenca se encuentra dentro de la jurisdicción del municipio de Sololá, estas comunidades son: Los Encuentros, El Rosario, La Fé, El Encanto y Sacbochol (CONAP, 2007).

**Centros poblados dentro de la microcuenca Río Chipacá
Chichicastenango, Quiché.**

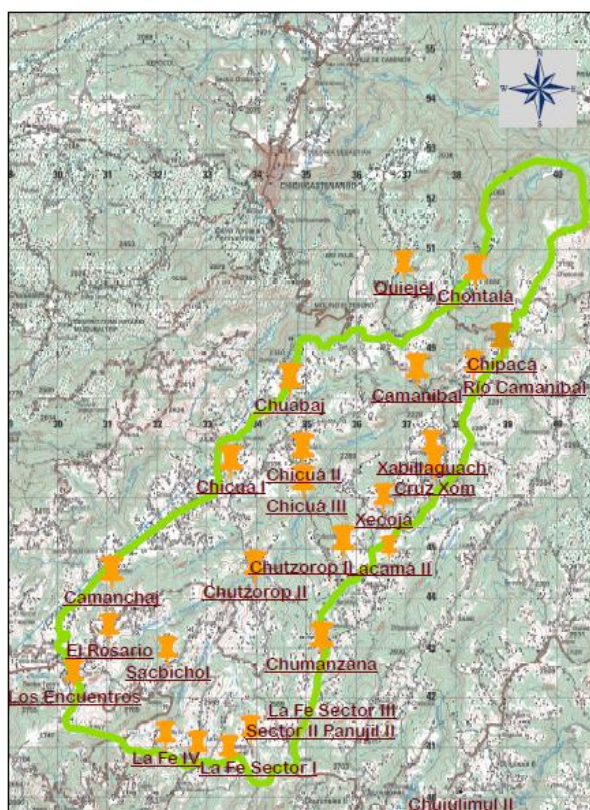


Figura 9. Centros poblados dentro de la microcuenca del río Chipacá.

A. Demanda de agua

La población dentro de la microcuenca del río Chipacá se distribuye entre dos distintos municipios del país estos son Chichicastenango y Sololá. Dieciséis cantones pertenecen al municipio de Chichicastenango mientras que cinco de ellos pertenecen al lado norte del municipio de Sololá, es conveniente mencionar que las comunidades que pertenecen a Sololá forman el parte aguas entre la cuenca del Motagua y del lago de Atitlán.

El modelo aplicado para la proyección de la población a 10 años es el modelo de Malthus:

$$P = P_0 e^{kt}$$

P: población al final del periodo de 10 años.

P₀: población inicial tomando como base el censo de población 2002 del INE.

k: índice de crecimiento de los departamentos de Quiché y Sololá reportados por INE

t: periodo de 10 años (2017-2027)

Los resultados proyectados para el crecimiento poblacional para el año 2027, se observan en el Cuadro 9, y se detallan por centro poblado.

Cuadro 9. Población dentro de la microcuenca para el año 2017 y proyección para 10 años.

Centro Poblado	Habitantes 2017	Estimación 2027
1 Chicua II	2760	4117
2 Chipaca I	4100	6116
3 Chutzorop I	3150	4699
4 Chutzorop III	1108	1653
5 Sacbichol	2490	3715
6 Rio Camanibal	720	1074
7 Chuabaj	3020	4505
8 Chutzorop II	4200	6266
9 Lacama II	2160	3222
10 Quiejel	2606	3888
11 Camanibal	1815	2708
12 Chicua I	4135	6169
13 Camanchaj	3845	5736
14 Xabiyaguach	600	895
15 Xecoja	2055	3066
16 Chumanzana	2275	3394
17 Los Encuentros	5041	7520
18 La Fé	1465	2186
19 El Rosario	1127	1681
20 Sacbochol	620	925
21 El Encanto	553	825
Total	49845	74360

Fuente: elaborado con base a datos del censo 2002 del INE y Planes Integrales Comunitarios.

El cuadro anterior presenta los datos de cantones y/o comunidades y sus respectivas poblaciones las dieciséis de Chichicastenango y cinco de Sololá, en los primeros nueve cantones del cuadro el programa PAISANO - SCI posee cobertura, por lo que los datos de población mostrados son actualizados los cuales están plasmados dentro Plan Integral Comunitarios que se manejan en cada comunidad.

Los restantes cantones de Chichicastenango y cinco de Sololá fueron estimados basados en el modelo de Malthus de crecimiento poblacional, por lo que la población inicial se analizó de acuerdo al censo realizado INE en 2002 y la población de ese año. Las tasas de crecimiento utilizadas fueron las proporcionadas por INE para el departamento de Quiché 4 % INE (2014) mientras que para Sololá 2.9 % INE (2013), con esa información determino que la población para 2017 es de 49,845 habitantes.

Para la estimación de la demanda de agua se recomienda la preparación de proyecciones para 5 o 10 años, y pueden o no estar basadas en una simple proyección basada en datos de crecimiento poblacional o bien contemplar modelos complejos (EPA, 1998). Por lo anterior se logró estimar que para 2027 la población de la microcuenca según su tasa de crecimiento esta crecerá hasta los 74,360 habitantes.

Debido al número de habitantes que se espera vivan dentro de la microcuenca, deberán gozar de una dotación entre los 50 L– 100 L, por persona, por día, según lo recomendado por OPS y la OMS (Noack, Sánchez, & Herrera, 2015) para satisfacer la necesidad de la población los sistemas actuales deberá en su conjunto lograr la producción de 2.7 Mm³ y tener capacidad de almacenar otra parte para desarrollar las actividades económicas que se den dentro de la microcuenca.

2.3.4 Aspectos biofísicos

A. Zonas de vida.

a. Bosque húmedo montano bajo subtropical

El relieve es considerado entre plano a accidentado, con precipitación promedio de 1,320 mm al año y biotemperatura entre 13 °C – 17 °C (INSIVUMEH, 2017).

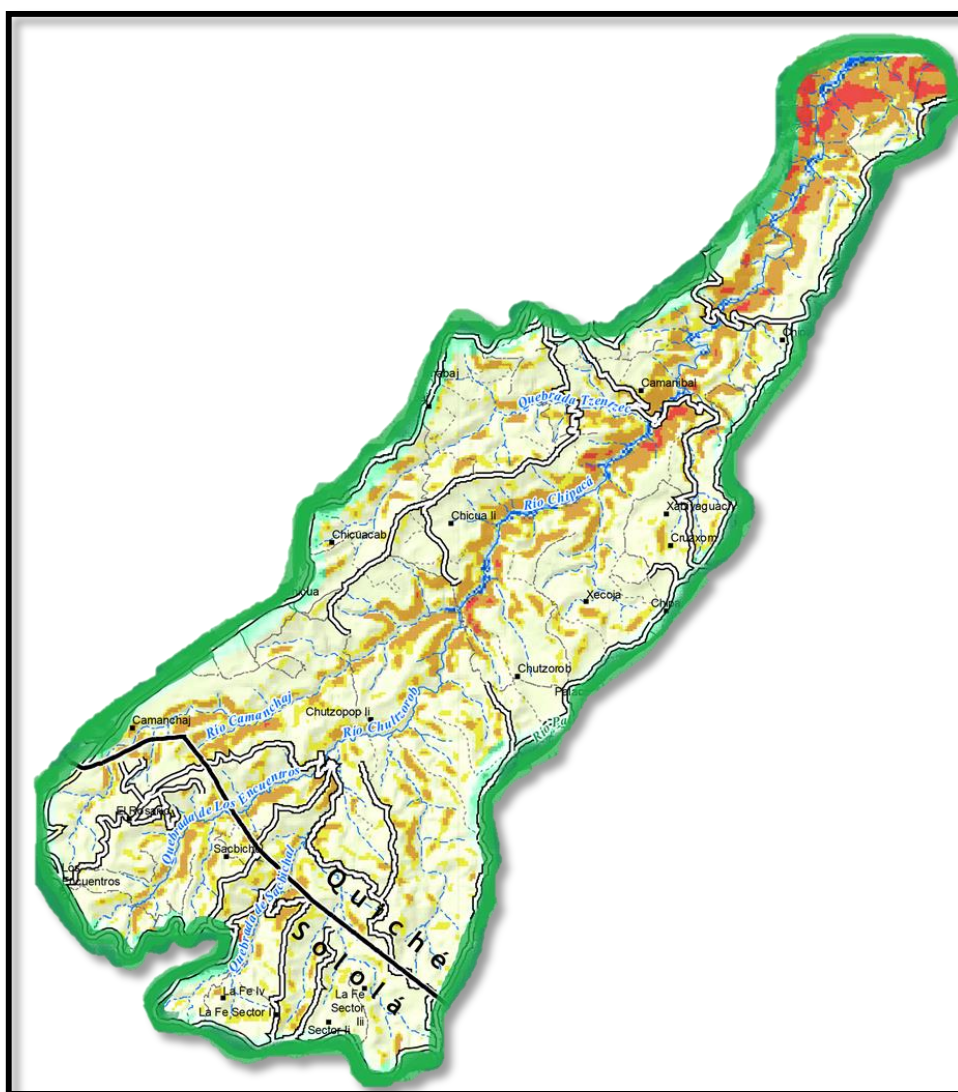
La vegetación natural está representada por rodales de *Quercus* spp., aunque también se encuentra asociado a las especies de *Pinus* sp, como pino triste y pino de ocote, y rodales de aliso *Alnus* sp. (SEGEPLAN, 2006).

El uso recomendado para esta zona es fito-cultural forestal. Por lo que se puede sembrar maíz, frijol, trigo, verduras y frutales como durazno, pera, manzana, aguacate y además del resguardo a las especies forestales (SEGEPLAN, 2006).

B. Hidrografía

La microcuenca en una de 61, que drenan hacia el río Motagua las cuales están dentro del departamento de Quiché (MAGA, 2011). Siendo la corriente principal el río Chipacá, el cual es alimentado por los siguientes ríos y quebradas:

Quebrada Tzentzec, Río Chutzorop, Río Camanchaj, Quebrada Los Encuentros, Quebrada Sacbichol (Comisión Nacional para Reducción de Desastres, 2015), (Figura 10).



Fuente: adoptado de CONRED, 2015.

Figura 10. Recurso hídricos microcuenca Chipacá.

C. Suelos

Los suelos encontrados en el área de la microcuenca del río Chipacá corresponden a cuatro distintas series de suelos mientras que de acuerdo a la taxonomía de suelos estos corresponden a tres órdenes, por lo cual se presenta en el cuadro 10 un comparativo de los suelos predominantes.

Cuadro 10. Cuadro comparativo entre las series de suelos y sus equivalentes con la taxonomía de suelos de Guatemala.

Serie de suelos	Taxonomía de suelos.
Totonicapán Son suelos que vienen de material parental ceniza-volcánica roca, se presenta en relieve de suavemente inclinados a ondulados. Poseen buen drenaje interno. Con color superficial de negro a café muy oscuro. Textura superficial franco – turbosa. 90 cm de profundidad efectiva, pH ácido con valor de 5.95. El riesgo de erosión es alto. El potencial de fertilidad es regular.	Andisol Suelos desarrollados sobre ceniza volcánica que tienen baja densidad aparente (menor de 0.9 g/cc) y con altos contenidos de alófono. Generalmente son suelos con alto potencial de fertilidad y adecuadas características físicas para su manejo.
Camanchá Son suelos que vienen de material parental ceniza volcánica, se presentan en relieves que van desde planicies hasta fuertes ondulaciones. Poseen buen drenaje interno. Con color superficial de café muy oscuro. Textura superficial fina y 150 cm de profundidad efectiva, pH ácido con valor de 6.3. El riesgo de erosión es regular a bajo. Mientras que el potencial de fertilidad es regular a alto.	En condiciones de fuerte pendiente tienden a erosionarse con facilidad. Presenta una alta retención de fosfatos (arriba del 85%), la cual es una limitante para el manejo.
Patzité Son suelos que viene de material parental de ceniza volcánica pomácea, se presenta en relieve de tipo inclinado. Posee buen drenaje interno. Con color superficial de café oscuro. Textura superficial franco arenosa y profundidad efectiva de 75 cm, pH ácido con valor de 6.25. El riesgo de erosión es alto. Mientras que el potencial de fertilidad es regular.	Alfisol Suelos con un horizonte interno que tiene altos contenidos de arcilla con relación a los horizontes superficiales. Los alfisoles son suelos maduros con un grado de desarrollo avanzado, pero que todavía tienen un alto contenido de bases en los horizontes interiores.

	Generalmente son suelos con buen potencial de fertilidad. Los alfisoles que están en relieves ondulados o pendientes mayores, ofrecen muy buen potencial para la producción forestal y para la conservación de recursos naturales. En caso de actividades agrícolas, se requiere de la suplementación de agua, para tener cultivos con más de una cosecha por año.
Serie Quiché Son suelos que provienen de material parental ceniza volcánica pomácea, se presenta en relieves que van desde ondulado a inclinados. Posee buen drenaje interno. Color café oscuro y textura superficial franco. Areno-arcillosa. Con profundidad efectiva de 70 cm. pH ácido con valor de 5.8. El riesgo de erosión es alto, mientras que el potencial de fertilidad es bajo.	Inceptisol Suelos incipientes o jóvenes, sin evidencia de fuerte desarrollo de sus horizontes. Para su manejo adecuado, requieren la aplicación de agua para producción de más de una cosecha de cultivos anuales o de ciclo corto.

Fuente: Tobías & Lira, 2000

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 General

Estimar la capacidad de recarga hídrica potencial de la microcuenca del río Chipacá para su aprovechamiento de manera integral.

2.4.2 Específicos

1. Describir las características morfométricas de la microcuenca para generar información general a cerca de la misma.
2. Cuantificar a través del balance hídrico de suelos la recarga hídrica potencial de la microcuenca.
3. Determinar la calidad físico-química y microbiológica de la corriente principal para uso doméstico y la calidad del agua para riego.
4. Plantear lineamientos de manejo que permitan el uso y conservación adecuados del agua.

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 Descripción de las características morfométricas de la microcuenca del río Chipacá.

A. Aspectos lineales de la cuenca

a. Perímetro de la cuenca

Se estableció el perímetro de la cuenca auxiliándose de un programa para edición de mapa.

b. Orden de corrientes

Luego del trazo de la cuenca y las corrientes se imprimió en papel bond, para a verificar las ramificaciones del cauce y asignarle un orden de corrientes.

c. Gráfica Log Nu y u

Para generar la gráfica se utilizó MS Office versión 13 en donde se ingresó el log10 de las corriente en el eje x y el orden de corrientes en el eje y.

B. Aspectos de superficie

a. Área de la cuenca

Luego del trazado de la cuenca se midió el área que ocupa la cuenca, la unidad de área se trabajó en km².

b. Relación forma

Se calculó según la fórmula de Horton.

La cual pide como datos a proporcionar el área de la cuenca y longitud del cauce.

$$Rf = \frac{Ak}{Lc^2}$$

c. Coeficiente de compacidad

Para medir el coeficiente de compacidad se realizó la medición del perímetro de la cuenca y la longitud de la circunferencia un círculo cuya área sea igual al de la cuenca, a partir de ello utilizar la ecuación siguiente:

$$Kc = 0.28 * \frac{P}{A^{\frac{1}{2}}}$$

d. Densidad de drenaje.

Para definir la densidad de drenaje se midió la longitud acumulada de las corrientes mientras que se comparó con el área de la cuenca, siguiendo lo expresado en la ecuación siguiente:

$$D = \frac{La}{Ak}$$

C. Aspecto de relieve

a. Pendiente media de la cuenca.

Se definió esta característica según el método de Horton utilizando una cuadrícula de 1 cm de espacio entre cada línea debido a la escala de trabajo (1:50,000) y el tipo de relieve.

i. Pendiente del cauce.

Esta característica se midió por el método analítico calculando la diferencia de nivel entre la elevación más alta y más baja dentro del área de la cuenca y la longitud del cauce principal.

ii. Elevación media de la cuenca.

El trazo de la curva hipsométrica para poder definir la elevación media de la cuenca.

iii. Tiempo de concentración.

Este se midió para determinar el riesgo de inundación que pueda haber en la cuenca.

Se utilizó la ecuación propuesta por Kirpich.

$$T_c = \frac{0.0195 * L^{1.155}}{H^{0.385}}$$

2.5.2 Cuantificación de la recarga hídrica potencial a través de balance de suelos.

A. Recorrido por el área de la cuenca

Luego de la delimitación de la cuenca, se realizó un recorrido a lo largo del río Chipacá para identificar el punto de aforo de la cuenca. Dado la dificultad del recorrido del terreno se eligió el punto que se adaptaba más a lo requerido por el método de aforo a utilizar.

B. Prueba de infiltración

Se excavaron siete agujeros con las siguientes características: profundidad 35 cm y diámetro 12 cm, para poder medir la capacidad de infiltración de cada tipo de suelo. Estos siete agujeros se distribuyeron en las diferentes comunidades con intervención del equipo PAISANO de SCI en donde se cedió espacio para realizar dicho muestreo. Este muestreo se consideró en el mapa de unidades de muestreo

C. Aforos

Para el aforo de la corriente permanente, se realizó el procedimiento del método de sección y pendiente hidráulica.

Los pasos que se siguieron en esta medición son:

1. Determinar el área de la sección transversal del cauce en el tramo (A), para ello se definió el ancho del río en m, para luego tomar la profundidad del río a cada 50 cm lo que se consideró como una sección de medición.
2. Medir el radio hidráulico de la sección trasversal (r), para esto se calculó por trigonometría el perímetro de la sección seleccionada.
3. Calcular la pendiente hidráulica del tramo de aforo con un hipsómetro Suunto.
4. Determinar las características del cauce y las condiciones en que se encuentra, con el fin de elegir un coeficiente de rugosidad (n) apoyándose en los valores de referencia del cuadro 4.
5. Determinar la velocidad de la corriente empleando ecuación de Manning.

$$V = \frac{1}{n} * r^{2/3} * S^{1/2}$$

n = coeficiente de rugosidad de Manning

r = radio hidráulico (m)

S = pendiente del lugar donde se hace el aforo.

6. Para finalmente determinar el caudal. $Q = A/V$

D. Cálculo de la precipitación media

Con información climática de las estaciones Chinique de Quiché, El Tablón Sololá ambas del INSIVUMEH, se determinó la precipitación media anual de las estaciones para un período de 10 años (2006 – 2016).

a. Método de las isoyetas

Se utilizó el método de isoyetas para lograr obtener la precipitación media de la cuenca.

La ecuación utilizada:

$$Pm = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} Ai * Pi}{Ak}$$

Ai = área parcial entre isoyetas

Pi= precipitación

Ak = área de la cuenca

E. Cálculo de la evapotranspiración

El cálculo de evapotranspiración se calculó partiendo de la obtención de datos climáticos de temperatura y humedad relativa, de las estaciones meteorológicas utilizadas en el cálculo de precipitación media.

Con el valor de humedad relativa ya promediado, se cuantificó el brillo mensual en %, según la ecuación $S = Ks * (100 - Hr)^{1/2}$

La radiación solar incidente mensual RSM, se calculó luego de obtener la radiación mensual extraterrestre RMM para lo se utilizó los datos que se presentan en el cuadro 5, pues son específicos para cada parte del mundo, para este caso se trabajó con la latitud norte 15.5 que corresponde al centro del país.

Con los datos generados, se obtuvo la evapotranspiración potencial de la cuenca, según la ecuación de ETP, de Hargreaves

$$ETP = 0.0075 * TMF * RSM$$

Donde:

TMF es la temperatura media mensual en °F.

RSM radiación solar incidente mensual

F. Geoformas

Mediante visitas de campo se estableció el mapa de unidades de las distintas geoformas encontradas dentro del área de estudio.

El trazo de estas se realizó auxiliándose de fotos aéreas tomadas por el Google Earth Pro, altura de ojo 3.3 Km y rectificadas con fotos aéreas del 2006 de IGN.

Sé generó un mapa en Arc GIS v10.3, con las distintas geoformas encontradas en la microcuenca, las cuales se nombraron en base a la comunidad desde la que fue observada por lo que no corresponden en si solamente a las comunidades mencionadas dentro de la descripción de cada uno.

G. Cobertura vegetal

A través de las visitas de campo se estableció el mapa de cobertura vegetal existente dentro de la microcuenca, debido a que el equipo de PAISANO – SCI entre la información que generó a través de mapeo comunitario, fue la cobertura/uso del suelo se verifico dichos mapas para establecer la cobertura vegetal reportada en ellos, dado que el mapeo comunitario no cubría el 100 % del área de la microcuenca se realizó fotointerpretación en Google Earth Pro para el resto de área sin información.

Las unidades de cobertura se definieron de acuerdo a la clasificación de nivel de semidetalle en Guatemala escala 1:50,000 que ha sido propuesta por la Unión Geográfica Internacional UGI y modificada para el uso en el país.

H. Unidades de muestreo

Las unidades de muestreo de suelos fueron definidas a partir de la sobre - posición de mapas de acuerdo a las geoformas encontradas así como la cobertura del suelo, siendo estas unidades sujetas a la prueba de Porchet, para definir la infiltración básica diaria.

Las muestras de suelo colectadas fueron enviadas al laboratorio de suelo-planta-agua “Salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía-USAC, en donde se analizó de manera física y química.

I. Balance hídrico de suelos

Se trabajó con una hoja electrónica de Excel pre-establecida, que de manera automática y siguiendo las ecuaciones propuestas por Schosinsky (2006) permite cuantificar la lámina de recarga potencial a acuífero.

A la hoja de Excel se le introdujeron datos de precipitación (mm/mes), evapotranspiración (mm/mes), infiltración del agua al suelo (mm/día), la forma y distribución de la pendiente, cobertura vegetal, densidad aparente del suelo (g/cc), parámetros de humedad del suelo como la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente (mm) de cada unidad de muestreo.

Luego de ello se obtuvo a través de la hoja de cálculo la recarga hídrica potencial por unidad de muestreo, que a su vez se refleja en el mapa de recarga hídrica potencial.

J. Mapa recarga hídrica potencial

Partiendo de las unidades de muestreo y las diferentes áreas que estas ocupan dentro de la microcuenca se procedió a realizar la multiplicación entre las distintas áreas y la recarga potencial encontrada según la unidad de muestreo para definir el volumen de la recarga potencial con la que cuenta la microcuenca y así establecer la clasificación del tipo de recarga.

2.5.3 Determinación de calidad físico-químico/bacteriológico para uso doméstico y riego de la corriente principal

1. Para el mes de junio 2017 se realizó el muestreo de agua con fines de uso doméstico. Para ello se utilizó un galón de agua pura embotellada, para evitar que existirá contaminación por la presencia de algún residuo dentro del contenedor.
2. Durante el proceso de la toma de muestra, se enjuago tres veces el galón con el agua de río Chipacá para luego coleccionar una cuarta vez siendo esta la muestra llevada al laboratorio de calidad de agua, del Área de salud de Quiché, donde fue procesada.
3. Se realizó un segundo muestreo durante el mes de febrero 2018, para verificar la calidad de agua durante la época seca del año, para la toma de la muestra se procedió de igual manera que en el mes de junio.
4. El análisis físico químico fue realizado en la unidad de análisis instrumental, mientras que la muestra para detección de coliformes totales fue procesada por el Laboratorio microbiológico de referencia LAMIR ambos de la facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
5. En el caso de la muestra de agua con fines de riego, esta se tomó en el mes de septiembre, durante este muestreo se utilizó una botella de agua embotellada de 2 litros. Esta muestra se transportó al laboratorio de suelo – planta – agua “Salvador Castillo Orellana” de la facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde fue procesada.

