

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



**ANDREA SURAMA BORRAYO PÉREZ**

GUATEMALA, JULIO DE 2021



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

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PLANIFICACIÓN PARA USO Y MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO EN LA  
MICROCUENCA “AGUA CALIENTE” DEL MUNICIPIO DE CAMOTÁN, CHIQUIMULA,  
GUATEMALA, C.A.**

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

**POR**

**ANDREA SURAMA BORRAYO PÉREZ**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO**

**INGENIERA AGRÓNOMA**

**EN**

**RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE**

**LICENCIADA**

**GUATEMALA, JULIO 2021**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA



RECTOR EN FUNCIONES  
M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

|            |   |
|------------|---|
| DECANO     | Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes            |
| VOCAL I    | Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona      |
| VOCAL II   | Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez      |
| VOCAL III  | Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid |
| VOCAL IV   | P. Agr. Marlon Estuardo González Álvarez  |
| VOCAL V    | Br. Sergio Wladimir González Paz          |
| SECRETARIO | Ing. Agr. Walter Aroldo Reyes Sanabria    |

GUATEMALA, JULIO DE 2021



**Guatemala, julio de 2021**

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: **“PLANIFICACIÓN PARA USO Y MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO EN LA MICROCUENCA AGUA CALIENTE, MUNICIPIO CAMOTÁN, CHIQUIMULA, GUATEMALA, C. A.”** como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'ASBP', with a long horizontal line extending to the right.

**ANDREA SURAMA BORRAYO PÉREZ**



## ACTO QUE DEDICO

**A:**

**A mi mamá:** Claudia Arminda Pérez Girón gracias por tu esfuerzo, dedicación, amor y el apoyo condicional que me has dado desde el primer día que me tuviste en tus brazos, este triunfo te lo dedico a vos.

**A mi hermana:** Claudia Cristina del Carmen Borrayo Pérez, por cuidarme, enseñarme el valor de la vida y ser un ejemplo para seguir adelante para lograr las metas propuestas.

**A mis abuelos** Natalia Girón Girón (†) y Guillermo Emilio Pérez De León (†).

**A mis amigos** Carlos Ortiz, Wendy Pérez, por su cariño, las risas y las lágrimas compartidas, agradezco por todo lo que hemos recorrido juntos, más que amigos son mi familia.

**A mi novio** Enrique Colindres, por tu cariño, comprensión apoyo durante todo este proceso, que alegría compartir la vida a tu lado.

## **AGRADECIMIENTOS**

A:

**Guatemala**, El país que me vio nacer y por el cual debo de trabajar.

**Universidad de San Carlos de Guatemala**, por ser mi alma máter y darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

**Facultad de Agronomía**, por darme los conocimientos necesarios para desempeñarme en mi vida profesional.

**Mis amigos de la facultad**, por ser parte de esta etapa tan linda, agradezco por su apoyo, alegría, risas, desvelos y sacrificios que vivimos para llegar a culminar esta meta.

**Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura -FAO-** por darme la oportunidad de realizar mi ejercicio profesional supervisado y acercarme a la realidad guatemalteca y darme a conocer de cerca las desigualdades que muchas personas viven en el país.

**Dr. Marvin Salguero** por su valiosa asesoría para la elaboración de la investigación y compartir su conocimiento conmigo, gracias por su paciencia.

**Ing. Pedro Peláez**, por su valiosa supervisión durante todo mi proceso de EPS, gracias por su paciencia.

**Los docentes de la carrera de Agronomía** por transmitirme sus conocimientos e influir en mi aprendizaje para ser una profesional de bien, especialmente al Ing. Carlos López Búcaro.

**Al equipo del proyecto** “Restablecimiento del sistema alimentario y fortalecimiento de la resiliencia de familias afectadas por la canícula prolongada 2014 en municipios de los departamentos de Chiquimula y Jalapa, Guatemala”, gracias por el apoyo en todas las actividades realizadas durante el proyecto.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

| CONTENIDO  | PÁGINA    |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO Y BIOFÍSICO DE LA MICROCUENCA AGUA CALIENTE, MUNICIPIO DE CAMOTÁN DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA.....</b> | <b>1</b>  |
| <b>1.1. PRESENTACIÓN .....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>1.2. MARCO REFERENCIAL.....</b>   | <b>4</b>  |
| 1.2.1. Ubicación.....  | 4         |
| 1.2.2. Vías de acceso .....  | 5         |
| 1.2.3. Centros Poblados .....  | 6         |
| 1.2.4. Cobertura Forestal.....   | 7         |
| <b>1.3. OBJETIVOS .....</b>  | <b>8</b>  |
| 1.3.1. General.....  | 8         |
| 1.3.2. Específicos .....   | 8         |
| <b>1.4. METODOLOGÍA.....</b>   | <b>9</b>  |
| 1.4.1. Diagnóstico socioeconómico .....  | 9         |
| 1.4.2. Delimitación del área de estudio.....   | 9         |
| 1.4.3. Fase de campo .....   | 11        |
| 1.4.4. Fase de gabinete .....  | 12        |
| 1.4.5. Diagnóstico biofísico.....  | 13        |
| 1.4.6. Delimitación del área de estudio.....   | 13        |
| 1.4.7. Elaboración de mapas .....  | 13        |
| <b>1.5. RESULTADOS .....</b>   | <b>16</b> |
| 1.5.1. Diagnóstico socioeconómico .....  | 16        |
| 1.5.2. Diagnóstico biofísico.....  | 36        |
| 1.5.3. Problemas identificados.....  | 51        |
| <b>1.6. CONCLUSIONES.....</b>  | <b>53</b> |

|  | <b>PÁGINA</b> |
|--|---------------|
| <b>1.7. RECOMENDACIONES</b> .....  | 54            |
| <b>1.8. BIBLIOGRAFÍA</b> .....   | 55            |
| <b>1.9. ANEXOS</b> .....   | 57            |
| 1.9.1. Encuesta .....  | 57            |
| 1.9.2. Reuniones con promotores rurales .....  | 59            |
| <b>CAPÍTULO II: PLANIFICACIÓN PARA USO Y MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO EN<br/>LA MICROCUENCA AGUA CALIENTE, MUNICIPIO CAMOTÁN, CHIQUIMULA,<br/>GUATEMALA, C. A.</b> ..... | 61            |
| <b>2.1. PRESENTACIÓN</b> .....   | 63            |
| <b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b> .....   | 66            |
| 2.2.1. Cuenca .....  | 66            |
| 2.2.2. Microcuenca .....   | 66            |
| 2.2.3. Componentes bióticos .....  | 67            |
| 2.2.4. Componentes abióticos .....   | 67            |
| 2.2.5. Componente social .....   | 68            |
| 2.2.6. Morfometría de la cuenca .....  | 68            |
| 2.2.7. Recarga hídrica .....   | 68            |
| 2.2.8. Precipitación pluvial .....   | 69            |
| 2.2.9. Ciclo hidrobiológico .....  | 69            |
| 2.2.10. Evapotranspiración .....   | 70            |
| 2.2.11. Escurrimiento superficial .....  | 70            |
| 2.2.12. Oferta natural de agua .....   | 72            |
| 2.2.13. Aspectos del recurso hídrico .....   | 72            |
| 2.2.14. Plan de manejo de microcuenca .....  | 74            |
| 2.2.15. Definición de programas, planes y proyectos de manejo de cuencas .....   | 74            |
| 2.2.16. Evaluación económica de planes y proyectos .....   | 75            |
| 2.2.17. Definición de interés de los participantes .....   | 75            |

|   | <b>PÁGINA</b> |
|---|---------------|
| 2.2.18. Beneficios y beneficiarios .....                                      | 76            |
| 2.2.19. Evaluación y seguimiento de los proyectos, planes implementados ..... | 76            |
| <b>2.3. OBJETIVOS .....</b>   | <b>77</b>     |
| 2.3.1. General.....   | 77            |
| 2.3.2. Específicos .....  | 77            |
| <b>2.4. METODOLOGÍA.....</b>  | <b>78</b>     |
| 2.4.1. Delimitación del área de estudio.....                                  | 78            |
| 2.4.2. Morfometría de la microcuenca .....                                    | 78            |
| 2.4.3. Escurrimiento superficial.....   | 84            |
| 2.4.4. Calidad del agua.....  | 86            |
| 2.4.5. Balance hídrico de suelos.....   | 87            |
| 2.4.6. Planificación del recurso hídrico .....                                | 91            |
| 2.4.7. Clasificación de usos del agua .....                                   | 92            |
| 2.4.8. Balance general de oferta y demanda del recurso hídrico.....           | 93            |
| 2.4.9. Árbol de causas y efectos.....   | 96            |
| 2.4.10. Árbol de medios y fines .....   | 96            |
| 2.4.11. Matriz de medios, acciones y proyectos .....                          | 97            |
| 2.4.12. Priorización de proyectos .....                                       | 97            |
| 2.4.13. Matriz de marco lógico de los proyectos priorizados .....             | 97            |
| <b>2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>                                      | <b>98</b>     |
| 2.5.1. Morfometría de la microcuenca .....                                    | 98            |
| 2.5.2. Escurrimiento superficial.....   | 108           |
| 2.5.3. Calidad del agua.....  | 112           |
| 2.5.4. Balance Hídrico de suelos .....  | 115           |
| 2.5.5. Planificación del recurso hídrico .....                                | 120           |
| 2.5.6. Balance general de oferta y demanda del recurso hídrico.....           | 124           |

|  | <b>PÁGINA</b> |
|--|---------------|
| 2.5.7. Árbol de causas y efectos .....   | 131           |
| 2.5.8. Árbol de medios y fines .....   | 135           |
| 2.5.9. Matriz de medios, acciones y proyectos.....   | 136           |
| 2.5.10. Priorización de proyectos .....  | 138           |
| 2.5.11. Matriz de marco lógico de los proyectos priorizados.....   | 143           |
| 2.5.12. Horizonte económico.....   | 170           |
| 2.5.13. Riesgos .....  | 171           |
| <b>2.6. CONCLUSIONES .....</b>   | <b>173</b>    |
| <b>2.7. RECOMENDACIONES .....</b>  | <b>175</b>    |
| <b>2.8. BIBLIOGRAFÍA .....</b>   | <b>177</b>    |
| <b>2.9. ANEXOS .....</b>   | <b>180</b>    |
| 2.9.1. Resultados físico, químico y microbiológico del agua .....  | 180           |
| 2.9.2. Medición de caudales.....   | 183           |
| <b>CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN EL MARCO DEL PROYECTO DE<br/>“RESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA ALIMENTARIO Y FORTALECIMIENTO DE LA<br/>RESILIENCIA DE LAS FAMILIAS AFECTADAS POR LA CANÍCULA PROLONGADA<br/>2014 EN LA MICROCUENCA AGUA CALIENTE, MUNICIPIO DE CAMOTÁN,<br/>DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA, C. A. ....</b> | <b>185</b>    |
| <b>3.1. PRESENTACIÓN.....</b>  | <b>186</b>    |
| <b>3.2. OBJETIVOS.....</b>   | <b>188</b>    |
| 3.2.1. Objetivo general .....  | 188           |
| 3.2.2. Objetivos específicos .....   | 188           |
| 3.3. Servicio 1: Fortalecer las capacidades de promotores agrícolas voluntarios,<br>reforzando la temática del Módulo 1; capacitación a nivel de promotores y<br>a través del plan de capacitación 2017. ....  | 189           |
| 3.3.1. Objetivos .....   | 189           |
| 3.3.2. Metodología.....  | 189           |

|  | <b>PÁGINA</b> |
|--|---------------|
| 3.3.3. Resultados.....   | 190           |
| 3.3.4. Conclusiones .....  | 191           |
| 3.3.5. Recomendaciones.....  | 192           |
| 3.3.6. Medios de verificación .....  | 193           |
| 3.4. Servicio 2: Asistencia técnica en el cultivo de árboles frutales (aguacate Hass, aguacate BHOT8, naranja Valencia, Jocote Corona, Mango) y monitoreo de prendimiento de lo establecido en el año 2016. .... | 194           |
| 3.4.1. Objetivo .....  | 194           |
| 3.4.2. Metodología.....  | 194           |
| 3.4.3. Resultados.....   | 195           |
| 3.4.4. Conclusiones .....  | 196           |
| 3.4.5. Recomendaciones.....  | 197           |
| 3.4.6. Medios de verificación .....  | 198           |
| 3.5. Servicio 3: Asistencia técnica en el cultivo y producción de semilla de hortalizas en huertos familiares establecidos en el año 2016.....   | 199           |
| 3.5.1. Objetivo .....  | 199           |
| 3.5.2. Metodología.....  | 199           |
| 3.5.3. Resultados.....   | 200           |
| 3.5.4. Conclusiones .....  | 200           |
| 3.5.5. Recomendaciones.....  | 201           |
| 3.5.6. Medios de verificación .....  | 202           |
| <b>3.6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>  | <b>203</b>    |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| <b>FIGURA</b>   | <b>PÁGINA</b> |
|---|---------------|
| Figura 1. Mapa base de la microcuenca Agua Caliente, Camotán, Chiquimula. ....                                    | 5             |
| Figura 2. Pirámide poblacional por género y edad.....   | 18            |
| Figura 3. Pago de jornal dentro de la microcuenca.....  | 20            |
| Figura 4. Pago de jornal fuera del área de la microcuenca.....  | 21            |
| Figura 5. Idiomas dentro de la microcuenca. ....  | 24            |
| Figura 6. Porcentajes de emigración. ....   | 25            |
| Figura 7. Organización Social.....  | 26            |
| Figura 8. Tamaño promedio de las unidades productivas. ....   | 28            |
| Figura 9. Forma de tenencia.....  | 29            |
| Figura 10. Disponibilidad de energía eléctrica. ....  | 33            |
| Figura 11. Porcentaje de morbilidad poblacional. ....   | 34            |
| Figura 12. Porcentaje de mortalidad poblacional. ....   | 35            |
| Figura 13. Mapa de temperatura media en la microcuenca Agua Caliente, Camotán. ....                               | 37            |
| Figura 14. Temperatura media en la microcuenca Agua Caliente. ....  | 38            |
| Figura 15. Mapa de Precipitación media anual de la microcuenca Agua Caliente.....                                 | 40            |
| Figura 16. Climadiagrama de la microcuenca Agua Caliente. ....  | 41            |
| Figura 17. Mapa de zonas de vida de la microcuenca Agua Caliente. ....  | 44            |
| Figura 18. Mapa de cobertura y uso de la tierra de la microcuenca Agua Caliente. ....                             | 47            |
| Figura 19. Mapa geológico de la microcuenca Agua Caliente. ....   | 50            |
| Figura 20A. Encuesta realizada a los pobladores de la microcuenca Agua Caliente. ....                             | 57            |
| Figura 21A. Encuesta realizada a los pobladores de la microcuenca Agua Caliente. ....                             | 58            |
| Figura 22A. Reconocimiento y delimitación de la zona de estudio. ....   | 59            |
| Figura 23A. Validación por parte de los promotores de los mapas realizados.....                                   | 59            |
| Figura 24A. Identificación de los problemas ambientales y socioeconómicos que afectan<br>el área de estudio. .... | 60            |
| Figura 25A. Identificación de los problemas ambientales y socioeconómicos que afectan<br>el área de estudio. .... | 60            |
| Figura 26 Método de Porchet.....  | 88            |

| <b>FIGURA</b>  | <b>PÁGINA</b> |
|--|---------------|
| Figura 27 Gráfica de log (UN) versus (u). .....  | 99            |
| Figura 28 Mapa de órdenes de corrientes.....   | 101           |
| Figura 29 Curva hipsométrica. ....   | 106           |
| Figura 30 Mapa de curvas a nivel de la microcuenca Agua Caliente. ....   | 107           |
| Figura 31 Hidrograma unitario de la microcuenca.....   | 109           |
| Figura 32 Mapa de identificación de manantiales. ....  | 111           |
| Figura 33 Principales usos del agua en la microcuenca Agua Caliente. ....  | 120           |
| Figura 34. Consumo de agua en millones de m <sup>3</sup> / año.....  | 129           |
| Figura 35. Árbol de causas y efectos. ....   | 131           |
| Figura 36. Árbol de medios y fines. ....   | 135           |
| Figura 37A Análisis físico, químico y microbiológico de la parte baja, de la microcuenca<br>Agua Caliente.....   | 180           |
| Figura 38A. Análisis físico, químico y microbiológico de la parte media, de la microcuenca<br>Agua Caliente..... | 181           |
| Figura 39A. Análisis físico, químico y microbiológico de la parte media, de la microcuenca<br>Agua Caliente..... | 182           |
| Figura 40A. Medición de caudales en la parte media de la zona de estudio.....                                    | 183           |
| Figura 41A. Medición de caudales en la parte alta de la zona de estudio.....                                     | 183           |
| Figura 42 Medio de verificación, capacitación a promotores.....  | 193           |
| Figura 43 Medios de verificación, asistencia técnica en árboles frutales .....                                   | 198           |
| Figura 44 Medio de verificación, asistencia técnica en el cultivo y producción de<br>hortalizas. ....            | 202           |

## ÍNDICE DE CUADROS

| CUADRO  | PÁGINA |
|---|--------|
| Cuadro 1. Centros poblados de la microcuenca Agua Caliente, Camotán, Chiquimula. ....                   | 7      |
| Cuadro 2. Temas encuestados. ....   | 10     |
| Cuadro 3 Población total de la microcuenca. ....  | 16     |
| Cuadro 4 Población por género y edad de la microcuenca Agua Caliente. ....                              | 17     |
| Cuadro 5. Proyección año 2017 de la población mayor a 15 años económicamente<br>activa e inactiva. .... | 19     |
| Cuadro 6 Nivel educativo por género. ....   | 23     |
| Cuadro 7. Escuelas en la parte alta de la microcuenca. ....   | 30     |
| Cuadro 8. Escuelas en la parte media de la microcuenca. ....  | 31     |
| Cuadro 9. Escuelas en la parte baja de la microcuenca. ....   | 31     |
| Cuadro 10. Centros de salud. ....   | 32     |
| Cuadro 11. Rango de pendientes de una cuenca. ....  | 82     |
| Cuadro 12. Ficha de inventario de fuentes de agua. ....   | 85     |
| Cuadro 13. Clasificación de velocidad de infiltración. ....   | 89     |
| Cuadro 14. Matriz de usos predominantes y potenciales del recurso hídrico. ....                         | 93     |
| Cuadro 15. Orden, número y longitud de corrientes. ....   | 99     |
| Cuadro 16. Rango de pendientes de una cuenca. ....  | 103    |
| Cuadro 17. Intervalo de área entre curvas. ....   | 104    |
| Cuadro 18. Medición de caudales. ....   | 108    |
| Cuadro 19. Fuentes de agua localizadas en la microcuenca Agua Caliente. ....                            | 110    |
| Cuadro 20. Resultados de los análisis de fisicoquímico del agua. ....                                   | 112    |
| Cuadro 21. Resultados de los análisis de bacteriológicos del agua. ....                                 | 113    |
| Cuadro 22. Balance hídrico de suelos, cobertura granos básicos. ....                                    | 115    |
| Cuadro 23. Balance Hídrico de Suelos, cobertura pastos naturales. ....                                  | 117    |
| Cuadro 24. Balance Hídrico de Suelos, cobertura bosque latifoliado. ....                                | 118    |
| Cuadro 25. Usos predominantes y potenciales del recurso hídrico. ....                                   | 121    |
| Cuadro 26. Criterios de calidad para el uso agrícola. ....  | 123    |
| Cuadro 27. Criterios de calidad para el consumo humano y uso doméstico. ....                            | 124    |

| <b>CUADRO</b>   | <b>PÁGINA</b> |
|---|---------------|
| Cuadro 28. Estimación de demanda de agua para uso agrícola.....   | 126           |
| Cuadro 29. Demanda de agua para uso de servicios. ....  | 128           |
| Cuadro 30. Matriz de medios, acciones y proyectos. ....   | 136           |
| Cuadro 31. Codificación de los proyectos a priorizar. ....  | 139           |
| Cuadro 32. Indicadores para la priorización de proyectos. ....  | 140           |
| Cuadro 33. Ponderación para los proyectos. ....   | 142           |
| Cuadro 34. Cuadro de MML de Programa de implementación de sistemas de riego<br>eficientes (riego por localización y aspersión). ....  | 144           |
| Cuadro 35. Cuadro de MML de Programa de talleres de manejo adecuado de aguas<br>grises y desechos sólidos.....  | 147           |
| Cuadro 36. Cuadro de MML del Proyecto de reforestación de ribera del río principal<br>de la microcuenca Agua Caliente.....  | 149           |
| Cuadro 37. Cuadro de MML del Programas de capacitación sobre el uso y manejo<br>adecuado de los agroquímicos enfocado en su impacto en la contaminación<br>del recurso hídrico..... | 152           |
| Cuadro 38. Cuadro de MML del Programa de construcción de letrinas promoviendo la<br>vivienda sana. ....   | 154           |
| Cuadro 39. Cuadro de MML del Programa de construcción de sistemas de captación de<br>agua de techo, almacenándola en un ferro cemento o recipientes plásticos. ....                 | 157           |
| Cuadro 40. Cuadro de MML del Programa de construcción de filtros de aguas grises....  | 159           |
| Cuadro 41. Cuadro de MML del Plan de manejo y protección en áreas forestales<br>para la protección de los cuerpos de agua.....  | 162           |
| Cuadro 42. Cuadro de MML del Programa de distribución y abastecimiento de agua<br>en la época seca por medio la municipalidad y ONG. ....   | 165           |
| Cuadro 43. Cuadro de MML del Programa de construcción de embalses comunitarios<br>de captación de agua de lluvia o de alguna corriente de agua.....                                 | 167           |
| Cuadro 44. Horizonte financiero de los proyectos priorizados. ....  | 170           |
| Cuadro 45. Riesgos del recurso hídrico dentro de la microcuenca. ....   | 171           |

## RESUMEN

El trabajo de graduación se integra por tres capítulos; diagnóstico, investigación y servicios los cuales se realizaron durante el Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S), de la Facultad Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, durante el año 2017, el proceso se realizó en el proyecto “Restablecimiento del sistema alimentario y fortalecimiento de la resiliencia de familias afectadas por la canícula prolongada 2014 en municipios de los departamentos de Chiquimula y Jalapa, Guatemala”, implementado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura ,FAO. Dicho proyecto tenía como objetivo principal el restaurar el sistema alimentario de las familias cuya fuente principal de abastecimiento es de granos básicos obtenidos por medio de la agricultura familiar y a su vez aumentar las capacidades de resiliencia al cambio climático, ya que en los últimos años la variabilidad climática ha afectado a las comunidades de esta región.

El diagnóstico se basó en la caracterización socioeconómica y biofísica de la microcuenca Agua Caliente ubicada en el municipio de Camotán, departamento de Chiquimula, dicha microcuenca tiene un área de 20.30 km<sup>2</sup>, con una población de 8, 067 habitantes y una densidad de población alta de 398 habitantes/km<sup>2</sup>, en donde las condiciones socioeconómicas presentan con un alto índice de pobreza según el INE el 38.20 % de la población vive en extrema pobreza y solamente el 30 % de la población es económica activa cobrando un jornal promedio de Q. 30.00 a Q 50.00 quetzales diarios, cantidad que solo puede cubrir la alimentación básica de una familia dejando a un 70 % de la población satisfaciendo sus necesidades básicas, específicamente la alimentación, con base a la agricultura familiar.