2.5.4 Planteamiento de lineamientos de manejo

1. Realizar análisis con ayuda de la documentación que han puesto a disposición los principales actores institucionales con influencia en la zona en materia de problemática que afecta los recursos naturales de la microcuenca.
2. Dada la labor del programa Nexos locales de USAID, y lo planteado en el plan municipal de adaptación al cambio climático se desea complementar las líneas estrategias propuestas, además de poner atención a los objetivos de plan municipal de desarrollo y la política nacional de gestión de los recursos hídricos.
3. En una matriz se detallan las alternativas que servirán para cumplir con las líneas estratégicas, estas se eligieron tomando en consideración la opinión comunitaria expresada por sus autoridades locales en el taller *“Vinculación de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales con los líderes de la comunidad (COCODE) para la facilitación y la coordinación continua en el cumplimiento de los planes y proyectos comunitarios”* realizado en el mes de septiembre 2017 coordinado por el programa Paisano de SCI.
4. Con el fin de evaluar las alternativas se propone la ponderación de las distintas alternativas para evaluar la adopción de éstas por las familias, comités y COCODES de las comunidades. La escala valorativa será en escalas de 1 a 5 siendo 1 muy baja a 5 muy alta adopción de la práctica (Heredia & Saavedra, 2014), siguiendo también los ocho criterios recomendados por FAO para la selección de prácticas de gestión integral del recurso hídrico y manejo integrado de cuencas.

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.6.1 Determinación de características morfométricas de la microcuenca del río Chipacá.

La microcuenca del río Chipacá, se localiza entre las coordenadas geográficas longitud $-91^{\circ} 03' 19.69''$ latitud $14^{\circ} 56' 39.47''$, administrativamente se encuentra en dos municipios los cuales son Sololá y Chichicastenango.

Cuenta con un área de 45.24 km^2 y perímetro de 39.83 km siendo su parte aguas, las rutas Nacional 15 que conduce desde Los Encuentros del departamento de Sololá hacia Chichicastenango en la parte oeste. Mientras que al lado sur de la microcuenca la ruta CA-1 o bien carretera interamericana, la cual sirve de divisoria de aguas.

Las aguas que recorren la microcuenca drenan de suroeste a noreste directamente a lo que se le conoce como la cabecera de la cuenca del río Motagua; la corriente principal recibe el nombre de Chipacá con una longitud de 15.32 km y es alimentado por los ríos Camanchaj y Chutzorop así como de las quebradas Los Encuentros y Sacbichol, dichas corrientes son de tipo permanente.

En su totalidad la microcuenca posee 157 corrientes, de las cuales 131 son de tipo efímeras y de orden 1, 22 corrientes de orden 2, 4 corrientes de orden 3 las cuales se comportan como intermitentes.

Las principales características morfométricas de la microcuenca del río Chipacá se presentan en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Resumen de las características morfométricas de la microcuenca del río Chipacá.

Aspectos lineales	
Perímetro de la cuenca	39.8378 km
Orden de corrientes	131 corrientes de orden 1
	22 corrientes de orden 2
	4 corrientes de orden 3
	1 corriente de orden 4
Aspectos de superficie	
Área de la microcuenca (Ak)	45. 24 km ²
Relación forma	0.1463
Coeficiente de compacidad	1.6706
Densidad de drenaje	2.63 km/km ²
Aspectos de relieve	
Pendiente media de la cuenca Método de Horton	22.88 %
Pendiente de cauce Método analítico	4.84 %
Elevación media de la cuenca Método curva hipsométrica	2331 m.s.n.m.
Tiempo de concentración	2.42 h.

En cuanto a los aspectos de superficie de la microcuenca es de tipo alargada según la relación forma (Rf) de 0.1463 mientras que el dato de coeficiente de compacidad (Kc) 1.6704, el valor esta entre el rango 1.5 y 1.75 por lo que según la clasificación del Instituto Nacional de Ecología INE, se comporta como una oval oblonga tanto la relación forma y el coeficiente de compacidad influyen en la respuesta de la microcuenca a drenar el agua de lluvia con mayor facilidad pues al tener forma alargada tiende a no concentrar los volúmenes de agua resultado de la precipitación por medio de las corrientes efímeras e intermitentes formadas.

La densidad de drenaje 2.63 km/km^2 por lo que la longitud de las corrientes dentro de la microcuenca hacen que se manifieste una capacidad moderada de drenaje según los valores que proporciona el Instituto Nacional de Ecología (1.9 – 3.6), haciendo que el agua proveniente de la lluvia sea evacuada con buena velocidad como lo indica el tiempo de concentración el cual es de 2.42 h por lo que la microcuenca tarda ese tiempo en evacuar el agua proveniente de precipitación que cae en la parte alta hasta desembocar en la unión con el río Motagua, disminuyendo con esto el riesgo a presentar inundaciones dentro del área de la microcuenca.

La pendiente media (Sc) es de 22.88 %, se presenta en el área que permite el proceso de infiltración ya el terreno tiende a ser moderado, así mismo en el análisis de la pendiente del cauce, esta es suave 4.84 %, por lo que el flujo en la corriente principal tiende a ser lento además de tener en cuenta el efecto de dos cataratas dentro de la microcuenca las cuales influyen en la pérdida de velocidad del flujo en su trayecto.

La microcuenca presenta una diferencia de nivel entre el punto más alto y más bajo de 1,100 msnm lo cual en la Figura 11, se puede observar de manera clara la curva hipsométrica resultante de trazar las elevaciones y el porcentaje de área que ocupa.

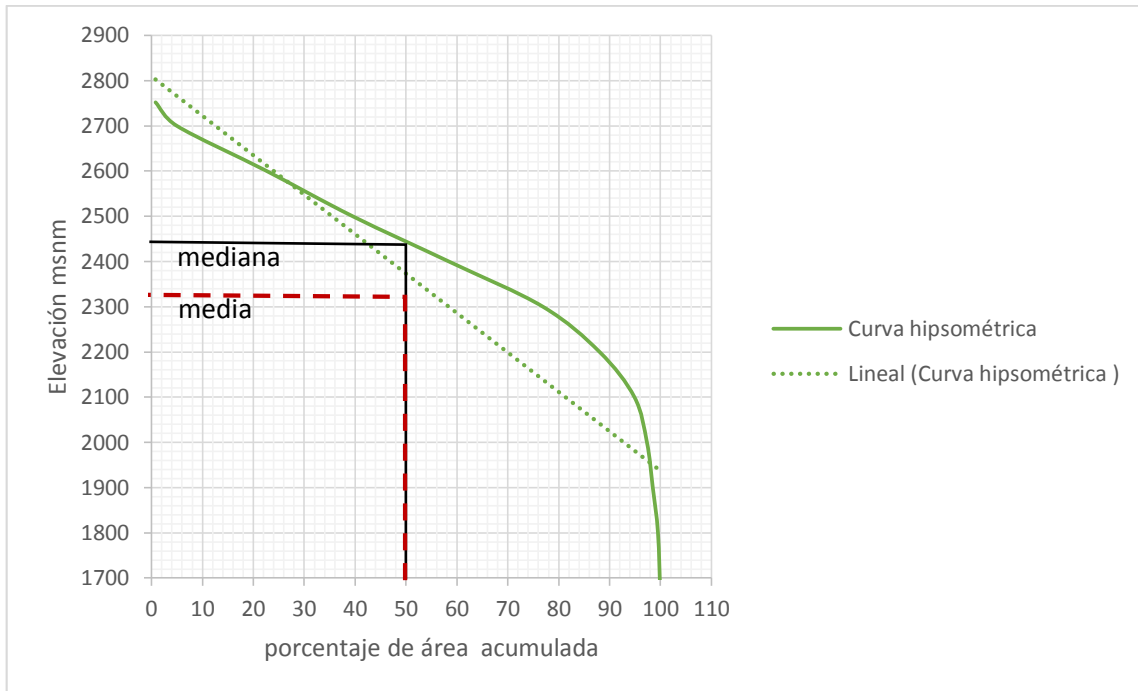


Figura 11. Curva hipsométrica resultante de análisis del relieve y área parciales.

La curva hipsométrica muestra la variación de las elevaciones en el área de la microcuenca, se observa que existen dentro de ella, alturas que van arriba de los 2,700 m descendiendo hasta los 1,700 m.s.n.m. En la microcuenca la mitad del área lo ocupan elevaciones por arriba 2,331 m.s.n.m. la cual es la elevación media, por lo que la microcuenca se ubica en paisaje representativo del altiplano de Guatemala.

Como se muestra en la curva hipsométrica, la elevación va descendiendo de manera constante en cuanto al porcentaje que ocupan de área, puesto que las elevaciones son proporcionales en cuanto al área que ocupan por ello se observa una tendencia lineal en la curva hipsométrica, esta tendencia va desde la elevación de 2,700 m hasta de 2,300 m.sn.m. por lo cual el relieve sufre en menor grado el proceso de erosión ya que la pendiente es no supera el 10 % por otra parte en el resto del área la disminución de la elevación va conformando una depresión abrupta y por lo que el proceso erosivo es más evidente puesto que existen pendientes que alcanzan el 46 % por lo que configuran un valle de río fraccionado en zonas de baja pendiente y de alta pendiente.

2.6.2 Cuantificación de la recarga hídrica potencial a través de balance hídrico de suelos.

A. Análisis de las condiciones climáticas predominantes en la microcuenca

Se realizó la consulta de dos estaciones meteorológicas cercanas a la microcuenca una de ellas la estación de Chinique, ubicada en el municipio del mismo nombre así como la estación El Tablón ubicada en el municipio de Sololá ambas pertenecen al sistema de estaciones del INSIVUMEH y cuentan con datos del clima hasta el año 2016.

La estación Chinique cuyo climadiagrama se presenta en la Figura 12, colinda al lado norte de la microcuenca, situada a una elevación de 1,880 m.s.n.m. de acuerdo a los registros de temperatura media esta varía entre los 15.4 °C a los 17.8 °C, haciendo que exista un clima de tipo templado durante el año.

La evapotranspiración potencial anual es de 1,440.3 mm al año, según el método de Hargreaves como se observa en la figura siguiente, está supera los 94 mm mensuales y durante los meses de noviembre a mayo prevalece por sobre la precipitación, por lo que durante ese intervalo de tiempo existe una etapa de estrés hídrico, tanto por la pérdida de humedad en el suelo efecto de la evaporación del agua, además que la precipitación existente en este intervalo no logra compensar la necesidad de agua de las plantas.

La época lluviosa se establece en el mes de mayo y va aumentado de manera gradual hasta llegar el mes de septiembre debido a ello se observa en la curva que representa a la precipitación dos distintos picos donde la lluvia es máxima también se observa como durante el mes de julio se presenta el descenso de la precipitación pluvial en donde se presenta el período conocido como canícula, de manera anual la precipitación es de 1,296. 8 mm.

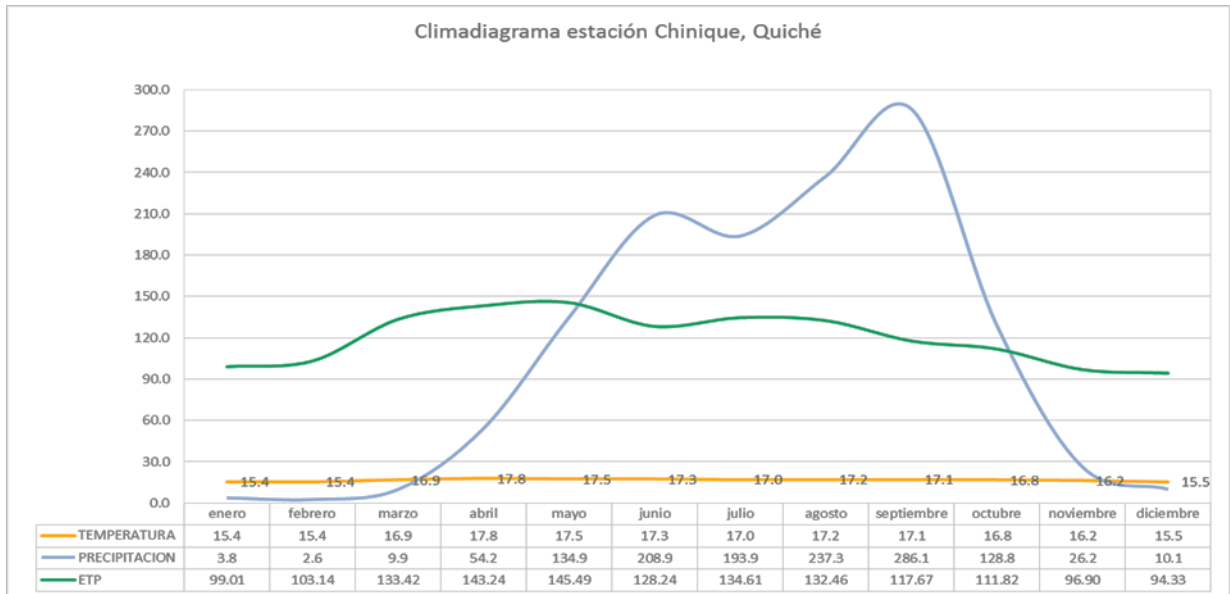


Figura 12. Climadiagrama de la estación Chinique, Quiché.

La Estación El Tablón, cuyo climadiagrama se observa en la Figura 13, se ubica en el municipio de Sololá en la comunidad de ese mismo nombre dicha estación se encuentra a una altura de 2,397 m.s.n.m. y es colindante con el lado sur de la microcuenca del río Chipacá, según los registros de temperatura media esta oscila entre los 13.0 °C a los 15.8 °C por lo que el clima es de tipo frío durante todo el año.

Por su parte la evapotranspiración potencial es 1,303 mm de manera anual y durante los meses de noviembre a abril está también supera a la precipitación, convirtiéndose en los meses en los cuales existe estrés hídrico. La evapotranspiración alcanza valores por arriba de los 90 mm durante esos meses representado pérdida de humedad y así la necesidad de suplir la necesidad de agua de las plantas.

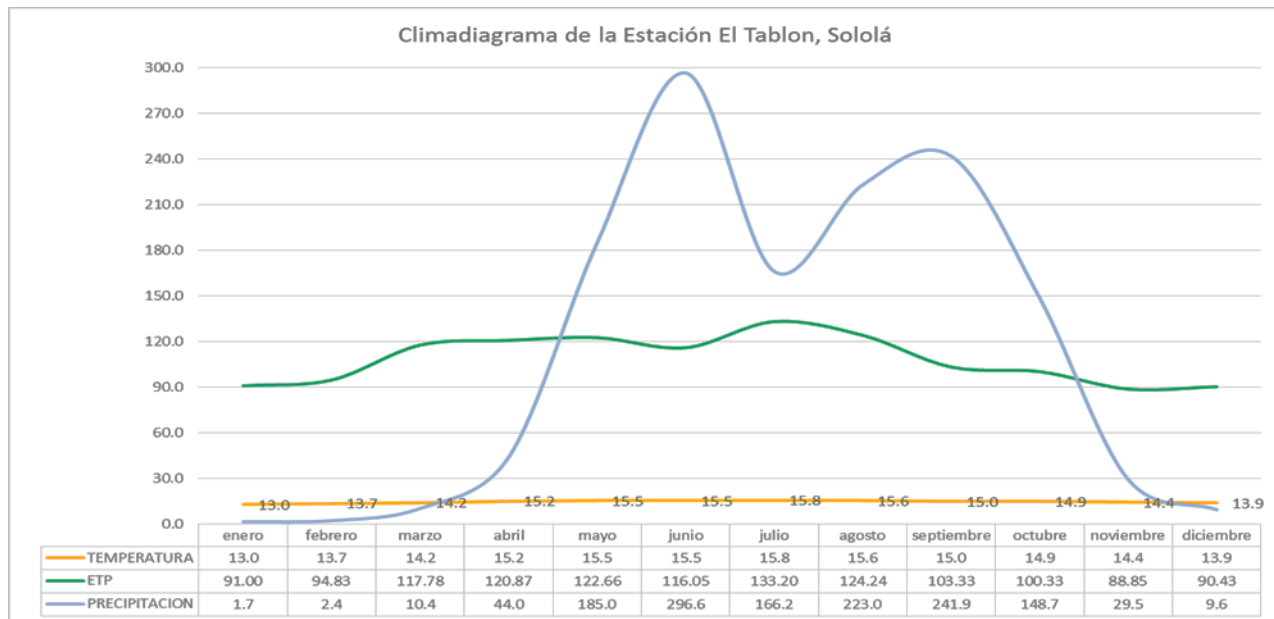


Figura 13. Climadiagrama de la Estación El Tablón, Sololá.

Para el mes de mayo se establece la época lluviosa durante el mes de junio se observa que existe la mayor precipitación 296.6 mm mientras que en el mes de julio la precipitación baja debido a que se establece la denominada canícula después aunque se tiene aumento de precipitación esta sigue siendo inferior a lo precipitado el mes de junio, la época lluviosa finaliza en el mes de octubre; de manera anual la precipitación es de 1,359 mm.

B. Isoyetas

Con el promedio de las precipitaciones anuales reportadas durante los últimos un periodo de 10 años (2006 – 2016) por las estaciones meteorológicas Chinique y El Tablón se estableció a través del método de isoyetas que anualmente en la microcuenca ocurre una entrada promedio de 1,364 mm de lluvia de manera anual, y que durante los meses de mayo a octubre se da la mayor precipitación, por lo que la principal entrada de agua al sistema conformado por el área que recorre el río Chipacá es de 61.7 Mm³/ año.

En la Figura 14, se presenta el mapa que describe la distribución de la precipitación en la microcuenca representada por medio de isolíneas con distintos valores de precipitación y su influencia en el área total ocupada por esta.

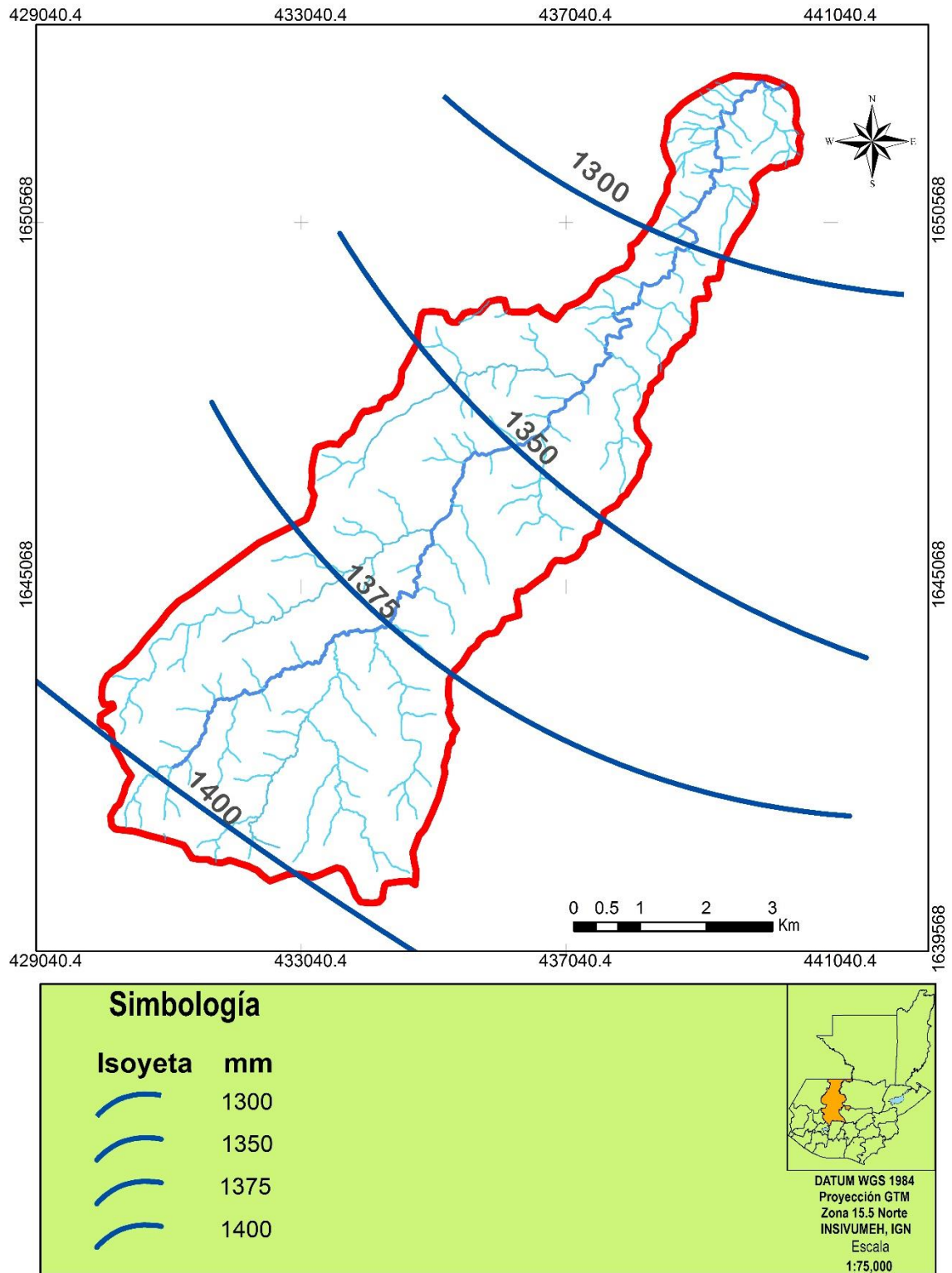


Figura 14. Mapa de isoyetas de la microcuenca del río Chipacá, Chichicastenango.

C. Aforos

Durante los meses de abril 2017 a febrero 2018 se realizó el monitoreo de la fuente de agua principal para lo cual se presenta en el Cuadro 12, el resultado de este monitoreo. La medición del aforo, se evaluó en un punto fijo el cual estableció en las coordenadas geográficas longitud $-91^{\circ} 03' 19.69''$ latitud $14^{\circ} 56' 39.47''$. Se determinó por el método de sección y pendiente hidráulica el caudal.

Cuadro 12. Datos mensuales del monitoreo realizado al caudal del río Chipacá.

Mes	m ³ /s	mm mensual
Abril	0.7648	43.8188
Mayo	1.0708	63.3959
Junio	1.4986	85.8614
Julio	1.4034	83.0872
Agosto	1.5907	94.1762
Septiembre	2.0916	119.8370
Octubre	1.8195	107.7221
Noviembre	1.3696	78.4705
Diciembre	0.887	52.5142
Enero	0.772	45.7057
Febrero	0.6971	41.2713

Según lo observado el río condujo agua durante todos los meses del año, por lo que en los meses de época seca al no haber precipitaciones que forme la escorrentía el río recibe de lo almacenado en las partes altas de la microcuenca, el agua que drena aguas abajo por lo que los meses secos la escasez de agua puede suplirse con el agua del río, también se observó que en el mes de septiembre en donde se condujo el mayor volumen de agua dado que el espejo de agua del río aumentó llegando a medir hasta 5 metros y la profundidad promedio del agua llegó a ser de 0.65 cm.

Con la constante medición del caudal se determinó que la escorrentía superficial del río Chipacá puede ser considerada pequeña o muy pequeña ya que es menor $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ pero no mayor $10 \text{ m}^3/\text{s}$ de acuerdo a los términos cuantitativos utilizados por el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos y su evaluación de los recursos de agua en Guatemala (SOUTHCOM, 2000). Por el hecho de no ser un río caudaloso hace más factible su aprovechamiento puesto que las personas cercanas al río corren bajo riesgo de ser arrastradas por la corriente, también esta situación lo hace poco aprovechable para fines de generación de energía.