En cuanto al diagnóstico biofísico se analizó el clima, zonas de vida según Holdridge la cobertura vegetal y geología y se determinó las principales problemáticas ambientales que afectan a la microcuenca, como la falta de cobertura forestal en áreas con pendientes elevadas y el limitado acceso y disponibilidad del agua, lo que limita el satisfacer las demandas básicas de los pobladores.

En el Capítulo II, relacionado a la investigación, se realizó una caracterización hidromorfológica y planificación sobre el uso y manejo del recurso hídrico de la microcuenca Agua Caliente, con estas actividades se obtuvo resultados morfométricos de aspectos lineales, superficie y relieve, así como los resultados de calidad del agua que se encuentra debajo de los límites máximos permisibles de la norma COGUANOR 29001 de agua para el consumo humano.

El caudal máximo durante el año 2017 fue de 0.92 m<sup>3</sup>/s, el cual abasteció desde la parte alta de la microcuenca, iniciándose en la comunidad Ocumbra hasta la parte baja en el barrio Agua Caliente. Con los escenarios generados se pudo determinar que la oferta hídrica del área de estudio fue de 2.26 m<sup>3</sup>/año, dicha oferta fue calculada respecto al agua superficial disponible neta, la reducción de fuentes frágiles y el régimen de estiaje; en cuanto a la demanda se obtuvo que esta es de 0.94 m<sup>3</sup>/año. En la demanda del recurso hídrico el principal uso identificado es en el sector doméstico consumiendo un aproximado del 96%, el índice de escasez obtenido al hacer la relación oferta y demanda fue del 41.70%, evidenciando la fuerte presión que hay sobre el recurso hídrico.

El principal problema identificado es la obtención y distribución del recursos hídrico en una forma homogénea y equitativa, la cantidad de agua disponible también se ve reducida en cuanto a la calidad ya que no es apta para los principales usos; como solución a los problemas se realizó una propuesta de varios proyectos y programas recomendados para los usos actuales y potenciales, para ello fue necesario el mejorar las condiciones de disponibilidad del recursos hídrico de una forma urgente para mitigar la escasez del mismo.

En el Capítulo III, contiene los servicios presentados para el proyecto, en donde se detalla los tres servicios principales: fortalecimiento de las capacidades de promotores agrícolas voluntarios, trabajando los temas de cultivos alternativos al cambio climático, importancia de las zonas de recarga hídrica y reconversión de sistemas productivos, el segundo servicio fue la asistencia técnica en el cultivo y manejo de árboles frutales, a su vez monitoreando

prendimiento de árboles establecidos en el año 2016 y por último se brindó la asistencia técnica en el cultivo y producción de semilla de hortalizas en huertos familiares establecidos en el año 2016.



## 1.1. PRESENTACIÓN

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura -FAO- trabaja en el enfoque del manejo de microcuencas priorizadas, en donde el concepto principal del proyecto es integrar a las comunidades en el manejo de los recursos naturales y la agricultura familiar, fortaleciendo la organización social e implementado planes de manejo para la microcuenca.

Para ello es necesaria la participación comunitaria, ya que la participación social es la base de todos los proyectos propuestos, el generar un diagnóstico socioeconómico y biofísico nos otorga información específica del área de estudio para ordenar y priorizar las intervenciones, a su vez a mejorar la organización social, proteger y manejar correctamente los recursos naturales, especialmente el agua, ya que son factores importantes para el desarrollo social, económico y ambiental.

El diagnóstico se realizó con base a la metodología rural participativa, una encuesta estructurada, participación de varios comunitarios del área y también con fuentes secundarias como; Instituto Nacional de Estadística, Secretaría General de Planificación, Instituto Nacional de Electrificación, la Municipalidad y centro de salud de Camotán, Chiquimula.

Dentro del diagnóstico socioeconómico se determinó la población total, escolaridad, situación económica, nivel educativo, idiomas, migraciones, organización social, actividades productivas, tenencia de la tierra, infraestructura, servicios, salud y sanidad pública, dicha caracterización se trabajó en las aldeas, Dos Quebradas, Nearar Centro, Marimba Centro y Tisipe Centro las cuales conforman los principales centros poblados de la microcuenca Agua Caliente ubicada en el municipio Camotán, Chiquimula.

La segunda parte del diagnóstico es el biofísico el cual es indispensable para la planificación de e implementar proyectos orientados con el fin de lograr un uso sostenible del recurso

hídrico teniendo en cuenta la potencialidad y limitantes de éste dentro del área de la microcuenca Agua Caliente, para ellos se tomaron en cuenta las condiciones climáticas, zonas de vida, uso de la tierra y geología.

La importancia del diagnóstico se basa en la identificación de los principales problemas que afectan a las personas, como estos vulneran y ponen en riesgo la calidad de vida de las personas, dentro de los principales problemas socioeconómicos y biofísicos identificados es el poco acceso a trabajo, el bajo nivel educativo, la falta de tecnologías e implementación de nuevos cultivos que aporten de manera directa a la alimentación familiar, las altas tasas de contaminación hídrica y la deforestación en áreas con pendientes elevadas y las fuertes sequías que afectan el área de estudio.

El presente diagnóstico se realizó en el proyecto de “Restablecimiento del Sistema Alimentario y fortalecimiento de la Resiliencia de familias afectadas por la Canícula Prolongada 2014 en municipios de los departamentos de Chiquimula y Jalapa, Guatemala”, implementado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura FAO (siglas en inglés).

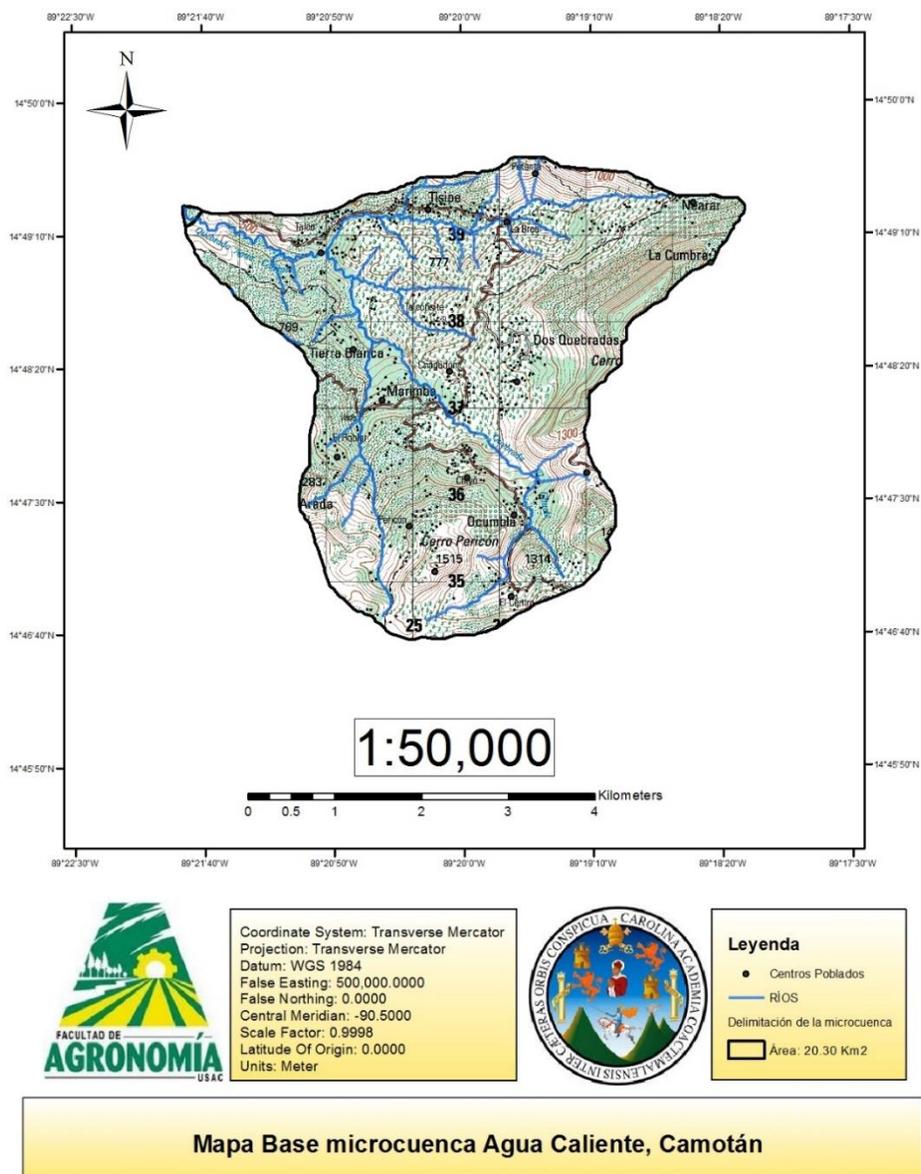
## **1.2. MARCO REFERENCIAL**

A continuación, se presenta la referencia geográfica, las vías de acceso, centros poblados y la cobertura forestal del área de estudio.

### **1.2.1. Ubicación**

Se encuentra ubicada en el municipio de Camotán, departamento de Chiquimula. El área se encuentra localizada dentro del cuadrante definido por las coordenadas: 6220000 X ,6280000 en X; y, 1634000Y, 1640000 Y (Sistema Coordinado GTM, Zona 15.5, Datum WGS84). Con una altura sobre el nivel del mar de 431 m a 1,597 m s.n.m. Y una extensión territorial de 20.30 km<sup>2</sup>.

En la figura 1 se representa la ubicación geográfica de la microcuenca Agua Caliente.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 1. Mapa base de la microcuenca Agua Caliente, Camotán, Chiquimula.

### 1.2.2. Vías de acceso

La microcuenca se encuentra inserta en la cuenca río Motagua y se ubica en la región norte del departamento de Chiquimula. El acceso al mismo es por la carretera interamericana (CA10) que conduce a la república de Honduras. Para llegar hacia la cabecera municipal

orientados de la cabecera departamental, debe conducirse por la carretera hacia la ciudad de Esquipulas, y al llegar a la comunidad de Vado Hondo, se localiza el cruce hacia la frontera El Florido donde tendrá como destinos intermedios el municipio de San Juan Ermita, Jocotán y posteriormente la cabecera municipal de Camotán.

### **1.2.3. Centros Poblados**

La aldea San José, presenta dos distribuciones fisiográficas de gran paisaje. El área representada con el color morado representa cerros y conos volcánicos, que están compuestos por fluidos de basalto con cubiertas de materiales piroclásticos y ceniza volcánica las rocas son de edad del pleistoceno, por lo que se considera del periodo cuaternario MAGA (2000).

El área de estudio comprende la zona rural del municipio de Camotán y está integrada por diecisiete centros poblados, en donde se encuentran 4 aldeas principales y 13 caseríos. En el cuadro 1, muestra las aldeas y caseríos que conformas la microcuenca.

Cuadro 1. Centros poblados de la microcuenca Agua Caliente, Camotán, Chiquimula.

| Aldea          | Caserío              |
|----------------|----------------------|
| Dos Quebrabas  | Chiaguiton           |
| Nearar Centro  | Petentá Nearar       |
|                | Pitahaya Centro      |
|                | Rosario Nearar       |
|                | Las Cruces Nearar    |
| Marimba Centro | Chillo Marimba       |
|                | Marimba Centro       |
|                | Plan Marimba         |
|                | Zapotal Marimba      |
| Tisipe Centro  | Talco                |
|                | Cañón Tisipe         |
|                | Tierra Blanca Tisipe |
|                | Cañón De Tisipe      |

Fuente: elaboración propia, con base a la cartografía digital IGN, 2009.

#### 1.2.4. Cobertura Forestal

La microcuenca Agua Caliente cuenta con bosque mixto el cual cubre 6.6 ha y un bosque latifoliado que ocupada 4.4 ha, en toda el área de la microcuenca. Las principales especies están constituidas por: Pino colorado (*Pinus oocarpa*), Encino (*Quercus spp*), Guacamayo (*Phyllocarpus septentrionales*). La especie forestal maderable más utilizada es el *Pinus oocarpa*.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. General**

Determinar la situación socioeconómica y biofísica actual de las aldeas Dos Quebradas, Nearar Centro, Marimba Centro y Tisipe Centro correspondientes del municipio Camotán, Chiquimula, ubicadas dentro de la microcuenca Agua Caliente.

#### **1.3.2. Específicos**

1. Generar información actual sobre el nivel socioeconómico de las principales aldeas que se encuentran dentro de la microcuenca Agua Caliente del municipio de Camotán, Chiquimula.
2. Caracterizar el nivel biofísico de la microcuenca Agua Caliente del municipio de Camotán, Chiquimula.
3. Identificar los principales problemas socioeconómicos y biofísicos de la microcuenca Agua Caliente del municipio de Camotán, Chiquimula.

## **1.4. METODOLOGÍA**

En la presente sección contiene la metodología de investigación que explica en detalle de qué y cómo se hizo para conocer la realidad socioeconómica aplicando la revisión de documentos, encuestas y la opinión de los comunitarios.

### **1.4.1. Diagnóstico socioeconómico**

Permite conocer los elementos sociales y económicos, este es importante ya que sirve para conocer a detalle las situaciones sociales, las principales problemáticas existentes y potenciales de la microcuenca. Los aspectos socioeconómicos evaluados son los siguientes:

### **1.4.2. Delimitación del área de estudio**

Con base a la hoja cartográfica 2360-III, a escala 1:50,000, se delimitó la microcuenca del río Agua Caliente, en donde se ubicaron las comunidades, aldeas y caseríos que la conforman, los principales ríos, y las rutas de acceso dentro de la microcuenca.

La metodología para la elaboración del diagnóstico socioeconómico de la microcuenca Agua Caliente, involucró personal técnico de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura -FAO-, líderes comunitarios, el Consejo de microcuenca Agua Caliente, estos últimos participaron de forma muy activa para la obtención, de información, encuestas y trabajo de campo.

A su vez se obtuvo información por medio de diferentes instituciones:

- Instituto Nacional de Estadística. (INE)
- Secretaría General de Planificación. (SEGEPLAN)

- Instituto Nacional de Electrificación. (INDE)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (FAO)
- Municipalidad de Camotán.
- Centro de salud de Camotán.

## A. Diseño de la encuesta

La encuesta fue diseñada para obtener información, para determinar las necesidades económicas y sociales que tienen el área de estudio, la encuesta se diseñó con tres secciones, las cuales abarcan temas; socioeconómicos, biofísicos (diversidad vegetal y cobertura), y recurso hídrico.

En el cuadro 2 se presentan los diferentes temas encuestados.

Cuadro 2. Temas encuestados.

| Socioeconómica   | Cobertura vegetal   | Recurso hídrico   |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jornal diario.</li> <li>• Escolaridad.</li> <li>• Idiomas.</li> <li>• Migración.</li> <li>• Integrantes por familia.</li> <li>• Ocupación.</li> <li>• Actividades Productivas.</li> <li>• Tenencia de la tierra.</li> <li>• Disponibilidad de agua potable.</li> <li>• Energía eléctrica.</li> <li>• Drenajes.</li> <li>• Salud pública.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipos de cultivos.</li> <li>• Plagas.</li> <li>• Especies de flora y fauna.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lugar de obtención del recurso hídrico.</li> <li>• Acceso a llena cantaros o chorros municipales.</li> <li>• Formas de obtención de agua</li> <li>• Volumen aproximado que se transporta diariamente.</li> </ul> |

Fuente: elaboración propia, 2017.

## B. Tamaño de la muestra a encuestar

Para la encuesta que se realizó para obtener información relevante sobre los medios de vida, acceso a servicios básicos que tienen las personas, fue necesario el calcular la población objetivo que debe formar parte del estudio. Lo cual se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{z^2(p * q)}{e^2 + \frac{(z^2(p * q))}{N}}$$

Donde:

---

|   |                                       |                |
|---|---------------------------------------|----------------|
| n | Tamaño de la muestra                  | 95 personas    |
| N | Tamaño de la población                | 8,067 personas |
| e | Error de muestreo aceptable           | 10 %           |
| z | Intervalo de confianza deseado        | 95 % (1.96)    |
| p | Proporción de la población deseado    | 50 %           |
| q | Proporción de la población no deseado | 50 %           |

---

Se tabuló los datos obtenidos de las encuestas para la base de las características socioeconómicas.

### 1.4.3. Fase de campo

En la fase campo se conoce el área de estudio y se inicia en la recolección y obtención de datos importantes para la elaboración de los diagnósticos.

## A. Características socioeconómicas

Con las encuestas realizadas y apoyándome con las entrevistas al Consejo de microcuenca Agua Caliente, líderes comunitarios y los habitantes de las aldeas y caseríos que conforman la microcuenca.

Las variables que se tomaron en cuenta en el diagnóstico socioeconómico son:

- Demografía.
- Nivel de ingresos socioeconómicos.
- Educación.
- Idiomas.
- Migraciones.
- Organización social.
- Tenencia de la tierra.
- Tenencia de la tierra.
- Infraestructura.
- Salud y sanidad pública.

#### **1.4.4. Fase de gabinete**

La información recabada por medio de la revisión documental, las encuestas y entrevistas, se consolidaron de la siguiente manera:

- Los resultados obtenidos en las encuestas y entrevistas se tabularon, para la generación de tablas y gráficas.
- La información obtenida de los documentos de instituciones públicas. (Municipalidad de Camotán, Centro de Salud, INE, INDE, SEGEPLAN)
- Toda la información obtenida sirvió de base la descripción de la situación socioeconómica de la microcuenca.

#### **1.4.5. Diagnóstico biofísico**

Permite conocer los elementos bióticos, abióticos y fisiográficos del área de estudio, este es importante ya que sirve para conocer a detalle los elementos naturales que conforman la microcuenca. Los aspectos biofísicos evaluados son los siguientes:

#### **1.4.6. Delimitación del área de estudio**

La delimitación del área de estudio tuvo un primer acercamiento con el Consejo de la microcuenca Agua Caliente, por medio del software de Sistemas de información geográfica ArcGis10.4.1.

Dicha información fue digitalizada sobre la hoja cartográfica 2360-III, a escala 1:50,000, considerando el relieve y principalmente el área del río Agua Caliente, manteniendo la atención sobre las partes altas y bajas del terreno.

#### **1.4.7. Elaboración de mapas**

En esta fase se realizaron los mapas temáticos con los temas de: temperatura media anual (Isotherma), precipitación media anual (Isoyetas), zonas de vida según Holdridge, uso y cobertura de la tierra año 2018, geología.

##### **A. Mapas climáticos (temperatura media anual y precipitación media anual)**

Con base a la capa de puntos de las estaciones meteorológicas del ubicadas alrededor de la cuenca siendo las estaciones de ANACAFÉ, Camotán, Esquipulas y La Unión (éstas últimas tres son de INSIVUMEH).

La capa es de puntos con su proyección geográfica definida y la información de temperatura y precipitación medias anual. Esta capa se ingresa en Arcgis 10.4.1, siguiendo los siguientes pasos se realizaron los mapas de precipitación y temperatura.

- 1) Con la herramienta "Interpolation", en este paso se crea una capa ráster a partir de una cantidad limitada de puntos correlacionándolos espacialmente.
- 2) Como paso final se crean las isoyetas (precipitación) e isotermas (temperatura), utilizando la herramienta "Contour", una vez colocado el ráster creado es necesario el definir "Contour Interval" el cual permite el fijar un intervalo de líneas que dependen de la superficie.

## **B. Mapa de zonas de vida, según Holdridge**

Las zonas de vida son un sistema de clasificación de ecosistemas basado en unidades territoriales naturales, las cuales están interrelacionadas con la vegetación, actividad animal, clima, fisiografía, formación geológica y suelos. Este mapa se realizó en la base del sistema de información geográfico, utilizando la capa de zonas de vida, proporcionada por el MAGA, y el comando "Clip", el cual permite el recortar polígonos de una capa basados en un perímetro definido (delimitación de la microcuenca).

El objetivo de la elaboración de este mapa es el tener un acercamiento sobre los ecosistemas que conforman la microcuenca y su dinámica, en donde el principal factor controlador es el clima.

## **C. Mapa de uso de la tierra**

Para la elaboración del mapa uso de la tierra haciendo uso de sistemas de información geográfica y la capa base de cobertura y usos de la tierra año 2010 elaborada por el MAGA,

dicha capa se delimitó con la microcuenca haciendo uso del comando “Clip”, posterior a eso y la herramienta Basemap, fue la base para la delimitación y actualización de usos de la tierra, para la digitalización de usos se mantuvo una escala visual del 1:15,000 a 1:20,000.

Una vez realizado el mapa, en las visitas de campo se verificaron los usos con ayuda de los comunitarios y el consejo de la microcuenca.

#### **D. Mapa de geología**

Este mapa se realizó en la base del sistema de información geográfico, utilizando la capa de geología, proporcionada por el MAGA, y el comando “Clip”, el cual permite el recortar polígonos de una capa basados en un perímetro definido, delimitación de la microcuenca.

## 1.5. RESULTADOS

En la siguiente sección se presentan los resultados y discusión obtenidos de los diagnósticos socioeconómico y biofísico que se realizaron en la microcuenca Agua Caliente, del municipio de Camotán, Chiquimula.

### 1.5.1. Diagnóstico socioeconómico

El diagnóstico socioeconómico se obtuvieron los datos relacionados con la demografía, educación, nivel de ingresos económicos, idiomas, entre otros.

#### A. Demografía

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cuanto al estudio demográfico realizado en la microcuenca Agua Caliente.

#### B. Población total

En el cuadro 3 se presentan la población total de las cuatro aldeas que se localizan dentro del área de estudio.

Cuadro 3 Población total de la microcuenca

| Población total de la microcuenca Agua Caliente |           |                 |
|---|-----------|-----------------|
| Aldea   | Categoría | Población Total |
| Dos Quebradas                                   | Aldea     | 1,138           |
| Marimba   | Aldea     | 1,328           |
| Nearar  | Aldea     | 2,743           |
| Tisipe  | Aldea     | 2,858           |
|   | Total     | 8,067           |

Fuente: elaboración propia, 2017. (censo municipal 2017)

El total de habitantes con el que cuenta la microcuenca río Agua Caliente por lugar poblado son de 8,067 habitantes.

### C. Población por género

En el cuadro 4 se presenta la población por género y edad dentro del área de estudio.