La realización de los aforos permitió observar que la parte baja de la cuenca posee una alta dificultad en el acceso pues las veredas son bastante empinadas lo que supone un reto a para la ingeniería en el trabajo requerido para el abastecimiento de las comunidades dentro de la microcuenca, además en el recorrido realizado hacia el punto de aforo se permitió la identificación de nacimientos de agua que drenan directamente hacia el río principal los cuales están dentro de terrenos privados y aunque han sido captados y entubados estos no pueden ser distribuidos hacia algún tanque de almacenamiento por lo cual se requiere la implementación de estructuras físicas adecuadas para almacenamiento de esta agua.

D. Geoformas

La microcuenca del río Chipacá pertenece a la región fisiográfica de Tierras altas volcánicas mientras que este posee una subregión a la cual se le conoce como zona montañosa y planicie central (Tecpán – Jalpatagua) como se menciona en la memoria técnica de la elaboración del mapa fisiográfico del país, esta sub región se extiende por los departamentos de Sololá, Chimaltenango y Guatemala esta sub región presenta relieves complejos que están entre los 500 m y 2500 m.s.n.m. (Alvarado Cabrera & Herrera Ibañez, 2001).

El gran paisaje predominante en la microcuenca es el de montañas volcánicas del centro del país, el cual está delimitado por el municipio de Chichicastenango en el departamento de Quiché, a escala de reconocimiento se ha identificado que dentro de este gran paisaje

ocurren valles con laderas con mucha pendiente que pueden llegar a ser escarpadas existiendo también colinas de forma cónica. Dadas sus características las divisorias de aguas pueden llegar a ser angostas (Alvarado Cabrera & Herrera Ibañez, 2001).

A nivel de semidetalle y según el análisis realizado con la fotointerpretación tanto de imágenes de satélite de la herramienta Google Earth como fotos aéreas, se definió que la microcuenca del río Chipacá se ajusta a la descripción proporcionada para el gran paisaje por lo que se encontró diferentes geo-formas las cuales se presentan en la Figura 15.

El valle del río Chipacá que se extiende de suroeste a noreste a lo largo de la microcuenca, ocupa un área de 13.60 km², el valle presenta la característica de ser bastante escarpado 30.8 % de pendiente con orientación SO - NE; al transitar hacia el punto donde se estableció el punto de aforo se observó que el acceso a ese punto sufre un cambio considerable en la altura los cuales dificultan la captación del agua del río en esta parte del valle, también se observó que está sujeto a proceso de erosión de tipo hídrica ya que se encuentran visibles rocas de gran tamaño las cuales quedan al descubierto debido a que usualmente en época de lluvia el agua tiende a escurrir por esa parte del valle de manera más rápida haciendo con ello que el volumen de infiltración sea reducido.

Por otra parte el valle que se configura por el río en el lado sur, posee pendientes suaves donde el proceso erosivo es menos evidente puesto que no se hace evidente la presencia de rocas expuestas como en el caso del lado norte por lo que el acceso al río es menos complejo lo cual es un aspecto positivo si se toma en cuenta que en esta zona del valle se podría aprovechar el agua que fluye a través de él, pues no existen cambios bruscos de altitud con lo que se puede pensar en la creación de reservorios para abastecimiento de la población.

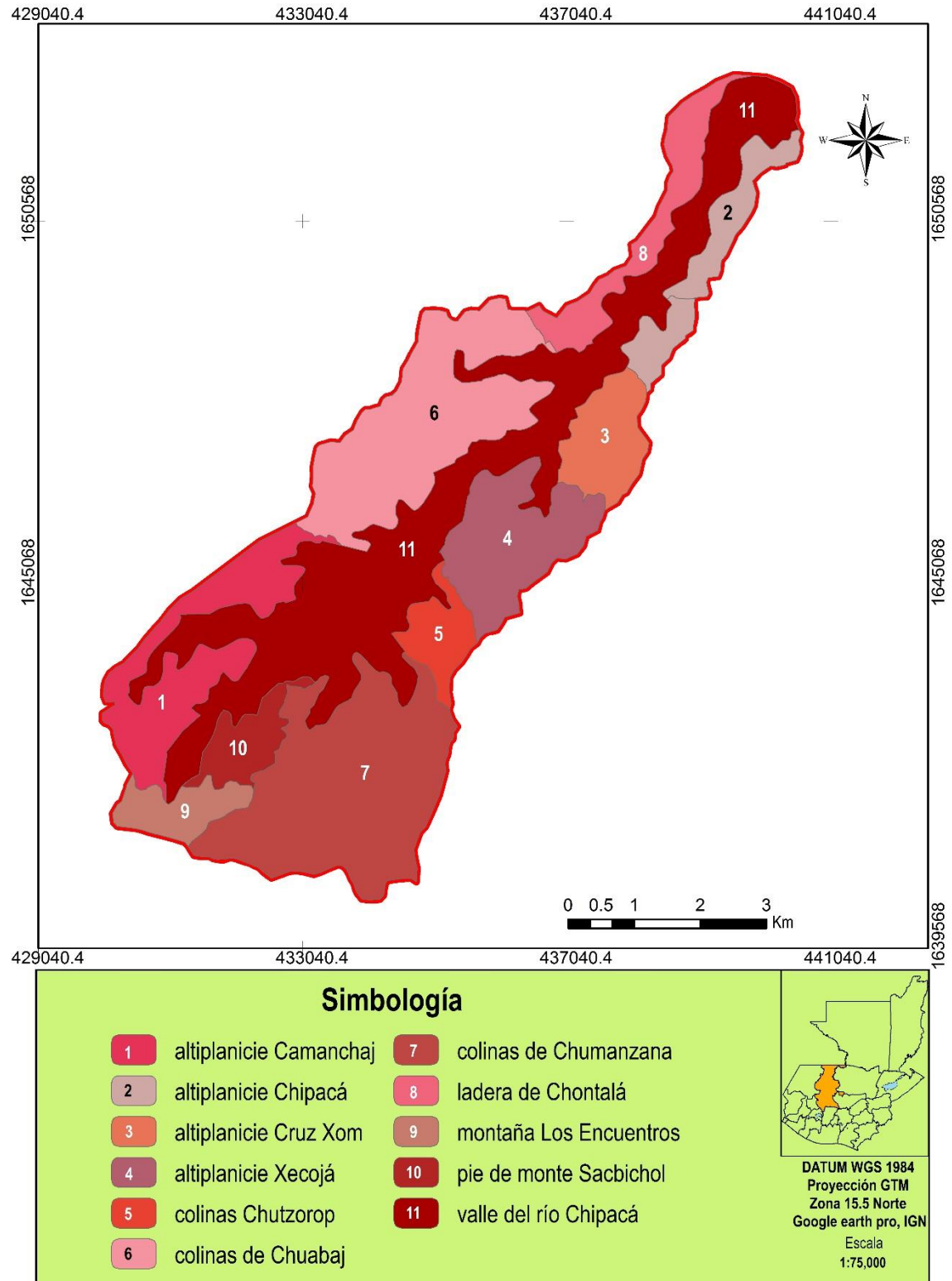


Figura 15. Mapa de geoformas de la microcuenca del río Chipacá, Chichicastenango.

La comunidad de Chontala presenta una ladera bastante particular debido a que es por donde se da el ingreso al valle del río ya que los habitantes de la comunidad han definido los senderos dentro de esta ladera, estos senderos son transitables tanto en verano como en invierno puesto que existen afloramientos rocosos que se han dado por acción de erosión hídrica lo que permiten el transitar, debido a la estabilidad que el dan al terreno y aunque las pendientes superan el 10 %, esto no lo vuelve una limitante para el acceso siempre y cuando se conduzca por los senderos ya definidos .

Los centros poblados de la cuenca se ubican en su mayoría en altiplanicies por lo cual se cuenta con varias comunidades dispuestas en altiplanicies dentro del área, para efectos de este estudio se nombró a estas geo formas en base al nombre las comunidades, por lo que Chipacá, Cruz Xom, Xecojá y Camanchaj están ubicadas en altiplanicies. Esta geo forma representa 11.32 km² del total de la microcuenca y es importante dentro de la microcuenca pues ya que dada las pendientes suaves que van desde el 3.77 % como sucede en Camanchaj hasta el 7.66 % de Cruz Xom; por lo que los altiplanos ya conformados tienen mayor posibilidad de que exista infiltración de lluvia en estas áreas por su capacidad de almacenaje de agua en el suelo. La presencia de comunidades en esta geo forma las vuelve valiosas ya las acciones tomadas por ellas permitirán que este proceso recarga hídrica se de mejor manera.

Las colinas de forma redondeada son geo formas con menor pendiente, si se le compara con las montañas por lo que tienden a ser más suavizadas con cambios menos bruscos entre ellas y las partes planas, en la parte sur de la microcuenca y el lado oeste de la misma se desarrolla un área representativa que posee este tipo de geoforma y dado que también son utilizadas para establecer centros poblados se encontró que las colinas situadas a los alrededores de la comunidad Chumanzana poseen pendientes de 6.14 % y se van plegando y se extienden en comunidades como La Fe y Sacbochol del municipio de Sololá, esta formación de terreno ocupa 8.02 km².

Una montaña se extiende desde la parte de Los Encuentros Sololá hasta lo que se conoce como el Mirador del lago, se observa en el lado suroeste la microcuenca se eleva hasta por arriba de los 2,700 m.s.n.m. y sirve como parte aguas entre la microcuenca y la cuenca del lago de Atitlán, debido a sus características se definió también como geoforma representativa que proporciona el último remanente de área boscosa con la que cuenta la microcuenca. Esta geoforma ocupa 1.25 km².

En la comunidad de Sacbichol se definió como pie de monte puesto que está orientado hacia el área que corresponde la geoforma de montaña. El pie de monte de Sacbichol ocupa un área de 1.28 km² y debido a su escasa pendiente 7.03 %, su posición en el área sur de la microcuenca, le permite al terreno aumentar su capacidad para el proceso de infiltración de lluvia, puesto que es un área donde la precipitación tiene dificultad de perderse por escorrentía e irse infiltrando a lo profundo del suelo ya que es donde se da el mayor reporte de perforación de pozos artesanales no debe abusarse de su posición privilegiada y debe controlarse estas acciones que repercuten a quienes se encuentran aguas abajo.

E. Cobertura vegetal

La microcuenca del río Chipacá posee entre su cobertura vegetal lo que se conoce como bosques mixtos, este bosque está compuesto por rodales de pino, ciprés, así como la presencia de especies latifoliadas entre ellas aliso, encino y/o roble estos bosques son remanentes del bosque no intervenido y vegetación secundaria o de sotobosque, este tipo de cobertura se distribuyen a lo largo del valle formado por río Chipacá. Los bosques mixtos ocupan dentro de la microcuenca una extensión 17.176 km² cantidad que debido a la introducción de cultivos varios en especial de granos básicos y frutales, limitado acceso a servicios técnicos que orienten en aspectos tanto sanitarios como de manejo forestal propiamente dicho, los ponen en constante amenaza lo cual disminuye su presencia en el área.

La microcuenca al estar ubicada en el municipio de Chichicastenango, el cuál es el principal productor a nivel nacional de frutales deciduos como ciruela 63 %, manzana 52 % y durazno - melocotón 28.4 % (MAGA, 2011), por lo que por años se ha impulsado las plantaciones de dichos cultivos tanto en la modalidad de plantación pura como en asocio con granos básicos como maíz, además de ello se ha empezado a implementar plantaciones de aguacate tanto del criollo como de la variedad Hass; el análisis de la fotos aéreas demostró que los de deciduos o bien frutales de clima frío representan 17.89 km² de la cobertura vegetal, también es importante prestar atención estos cultivos ya que se han implementado tanto en laderas como en altiplanicies de la microcuenca, las extensiones de terreno que tienen este tipo de cobertura se encuentra restringido a las parcelas familiares o cercanas a las viviendas del productor.

Siendo la base de la alimentación en varios hogares se observa terrenos con cultivo de maíz y frijol; así como el asocio de estos dos con haba. Por lo que los granos básicos representan una importante extensión dentro de la cuenca abarcando 7.33 km² de área total.

La parte sur de la microcuenca posee hortalizas de clima frío por lo que se presentan cultivos como repollo, zanahoria, papa por su ciclo de cultivo estos permanecen la mayor parte del tiempo cubriendo el suelo. Las hortalizas ocupan una extensión de 2.67 km² y se restringen al área donde existen comunidades del municipio de Sololá, por lo que cabe resaltar que es uno de los municipios donde se da la máxima producción nacional tanto de repollo como de zanahoria 24.3 % (MAGA, 2011).

Cada una de las distintas coberturas vegetales encontradas en el área de la microcuenca fueron representadas en la Figura 16.

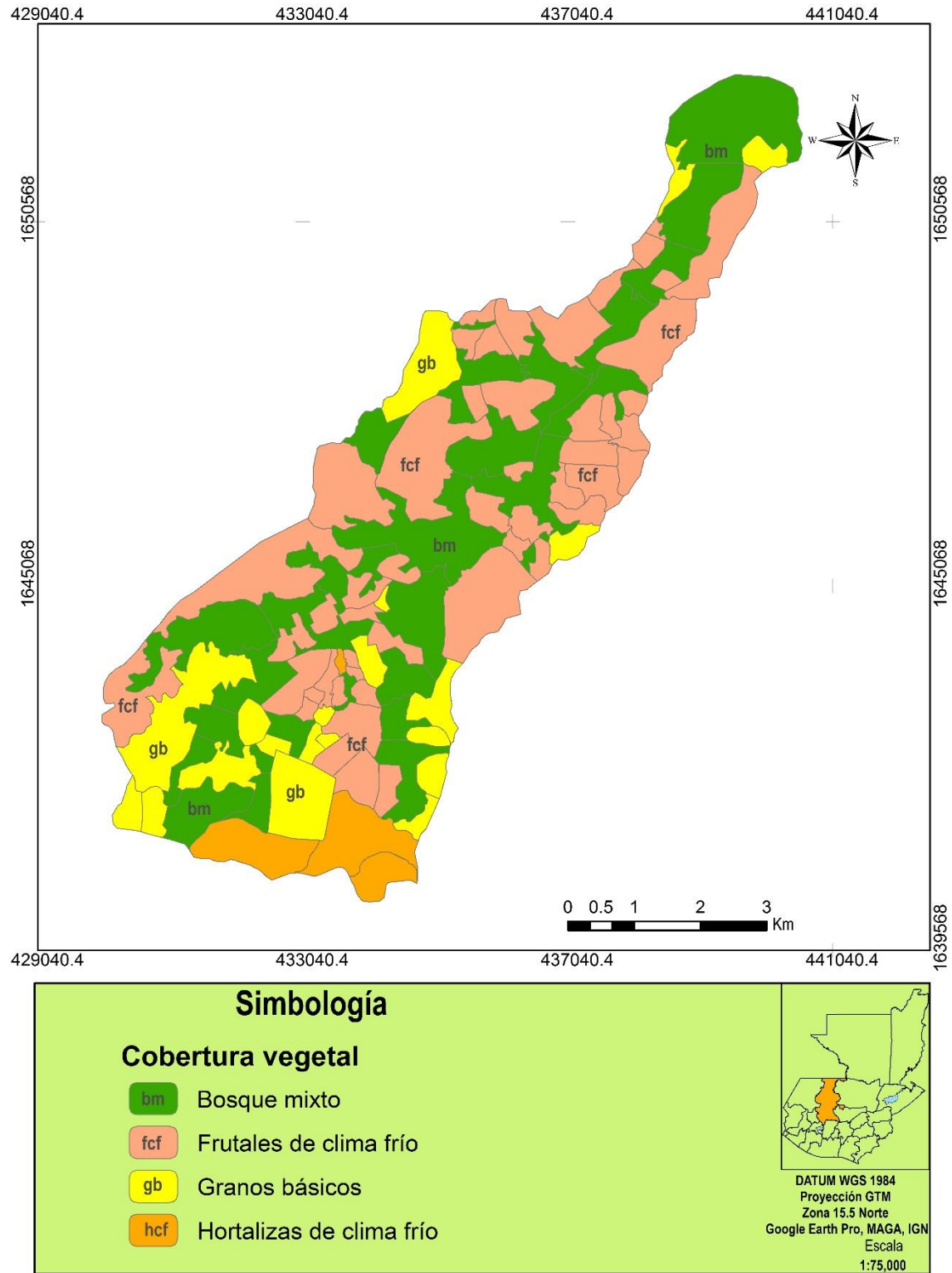


Figura 16. Mapa de cobertura vegetal de la microcuenca del río Chipacá, Chichicastenango.

F. Unidades de muestreo

Luego del proceso de sobre posición realizada entre mapas de unidades geomorfológicas y de cobertura vegetal, se definió 12 unidades de muestreo (Figura 17.), de las cuales 7 fueron muestreadas, por lo que los resultados obtenidos de este muestreo se presentan en el Cuadro 13.

Estos muestreos se realizaron en estos puntos debido a la accesibilidad al lugar de toma de la muestra, la disponibilidad de los comunitarios a ceder sus terrenos para realizar la práctica de prueba de infiltración y por ser las unidades más representativas en la microcuenca.

Por lo cual se agruparon de la siguiente manera:

- Valle del río sur/pendiente suave + bosque mixto muestra tomada en el cantón Chutzorop II
- Colinas de Cruz Xom + frutales muestra tomada en el cantón Lacamá II
- Altiplanicie de Chipacá + frutales muestra tomada en el cantón Chipacá I,
- Pie de monte de Sacbichol + granos básicos
- Pie de monte de Sacbichol + frutales muestra tomada en el cantón Sacbichol, debido a ser un asocio con granos básicos, se utilizó el mismo suelo para determinar características físicas y químicas.
- Colinas de Chicué, + frutales muestra tomada en el cantón Chicué II
- Ladera de Chontala + frutales muestra tomada en el cantón Chontala,
- Colinas de Chuabaj + granos básicos muestra tomada en Chuabaj

La forma en cómo se distribuyen los distintos órdenes de suelo en la microcuenca jugó un papel importante para entender cómo se dará la recarga en el área, por lo que en principio se conoce que el orden andisol los cuales se distinguen por ser suelos con bajas

densidades y de textura franca, lo que lo convierte en suelos de alta fertilidad pero de gran vulnerabilidad a la erosión, este orden se distribuye al lado suroeste mientras que en el lado noreste los suelos se les clasifica como inceptisoles y alfisoles por lo que su textura tiende a contener mayor cantidad de arcillas y menor grado de desarrollo en su interior (Tobías & Lira, 2000).

Cuadro 13. Características físicas de los suelos muestreados dentro del área de la microcuenca del río Chipacá

Longitud	Latitud	Cobertura vegetal	Comunidad	Infiltración (mm/día)	Densidad (g/cm³)	Clase textural
-91.06898	14.8968	Frutales	Lacamá II	908.30	0.8889	Franco
-91.11832	14.87083	Bosque	Chutzorop II	1219.20	0.88889	Franco arenoso
-91.11660	14.85859	Granos básicos	Sachichol	1237.49	0.8333	Franco arenoso
-91.08760	14.91218	Frutales	Chontala	231.64	1.1111	Franco arcilloso
-91.10543	14.90675	Granos básicos	Chuabaj	219.45	1.0526	Franco arcilloso arenoso
-91.11097	14.89347	Frutales	Chicúa II	292.61	0.9524	Franco arcilloso
-91.06965	14.90729	Frutales	Chipacá I	18.28	1.0811	Arcilloso

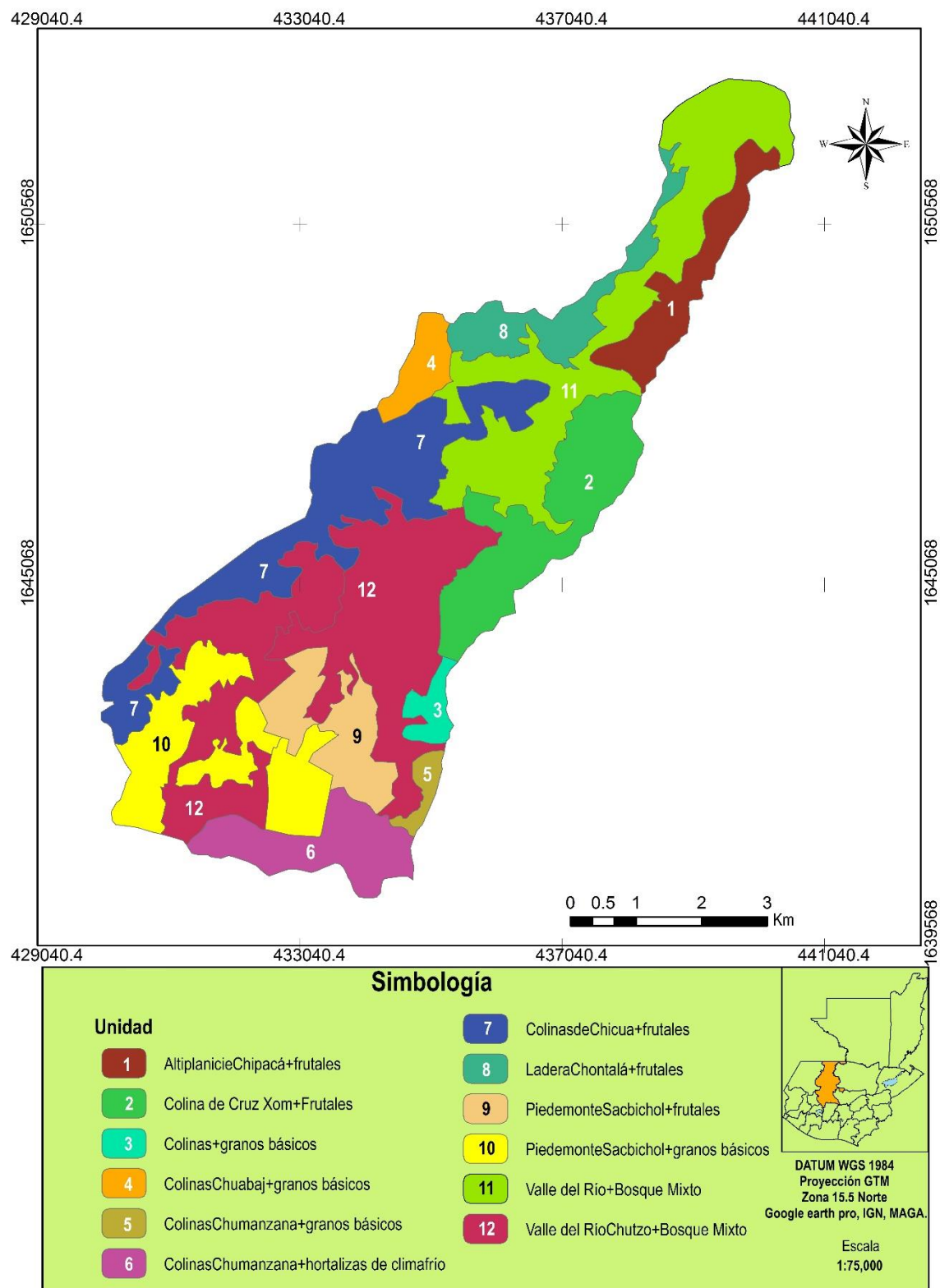


Figura 17. Mapa de unidades de muestreo tomadas en la microcuenca del río Chipacá, Chichicastenango.

En la parte sur de la microcuenca se muestreo las unidades, valle en el lado sur Chutzorop II, pie de monte Sacbichol y altiplanicie de Cruz Xom estas tres unidades presentaron textura franco arenosa y franca con densidad aparente entre 0.83 g/cm^3 - 0.88 g/cm^3 por lo estos suelos tienden a tener mayor espacio poroso y por lo tanto pueden su capacidad de infiltración se estimó entre 908 mm/día y 1,237 mm/día; con lo que existe un aporte significativo de agua de lluvia a lo profundo del suelo. Dado lo anterior estas unidades muestreadas en lado sur se comportan como suelos del orden andisol y tienen mayor posibilidad de aportar a la recarga hídrica con lo que se debe adecuar prácticas de conservación de suelos para evitar problemas de pérdida de suelo por erosión y reducción de capacidad de recarga hídrica, así como perdida de fertilidad natural.

Los suelos del valle ubicados en la parte norte, poseen textura entre grava y arenosa pomacea los cuales al no existir partículas finas que retengan el agua de lluvia logran infiltrar con gran velocidad. Pese a esa capacidad de infiltrar agua eso los hace más susceptibles al proceso erosivo pues como se observa en ciertos segmentos del valle la roca madre ha quedado descubierta por lo que estos suelos deben ser protegidos con vegetación perenne ya que ante la falta de esta agrava la situación de erosión ya presente por lo que la materia orgánica procedente de la cobertura vegetal protegerá dichos suelos.

Las unidades muestreadas en Chicúa II, Chuabaj, Chontala y Chipacá I se ubican en la parte media en el lado norte de la microcuenca donde existe mayor presencia de suelos de tipo alfisol y entisol, los cuales poseen cantidades significativas de arcilla en la composición del suelo así como presentan poco desarrollo en sus horizontes. (Tobías & Lira, 2000). En el análisis realizado se encontró que esta zona de la microcuenca los suelos presentan textura de la clase franco arcillo arenoso al arcilloso y su capacidad de infiltración varía entre 231.64 mm/día – 292.45 mm/día ya que al contener mayor cantidad de arcilla en su composición tienen a ser suelos más pesados y por lo tanto a estar la mayor parte el tiempo endurecidos, lo cual dificulta en cierto grado que exista una buena infiltración hacia lo profundo del suelo logrando con ella que se pierda por efecto de escorrentía, para lo cual necesitan de buen manejo de suelos.

La unidad formada por la altiplanicie de la comunidad de Chipacá, posee una limitada capacidad para infiltrar puesto que al realizar en campo la prueba de Porchet se encontró que la infiltración básica es 18. 28 mm/día lo cual es una velocidad muy baja. Por lo que al contrastarlo con la textura arcillosa se concluye que dada la presencia de suelos arcilloso se dificulta en esta área la infiltración del agua, por lo tanto se debe tomar acciones para evitar la compactación de los suelos, ya que influirá en la cantidad de agua almacenada a lo profundo del suelo como en la producción de escorrentía superficial lo cual no es benéfica a la recarga hídrica puesto que esta se no se logra almacenar sino más bien tiende a perderse.

La ladera de Chontala, se ubica en el área ocupada por suelos de orden alfisol y inceptisol, los cuales con el muestreo realizado en el área se comprobó que son suelos que tienen la clase textural franco arcillosa, aunque su capacidad de infiltración no es tan baja como en el caso de Chipacá, posee la limitante de estar expuesta a pendientes de 10 % y al no tener una buena cobertura vegetal hace que se reduzca su capacidad para infiltrar la cuál estableció que es de 231 mm/día por lo que debe considerarse realizar buen manejo de esos suelos para que no sea limitante en los usos desarrollados en esa área.

G. Recarga hídrica

Un análisis de recarga hídrica consolida información tanto climática, relieve, vegetación la cual en conjunto tienen gran efecto en la capacidad del suelo en infiltrar por lo que repercuten en la recarga natural y como esta se va configurando en cada espacio de la microcuenca por lo que se encontraran dentro de un espacio diversas zonas de recarga.

Un balance hídrico de suelos por cada unidad de muestreo permitió analizar la recarga hídrica en nueve unidades las cuales fueron consideradas de acuerdo a características del relieve, textura del suelo, cultivos desarrollados en la unidad de muestreo para lo cual se obtuvo los valores siguientes de recarga hídrica expresados en m^3 , (Cuadro 14.).

Cuadro 14. Clasificación de la recarga hídrica en la microcuenca del río Chipacá.

Cobertura vegetal	Unidad de muestreo	lamina de recarga (m)	recarga anual (Mm³)	área (km²)	Módulo de escurrimiento subterráneo L/s/km²	Clasificación
frutales	Colinas de Cruz Xom	0.24799	1.1	4.6043	7.8637	Alta
bosque	valle del río	0.16285	1.7	10.8953	5.1639	Alta
granos básicos	pie de monte	0.35625	1.5	4.2243	11.2966	muy alta
frutales	pie de monte	0.35625	0.85	2.3967	11.2966	muy alta
frutales	ladera Chontala	0.18027	0.37	2.0981	5.7163	Alta
bosque	valle del río	0.22292	1.7	7.7756	7.0687	Alta
frutales	colina de Chicúa II	0.33287	2.1	6.3710	10.5552	muy alta
frutales	altiplanicie Chipacá	0	-	-		muy baja
granos básicos	colinas de Chuabaj	0.23023	0.22	0.9566	7.3005	alta

Cada clasificación de recarga hídrica que se encontró en las unidades de muestreo de la microcuenca del río Chipacá se presentó en la Figura 18.

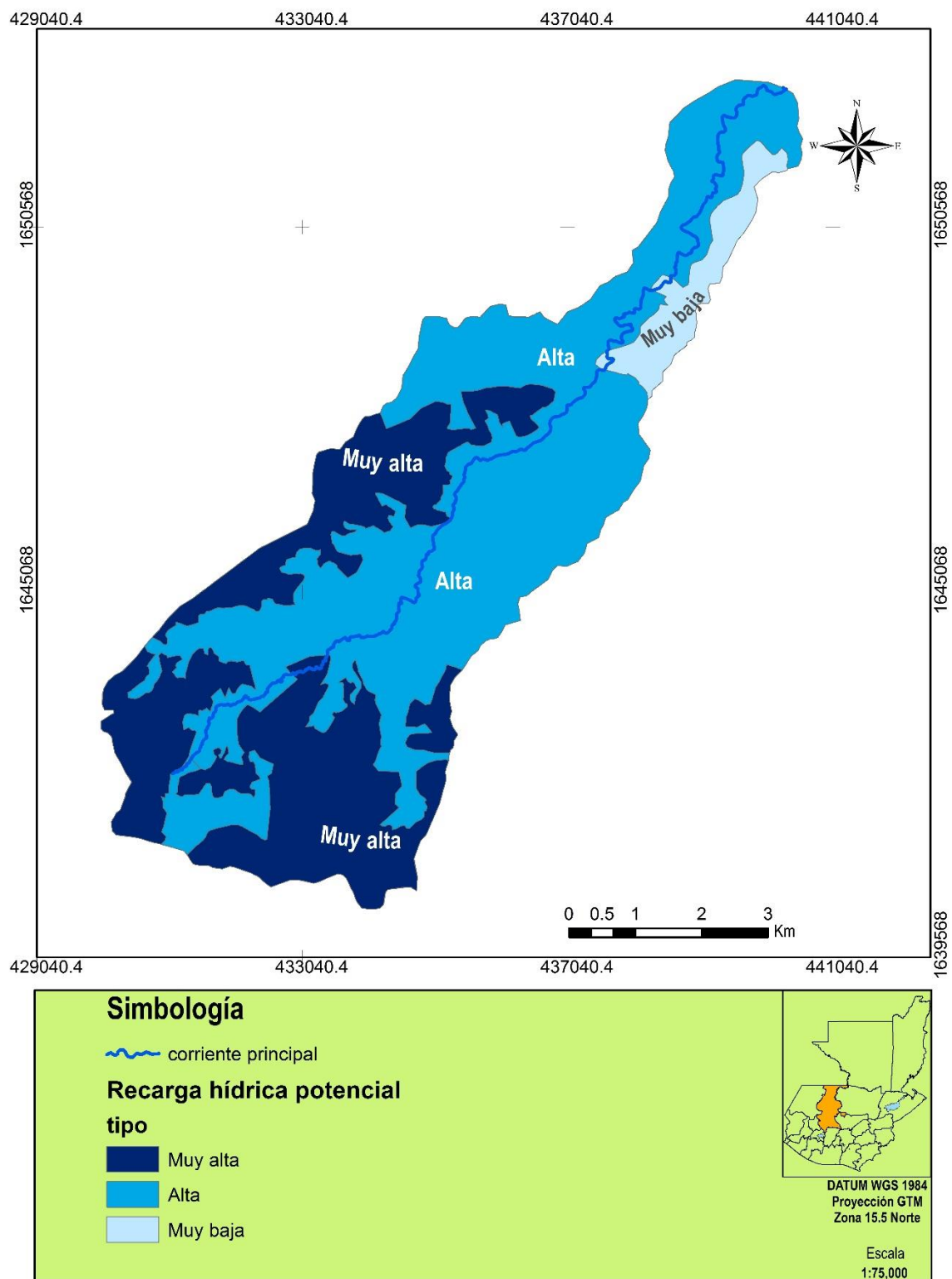


Figura 18. Mapa de recarga hídrica potencial de la microcuenca del río Chipacá, Chichicastenango.

En el mapa de recarga hídrica que se muestra en la figura anterior se definieron tres zonas distintas de recarga, las cuales se clasifican entre muy alta, alta y muy baja. Esta clasificación evidencia los valores de recarga hídrica teniendo en cuenta el área ocupada de terreno donde se da dicha recarga la cual permite ser comparada la recarga hídrica en otras cuencas siempre que se siga con la metodología de balances hídricos de suelos, por lo que la clasificación queda definida como sigue:

Valores de recarga hídrica por unidad de área arriba del 10 L/s/km² son de tipo muy alto, mientras que valores entre 5 y 10 L/s/Km² presentan recarga hídrica alta, dichos datos son adoptados de acuerdo a la categorización definida por Herrera (2014a) para el país.

La zona clasificada como muy alta presenta entre 10.55 - 11.2 L/s/km² corresponde a la parte suroeste de la microcuenca, donde se concentran las tierras con cobertura vegetal del tipo bosque, el cultivo de frutales; sus suelos presentan texturas francas además de extenderse por relieve suaves como lo son el pie de monte en Sacbichol, colina de Chumanzana y Chicúa II, altiplanicie en Camanchaj.

De manera anual esta zona tiene una recarga de 4.4 Mm³ lo que la convierte en una zona importante ya que aprovisiona a los pozos artesanales y nacimientos que se encuentran en dicha área lo que conlleva a mantener y proteger los remanentes de bosques y realizar buenas prácticas agrícolas que conserven el suelo y el agua lo cual permitirá que la zona mantenga esa capacidad natural, además de ello hay que tomar en cuenta que al ser territorios que forman el parte aguas de la microcuenca las actividades que se llevan a cabo repercuten en el resto del área.

La parte media y baja de la microcuenca representan la zona alta de recarga hídrica donde se acumulan al menos $5.02 \text{ Mm}^3/\text{año}$ que aunque es mayor que la recarga que se dan en la zona clasificada muy alta, esta recarga se da en una mayor área por lo que su capacidad de recarga por unidad de área varía desde los $5.16 \text{ L/s/km}^2 - 7.86 \text{ L/s/km}^2$.

En esta zona, se pueden encontrar suelos con clase textural franco a franco arcillosos esto debido al mayor contenido de arcilla en el interior del suelo, lo cual limita su capacidad de recarga aun cuando el relieve donde se distribuye está comprendido por colinas como la de Cruz Xom, y Chuabaj y el valle formado por el río que cuenta con bosques en toda su extensión, al igual que la zona muy alta de recarga, se necesita realizar buenas prácticas de conservación de suelo y agua, ya que al tener más áreas con suelos arcillosos estos hacen que el proceso de infiltración lento y si no se cuenta con cobertura que permita la recarga hídrica, en pocos años perderá su capacidad de recarga por lo que es una zona donde las labores se deben aplicar de manera inminente.

Se observa en el mapa también un valor de recarga hídrica muy bajo ya que el muestreo realizado a la unidad ubicada en Chipacá se obtuvo un valor demasiado bajo de infiltración 18.28 mm/día donde la clase textural del suelo encontrada fue arcilloso por lo que con dichas características se anula cualquier posibilidad de recarga hídrica cuando es calculada por el método de balance hídrico. Esta clasificación muy baja, no se descartó en el mapa final ya que esta zona presenta ciertas condiciones como estar cubierto por frutales y estar situado en el altiplano noreste de la microcuenca por lo que es una zona que tiene potencia de recarga siempre y cuando el trabajo con relación a los suelos se convierta en una prioridad para los productores de la zona.

2.6.3 Calidad de agua

A. Calidad de agua para consumo humano

El muestreo de agua para determinar la calidad de agua para consumo humano se realizó tanto en la época lluviosa - mes de junio como en época seca - mes de febrero, en ambos casos se solicitaron resultados químicos, físicos así como bacteriológicos.

Los resultados obtenidos en los diferentes análisis se comparan en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Resultados de los análisis de agua para uso doméstico.

Muestreo de época lluviosa		Muestreo de época seca	
Turbiedad (UNT)	176	Turbiedad (UNT)	1.96
Conductividad eléctrica		Conductividad eléctrica	
μS/cm	106.9	μS/cm	81.8
pH	7.6	pH	8.3
Dureza total mg/L Ca CO ₃	338	Dureza total	36
Sulfatos mg/L SO ₄ ⁻	125	Sulfatos	4.27
Bacteriológico		Bacteriológico	
<i>Escherichia coli</i>	10,000*	<i>Escherichia coli</i>	140 NMP
<i>Coliformes totales</i>	100,000*	<i>Coliformes totales</i>	220 NMP
*el resultado en los análisis bacteriológicos con valores de 10,000 indica que la cantidad de colonias formadas fue incontable			

El parámetro de turbiedad del agua fue 176 UNT, las cuales sobrepasan el límite máximo permisible, LMP predeterminado en las normas COGUANOR debido a que para el mes de junio es cuando la lluvia se hace presente en el área de la microcuenca y da paso al fenómeno de arrastre de partículas de suelo producto de la erosión hídrica lo cual hace que se registre un aumento en el valor de la turbiedad, mientras que el muestreo realizado en el mes de febrero el valor de la turbiedad baja hasta 1.96 UNT ya que al estar en época seca el arrastre de sedimentos es mínimo por lo que en el segundo muestreo visualmente la muestra era clara por lo tanto la turbiedad presentada en ese momento fue inferior al límite máximo admisible LMA.

En cuanto al parámetro de conductividad eléctrica, está por debajo del LMA, en ambos muestreos este parámetro no superó los 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ como se establece en la norma COGUANOR, ya que como se muestra en el cuadro de resultados el valor más alto que alcanza la conductividad eléctrica es durante la época lluviosa 106.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ por lo que existe una baja concentración tanto de aniones y cationes disueltos en el agua. Aunque la concentración del Calcio disuelto 100 mg/ L Ca no supera el LMP; el Magnesio 238 mg/ L Mg si supera este límite por lo que repercute en el valor de pH varíe entre el 7.6 – 8.3 haciendo que sea de tipo alcalino y pudiendo representar debido a su concentración en un problema al momento de conducir a través de tubería.

La presencia de Ca y Mg en el agua están directamente relacionados con la dureza total del agua, la cual es de 338 mg/L CaCO_3 durante la época lluviosa este valor de dureza está definido como agua muy dura, por lo que es poco aprovechable en esta época ya que daña considerablemente las conducciones de PVC. Durante la época seca el valor la dureza total es 36 mg/ L CaCO_3 se puede definir como agua suave en términos cualitativos por lo que durante esta época se podría aprovechar el agua, siempre y cuando el valor de dureza total no supere los 100 mg/ L CaCO_3 , ya que es el LMA según las normas COGUANOR, dado que se realizó un único muestreo, para conocer el comportamiento de afluentes en cuanto a la dureza del agua deberá analizarse a estos si se desean aprovechar con fines tanto potables como de riego.

El sulfato proviene principalmente de los fertilizantes que son adicionados en los suelos al momento de la fertilización por lo que en la época lluviosa este anión aumenta su concentración a 125 mg/ L SO_4^{-2} , este valor se considera dentro del LMP por lo cual no representa peligro de contaminación en el agua, tampoco en la época seca ya que el valor se reduce hasta los 36 mg/L SO_4^{-2} .

La cantidad de Manganeseo 1.5 sobrepasa el LMP por lo que indica que este anión es un contaminante pues excede ese límite, que aunque no representa un riesgo para la salud está directamente relacionado con elevar los costos de la energía necesaria para el bombeo del agua entubada ya que restringe el flujo del agua y baja la presión de ésta (McFarland & Dozier , 2006).

El Cloro residual 0 mg /L, indica que no existe presencia de este elemento en el agua del río, por lo que es necesario un proceso de cloración al momento del su uso en los hogares. Por otro lado también servirá para contrarrestar la contaminación existente por coliformes totales y *E. coli* el agua ya que ambas muestras presentan valores que no cumplen con lo estipulado por la norma, siendo más grave en la época lluviosa ya que los valores superan valores arriba de 10,000 colonias.

B. Calidad de agua para riego

La muestra de agua obtenida del río Chipacá posee una clasificación C1S1 según el análisis de calidad de agua con fines de riego, puesto que posee una relación de absorción del sodio RAS de 0.46 por lo anterior presentar un bajo peligro de sodicidad por su parte la conductividad eléctrica 94.8 que presento la muestra indica un bajo peligro de salinidad en el agua.

En el Cuadro 16, se presenta clasificación de USDA para el tipo de agua, las cantidades de los principales cationes y aniones presentes en la muestra de agua.

Cuadro 16. Resultados del análisis de calidad de agua para riego.

pH	$\mu\text{S/cm C.E.}$	meq/litro				ppm				RAS	CLASE
		Ca	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe	Mn		
7.7	94.8	0.37	0.25	0.26	0.08	0	0	1.4	0	0.46	C1S1

Dadas las características analizadas y el resultado de laboratorio el agua del río Chipacá, puede ser utilizado en el riego de los cultivos producidos dentro del área de la microcuenca puesto que está clasificado como agua apta para ser utilizada en riego de la mayoría de cultivos y en cualquier suelo sin restricciones solo ajustándose a las necesidades de la planta y su ciclo de producción, dado que existe bajos aportes de sales elementales para la producción, sí se desea emplear el agua para riegos se reduce el impacto a los sistemas de riego pues el riesgo de encontrar obstrucciones en la tubería instalada será bajo lo cual se traduce en menores costes de mantenimiento de dichos sistemas.

Los datos obtenidos del muestreo de agua como el pH 7.7; conductividad eléctrica 94.8 y RAS 0.46 concuerdan con los datos encontrados por Contreras (2009) quien analizó quince muestras de agua las cuales fueron tomadas en el departamento de Quiché y que además corresponden a la parte alta de la cuenca del río Motagua en sus resultados determinó que las quince muestras tomadas se clasificaron como C1S1 y la conductividad eléctrica oscilaba entre 30 $\mu\text{S/cm}$ y 197 $\mu\text{S/cm}$, mientras que los valores de pH de 5.8 a 8. RAS que variaba de 0.1 a 0.7 por lo que en tema de calidad de agua el río Chipacá al formar parte de la parte alta del río Motagua tiende a tener similares características.

2.6.4 Lineamientos de manejo de la microcuenca del río Chipacá.

Se realizó la consulta con actores institucionales dentro de la microcuenca quienes de manera previa tanto por medio del Programa Nexos Locales, CREDCOM y Paisano de SCI a través de los planes integrales comunitarios, han identificado las distintas problemáticas que llegan a afectar a los recursos naturales de la microcuenca por lo que se generó un listado (USAID/Nexos Locales, 2016) (Granados, 2011).

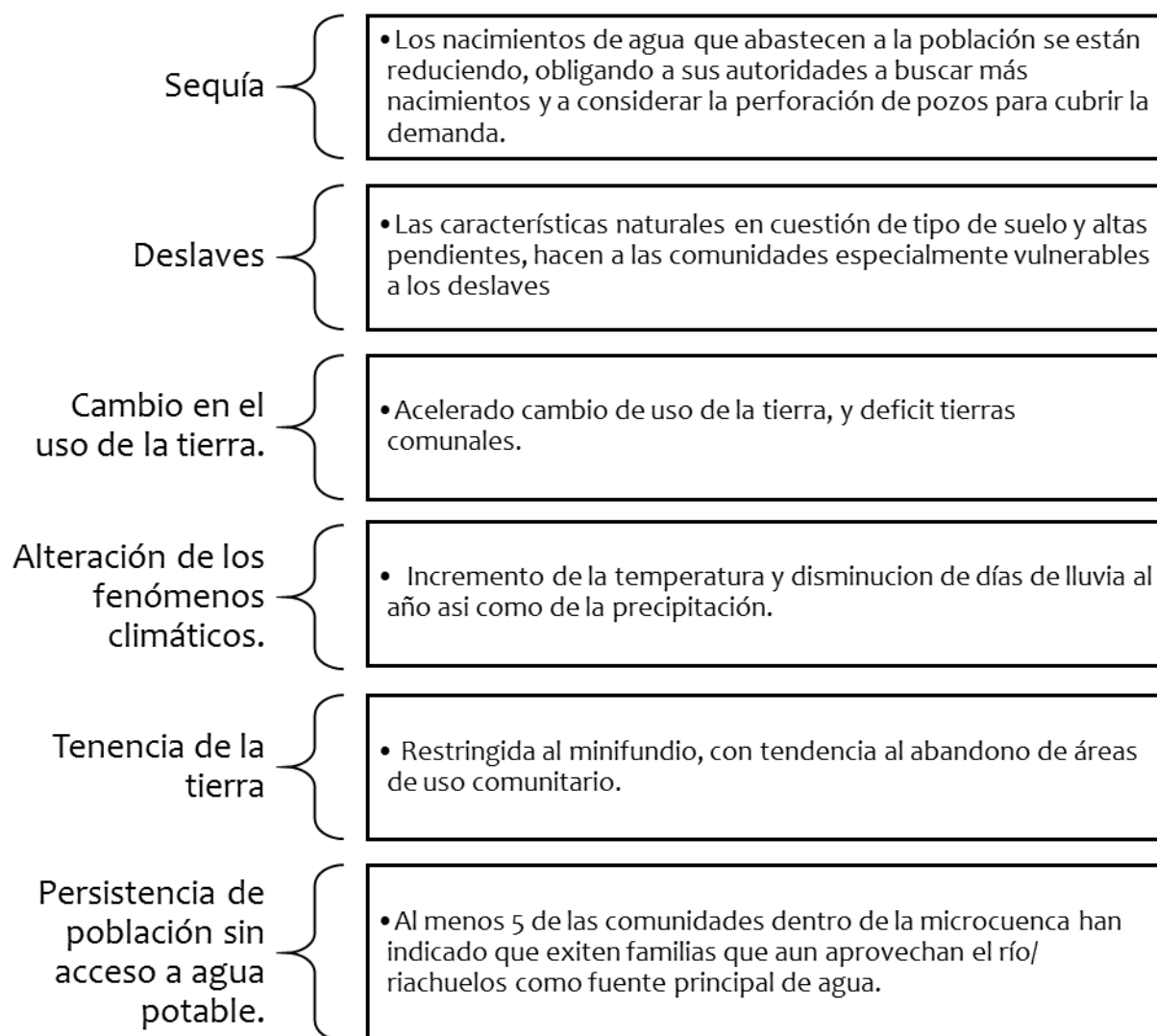


Figura 19. Principales problemas encontrados dentro de la microcuenca.