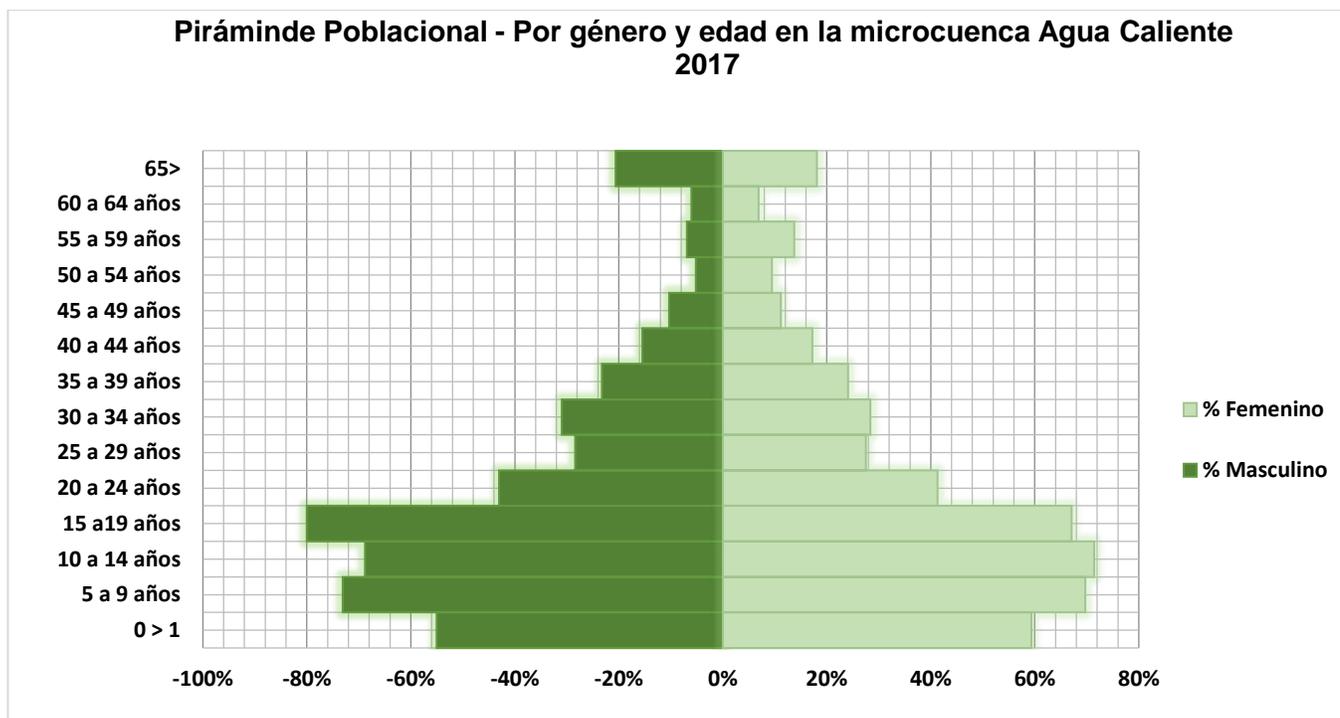
Cuadro 4 Población por género y edad de la microcuenca Agua Caliente.

| Grupo etario | Hombre | Mujer | Total |
|--------------|--------|-------|-------|
| 0 a 4 años   | 643    | 609   | 1,252 |
| 5 a 9 años   | 622    | 636   | 1,258 |
| 10 a 14 años | 530    | 552   | 1,083 |
| 15 a 19 años | 526    | 507   | 1,033 |
| 20 a 24 años | 382    | 426   | 809   |
| 25 a 29 años | 296    | 280   | 576   |
| 30 a 34 años | 254    | 214   | 468   |
| 35 a 39 años | 193    | 188   | 381   |
| 40 a 44 años | 124    | 153   | 277   |
| 45 a 49 años | 107    | 105   | 212   |
| 50 a 54 años | 79     | 90    | 169   |
| 55 a 59 años | 75     | 99    | 173   |
| 60 a 64 años | 56     | 67    | 123   |
| 65 >         | 117    | 137   | 253   |
| Totales      | 4,003  | 4,065 | 8,067 |

Fuente: elaboración propia, 2017 (censo municipal año 2017)

En la microcuenca Agua Caliente, ubicada en el municipio de Camotán, del departamento de Chiquimula, está conformada por las aldeas; Nearar, Tisipe, Marimba y Dos Quebradas. Según proyección 2017 se cuenta con una población de 4,003 hombres y 4,065 mujeres. Dando un total de 8,067 habitantes en la microcuenca.

En la figura 2 se presenta la pirámide poblacional por género y edad al año 2017.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 2. Pirámide poblacional por género y edad.

En la gráfica que se observa es de tipo progresiva lo que representa una población joven con natalidad alta, lo que se logra determinar el rápido crecimiento que ocurre en la microcuenca Agua Caliente. En cuanto al rango de 10 a 14 años se observa que hay mayor población femenina, caso que cambia en el rango de 15 a 19 años, se observa que a su vez que se aumenta de rango la población femenina va prevaleciendo contra la masculina, como se observa claramente en la edad de 50 a 54 años. La población infantil menor a un año se observa que los nacimientos hay más niñas que niños. La base indica que hay un aumento de natalidad dado a la extensión que esta demuestra, a su vez en los rangos de edades de 35 a 65 años por su alargamiento demuestra el envejecimiento de la población y la alta esperanza de vida. Entre las edades de 15 a 50 años se concentra la población económicamente activa, en este caso la edad que predomina es de 15 a 19 años. Las barras salientes, 5 a 19 años, indican el aumento de la natalidad.

#### D. Población económicamente activa

En el cuadro 5 se presenta la proyección poblacional al año 2017 de la población económicamente activa e inactiva.

Cuadro 5. Proyección año 2017 de la población mayor a 15 años económicamente activa e inactiva.

| Población de 15 años y más edad económicamente activa e inactiva |           |         |         |                       |          |
|--|-----------|---------|---------|-----------------------|----------|
| Lugares Poblados   | Categoría | Género  |         | Total, económicamente |          |
|  |           | Hombres | Mujeres | Activa                | Inactiva |
| Dos Quebradas  | Aldea     | 305     | 294     | 185                   | 414      |
| Marimba  | Aldea     | 361     | 351     | 294                   | 418      |
| Nearar   | Aldea     | 722     | 730     | 382                   | 1070     |
| Tisipe   | Aldea     | 706     | 748     | 409                   | 1045     |
|  |           |         |         | 1,270                 | 2,947    |

Fuente: elaboración propia, 2017 (censo municipal año 2017)

El total de la población que puede ser económicamente activa es de 4,217, lo cual corresponde en hombres y mujeres que están entre las edades de 15 a 59 años, según la proyección realizada un 30 % de la población es económicamente activa, con un total de 1,270 personas incluyendo actividades con sueldo fijo y aquellas que generan un ingreso informal. En cuanto a la población económicamente inactiva es de un 70 %, con 2,947 personas, porcentaje demasiado alto, según encuesta realizada muchas de estas personas están en búsqueda de trabajo o los trabajos que obtienen son temporales, la economía dentro de la microcuenca se ve un poco más activa en los meses de noviembre a febrero.

## E. Densidad de población

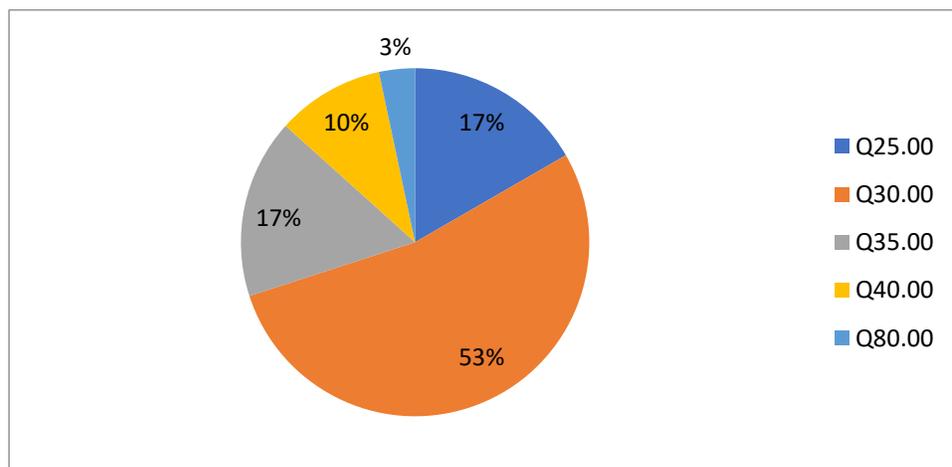
En la microcuenca Agua Caliente, cuenta con un área de 20.30 km<sup>2</sup> en los cuales se distribuye una población actual de 8,067 habitantes, la densidad poblacional de la zona de estudio es alta con un total de 398 habitantes/km<sup>2</sup>.

## F. Nivel de ingresos económicos

Los datos obtenidos sobre los ingresos económicos de la población económicamente activan son los siguientes:

### a. Pago de jornal dentro de la microcuenca

En la figura 3 se presenta un resumen sobre los principales pagos de jornales que se devengan en la microcuenca Agua Caliente.



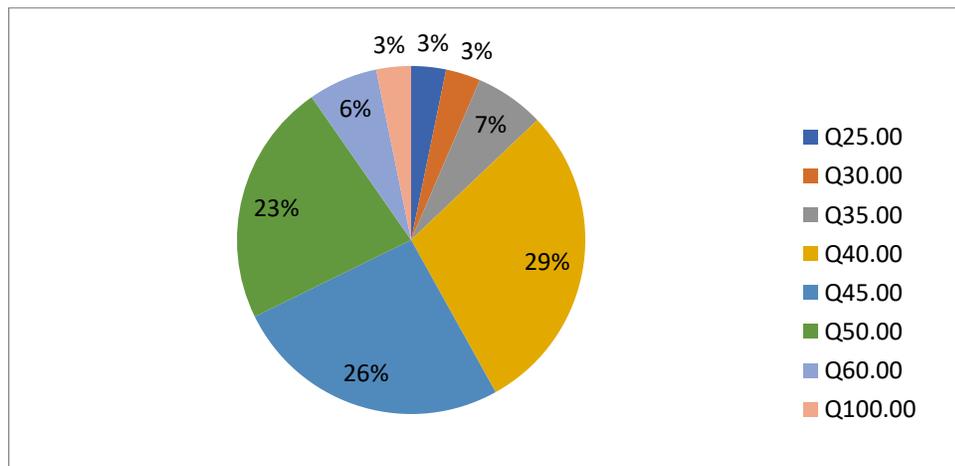
Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 3. Pago de jornal dentro de la microcuenca.

Según la encuesta realizada en julio del 2017, el pago por jornal dentro del área es de Q. 30.00 por día, en donde incluye la alimentación diaria, un 53 % de la población encuestada genera dicho ingreso diario, esto varía de acuerdo a las actividades que las personas realizan para generar un ingreso económico, en un 17 % las personas contestaron que el jornal dentro de la microcuenca se paga entre Q. 25.00 a Q. 35.00, otras que trabajan afuera del perímetro de la misma reciben un jornal de Q. 40.00 por día, un 10 % de la población encuestada. Un 3 % de la misma dijo recibir Q. 80.00 por día, este incremento se debe a que las actividades que realizan en su mayoría son de albañilería.

### b. Pago por jornal fuera del área de la microcuenca

En la figura 4 se presenta un resumen sobre los principales pagos de jornales que se devengan afuera de la microcuenca Agua Caliente.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 4. Pago de jornal fuera del área de la microcuenca.

Según la encuesta realizada en julio del 2017, el pago por jornal fuera del área es de Q. 40.00, con un 29 % de la población encuestada, esto varía de acuerdo con las actividades que las personas realizan para generar un ingreso económico, posterior a esto el 26 % contestó los jornales se pagan a Q. 45.00/día, el 23 % dijo conseguir pagos de Q. 50.00/día, muy pocas personas contestaron encontrar el pago de jornales menores que

se acostumbra a pagar dentro del área de la microcuenca. Algo que se tiene claro es que la mayoría de los pobladores emigran en ciertas épocas, por lo cual el incremento de pago de jornal/día es estacional.

## G. Educación

En el cuadro 6 se presenta el nivel educativo dentro del área de estudio.