Fuente: Resumen de los hallazgos reportados por Nexos Locales, 2016; Granados, 2011; Planes integrales comunitarios. .

Se ajustaron las líneas estratégicas que manejan el plan municipal de adaptación al cambio climático del municipio de Chichicastenango a la realidad de la microcuenca y su contexto natural, situación de sus recursos naturales y actividades productivas desarrolladas en su espacio.

A. Sensibilización y concientización.

Una de las amenazas más importantes que ha surgido dentro del área de la microcuenca ha sido el creciente número de incendios forestales - quemas no controladas puesto que es una de las técnicas utilizadas para lograr el cambio de uso de la tierra.

La degradación del suelo por acción de erosión hídrica es evidente, como lo muestra la Figura 20, también se observó que durante los meses de lluvia se observó variación en el grado de turbidez del agua en el río Chipacá de 1.96 a 175 UNT, por lo que se observa proceso de arrastre de sedimentos en época de lluvia.

Para lo cual se deberá trabajar con los comunitarios para orientarlos en acciones que se deben realizar para contrarrestar estos riesgos como lo son la pérdida de fertilidad de suelos y evitar quemas.



Figura 20. Degradación del suelo por erosión hídrica y proceso de sedimentación.

B. Conservación y restauración de ecosistemas

La conservación de los distintos ecosistemas es necesario en la microcuenca ya que afronta la necesidad de ser protegida por la riqueza que alberga dentro de ella así como los procesos de regeneración que se están dando, Figura 21 y 22.

La forma de tenencia de la tierra privada y minifundio que se observa claramente a lo largo de la microcuenca es la principal debilidad para que se desarrolle la conservación de los recursos naturales, por lo que las acciones se limitan a nivel familiar y no comunal, queda entonces a consideración de las familias tomar las acciones para conservar los recursos con los que cuentan.



Figura 21. Área con necesidad de ser protegida por su ubicación e importancia ecológica.



Figura 22. Proceso de regeneración natural de pino

C. Gestión de agua

La existencia de una corriente permanente de agua como lo es el río Chipacá es un indicador del potencial para abastecimiento de agua, pero se enfrenta los terrenos con pendientes fuerte entre el 6 % - 46 % que llegan a ser una limitante si se desea instalar algún sistema

que facilite el traslado del agua de un punto a otro por lo que si se piensa en sistema de bombeo este resulta en costos elevados.

A lo largo de la cuenta se encuentran diferentes nacimientos de agua los cuales drenan hacia el río de manera directa los cuales podrían también beneficiar a las comunidades, Figura 23 y 24.

Las técnicas de cosecha de agua, como atrapar neblinas, aljibes podrían ser adoptados por los comunitarios para aprovechar tanto el vapor de agua en forma de neblina así como las ligeras precipitaciones que se dan en horas de la madrugada y noche ya que se cuenta con la ventaja de poseer altos valores de humedad relativa 75 % - 85 %.



Figura 24. Recurso hídrico disponible.



Figura 23. Infraestructura dentro de la microcuenca para el abastecimiento de agua de las comunidades

D. Agroforestería

Se observó por toda la microcuenca como se han ido realizando cambios de uso de la tierra, en terrenos que con anterioridad existían bosques de pino se han ido estableciendo parcelas con frutales o bien con granos básicos (Figura 25.), por lo que a manera de conservar los arboles provenientes de la regeneración natural del bosque se debe apostar por realizar practica agroforestales las cuales permitirán seguir desarrollando la agricultura, pero conservando el carácter forestal.

A las nuevas parcelas de frutales acoplar también prácticas de conservación de suelos pues si se desea la obtención de frutas de calidad se debe recurrir a estas técnicas para no perder suelo y con ello los nutrientes presentes, así como aprovechar la humedad al propiciar la infiltración del agua de lluvia.



Figura 25. Producción de frutales en laderas.

E. Fomento económico

Con el auge del turismo comunitario y el turismo ecológico, se tiene una oportunidad la cual se puede llevar a cabo con la voluntad de las personas dentro de la microcuenca pues a lo largo de la cuenca se observaron dos diferentes cascadas las cuales le dan un atractivo al área en la época de verano y pueden bien aprovecharse para beneficio de las comunidades.

Por otra parte se encontró con personas que en las comunidades se dan la tarea de recolectar hongos, los cuales se consideran a través de la tradición oral como comestibles, y que durante la época de lluvia y después de ella se vende en el mercado municipal, por lo que un enfoque de trabajo que desarrolle el cuidado de los bosques permitirá el impulso de este mercado, Figura 26.

La existencia de viveros comunitarios es una oportunidad, para el comercio de plantas tanto forestales como frutales, procesos reforestación exitosos ya que si bien no cuentan con fondos económicos se debe considerar la capacidad instalada que se ha dejado por los distintos programas que trabajan en dichas comunidades, lo cual permitirá que el trabajo sea eficaz.

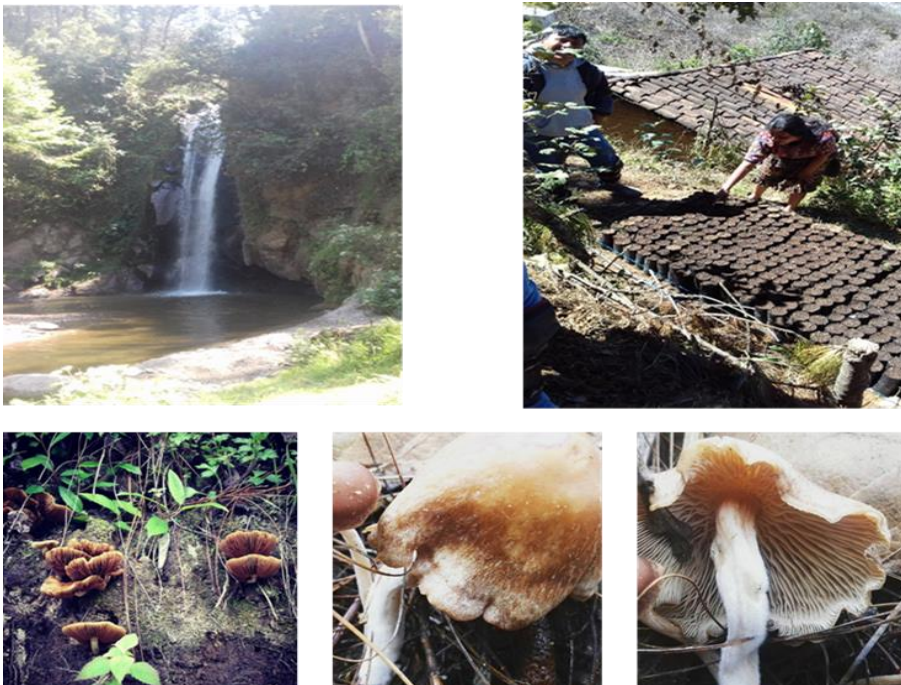


Figura 26. Diferentes oportunidades para desarrollar la economía de las distintas comunidades dentro de la microcuenca.

Luego de evidenciar y resaltar la necesidad de implementar las líneas estratégicas se realizó la evaluación de las distintas alternativas, dicha evaluación se hizo pensando que todas ellas deben responder a un solo objetivo. Cada alternativa elegida posee una descripción del medio utilizado para poder alcanzar el objetivo, (Cuadro 17).

Cuadro 17. Matriz de alternativas para el cumplimiento de las líneas estratégicas.

Línea estratégica.	Alternativa	Descripción
Sensibilización y concienciación Objetivo: Orientar a los habitantes de las comunidades a cerca de acciones que perjudican al ambiente.	Campañas para la reducción de quemas	Por medio de estaciones de radio comunitaria grabar spot publicitario dirigido a los pobladores sobre las repercusiones de realizar quemas.
	Talleres sobre cultivos curvas a nivel.	Trabajar con familias a cerca de las ventajas de producir sus granos básicos y hortalizas utilizando curvas de nivel como practica para conservar las características de los suelos con los que cuentan.
	Implementación de multas por tirar basura en ribera del río.	Realizar acuerdos a nivel comunitario sobre la imposición de multas económicas/ jornal a quien deje de manera reiterada basura en las cercanías del río. Mientas que a nivel comunitario estipular campañas de limpieza.
Conservación y restauración de ecosistemas Objetivo: Recuperar las áreas de bosque mixto y de pino	Inventariar el recurso bosque existente.	A nivel comunitario establecer por medio de censo las personas que dentro de la comunidad posee terrenos con bosque. Si se hace necesario algún proceso de aprovechamiento para poder dar paso a la regeneración natural establecer las áreas mínimas.

	Reforestación con especies nativas a nivel familiar.	Después de realizado el censo, gestionar la compra y/o recolección de árboles de aliso y quercus para repoblar espacios sin cobertura boscosa que las familias de la comunidad deseen poner a su disposición.
Gestión del agua Objetivo: Abastecer a las comunidades con agua limpia así como atender la creciente escasez.	Campañas de limpieza en lugares cercanos a los nacimientos de agua.	Conformar grupos dentro de las comunidades que presenten servicio de limpiar de manera constante los alrededores de sus nacimientos para evitar contaminación del agua.
	Implementar un basurero comunal.	Dado que el servicio de recolección de desecho se limita al área del casco urbano de Chichicastenango, debe adecuar un sistema de recolección que involucre a las comunidades y se logre ubicar un lugar conveniente donde se depositen los desechos de las comunidades y así evitar que estos lleguen a las orillas del río y de sus diferentes riachuelos.
	Adecuar métodos para cosecha de agua.	Instalar sistemas de recolección y almacenamiento de agua de lluvia ya que es una práctica que no se realiza en las comunidades dentro de la microcuenca, por lo que se pueden adaptar para las comunidad de la parte alta sistemas que atrapen neblinas puesto que se puede aprovechar esa cualidad del clima, así como acoplar aljibes en los hogares.
	Construcción de unidades de tratamiento de agua a nivel domiciliar.	La carencia de sistemas de drenaje en las comunidades hace que las aguas provenientes del uso doméstico no drenen a un solo sitio por lo que debe emplearse pozos

		artesanales con sistemas de filtración para evitar que se contamine el subsuelo.
Agroforestería Objetivo: Aplicar técnicas de manejo de cultivos y espacios para minimizar la pérdida de suelos por efecto de la erosión hídrica y/o eólica	Promover la técnica de terrazas individuales en el cultivo de frutales	Debido a las características de los suelos del área de la microcuenca estos tiene a escurrir y su capacidad de infiltración natural se debe realizar capacitaciones con los productores de frutales para que adopten el uso de terrazas en sus terrenos e informarle a cerca del manejo de los frutales.
	Uso de barreras rompevientos para delimitar parcelas de granos básicos	Para contrarrestar la erosión eólica en terrenos donde se cultiva granos básicos y hortalizas implementar barreras rompevientos que minimicen el impacto de los vientos fuertes que se dan
	Construcción de barreras vivas con plantas de aliso en las laderas.	El riesgo de deslizamientos por acción de las lluvias se agudiza ya que existen laderas desprovistas de alguna cobertura por lo que se debe emplear barreras vivas. El uso de aliso se recomienda debido a que es una especie arbórea que abunda en el área de la microcuenca y es de importancia por su uso tanto para leña como provisión de Nitrógeno en el suelo por lo cual protege tanto el suelo mientras que provee nutrientes al suelo.
Fomento económico: Objetivo: Proveer a las comunidades que conforman la microcuenca ingresos en los cuales puedan tanto	Promoverse como destino eco turístico (2 cataratas a largo del Río Chipacá.	Agruparse para desarrollar un grupo de trabajo que se encargue de atraer el turismo tanto a los visitantes nacionales y/o internacionales, así como que planeen estrategias para protección de las cascadas para que no se ensucien y que sigan estado disponibles para los visitantes.

cuidar del ambiente como recibir una compensación por hacerlo.	Desarrollar el mercado de hongos comestibles.	Debido al conocimiento que algunas mujeres de las comunidades tienen sobre la colecta de hongos con fines alimenticios se debe realizar talleres que permitan a más mujeres conocer los diferentes hongos con los que se pueden preparar para alimentarse así como lograr que se puedan producir a nivel comercial y ser una fuente de trabajo estacional para las mujeres.
	Divulgar la existencia los viveros comunitarios.	Con el apoyo de instituciones del tipo no gubernamental se han implementado viveros forestales los cuales proveen de plantas tanto a sus comunidades y sus vecinos de algunas otras comunidades por lo cual se debe realizar una campaña radial donde se dé la información de los viveros y se logre que los vecinos que deseen realizar plantaciones de árboles puedan recurrir a estos para que se desarrolle su demanda.

2.7 CONCLUSIONES

1. La microcuenca del río Chipacá es de tipo oval oblonga. En cuanto al drenaje posee una densidad de $2.63 \text{ km} / \text{km}^2$ que se debe la cantidad de riachuelos y quebradas que alimentan al río principal las cuales son al menos 157 y 131 son de orden 1, mientras que el tiempo de concentración de una lluvia es de 2.42 h lo cual reduce el riesgo de inundación.
2. La recarga hídrica potencial es de $9.7 \text{ Mm}^3 / \text{año}$, debido a las características de los suelos y la cobertura vegetal se identificaron 3 unidades de muestreo con potencial de recarga hídrica muy alta siendo estas las formadas por el pie de monte de Sacbichol y las colinas de Chicué donde las coberturas son de tipo perenne como los frutales y bosque mixto y anual como lo es granos básicos.
3. Existe contaminación en las aguas del río Chipacá, principalmente por la presencia de coliformes totales así como de *Escherichia coli* las cuales fueron encontradas en los dos muestreos realizados. En cuanto al agua del río para uso agrícola, el agua presenta una baja sodicidad con un RAS de 0.46 por lo cual puede ser utilizada para regar cultivos.
4. Los principales riesgos dentro de la microcuenca son de tipo climático tanto por la sequía que se agudiza cada vez así como por la variación en el ciclo de las lluvias y su intensidad que logran influir en los deslaves. Así como las de tipo antrópico como es la necesidad de cambiar de uso la tierra y el uso del fuego para lograrlo.

2.8 RECOMENDACIONES

1. Las laderas más pronunciadas que se encuentran en la parte baja del valle del río deben ser protegidas con acequias las cuales podrá ayudar con el proceso erosivo por acción de la lluvia.
2. Las áreas con mayor potencial de recarga hídrica son la que poseen como cobertura vegetal el bosque, por lo que la conservación de la masa boscosa es vital para mantener el potencial, la inclusión de prácticas de agroforestería en la demás áreas permitirá ese potencial no se reduzca.
3. Los suelos con tendencia a ser arcillosos deben recibir buenos aportes de materia orgánica la cual permita la conservación de humedad además de ellos realizar trabajos de conservación de suelos como terrazas individuales en cultivos como melocotón y manzana.
4. Realizar monitoreo de la calidad del agua a las quebradas Sacbichol y Los Encuentros ya que son las áreas más alejadas a donde se tomó las muestras para este estudio por lo que podrían tener características diferentes a los resultados globales.
5. Incorporar procesos de cloración de agua y/o hervir agua si se desea utilizar para consumo ya que con ello se logra reducir posibles enfermedades gastrointestinales, dada la presencia de coliformes y E. coli.
6. Fortalecer el concepto de microcuenca con los miembros de las comunidades y lograr establecer una autoridad de microcuenca para que se impulsen los lineamientos de manejo.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Alcaldía Comunitaria Cantón Chicúa Segundo, Chichicastenango, Quiché, Guatemala; Consejo Comunitario de Desarrollo, Cantón Chicúa Segundo, Chichicastenango, Quiché, Guatemala (COCODE); Comisión de Seguridad Alimentaria Nutricional, Guatemala (COSAN); Consejo Educativo; Coordinadora Local para la Reducción de Desastres, Quiché, Guatemala (COLRED). (2015). *Plan integral comunitario: Cantón Chicúa Segundo, Chichicastenango, Quiché*. Cantón Chicúa Segundo, Chichicastenango, Quiché, Guatemala: Save the Children. 32 p.
2. Alcaldía Comunitaria Cantón Chipacá I, Chichicastenango, Quiché, Guatemala; Consejo Comunitario de Desarrollo Cantón Chipacá I, Chichicastenango, Quiché, Guatemala (COCODE); Comisión de Seguridad Alimentaria Nutricional, Guatemala (COSAN) Consejo Educativo; Coordinadora Local para la Reducción de Desastres, Quiché, Guatemala (COLRED). (2015). *Plan comunitario integrado: Cantón Chipacá I Chichicastenango, Quiché, Guatemala*. Cantón Chipacá I, Chichicastenango, Quiché, Guatemala: Save the Children. 31 p.
3. Alcaldía Comunitaria Cantón Chontala, Chichicastenango, Quiché, Guatemala; Consejo Comunitario de Desarrollo Cantón Chontala, Chichicastenango, Quiché, Guatemala (COCODE); Comisión de Seguridad Alimentaria Nutricional, Guatemala (COSAN), Consejo Educativo; Coordinadora Local para la Reducción de Desastres, Quiché, Guatemala (COLRED). (2017). *Plan integral para la reducción de riesgos (PIRR): Cantón Chontala, Chichicastenango, Quiché*. Cantón Chontala, Chichicastenango, Quiché, Guatemala: Save the Children. 28 p.
4. Alcaldía Comunitaria Cantón Chuabaj, Chichicastenango, Quiché, Guatemala; Consejo Comunitario de Desarrollo Cantón Chuabaj, Chichicastenango, Quiché, Guatemala (COCODE); Comité de Agua, Comités de Mujeres, Comisión de Seguridad Alimentaria Nutricional, Guatemala (COSAN). (2017). *Plan integral de reducción de riesgos (PIRR): Cantón Chuabaj, Chichicastenango, Quiché*. Cantón Chuabaj, Chichicastenango, Quiché, Guatemala: Save the Children. 27 p.

5. Alcaldía Comunitaria Cantón Chutzorop I, Chichicastenango, Quiché, Guatemala; Consejo Comunitario de Desarrollo Cantón Chutzorop I, Chichicastenango, Quiché, Guatemala (COCODE); Comisión de Seguridad Alimentaria Nutricional. Guatemala (COSAN); Consejo Educativo; Coordinadora Local para la Reducción de Desastres, Quiché, Guatemala (COLRED). (2015). *Plan integral comunitario: Cantón Chutzorop I, Chichicastenango, Quiché*. Cantón Chutzorop I, Chichicastenango, Quiché, Guatemala: Save the Children. 32 p.
6. Alcaldía Comunitaria Cantón Chutzorop Tercero, Chichicastenango, Quiché, Guatemala; Consejo Comunitario de Desarrollo Cantón Chutzorop Tercero, Chichicastenango, Quiché, Guatemala (COCODE); Comisión de Seguridad Alimentaria y Nutricional, Guatemala (COSAN). (2015). *Plan integral comunitario: Cantón Chutzorop Tercero, Chichicastenango, Quiché*. Cantón Chutzorop III, Chichicastenango, Quiché, Guatemala: Save the Children. 48 p.
7. Alcaldía Comunitaria Cantón Lacama Segundo, Chichicastenango, Quiché, Guatemala; Consejo Comunitario de Desarrollo Cantón Lacama Segundo, Chichicastenango, Quiché, Guatemala (COCODE); Comisión de Seguridad Alimentaria Nutricional, Guatemala (COSAN); Consejo Educativo; Coordinadora Local para la Reducción de Desastres, Quiché, Guatemala (COLRED); Comité de mujeres. (2016). *Plan integral de reducción de riesgos (PIRR): Lacama Segundo, Chichicastenango, Quiché*. Cantón Lacama Segundo, Chichicastenango, Quiché, Guatemala: Save the Children. 28 p.
8. Alcaldía Comunitaria Cantón Río Camanibal, Chichicastenango, Quiché, Guatemala; Consejo Comunitario de Desarrollo Cantón Río Camanibal, Chichicastenango, Quiché, Guatemala (COCODE); Comisión de Seguridad Alimentaria Nutricional, Guatemala (COSAN); Consejo Educativo; Coordinadora Local para la Reducción de Desastres, Quiché, Guatemala (COLRED). (2015). *Plan integral comunitario: Cantón Río Camanibal, Chichicastenango, Quiché*. Cantón Río Camanibal, Chichicastenango, Guatemala: Save the Children. 30 p.
9. Alcaldía Comunitaria Cantón Sacbichol, Chichicastenango, Quiché, Guatemala; Consejo Comunitario de Desarrollo Cantón Sacbichol, Chichicastenango, Quiché, Guatemala (COCODE); Comisión de Seguridad Alimentaria Nutricional, Guatemala (COSAN); Coordinadora Local para la Reducción de Desastres, Quiché, Guatemala (COLRED). (2015). *Plan integral comunitario: Cantón Sacbichol, Chichicastenango, Quiché*. Cantón Sacbichol, Chichicastenango, Quiché, Guatemala: Save the Children. 30 p.

10. Aldana, M., & Zacarías, E. (2014). Índice de calidad del agua del río Cucabaj ubicado en el municipio de Santa Cruz del Quiché, Quiché y la influencia en los costos del tratamiento de potabilización. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 1(1), 21-34.

11. Alvarado, G. D., & Herrera Ibañez, I. R. (2001). *Mapa fisiográfico-geomorfológico de la república de Guatemala a escala 1:250,000*. Guatemala: MAGA.

12. Andino, J. (2005). *Planificación de los recursos naturales con base en los servicios ambientales prioritarios de la subcuenca del lago de Yojoa, Honduras*. (Tesis Mag. Sci.). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE): Costa Rica.

13. Bateman, A. (2007). *Hidrología básica y aplicada*. España, Universidad Politécnica de Cartagena, Grupo de Investigación en Transporte de Sedimentos. 70 p. Recuperado de:
<https://www.upct.es/~minaees/hidrologia.pdf>

14. Comisión Guatemalteca Nacional de Normas (COGUANOR) . (1985). *COGUANOR 29001: Agua potable, especificaciones*. Guatemala: COGUANOR.

15. Comisión Nacional para Reducción de Desastres, Guatemala (CONRED) . (2015). *Amenaza por deslizamientos e inundaciones departamento de Quiché, municipio Chichicastenango (1406)*. Chichicastenango, Guatemala: CONRED.

16. Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala (CONAP). (2007). *Plan de desarrollo sostenible de la reserva de uso múltiple la cuenca del lago de Atitlán y el departamento de Sololá 2007 - 2011*. Guatemala.

17. Contreras, L. (2009). *Análisis de la calidad del agua superficial para riego en Guatemala*. (Tesis Ing. Agr.). USAC, Facultad de Agronomía: Guatemala.

18. De León y De León, Á. M. (2010). *Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión: Diagnóstico financiero municipal*. (Tesis Lic. Cont. Pub.). USAC, Facultad de Ciencias Económicas: Guatemala.

19. Environmental Protection Agency, US (EPA). (1998). *Lineamientos para el plan de conservación de agua*. USA. 237 p.

20. García , Á. (2012). Criterios modernos para la evaluación de la calidad del agua para riego. Recuperado de: [http://www.ipni.net/publication/ia-laahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/\\$FILE/6%20Art.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-laahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/$FILE/6%20Art.pdf)

21. Gaspari, F., Rodríguez Vagaría , A., Senisterra, G., Denegri, G., Delgado , M., & Besteiro , S. (2012). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *In Congreso de Medio Ambiente (7., 2012, Argentina)*. Argentina. 25 p.

22. Granados, O. (2011). Análisis de la vulnerabilidad de la cadena de valor de la producción agrícola ante el cambio climático, en Chichicastenango, el Quiché, Guatemala. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 2(105), 83–102.

23. Heredia, L., & Saavedra, C. (2014). Valoración de efectos e impactos de intervenciones de gestión, manejo y protección de áreas de recarga hídrica y de fuentes de agua en microcuencas: *Experiencias de mancomunidades de municipios*. Bolivia: Helvetas Swiss Intercooperation / TELEIOO S.R.L. Recuperado septiembre de 2018, de <https://www.researchgate.net/publication/284172994>

24. Herrera Ibañez, I. R. (2014a). *Hidrogeología práctica* (2 ed.). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 346 p.

25. _____. (2014b). *Manual de hidrología* (3 ed.). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 281 p.
26. Instituto Nacional de Ecología, México (INE). (2004). *Análisis morfométrico de cuencas: Caso de estudio del parque nacional Tancítaro*. Recuperado de: <https://agua.org.mx/biblioteca/analisis-morfometrico-de-cuencas-caso-de-estudio-del-parque-nacional-pico-de-tancitaro/>
27. Instituto Nacional de Estadística, Guatemala (INE). (2013). *Caracterización departamental: Sololá 2012*. Guatemala.
28. _____. (2014). *Caracterización departamental: Quiché. 2013*. Guatemala.
29. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina (INTA). (2011). *Protocolo de muestreo, transporte y conservación de muestras de agua con fines múltiples (consumo humano, abrevado animal y riego)*. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-protocolo_de_muestreo_de_aguas_inta.pdf
30. Israelsen, O. (1979). *Principios y aplicaciones del riego*. (A. García Palacios , Trad.). España: Reverte.
31. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala (MAGA). (2011). *Diagnostico de la region occidente de Guatemala*. Guatemala. 114 p.
32. McFarland, M., & Dozier , M. (2006). Problemas del agua potable: El hierro y el manganeso. Texas, USA: TAMU. Recuperado de: <https://texaswater.tamu.edu/groundwater/drinking-water-treatment.html>
33. Noack, E., Sánchez, E., & Herrera, J. (2015). *Manual para la buena gobernanza hídrica en los municipios de la cuenca alta del río Motagua, Guatemala* (2 ed.). Guatemala: ServiPrensa.

34. Noriega, J. P. (2005). *Determinación de las áreas principales de recarga hídrica natural en la microcuenca del río Sibacá, Chiniqué, Quiché*. (Tesis Ing. Agr.). USAC, Facultad de Agronomía: Guatemala.
35. Perpiñan Guerra, A. (2013). *Metodología para la evaluación y selección de alternativas de aprovechamiento, ahorro y uso eficiente del agua en el sector institucional*. Tesis Mag. Rec. Hidraulic. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Departamento de Geociencias y Medio Ambiente: Medellin, Colombia.
36. Quezada , J., Cerda, J., & Jensen, A. (2010). Efectos de la tectónica y el clima en la configuración morfológica del relieve costero del norte de Chile. *Andean Geology*, 37(1), 78–109. Recuperado de:
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-71062010000100004
37. Sadzawka, A. (2006). *Métodos de análisis de aguas para riego*. Chile: INIA. (Serie INIA 37). Recuperado de:
http://biblioteca.inia.cl/link.cgi/Catalogo/Actas/metodos_de_analisis_de_aguas_para_riego.act
38. Schosinsky, G. (2006). Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos. *Revista Geológica de América Central*, vol.(no.), 13-30. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45437342002>
39. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México (SAGARPA). (2011). *Hidrología aplicada a las pequeñas obras hidráulicas*. México.
40. Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala (SEGEPLAN). (2006). *Indicador zonas de vida*. Guatemala.

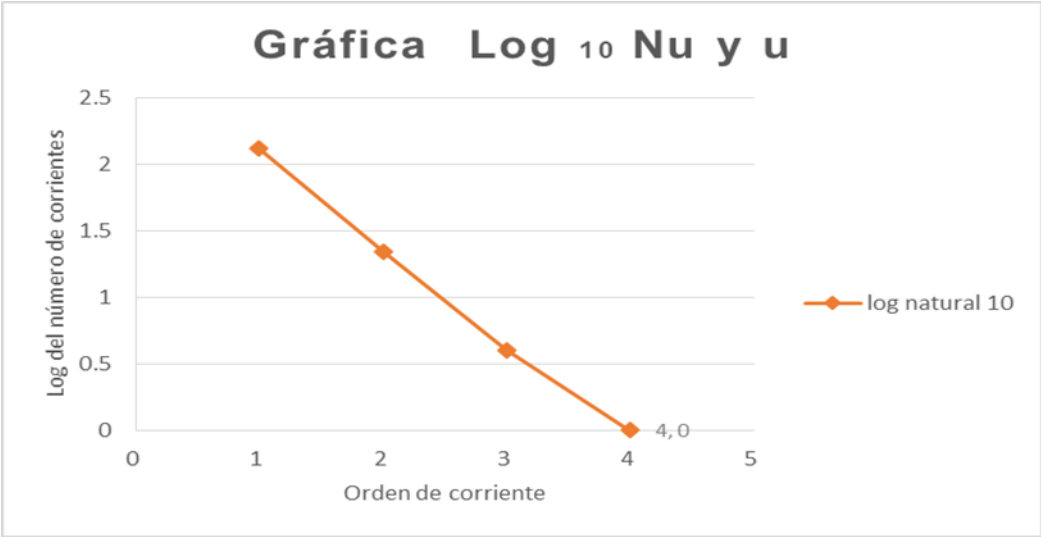
41. Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala (SEGEPLAN). (2010). *Plan de desarrollo, Chichicastenango - Quiché*. Guatemala.
42. SOUTHCOM. (2000). *Evaluación de recursos de agua de Guatemala*. Guatemala. Recuperado de:
<http://www.sam.usace.army.mil/Portals/46/docs/military/engineering/docs/WRA/Guatemala/Guatemala%20WRA%20Spanish.pdf>
43. Tobías, H., & Lira, E. (2000). *Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la república de Guatemala a escala 1:250,000*. Guatemala.
44. Universidad Nacional del Nordeste, Argentina, Facultad de Ingeniería (UNNE). (2007). *Guía de trabajo practico no. 1: Determinación de las características físicas de la cuenca*. Argentina. Recuperado de:
<http://ing.unne.edu.ar/pub/hidrologia/hidro-tp1.pdf>
45. USAID/Nexos Locales. (2015). *Diagnóstico de agua y cambio climático del municipio de Santo Tomás Chichicastenango, Quiché*. Guatemala.
46. _____. (2016). *Plan municipal de adaptación al cambio climático del municipio de Chichicastenango, El Quiché*. Guatemala.
47. Villón, M. (2002). *Hidrología*. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.
48. World Vision. (2001). *Manual de manejo de cuencas*. Costa Rica.

2.10 ANEXOS

Cuadro 18A. Proceso de evaluación de adopción de las alternativas seleccionadas para lineamientos de manejo.

probabilidad de adopción de la alternativa seleccionada					
puntuación	muy baja	baja	media	alta	muy alta
Criterio de valoración	1	2	3	4	5
Efectiva y exitosa			3		
Ambientalmente adecuada				4	
Socioculturalmente aceptable		2			
Técnicamente posible			3		
Económicamente eficiente			3		
Participativa				4	
Replicable y adaptable					5
Sostenible o sustentable				4	

Fuente: Adoptado de Heredia & Saavedra, 2014.



Fuente: Propia
Figura 27A. Gráfica Log₁₀ Nu y u.

Cuadro 19A. Geo formas encontradas dentro de la microcuenca río Chipacá. .

Geo forma	Área km²
Valle del río Chipacá	13.60
Altiplanicie Chipacá	1.98
Altiplanicie Cruz Xom	1.89
Altiplanicie Xecoja	3.50
Altiplanicie Camanchaj	3.95
Colinas Chutzorop	1.20
Colinas de Chumanzana	8.02
Colinas de Chuabaj	6.39
Pie de monte Sacbichol	1.28
Montaña Los Encuentros	1.25
Ladera de Chontala	2.16
Total	45.19

Fuente: propia



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



INTERESADO: LETICIA PABLO

PROCEDENCIA: RIO CHIPACA, CHIMALTENANGO

FECHA DE INGRESO: 29/9/2017

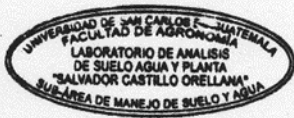
ANALISIS QUIMICO DE AGUA

IDENT	pH	μS/cm C.E.	meq/litro				Ppm				RAS	CLASE
			Ca	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe	Mn		
M-1	7.7	94.8	0.37	0.25	0.26	0.08	0.0	0.0	1.4	0.0	0.46	C1S1

Según clasificación **USDA** la muestra se clasifica como:

C1 : AGUAS DE MEDIANA SALINIDAD, LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA NO SOBREPASA- 250μS/cm

S1: AGUAS DE BAJA SODICIDAD Y CUYO RAS VARÍA DE 0 A 10



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA
 CODIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL: (502)24189308, (502) 24188000 EXT 1562 Ó 1769

Figura 28A. Resultados análisis de agua con fines de riego.

LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA
Departamento de Control y Vigilancia de la Salud
Dirección de Área de Salud de Quiché
Tel.: 77551943 email: saneamientodelmedioquiche@gmail.com



Distrito de Salud: **Save The Children FAUSAC**
Comunidad: **Chontalá y Chipacá**

Fecha de Muestreo: **29/06/2017** Numero de análisis: **115**
Hora de muestreo: **11:00:00 a.m.** 04/07/2017
Uso del agua: **consumo humano**
Nombre del sistema:
Punto de muestreo: **Punto de aforo río Chipacá**
Longitud: **1722950.299** Latitud: **436064.6164** Altura: **1700**
Persona que realizó la muestra: **María Leticia Pablo Quijé**

PARÁMETRO DE CALIDAD	RESULTADO	LMA NTG29001	LMP NTG29001	CONTAMINANTE
Color U Pt-Co	107	5	35	☐
Olor	No Rechazable	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	☐
Turbiedad UNT	176	5	15	☐
Conductividad eléctrica microS/cm	106.9	750	1500	☐
Potencial de Hidrógeno	7.6	7.0-7.5	6.5-8.5	☐
Cloro residual (mg/L)	0	0.5	1.0	☐
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	338	100	500	☐
Calcio (mg/L Ca)	100	75	150	☐
Magnesio (mg/L Mg)	238	50	100	☐
Sulfato (mg/L SO ₄ -)	125	100	250	☐
Manganeso (mg/L Mn)	1.5	0.1	0.4	☐
Hierro (mg/L Fe)	2.15	0.3	2*	☐
Nitrato (mg/L NO ₃ -)	0	---	50	☐
Nitrato (mg/L NO ₂ -)	0	---	3.0	☐
Bario (mg/L Ba)	---	---	0.7	☐
Coliformes Totales	100000	0	0	☒
E Coli	10000	0	0	☒

LMA: Límite máximo aceptable, según COGUANOR NTG 29001 LMP: Límite máximo permisible, según COGUANOR NTG 29001
Celdas en blanco en columna de resultados indica que no se realizó análisis de ese parámetro
El resultado en los análisis bacteriológicos con valores de 10000 indica que la cantidad de colonias formadas fue incontable
*LMP para el parámetro de Hierro, basado en el acuerdo ministerial del MSPAS 523-2013 Artículo 8.

OBSERVACIONE


BENJAMÍN OLIVERIO LEÓN MEDRANO
INGENIERO QUÍMICO, COLEGIADO No. 1365
CONTROL Y VIGILANCIA DE LA SALUD
DAS-QUICHÉ



Figura 29A. Resultados del primer análisis de agua para uso doméstico.



ESCUELA DE QUÍMICA UNIDAD DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL EDIFICIO T-13, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12 TELÉFONO: 24189412		INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO QUÍMICO	
Nombre común o comercial de la muestra:		No de código / Marca del remitente:	
Agua de Río			
No de registro:	1802035	Empresa / Institución:	Maria Pablo
		Remitente / Solicitante:	Maria Pablo
Fecha de recepción:	Muestra recibida por:	Tipo de recipiente:	peso neto:
19/02/2018	Levis Donado		
DETERMINACIONES SOLICITADAS:			
Análisis Fisicoquímico para Potabilidad			
Parametros evaluados	Unidades	Valor	LMP*
pH		8.32	6.50 - 8.50
Conductividad	μS/cm.	81.8	50 - 750
Turbidez	UNT	1.96	15.00
Sólidos totales	mg/L	111	1,000
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	19.56	---
Sulfatos	mg/L SO ₄ ⁻²	4.27	250
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	36	500
* LMP= Limite máximo permisible según norma COGUANOR NGO 29 001.			
Fecha:	Analista(s):	Ref. Registro Análisis	Costo total facturado:
21/02/2018	YJ/LD		Q125.00
Firma de UAI:	Recibido nombre:	Firma:	Fecha:

Figura 30A. Resultados del segundo análisis de agua para uso doméstico.



pag 1 de 1

Fecha: 26 de febrero de 2018

INFORME DE RESULTADOS No. 024 -18

I. Información general

Nombre del cliente: María Pablo
 Institución: Particular
 Dirección: 9a. Av. 12-30 Zona 2, Villa Nueva.
 Análisis solicitado: Coliformes totales y *Escherichia coli*
 Tipo de muestra: Agua

Descripción de la muestra: Agua de río Chipaca
 Fecha y hora del muestreo: 18 de febrero de 2018 10:30
 Responsable del muestreo: Cliente
 Fecha y hora de recepción de la muestra: 19 de febrero de 2018 09:20
 Fecha de inicio de análisis: 19 de febrero de 2018

II. Resultados

Análisis	Metodología ¹	Resultado ²	Límite Máximo Permissible ³
Coliformes totales	SM 9223 B	220 NMP/100mL	N/A
<i>Escherichia coli</i>	SM 9223 B	140 NMP/100mL	N/A

¹ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd. Edition.² NMP/100 mL = Número más probable en 100 mL.³ NORMA TÉCNICA GUATEMALTECA. COGUANOR NTG 29001 Primera Revisión. Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones.

III. Conclusiones

En el agua de río por tratarse de un agua cruda, los límites microbiológicos dependerán del uso al que se destine el agua como riego, recreación, consumo humano, y otros. Para consideraciones prácticas se comparan los resultados con la norma COGUANOR para agua potable con lo cual desde el punto de vista microbiológico, los resultados obtenidos indican que la muestra **NO Cumple** con la norma COGUANOR 29001 1a. revisión. Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones., debido a la detección de coliformes totales y *Escherichia coli*. Las bacterias coliformes totales son indicadores de contaminación que puede ser de origen fecal como no fecal y la presencia de *Escherichia coli* es un indicador de contaminación de origen fecal. El agua se contamina por contacto con suelo contaminado con heces, cuerpos o descargas de agua contaminados con aguas residuales de origen domiciliar o industrial, etc. La muestra se considera como NO apta para el consumo.

Nota aclaratoria: el Laboratorio Microbiológico de Referencia -LAMIR- no se hace responsable por el uso que se de al presente resultado.

"Id y Enseñad a Todos"

M.Sc. Sergio Alfredo Lickés
 Químico Biólogo Col. 2239

Laboratorio Microbiológico de Referencia -LAMIR-

Prohibida la reproducción parcial de los resultados sin previa autorización del laboratorio

----- ÚLTIMA LINEA -----

Edificio T-12 2o. Nivel, Facultad de CC QQ y Farmacia, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, C.A. Tel. 2418-9400, ext. 108

Correo electrónico: laboratoriolamir@usac.edu.gt, laboratoriolamir@gmail.com

http://sitios.usac.edu.gt/wp_lamir/?cat=1

Figura 31A. Resultados de análisis microbiológico de agua para uso doméstico



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



INTERESADO: LETICIA PABLO
PROCEDENCIA: CHICHICASTENANGO, QUICHE
FECHA DE INGRESO: 25/8/2017

ANÁLISIS FÍSICO DE SUELOS

IDENTIFICACION	Gr/cc Da	% HUMEDAD	
		1/3	15
M-1 CHUTZONP II	0.88889	49.06	28.18
M-2 CHIPACA	1.0811	35.85	25.43
M-3 CHUABAJ	1.0526	32.32	21.14
M-4 CHONTALA	1.1111	34.56	21.78
M-5 LACAMA	0.8889	48.26	32.34
M-6 SACBICHOL	0.8333	47.74	35.04
M-7 CHICUA II	0.9524	48.80	30.16



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
EDIFICIO UNIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA
CODIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL: (502)24189360, (502) 24188000 EXT 1562 Ó 1769

Figura 32A. Resultados análisis físicos de suelo de la microcuenca



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



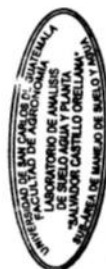
INTERESADO: LETICIA PABLO
PROCEDENCIA: CHICHICASTENANGO, QUICHE
FECHA DE INGRESO: 25/8/2017

ANÁLISIS QUÍMICO

Identificación	pH	ppm		Meq/100gr				ppm				% M.O.
		P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	Mo	
RANGO MEDIO		12-16	120-150	6-8	1.5-2.5							
M-1 CHUTZONP II	5.6	2.83	183	3.74	1.18			0.10	1.00	20.00	40.00	7.03
M-2 CHIPACA	6.2	2.75	688	4.06	1.95			3.00	3.50	20.00	61.00	2.31
M-3 CHUABAJ	6.2	8.48	495	1.23	2.00			15.00	21.50	28.50	3.30	
M-4 CHONTALA	6.0	7.39	370	7.49	1.39			1.50	5.00	10.00	46.50	4.39
M-5 LACAMA	6.0	1.38	485	6.24	2.11			0.10	2.00	11.50	26.50	7.10
M-6 SACBICHOL	6.3	0.93	530	4.06	1.29			0.10	2.50	0.10	7.00	3.87
M-7 CHICUA II	6.2	0.91	385	6.86	1.75			3.50	5.00	0.10	43.50	6.59

ANÁLISIS FÍSICO

IDENTIFICACION	% Limos		% Arcillas		CLASE TEXTURAL
	Chutzonp II	Chipaca	Chutzonp II	Chipaca	
M-1 CHUTZONP II	16.00	32.84	51.16	FRANCO ARENOSO	
M-2 CHIPACA	47.50	18.14	34.36	ARCILLOSO	
M-3 CHUABAJ	28.60	26.54	44.86	FRANCO ARCILLOSO	
M-4 CHONTALA	30.70	30.74	38.56	FRANCO ARCILLOSO	
M-5 LACAMA	20.20	34.94	44.86	FRANCO	
M-6 SACBICHOL	11.80	26.54	61.66	FRANCO ARENOSO	
M-7 CHICUA II	32.80	28.64	38.56	FRANCO ARCILLOSO	

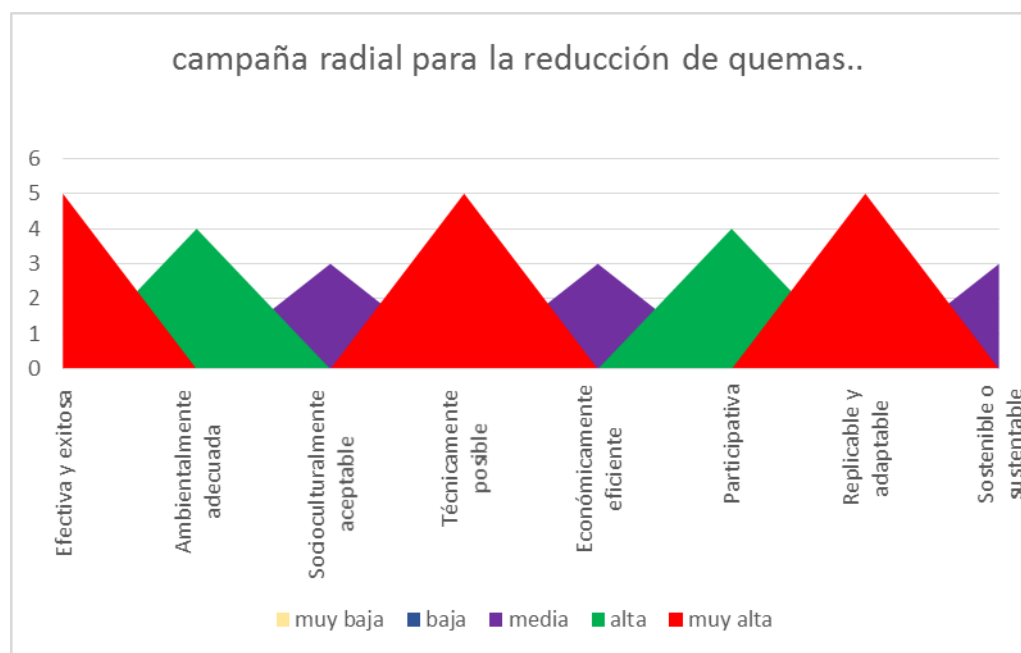


CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA
CÓDIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL.: (502)24189308, (502)24189000 EXT 1562 ó 1769

Figura 33A. Resultados análisis físico – químico de los suelo de la microcuenca.

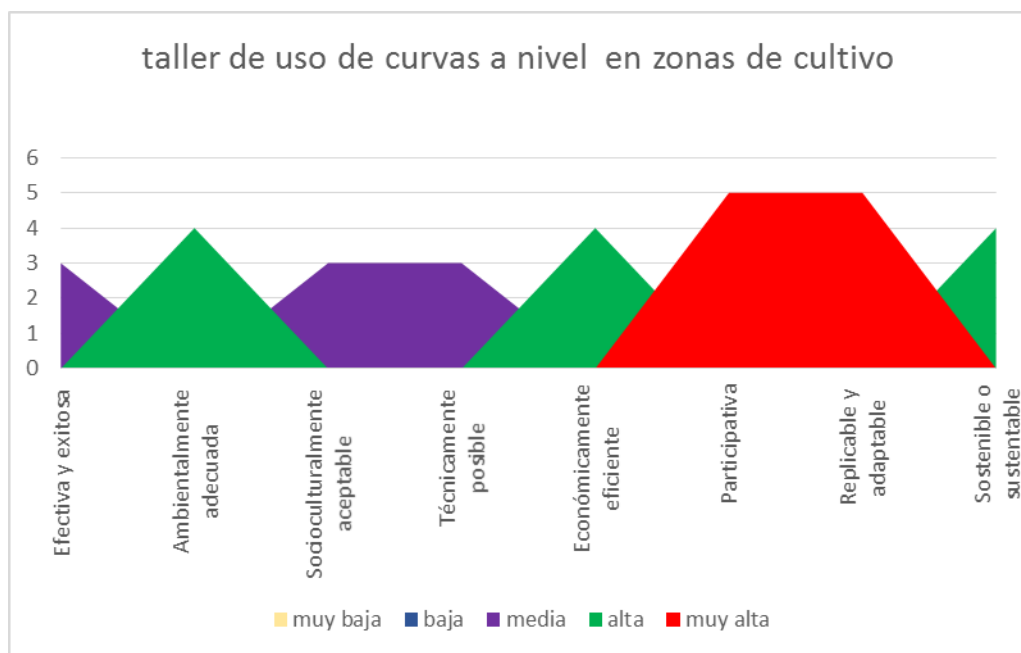


Figura 34A. Día del taller sobre Vinculación de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales con los líderes de la comunidad (COCODE) para la facilitación y la coordinación continua en el cumplimiento de los planes y proyectos comunitarios



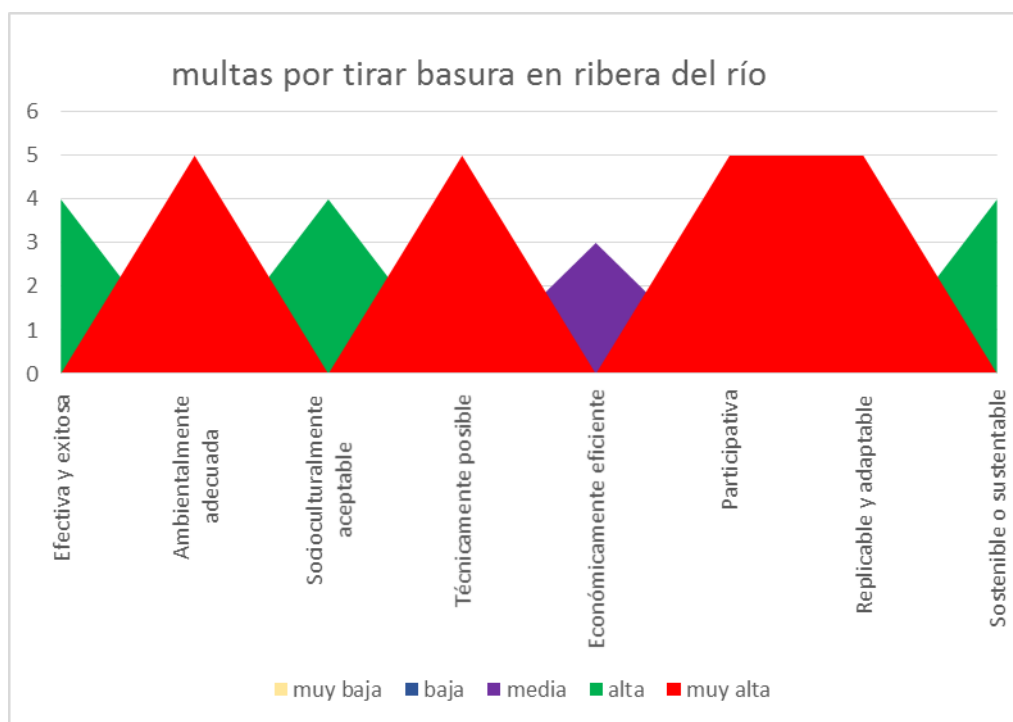
Fuente: propia

Figura 35A. Evaluación de la implementación de una campaña radial para reducción de quemadas.