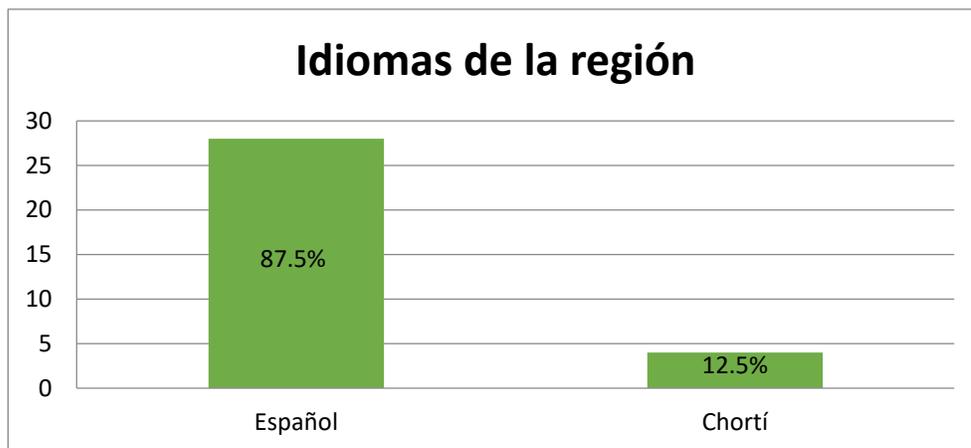
Cuadro 6 Nivel educativo por género.

| Población de 7 años y más edad |           |                      |        |       |         |             |          |       |         |               |          |               |        |       |
|--------------------------------|-----------|----------------------|--------|-------|---------|-------------|----------|-------|---------|---------------|----------|---------------|--------|-------|
| Lugar                          | Categoría | Nivel de escolaridad |        |       |         |             |          |       |         |               |          | Alfabetizados |        |       |
|                                |           | Total                | Hombre | Mujer | Ninguno | Preprimaria | Primaria |       | Básicos | Diversificado | Superior | Total         | Hombre | Mujer |
|                                |           |                      |        |       |         |             | 1 a 3    | 4 a 6 |         |               |          |               |        |       |
| Tisipe                         | Aldea     | 1,339                | 675    | 664   | 947     | 1           | 305      | 85    | 1       | 0             | 0        | 392           | 236    | 155   |
| Dos quebradas                  | Aldea     | 480                  | 238    | 242   | 307     | 8           | 92       | 57    | 11      | 3             | 2        | 168           | 97     | 71    |
| Marimba                        | Aldea     | 463                  | 246    | 217   | 330     | 4           | 79       | 48    | 1       | 1             | 0        | 130           | 83     | 47    |
| Nearar                         | Aldea     | 1,044                | 533    | 510   | 601     | 6           | 267      | 160   | 9       | 1             | 0        | 437           | 248    | 189   |
| Total                          |           | 3,326                | 1,692  | 1,633 | 2,185   | 19          | 743      | 350   | 22      | 5             | 2        | 1,127         | 664    | 462   |

En la proyección de nivel educativo por género un total de 3,325 personas cuentan con una educación, un 41.21 % de la población total tiene una educación, pero esta se centra en la educación primaria entre los grados de primero a tercero con un 22 %, y los grados de cuarto a sexto es de un 11 %, la población menor es de educación superior con tan solo dos personas que cuentan con nivel universitario. Un total de 1,127 personas son alfabetos, pueden leer y escribir, pero no cuentan con ningún estudio. La microcuenca Agua Caliente, muestra un déficit de educación muy alto, dado a que un 65 % de la población dentro de los rangos de edad de 7 años y más no cuentan con ningún estudio o el acceso a una alfabetización.

## H. Idiomas

En la figura 5 se presentan los principales idiomas que se hablan dentro del área de estudio.



Fuente: elaboración propia, 2017.

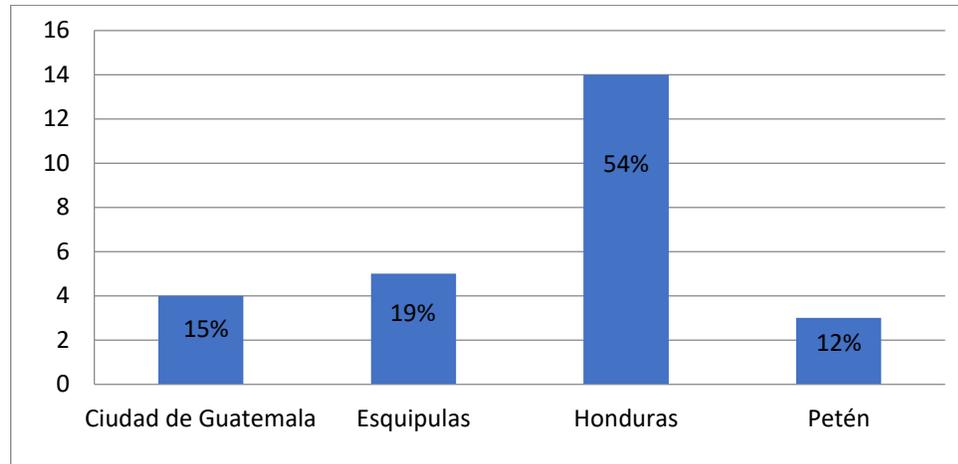
Figura 5. Idiomas dentro de la microcuenca.

Los idiomas que se hablan en el área de la microcuenca Agua Caliente, en las aldeas predominan el castellano (87.5 %), otro idioma principal es Chortí, el cual es característico en las áreas de Camotán, Chiquimula, dentro de la población encuestada el 12.5 % hablan el idioma tradicional de la región Chortí.

## I. Emigración

Dentro de la microcuenca Agua caliente se presenta el fenómeno de la emigración, por la falta de acceso de oportunidades laborales de manera local.

En la figura 6 se presentan un resumen de los principales lugares del país que emigra la población.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 6. Porcentajes de emigración.

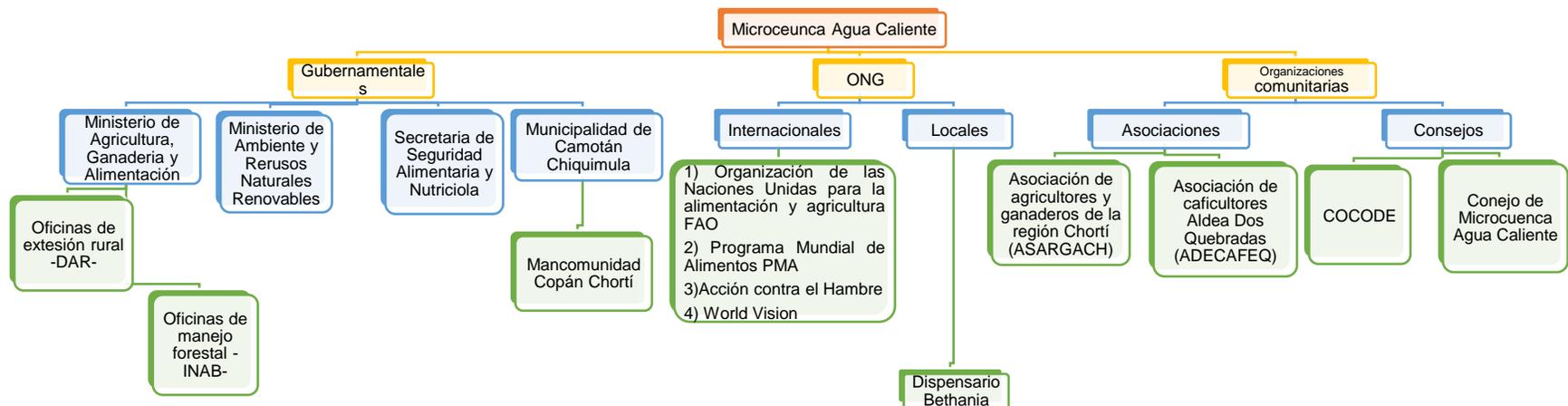
En la gráfica un 54 % de la población encuestada emigra a Honduras, ya que el municipio es fronterizo con dicho país, otro lugar en donde las personas encuestadas trabajan es en el municipio de Esquipulas, con un 19 % de la población. Un 15 % emigra hacia la ciudad capital para trabajar y por último un 12 % emigra hacia Petén.

#### a. Origen y causas

El origen de la emigración de los pobladores es por las pocas oportunidades de trabajar dentro del área y los bajos jornales que se pagan. Lo que se observó dentro de todo el desarrollo de la investigación es que la emigración es estacional, especialmente en la época de corte café, en los meses de octubre, noviembre y diciembre, actividad que predomina en el área de Honduras y Esquipulas, durante el resto del año las personas emigran a Petén y a la ciudad capital, a realizar diferentes actividades que generen un ingreso económico.

## J. Organización Social

En la figura 7 se presenta de forma gráfica las diferentes organizaciones sociales con presencia dentro del área de estudio.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 7. Organización Social.

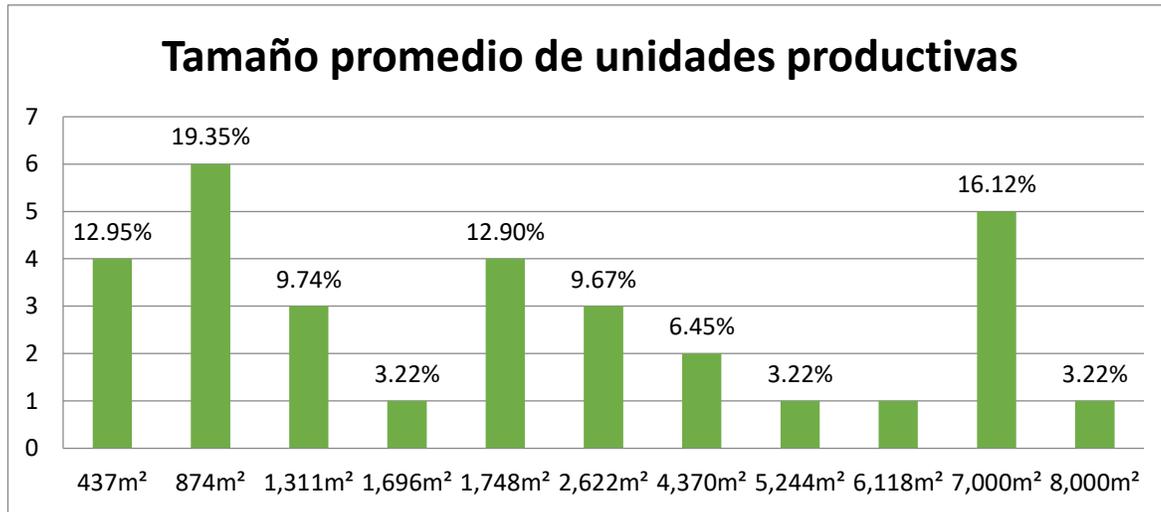
Dentro de la microcuenca Agua Caliente hay varias organizaciones realizando actividades, especialmente de sostenibilidad y soberanía alimentaria. Aquellas que tienen mayor acercamiento dentro del área son las gubernamentales, con el ministerio de agricultura, ganadería y la implementación los cuales trabajan con grupos seleccionados, fundando así los centros de aprendizaje rural, CADER. La secretaria de seguridad alimentaria y nutricional (SESAN), es aquella que se encarga en todos los casos de desnutrición en el área. La municipalidad y la mancomunidad Copan Chortí trabajan en conjunto como compromiso de asistencia técnica. Las entidades no gubernamentales, son aquellas que tienen una presencia más económica, como lo es el PMA y FAO, los cuales se brinda asistencia técnica y entrega de insumos.

En cuanto al empoderamiento de las personas, se fundó por medio de FAO, el consejo de la microcuenca Agua Caliente, con el objetivo que los pobladores enfoquen futuros proyectos en las áreas más necesitadas de la microcuenca. A su vez, se encuentra una asociación de caficultores dentro de la microcuenca, en donde ellos producen, secan, muelen el café, y crean redes de distribución para activar la microeconomía de la microcuenca.

Por parte la municipalidad se han creado dos comisiones una que lleva el nombre comisión municipal de seguridad alimentaria y nutricional, COMUSAN y el consejo municipal de desarrollo, COMUDE, en los cuales tienen una participación los COCODES de cada comunidad, en la cual buscan solución a los problemas que se presentan en cada comunidad de una forma directa.

## **K. Tenencia de la tierra**

En la figura 8 se presenta de un resumen de los principales tamaños promedios de las unidades productivas dentro de la microcuenca Agua Caliente.



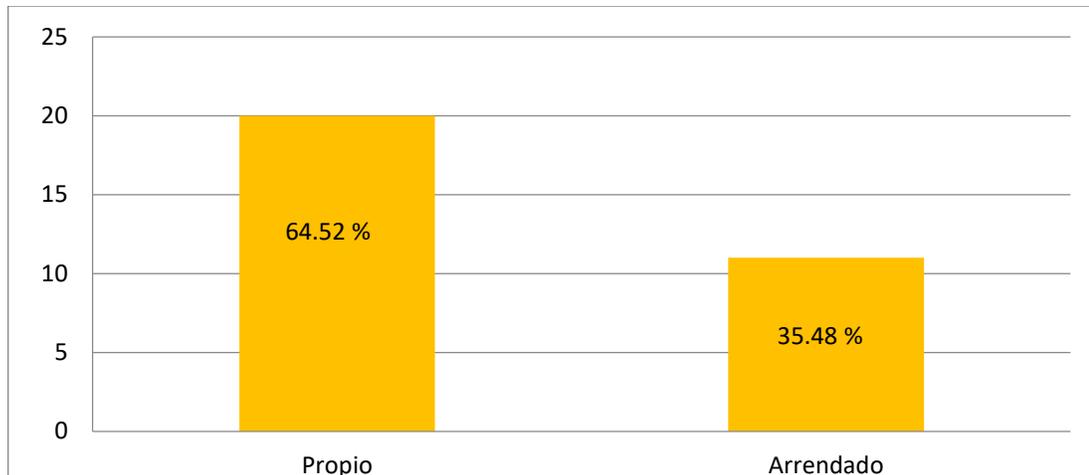
Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 8. Tamaño promedio de las unidades productivas.

Como se puede observar dentro de las personas que fueron encuestadas, un 19.35 % utilizan aproximadamente 874 m<sup>2</sup>, los cuales los utilizan en la época lluviosa para realizar las siembras de maíz y frijol, en la época de verano son pocos los que siembran dado a los escasos del recurso hídrico dentro del área. Un 16.12 % afirmó utilizar parcelas de 7,000 m<sup>2</sup>, igualmente para el establecimiento de granos básicos, un 12.90 % utiliza un área para cultivar de 1,748 m<sup>2</sup>, el 9.67 % de las personas siembran en un área de 2,622 m<sup>2</sup>. Las áreas productivas varían de acuerdo con la disponibilidad que tiene la familia.

#### a. Forma de tenencia

En la figura 9 se presentan las formas de tenencia de la tierra del área de estudio.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 9. Forma de tenencia.

Dentro de la población encuestada un 64.52 % respondió de la tenencia de la tierra es propio, la mayoría de la población en la microcuenca Agua Caliente cultiva y hace uso de su propio suelo y un 35.48 % arrenda a propietarios que en su se encuentran fuera del área de la microcuenca.

## L. Actividades productivas

Las principales actividades productivas identificadas en la microcuenca Agua Caliente son las siguientes:

### a. Agricultura

La agricultura de la microcuenca Agua Caliente, es poco tecnificada esto es debido a que la topografía de los terrenos tiende a ser muy inclinada y el poco acceso al agua. Por lo que en la época de invierno es donde los pobladores aprovechan para sembrar los cultivos tradicionales como el maíz, (*Zea mays*), frijol blanco, negro y rojo, (*Phaseolus vulgaris*). Estas siembras se realizan en las primeras semanas de mayo y la otra en agosto, esto con

el objetivo de hacer uso de las lluvias. Estas siembras tienen a ser de autoconsumo. Según encuestas realizadas, algunos pobladores son productores de loroco, (*Fernaldia pandurata*), flor de izote (*Yucca elephantipes*) y de árboles frutales como; lo es la mandarina (*Citrus reticulata*) mango (*Mangifera indica*), nance (*Byrsonima crassifolia*), naranja (*Citrus sinensis*), jocote (*Spondias purpurea*) y papaya (*Carica papaya*).

## M. Infraestructura

Dentro de las principales infraestructuras identificadas son:

### a. Escuelas

Los centros educativos públicos y privados, los cuales brindan educación de párvulos, primaria, secundaria y diversificado. Actualmente se encuentran funcionando son:

En el cuadro 7 se presentan las escuelas que se encuentran en la parte alta del área de estudio.

Cuadro 7. Escuelas en la parte alta de la microcuenca.

| Escuelas     |                                |                             |                              |               |
|--------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------|
| Caserío      | Número de Escuelas Preprimaria | Número de Escuelas Primaria | Número de Institutos Básicos | Diversificado |
| Petentá      | 1                              | 1                           | 0                            | 0             |
| Tisipe       | 1                              | 1                           | 1                            | 0             |
| Cañón Tisipe | 1                              | 1                           | 0                            | 0             |
| Talco        | 1                              | 1                           | 0                            | 0             |
| La Brea      | 1                              | 1                           | 0                            | 0             |
| Total        | 5                              | 5                           | 1                            | 0             |

Fuente: elaboración propia, 2017.

En el cuadro 8 se presentan las escuelas que se encuentran en la parte media del área de estudio.

Cuadro 8. Escuelas en la parte media de la microcuenca.

| Escuelas      |                                |                             |                              |               |
|---------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------|
| Caserío       | Número de Escuelas Preprimaria | Número de Escuelas Primaria | Número de Institutos Básicos | Diversificado |
| Dos Quebradas | 1                              | 1                           | 1                            | 0             |
| Chiyo         | 1                              | 1                           | 0                            | 0             |
| Chiaguiton    | 1                              | 1                           | 0                            | 0             |
| Nearar centro | 1                              | 1                           | 0                            | 0             |
| Nenoja        | 1                              | 1                           | 0                            | 0             |
| Total         | 5                              | 5                           | 1                            | 0             |

Fuente: elaboración propia, 2017.

En el cuadro 9 se presentan las escuelas que se encuentran en la parte baja del área de estudio.

Cuadro 9. Escuelas en la parte baja de la microcuenca.

| Escuelas                  |                                |                             |                              |               |
|---------------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------|
| Caserío                   | Número de Escuelas Preprimaria | Número de Escuelas Primaria | Número de Institutos Básicos | Diversificado |
| Tierra Blanca             | 1                              | 1                           | 0                            | 0             |
| Cañón Sector 2            | 1                              | 1                           | 0                            | 0             |
| Tisipe Centro             | 1                              | 1                           | 1                            | 0             |
| Pitahaya Sector Los Pérez | 1                              | 1                           | 0                            | 0             |
| Total                     | 4                              | 4                           | 1                            | 0             |

Fuente: elaboración propia, 2017.

Los 17 establecimientos públicos cuentan con unas infraestructuras básica, compuesta por block, lamina y servicios sanitarios, algunos tienen piso cerámico, algo que cabe resaltar es que los establecimientos escolares en donde se imparte educación preprimaria y primaria están en un mismo edificio.

## b. Puestos de salud

En el cuadro 10 se presenta los centros de salud que se encuentran dentro del área de estudio.

Cuadro 10. Centros de salud.

| Servicio de salud | Ubicación             |
|-------------------|-----------------------|
| Puesto de salud   | Aldea Nearar, Petentá |
| Puesto de salud   | Aldea, Cañón Tisipe   |

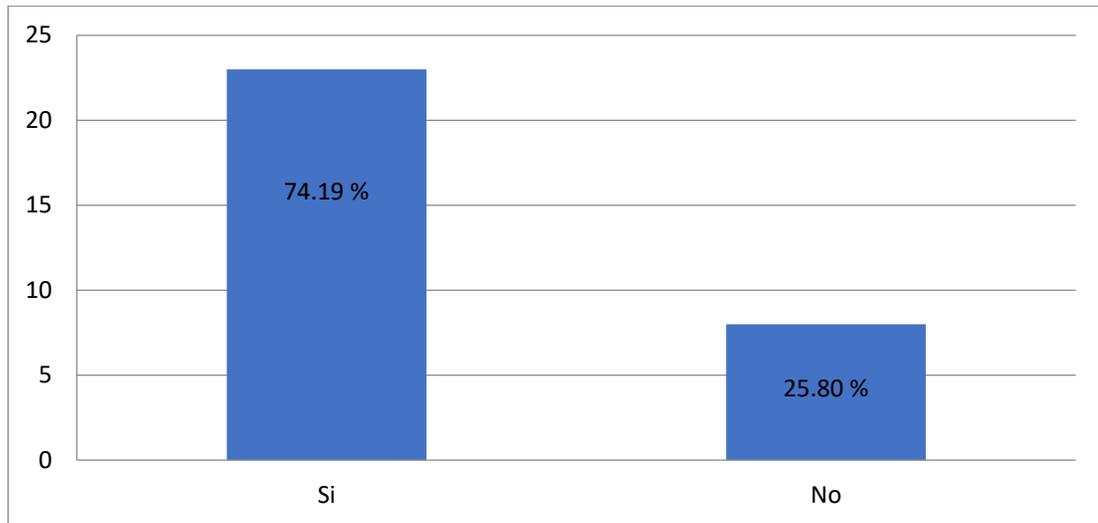
Los centros de salud ubicados dentro de la microcuenca son de tipo C en los cuales se realizan acciones de promoción, prevención, recuperación de la salud, rehabilitación y cuidados paliativos, a través de los servicios de medicina general y de especialidades básicas (ginecología y pediatría), odontología, psicología, enfermería, maternidad de corta estancia y emergencia; dispone de servicios auxiliares de diagnóstico en laboratorio clínico, imagenología básica, opcionalmente audiometría, farmacia institucional; promueve acciones de salud pública y participación social; cumple con las normas y programas de atención del Ministerio de Salud Pública. Atiende referencia y contrarreferencia. El cálculo de población rige por el sector público.

## c. Drenajes

Según la encuesta realizada el 100 % de la población, no cuenta con redes de drenaje, todas las viviendas que no presentan drenajes filtran sus desechos en los ríos cercanos.

## d. Energía eléctrica

En la figura 10 se presenta un resumen en cuanto a la disponibilidad y accesos a la energía eléctrica.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 10. Disponibilidad de energía eléctrica.

Todas las comunidades cuentan con energía eléctrica la cual está siendo proporcionada por la empresa eléctrica de Guatemala, EGGSA -, este es un servicio regular el cual abastece a todos los centros poblados que conforman la microcuenca, el costo que presenta por kWh, es de Q. 1.85, respecto a los meses de mayo a septiembre del 2017, y para los meses de agosto a octubre es de Q. 1.85. (Boletín CNEE-31-07-2017)

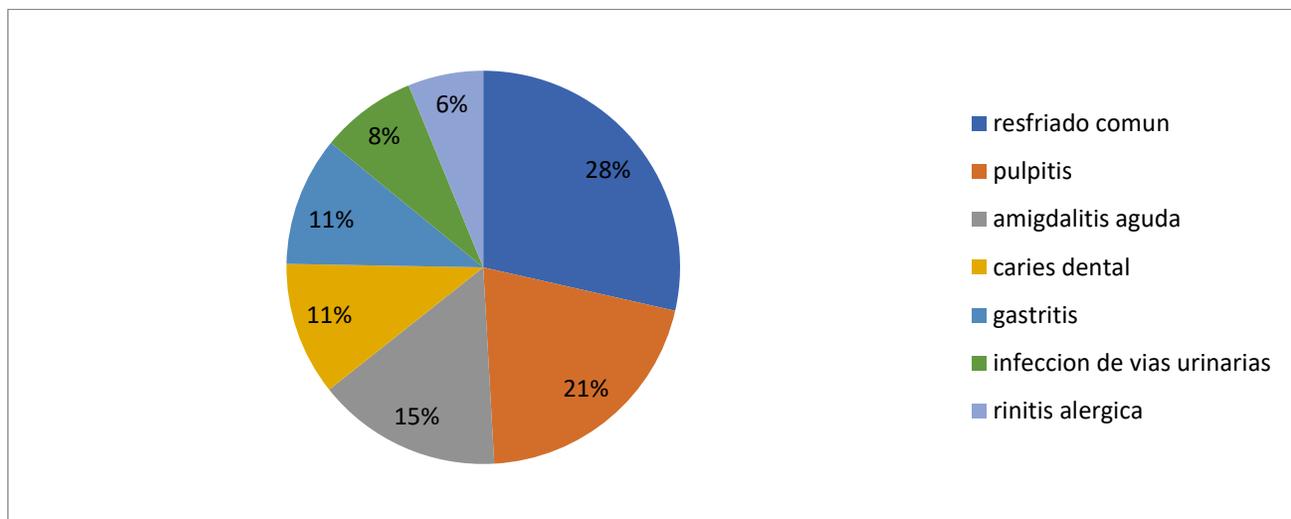
Según entrevistas realizadas en julio del 2017 se determinó que el 74.19 % de los hogares cuentan con dicho servicio y 25.80 % no tiene energía en su casa. El servicio de alumbrado público es escaso en toda el área de la microcuenca, el cual este deber ser obligación de la municipalidad de Camotán.