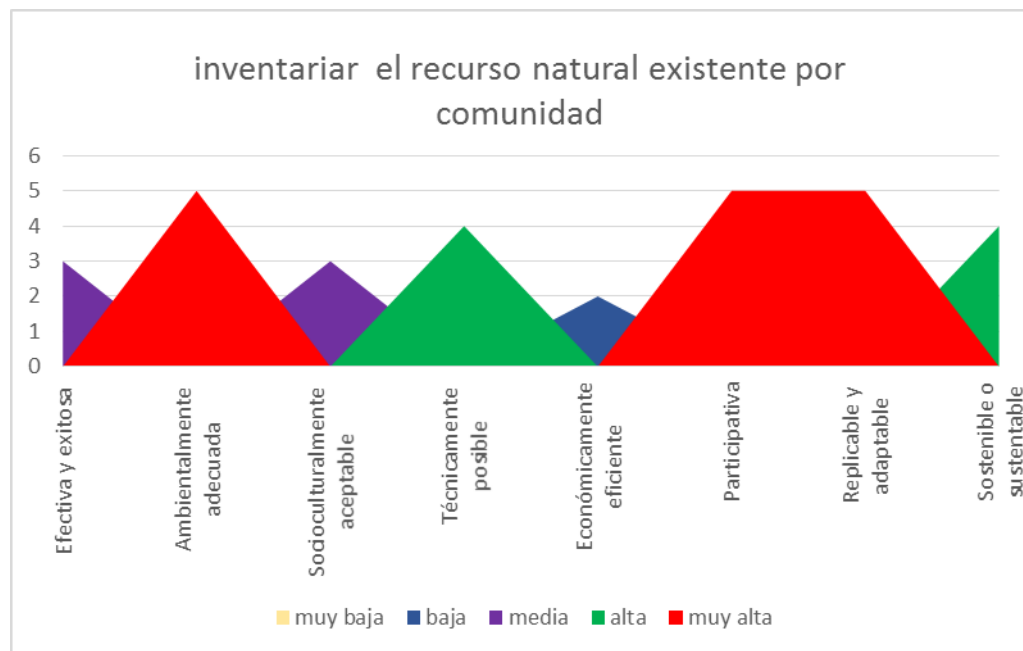
Fuente: propia

Figura 36A. Evaluación de la implementación de taller sobre uso de curvas a nivel.



Fuente: propia

Figura 37A. Evaluación para implementación de multas por tirar basura en ribera del río.



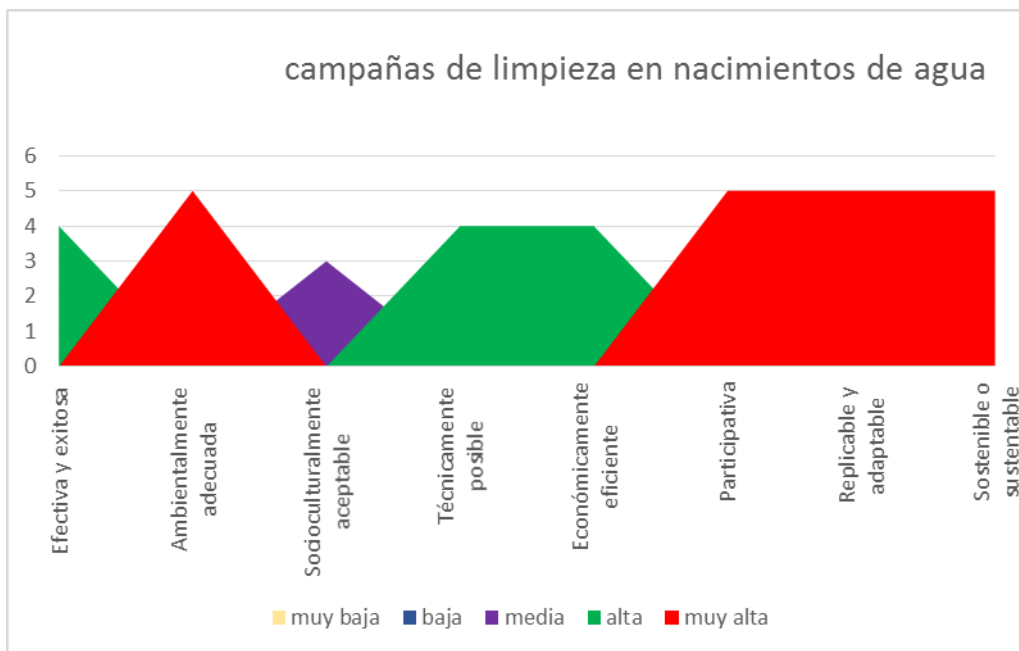
Fuente: propia

Figura 38A. Evaluación para la implementación de un inventario por comunidades.



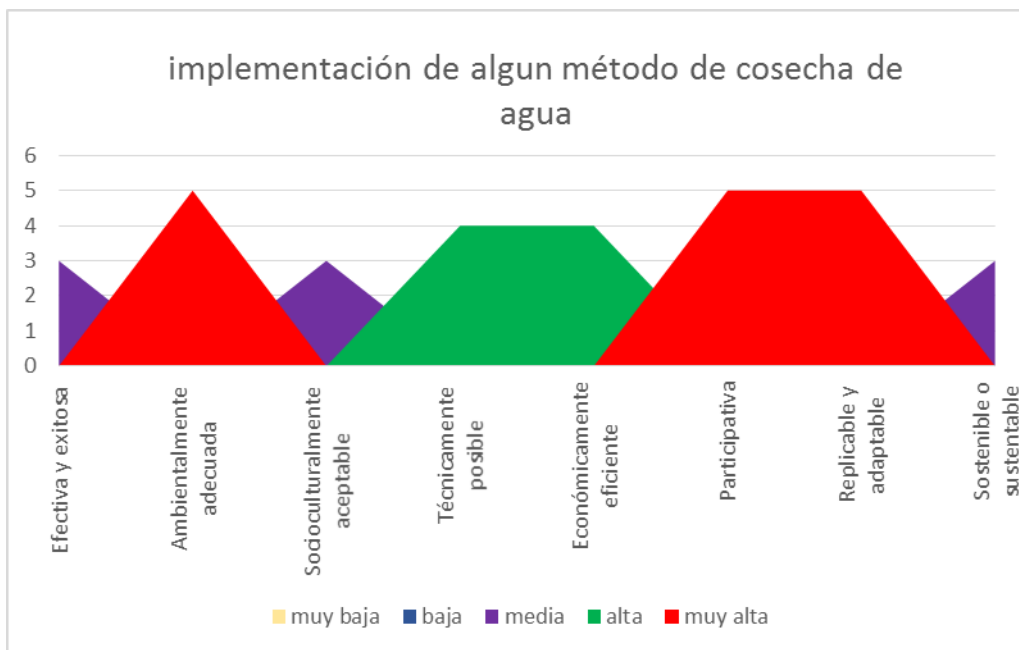
Fuente: propia

Figura 39A. Evaluación para la implementación de reforestación con especies nativas.



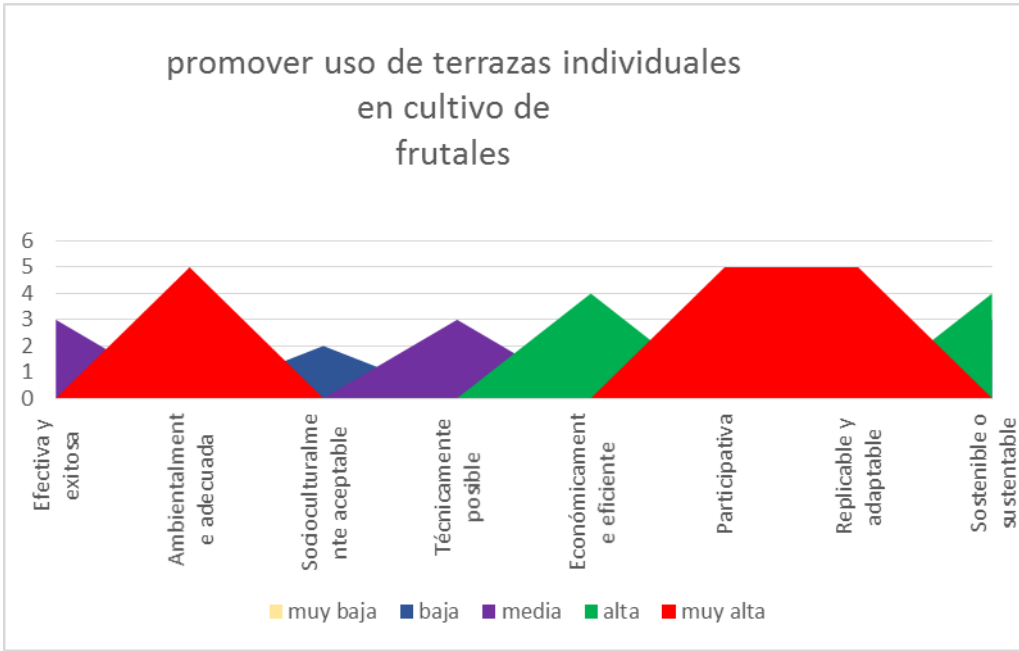
Fuente: propia

Figura 40A. Evaluación para la implementación de campañas de limpieza en nacimientos.



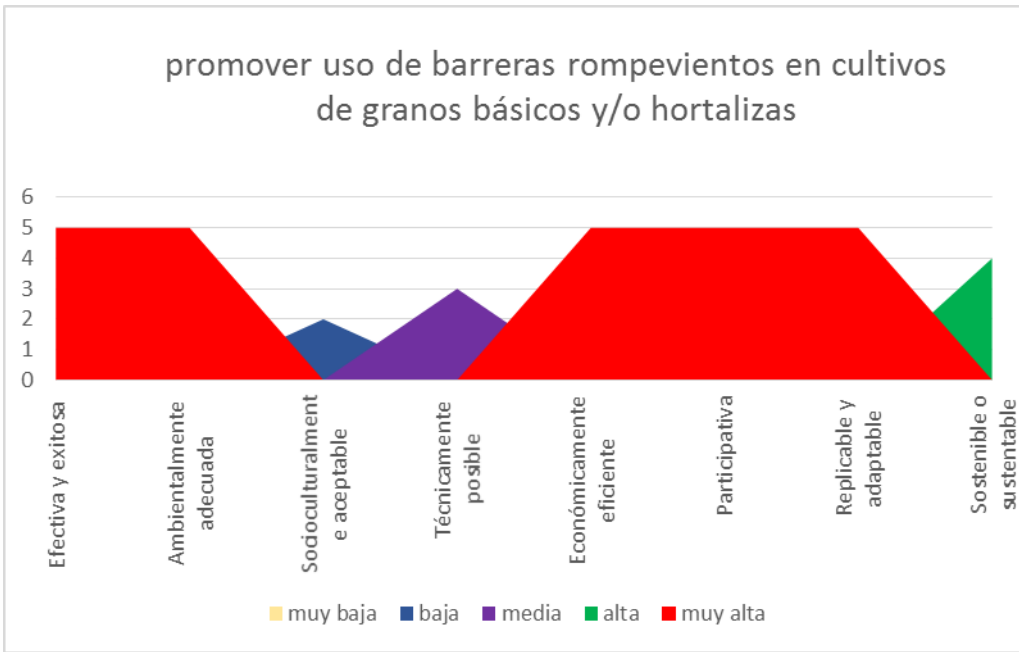
Fuente: propia

Figura 41A. Evaluación para la implementación de métodos de cosecha de agua.



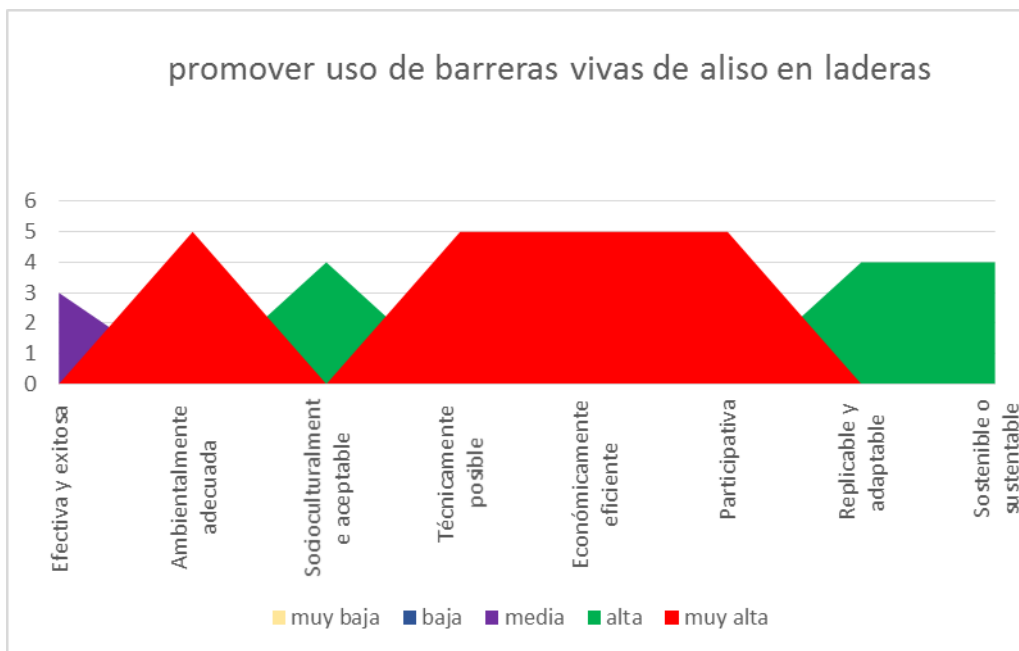
Fuente: propia

Figura 42A. Evaluación para promover uso de terrazas individuales en cultivo de frutales.



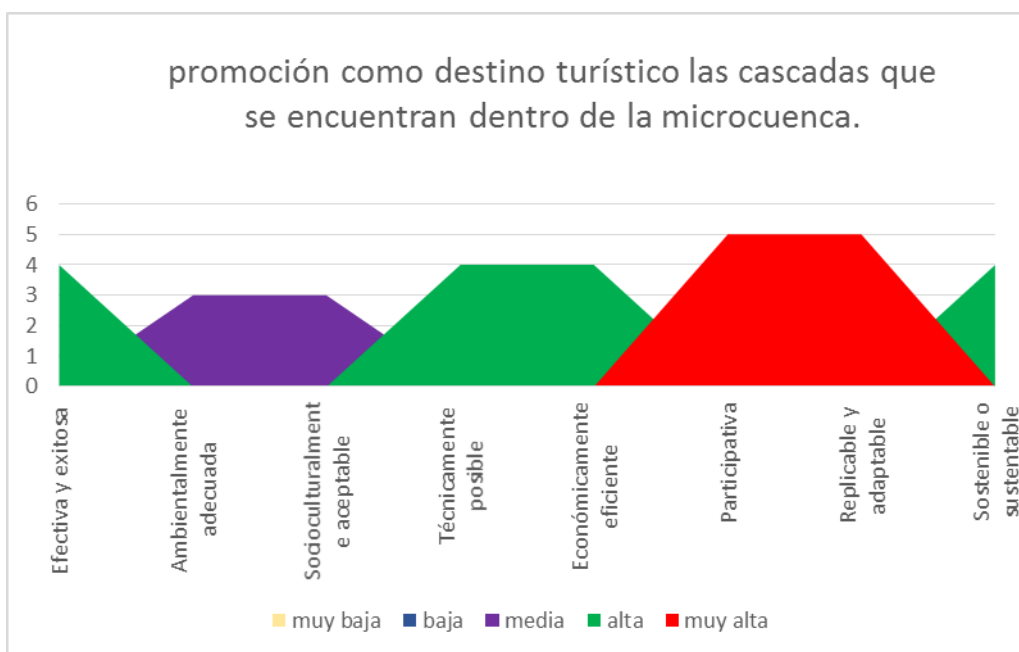
Fuente: propia

Figura 43A. Evaluación para promover uso de barreras rompevientos.



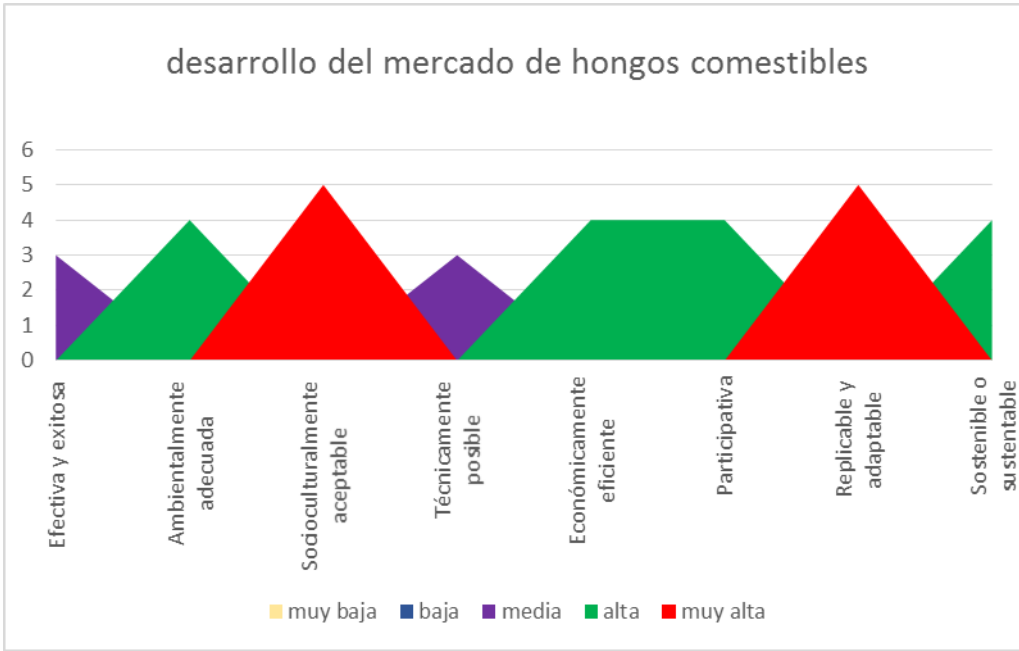
Fuente: propia

Figura 44A. Evaluación para promover uso de barreras vivas.



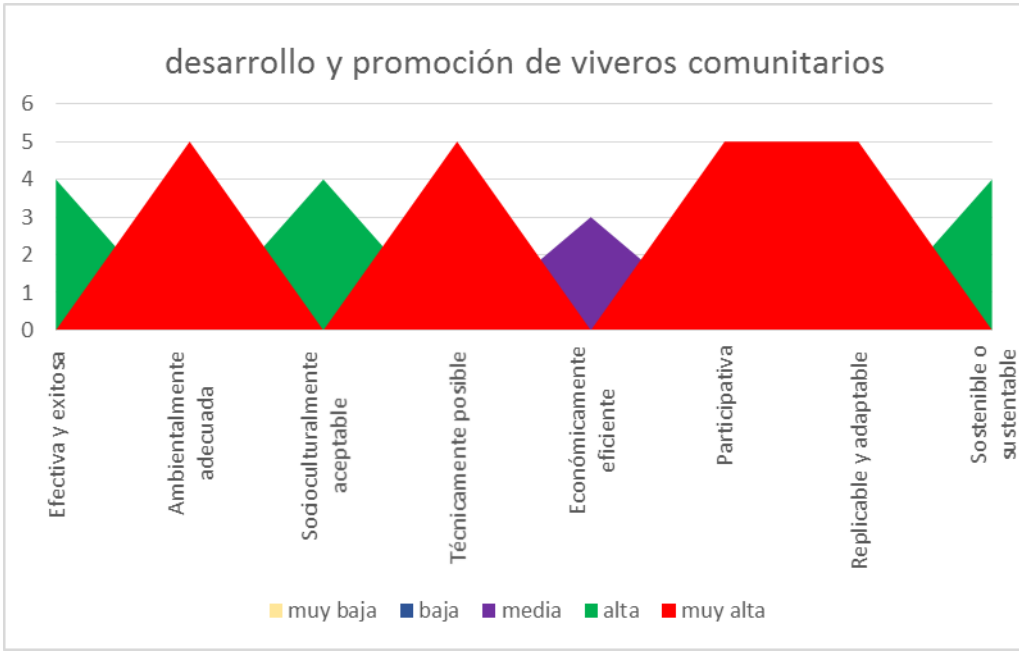
Fuente: propia

Figura 45A. Evaluación para la promoción como destino eco turístico cascadas.



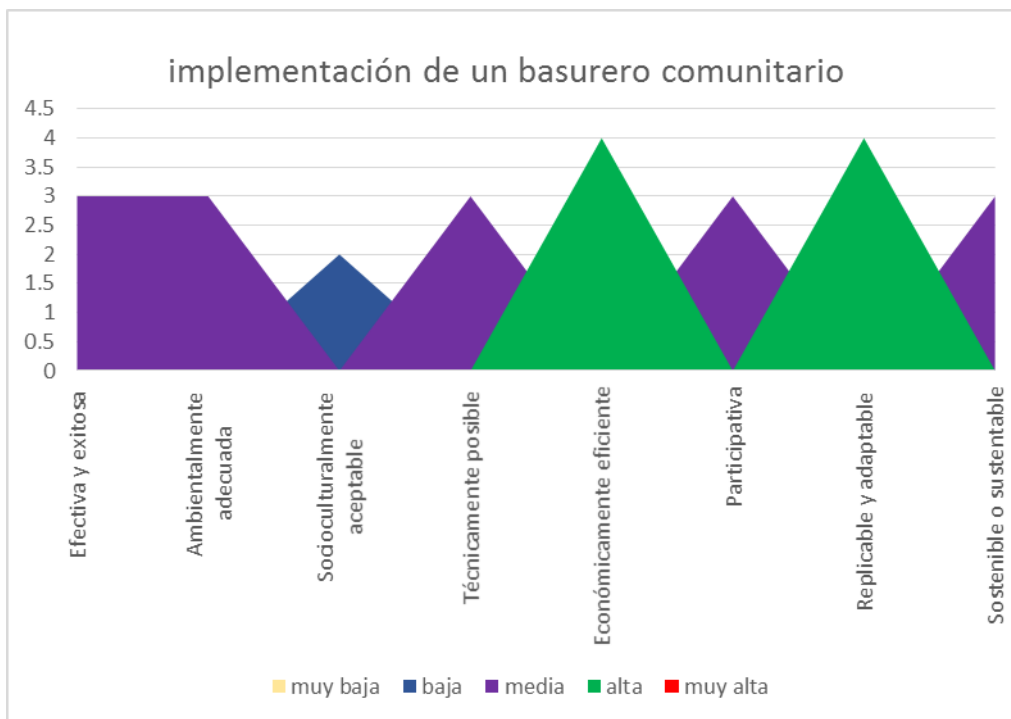
Fuente: propia

Figura 46A. Evaluación para el desarrollo del mercado de hongos comestibles.



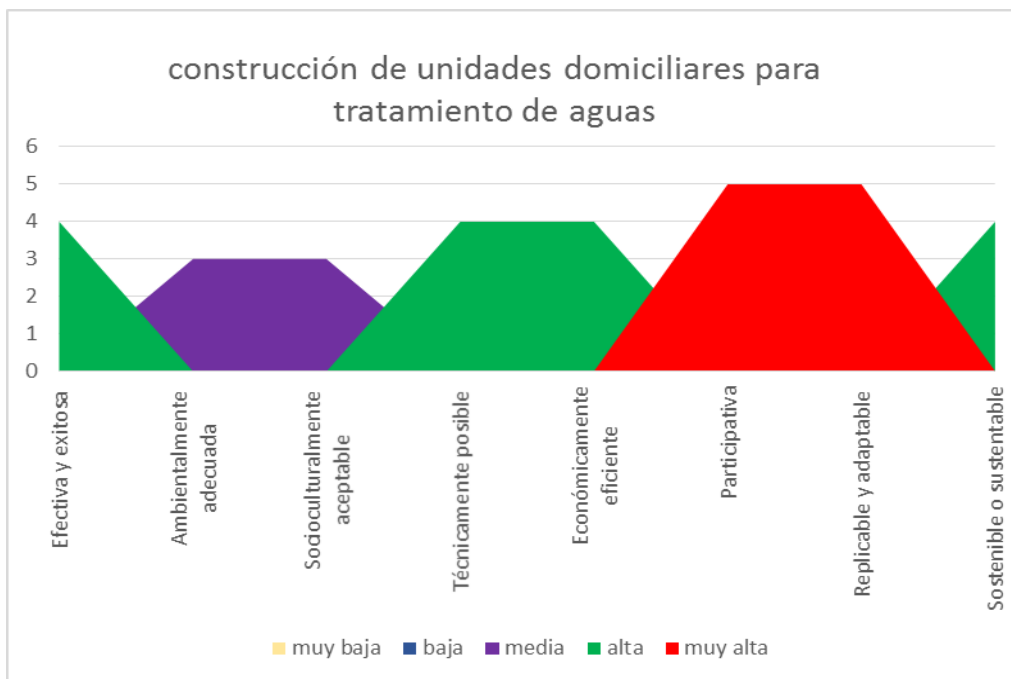
Fuente: propia

Figura 47A. Evaluación para desarrollo y promoción de viveros comunitarios.



Fuente: propia

Figura 48A. Evaluación para la implementación de un basurero comunitario.



Fuente: propia

Figura 49A. Evaluación para la construcción de unidades domiciliarias para tratamiento de agua.

The seal of the Academia Carolina is a circular emblem. It features a central shield with a blue background. On the shield, there is a figure of a woman in a red dress and white collar, holding a child. Above her is a golden crown. To the left and right of the central figure are two golden lions. Below the shield, there are two golden columns. The entire seal is surrounded by a grey border containing the Latin text "CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CÆTERAS ORBIS CONSPICUA".

**CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN EL MARCO DEL PROGRAMA PAISANO,
DE SAVE THE CHILDREN Y SU ÁREA DE INFLUENCIA.**

3.1 PRESENTACIÓN

El programa de acciones integradas para la seguridad alimentaria y nutricional de occidente –PAISANO-, durante su tiempo de implementación en los distintos municipios, ha impulsado el cuidado por el medio ambiente por lo que muchas de los proyectos puestos en marcha, tratan de implementar medidas de mitigación por lo que con el tiempo, la creación de viveros comunitarios conformaban una de esas medidas.

El componente de resiliencia comunitaria u objetivo estratégico 3, para el 2017 contaba con 26 viveros comunitarios, ubicados en siete distintos municipios de los departamentos de Quiché y Quetzaltenango, los cuales se priorizaron en el trabajo de campo a los nuevos viveros o bien implementados en 2017 y a los viveros con potencial para ser convertidos en viveros comerciales.

Estos viveros implementados, han llevado un proceso previo de capacitación, y cada año nuevas comunidades adoptaban la creación de un vivero en sus comunidades por lo que se hacía necesario un nuevo proceso de capacitación que contemplara desde la creación de un semillero hasta el proceso de reforestación.

Los servicios realizados contemplaron mejorar la producción de los viveros por lo que se realizó la transición entre producción en bolsas a producción en bandejas con el fin de reducir la utilización de bolsas plásticas por lo cual siete viveros fueron capacitados en este tipo de producción. Los procesos de reforestación se enfocaron en la protección de fuentes de agua y con la inclusión tanto de niños, hombres y mujeres, también se priorizó realizar esta práctica con comunidades que implementaban en su primer año un vivero. Y finalmente con el propósito de capacitar al equipo técnico y elegir al proveedor de semilla para el ciclo de producción 2018 se realizó una prueba de procedencia y germinación, en bandejas germinativas.

3.2 Servicio 1: Implementación de bandejas forestales en los viveros comunitarios

3.2.1 Presentación

El equipo técnico ambiental (ETA) que trabaja de manera conjunta con el equipo de Resiliencia comunitaria del programa Paisano por medio del coordinador general realizó recomendaciones a cerca de la disposición final de las bolsas de polietileno que se utilizan en los viveros al momento de ser llevadas a campo definitivo, y es que se tiene restringido por parte del componente ETA la quema de estos desechos por lo la única alternativa que se tiene para esto es enterrar las bolsas en el lugar donde se ha sembrado el árbol, a lo que oportunamente se definió la necesidad de utilizar bandejas para la producción de las plántulas y con ello disminuir la contaminación por bolsas.

Además de ello se observó, que durante la etapa de semillero los sustratos no poseen las condiciones adecuadas para desarrollar las semillas, por lo que es necesario compartir con los encargados de vivero las características idóneas de un buen sustrato, por lo que para ejemplificarlas se trabajó con peat moss.

3.2.2 Objetivos

Brindar capacitación sobre la implementación y uso de bandejas, peat moss en viveros.

Reducir el uso de bolsas de polietileno en la producción de plantas en siete viveros comunitarios.

3.2.3 Metas

Capacitar al menos un vivero por municipio atendido por el programa PAISANO en el uso de bandejas y sustrato peat moss. Con la finalidad de que en el futuro cercano se vuelvan viveros de tipo comercial y que sean sujeto de trabajo conjunto con el componente de comercialización implementado por el programa.

3.2.4 Metodología

1. Definir las características de las bandejas a utilizar tomando en cuenta la producción de plantas a utilizar y el espacio que se cuenta dentro del vivero.
2. Solicitar cotizaciones a proveedores que comercialicen bandejas de 24 celdas con capacidad de 180 cm³ por celda y sustrato a base de musgo (peat moss) indicado para árboles forestales.
3. Distribución de bandejas y sustrato a los viveros con potencial comercial definido según número de plantas producidas y el compromiso con el trabajo de cada grupo de viveristas. Para esto se tomó en cuenta a viveros de Chichicastenango (Chucalibal II, Chicúa II); Nebaj (Salquil y Tijom); Cunén (San Juan Xeul), en Uspantán (Ojo de agua) y Telená en Concepción Chiquirichapa.
4. Capacitación tanto de conocimientos teóricos y realización de la práctica en cada vivero para despejar dudas acerca del uso de estos materiales.

3.2.5 Material y equipo

Semillas de pino

Bandejas plásticas

Peat moss

Cubetas

Regaderas

Carteles informativos para el proceso de capacitación.

3.2.6 Resultados del trabajo de campo.

Se definió realizar la capacitación de en dos partes la primera era presentación de la parte teórica acerca del uso de bandejas, beneficios de utilización de sustrato peat moss así como explicación de la metodología a utilizar para el llenado de las bandejas.

Se planifico realizar esta actividad en 7 viveros de los cuales el 100 % recibió la parte informativa mientras que la parte práctica se realizó la demostración de cómo humedecer el sustrato, la técnica de llenado, la siembra de semillas en los contenedores además de ello se explicó la necesidad de realizar podas en la raíz cuando estas superen el largo de cada contenedor, la técnica para sustraer las plantas al momento de llevarlo a campo definitivo.

Luego de dos semanas de realizada las parte demostrativa se realizó una inspección para observar si habían iniciado con el proceso de llenado de bandejas, y como disponían el acomodo de las bandejas dentro del vivero, al realizar esta práctica se observó que únicamente 5 de los 7 viveros capacitados lo habían realizado (Figura 50), (Figura 51), (Figura 52), (Figura 53).



Figura 50. Práctica de preparación de sustrato y llenado de bandejas, realizado en el vivero de Telená, Concepción Chiquirichapa Quetzaltenango.



a



b.

Figura 51. Práctica realizada en el vivero de Chicúa II (a) y producción de *Pinus pseudostrobus* establecida en el vivero de Chucalibal II de Chichicastenango (b).



a



b.

Figura 52. Disposición de las bandejas dentro del vivero por parte de las mujeres de Salquil, Nebaj (a). Practica realizada con las mujeres de Salquil (b).



Figura 53. Producción de *Pinus oocarpa* establecida en el vivero de San Juan Xeul, Cunén.

3.3 Servicio 2: Planificación y ejecución de actividades de reforestación de las plantas procedentes de viveros comunitarios.

3.3.1 Presentación

La producción de árboles en los viveros establecidos por el programa Paisano se hace de manera anual, a lo que por el tamaño reducido con los que cuentan los viveros se debe destinar parte de la producción para procesos de reforestación en las comunidades que poseen terrenos comunales o bien para apoyar a miembros de la comunidad en la siembra voluntaria. Además de ello el programa establece que las comunidad con viveros comunitarios deben realizar la siembra de al menos 1000 árboles en áreas de importancia por su recarga hídrica y protección de laderas.

Dentro de las comunidades los pobladores desconocen los pasos a seguir, pues desconocen los programas nacionales de incentivos forestales; por lo qué se debe realizar un plan de reforestación por cada comunidad teniendo en cuenta las condiciones del terreno donde se establecerá al reforestación, la cantidad de plantas a siembra y la mano de obra así como trabajos previos necesarios para realizar una siembra que perdure, también se debe hacer una revisión de las recomendaciones técnicas por el Instituto Nacional de Bosques INAB, para el establecimiento de plantaciones y con ellos lograr un proceso de reforestación eficaz.

3.3.2 Objetivo

Brindar asistencia técnica en la creación de un plan para realizar la siembra de árboles provenientes de viveros comunitarios teniendo como prioridad los nuevos viveros.

Capacitar a comités comunitarios de desarrollo COCODES, sobre la importancia de sembrar árboles en áreas como nacimientos y laderas.

Apoyar en el proceso de ejecución y supervisión de la siembra de árboles.

3.3.3 Metas

Capacitar en el proceso de reforestación a los viveros comunitarios clasificados como viveros nuevos, ya que los demás viveros ya habían realizado un proceso de reforestación previa.

3.3.4 Metodología

1. Realizar una priorización de los viveros que se apoyaran en el proceso de reforestación.
2. Definir una fecha para presentar las indicaciones preliminares para el momento de la siembra y conocer las dudas de los comunitarios.
3. Realizar la verificación de los terrenos y sus condiciones para delimitar la forma adecuada de siembra así como indicar los trabajos previos como limpieza del lugar, definir distanciamiento de siembra y ahoyado.
4. Dar una charla recordando los beneficios de la siembra de árboles, el tamaño adecuado de las plantas.

5. Establecer de acuerdo a número de participantes las plantas que serán sembradas.

3.3.5 Resultados

El Cuadro 20, se muestra tanto la producción que se tuvo en los principales viveros atendidos, así como las cantidades de árboles llevados a campo definitivo y el área que se ocupó.

Cuadro 20. Comunidades donde se apoyó en el proceso de reforestación.

Comunidad	Producción	Especie	Vendido	Reforestación comunitaria	área
Tijom Nebaj	2000	<i>Cupressus</i>		1000	0.675 Ha
Chicúa II Chichicastenango	4200	2520 <i>Alnus</i> 1680 <i>Pinus</i>	1500	2300	1.55 Ha
Chontala Chichicastenango	4000	2000 <i>Alnus</i> , 2000 <i>Pinus</i>		2500	1.69 Ha
Chichel Cotzal	4000	<i>Pinus</i> <i>pseudostrubus</i>	-	4000	2.70 Ha
Chema Chajul I	5000	<i>Pinus</i> <i>pseudostrubus</i>	-	5000	3.38 Ha
Salquil Nebaj	7000	4900 <i>Alnuns</i> 2100 <i>Cupressus</i>		4500	3.04 Ha
Los Pérez San Juan Ostuncalco	1500	<i>Alnus sp.</i>		400	0.27 Ha

Las comunidades donde se realizó la siembra de árboles fueron seleccionadas según el criterio, sí fue un vivero implementado en 2017, puesto que varios viveros fueron establecidos con anterioridad y el equipo técnico de manera previa había realizado con ellos la capacitación sobre reforestación, por lo cual tanto en el vivero de Chontala y Los Pérez de San Juan Ostuncalco se realizó la capacitación de manera completa tanto de establecer semillero hasta llevar a campo definitivo. Por lo que se logró dejar capacidad instalada para seguir replicando las acciones en el futuro.

Dada la capacidad de organización y la disposición con la trabajaban se seleccionó a las comunidades de Tijom y Salquil ambas de Nebaj, donde con el apoyo de las mujeres de la comunidad se llevó a cabo la práctica de reforestación además de ellos se trabajó en Chichel – Cotzal y Chimal- Chajul en estas comunidades la actividad de reforestación estuvo a cargo de los hombres de la comunidad. En estas cuatro comunidades se trabajó con las personas que se involucraron de manera activa en el proceso de capacitación, el cual incluyo desde establecer semilleros hasta llevar a campo definitivo.

El trabajo que realizaron en la fase de vivero les permitió no solo obtener conocimientos técnicos sino la importancia de los árboles en el ambiente y así como de desarrollarse para en el futuro ser sostenibles económicamente.

El involucramiento de los niños en las actividades de reforestación era una de las expectativas que se logró puesto que la escuela de Chicúa II, en Chichicastenango realizó una actividad de reforestación y las plantas utilizadas en esta actividad fueron obtenidas del vivero de la comunidad, por lo cual se capacito a los viveristas para que logran hacer esta actividad con los niños de su comunidad, además de ello el vivero de Chicúa II logró comercializar una parte de sus plantas a la comunidad de Chuabaj. Dicha comunidad a través de los miembros del comité de agua pidieron que se brindara acompañamiento en el establecimiento de las plantas en sus nacimientos por lo cual también fueron capacitados para realiza esta acción.



a.



b.



c.

Figura 54. Actividades de reforestación en las comunidades de Tijom (a). Chemal (b y c).



Figura 55. Entrega y proceso de reforestación en el nacimiento de la comunidad de Chuabaj.



Figura 56. Proceso de reforestación en la escuela de Chicúa II.

3.4 Servicio 3: Prueba de germinación para la selección del proveedor y procedencia.

3.4.1 Presentación

Durante el año 2017 se presentó una baja en la producción de plántulas en los viveros implementados, esto debido a que por parte de los viveristas se reportó que la germinación de la semilla fue baja. Se realizó la inspección del estado de los semilleros y corroboró que en su mayoría reportaban ausencia de germinación lo cual alertó a los viveristas pues eso repercutiría directamente en los tiempos para obtener plantas listas para ser sembradas durante la época seca.

Para evitar contratiempos en la producción del año siguiente, se definió realizar una prueba de germinación a semillas que fueron solicitadas a tres diferentes proveedores y así seleccionar al más adecuado para la adquisición de la semilla.

3.4.2 Objetivo

- Evaluar el porcentaje de germinación de semillas de varias especies de pino, aliso, ciprés que son distribuidas por tres diferentes proveedores.
- Compartir con el equipo técnico la metodología a seguir para la evaluación de germinación.

3.4.3 Metodología

1. Por parte de tres proveedores, se recibió muestras con 4 onzas de semilla de pino, aliso y ciprés.
2. En bandejas y arena se colocaron 100 semillas de pino para tener dos repeticiones de 50 semillas cada una.

3. Una onza de semilla de aliso y ciprés se colocaron sobre papel absorbente, luego se humedecieron y cubrieron con otra capa de papel absorbente.
4. Los dos tratamientos fueron regados constantemente para luego hacer conteos a los 15 días y 30 días y así establecer el porcentaje de germinación.



Figura 57. Metodología utilizada para la prueba de germinación.

3.4.4 Materiales

Bandejas de germinación

Sustrato para semilleros

Regaderas

Semillas de tres distintos proveedores

3.4.5 Resultados del trabajo de campo

Debido a la necesidad de seleccionar de manera pertinente la semilla que se utilizaría en el ciclo 2018 de producción se realizó la evaluación de germinación debido a que únicamente tres proveedores enviaron muestras de semillas se descartó al cuarto proveedor para evitar sesgo por preferencia de proveedor se nombraron como proveedor A, proveedor B, proveedor D la evaluación se realizó sobre cinco diferentes especies de pino las cuales se pusieron en bandejas plásticas con celdas.

Luego de 15 días se procedió a contabilizar la cantidad de semillas que germinaron repitiendo esta acción 15 días después que al final se obtuvieran los porcentajes de germinación y se detallan en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Resultados de la prueba de germinación para cinco especies de pino y sus diferentes proveedores.

Proveedor A		Proveedor B		Proveedor D	
<i>P. moctezumae</i>	83%	<i>P. moctezumae</i>	90%	.	.
<i>P. pseudostrobus</i>	84%	<i>P. pseudostrobus</i>	88%	<i>P. pseudostrobus</i>	96%
<i>P. maximinoi</i>	68%	<i>P. ayacahuite</i>	89%	<i>P. maximinoi</i>	41%
<i>P. ocarpa</i>	88%	<i>P. ocarpa</i>	94%	<i>P. ocarpa</i>	90%

De acuerdo a las especies más utilizadas por los viveristas se recomendó la compra con el proveedor B puesto que entre sus muestras envió *Pinus ayacahuite* y *Pinus moctezumae* las cuales son las que se han trabajado en los últimos años en los viveros, y son especies recomendadas para el tipo de clima que impera en la parte norte del departamento de Quiché además hay que tomar en cuenta que el porcentaje de germinación que se tuvo en

Pinus oocarpa fue de 94 % siendo el más alto comparado con las demás muestras de esta especie de pino.

La recomendación para la elección de proveedor de semilla de aliso y ciprés fue hecha luego de estar las semillas 30 días en hojas de papel absorbente. No se realizó un conteo como con las semillas de pino sino que se verificó en cada lote de semillas la presencia de semillas con radícula, por lo anterior se eligió al proveedor A dado que las muestras presentaron la mayor presencia de radículas.

3.5 BIBLIOGRAFÍA

1. Comisión Nacional Forestal, México. (2010). *Prácticas de reforestación: Manual básico*. México: SEMARNAT.
2. _____. (s.f.). *Coníferas de Guatemala*. Guatemala. Recuperado de:
<http://glifos.concyt.gob.gt/digital/multicyt/multicyt%201999.01.pdf>
3. Paiz, J. E. (2014). *Establecimiento de una plantación de pino candelillo, Pino maximinoi H.E. Moore, utilizando plantas producidas en bandejas, finca Chicomom, Cobán, Alta Verapaz 2007-2009*. (Tesis Ing. Agr.). Universidad Rafael Landívar: Guatemala. 95 p.
4. Trujillo , E. (2007). *Avances en la producción de viveros forestales*. Recuperado de: http://elsemillero.net/pdf/produccion_vivero.pdf



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
AREA INTEGRADA –EPS–**



Ref. SAIEPSA.015.2019

Guatemala, 30 de abril de 2019

TRABAJO DE GRADUACIÓN: ANÁLISIS DE LA RECARGA HÍDRICA POTENCIAL Y PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE MANEJO PARA EL USO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIPACÁ, CHICHICASTENANGO, QUICHÉ, GUATEMALA, C.A.; DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL MARCO DEL PROGRAMA PAISANO DE SAVE THE CHILDREN.

ESTUDIANTE: MARÍA LETICIA PABLO QUIEJU

No. CARNÉ 201210800

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

“ANÁLISIS DE LA RECARGA HÍDRICA POTENCIAL Y PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE MANEJO PARA EL USO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIPACÁ, CHICHICASTENANGO, QUICHÉ, GUATEMALA, C.A.”.

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Miguel Angel Morales Cayax
Dr. Marvin Salguero Barahona
Dr. Adalberto B. Rodríguez García

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

“Id y enseñad a Todos”



Adalberto B. Rodríguez García
Docente – Asesor de EPS

Vo. Bo. Ing. Agr. Silverio A. Elías Gramajo
Coordinador Área Integrada EPSA



cc.archivo
SAEG/



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 06/2019

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "ANÁLISIS DE LA RECARGA HÍDRICA
POTENCIAL Y PROPUESTA DE
LINEAMIENTOS DE MANEJO PARA EL USO
INTEGRAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO
CHIPACÁ, CHICHICASTENANGO, QUICHÉ,
GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADA POR LA ESTUDIANTE: MARÍA LETICIA
PABLO QUIEJU

CARNE: 201210800

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Miguel Angel Morales Cayax
Dr. Marvin Salguero Barahona
Dr. Adalberto Rodríguez García

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

Dr. Marvin Salguero Barahona
A S E S O R

Dr. Adalberto Rodríguez García
SUPERVISOR-ASESOR

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DIRECTOR DEL IIA

WNR/nm
c.c. Archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Hereditada Internacionalmente



No.26-2019

Trabajo de Graduación:

"ANÁLISIS DE LA RECARGA HÍDRICA POTENCIAL Y
PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE MANEJO PARA EL
USO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIPACÁ,
CHICHICASTENANGO, QUICHÉ, GUATEMALA, C.A.;
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL MARCO DEL
PROGRAMA PAISANO DE SAVE THE CHILDREN"

Estudiante:

María Leticia Pablo Quieju

Carné:

201210800

IMPRÍMASE"



Mario Antonio Godínez López
Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
DECANO

Edificio T-9, Segundo Nivel, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centro América, 01012
Apartado Postal 1545, Teléfono: (502) 2418-9322, PBX: (502) 2418-8000 Extensiones: 86004-86006