## **N. Salud y sanidad pública**

Dentro de las principales características de la salud y sanidad pública, se identificó lo siguiente:

### a. Morbilidad

En la figura 11 se presenta un resumen sobre las principales causas de morbilidad que afectan a la microcuenca Agua Caliente. Para el caso de las comunidades del área de estudio la principal causa de consulta médica se debe a las enfermedades de las vías respiratorias, esto en gran parte al tipo de clima que predomina en la región, es bastante variable por los cambios repentinos que ocurren. A continuación, en la siguiente gráfica se muestra las ocho principales causas de enfermedades que se han registrado en las comunidades dentro de la microcuenca de estudio.



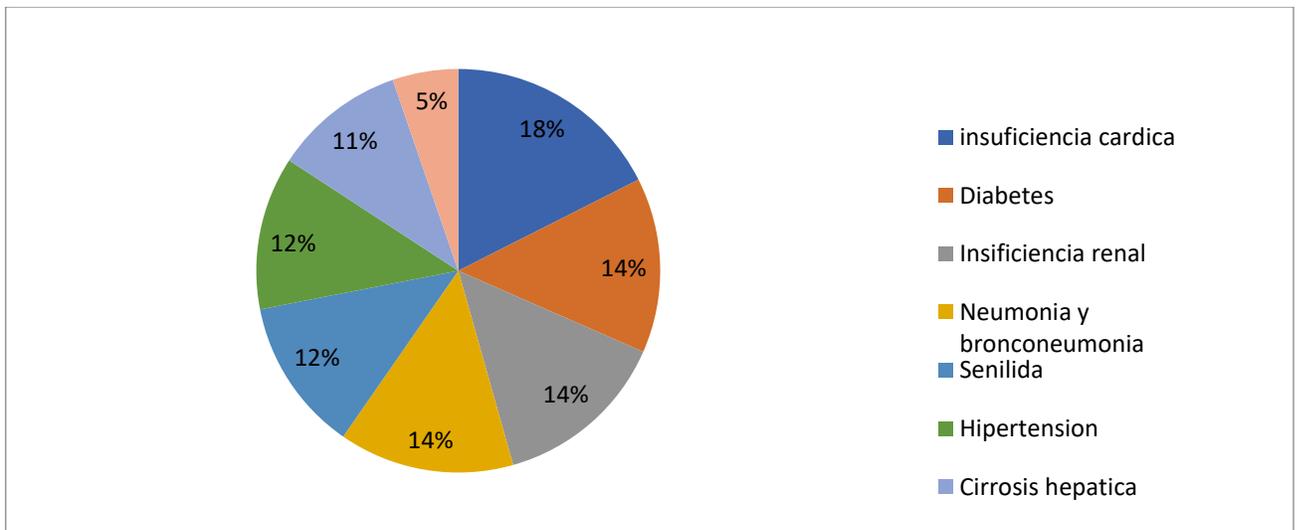
Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 11. Porcentaje de morbilidad poblacional.

## b. Mortalidad

La causa principal de las muertes en el área es la insuficiencia cardiaca, seguida de la diabetes con un 14 % de muertes, durante el año 2017. A continuación, se muestra de manera detallada las causas de mortalidad.

En la figura 12 se presenta un resumen sobre las principales causas de mortalidad que afectan a la microcuenca Agua Caliente.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 12. Porcentaje de mortalidad poblacional.

Aparte de la insuficiencia cardiaca y la diabetes, otra causa de muerte es la insuficiencia renal con un 14 % de muertes en lo que va del año 2017, la neumonía y bronconeumonía que afecta en su mayoría a los hombres según información proporcionada por la dependencia de salud de las comunidades en estudio.

## **1.5.2. Diagnóstico biofísico**

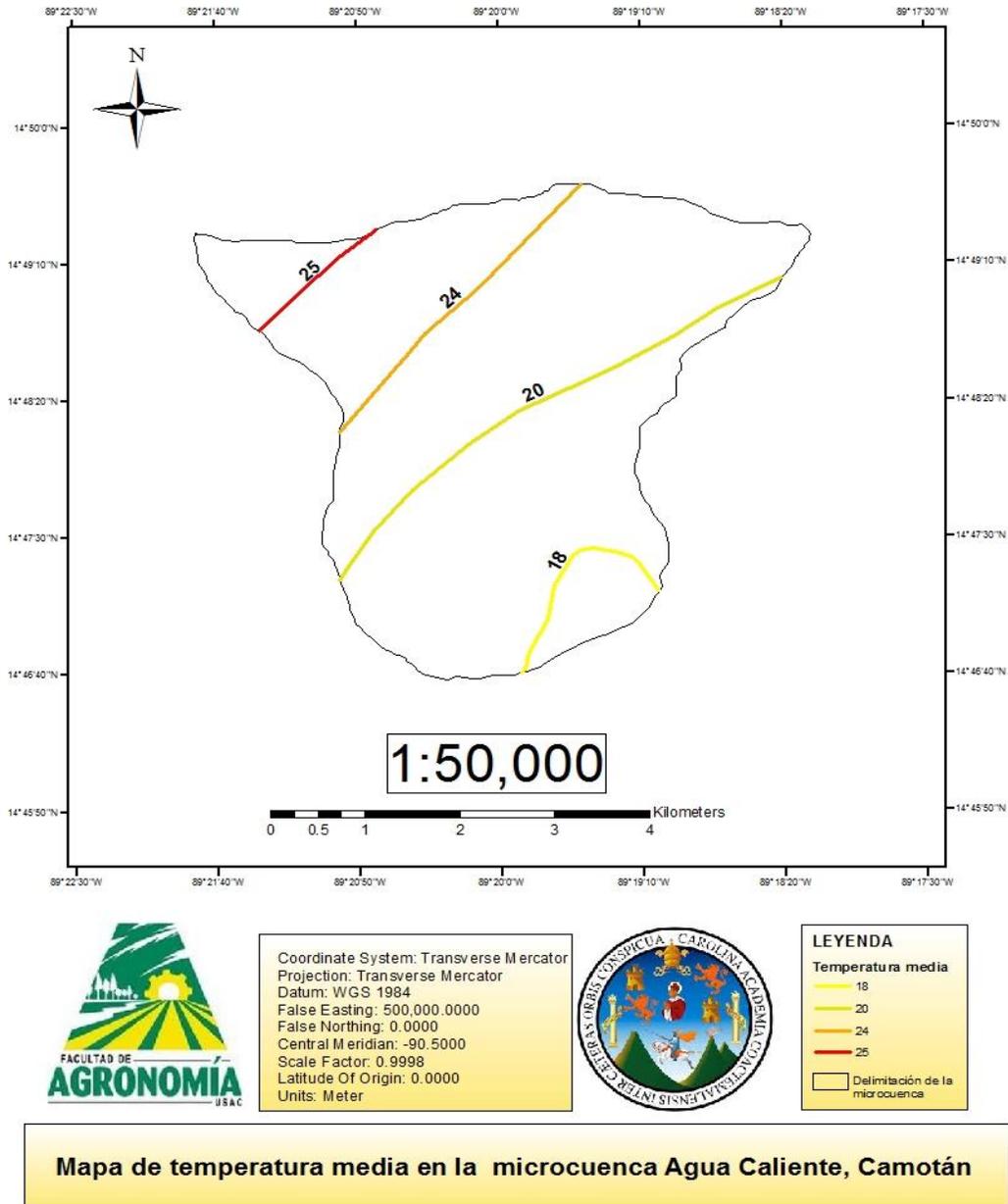
Se realizó un diagnóstico biofísico para conocer las características bióticas y abióticas de la microcuenca Agua Caliente, donde se encontró lo siguiente:

### **A. Clima**

Las condiciones meteorológicas identificadas son las siguientes:

#### **a. Temperatura media**

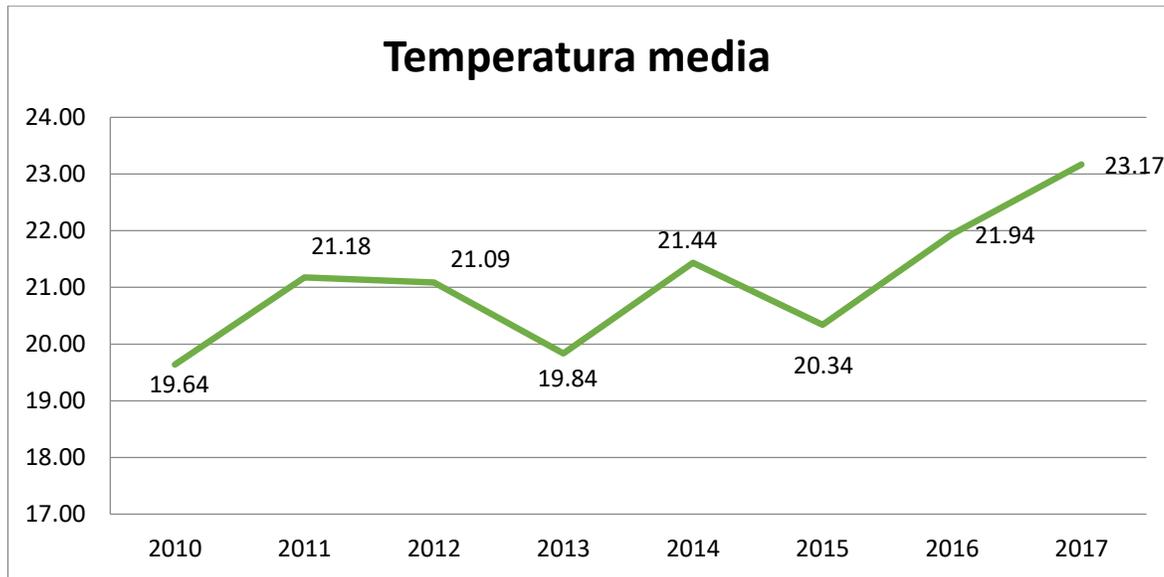
En la figura 13 se presentan los rangos de temperatura media de la microcuenca Agua Caliente.



Fuente: elaboración, propia 2017.

Figura 13. Mapa de temperatura media en la microcuenca Agua Caliente, Camotán.

En la figura 14 se presenta un resumen del rango de las temperaturas medias que se tuvieron del año 2010 al 2017 dentro la microcuenca Agua Caliente.



Fuente: elaboración, propia 2017.

Figura 14. Temperatura media en la microcuenca Agua Caliente.

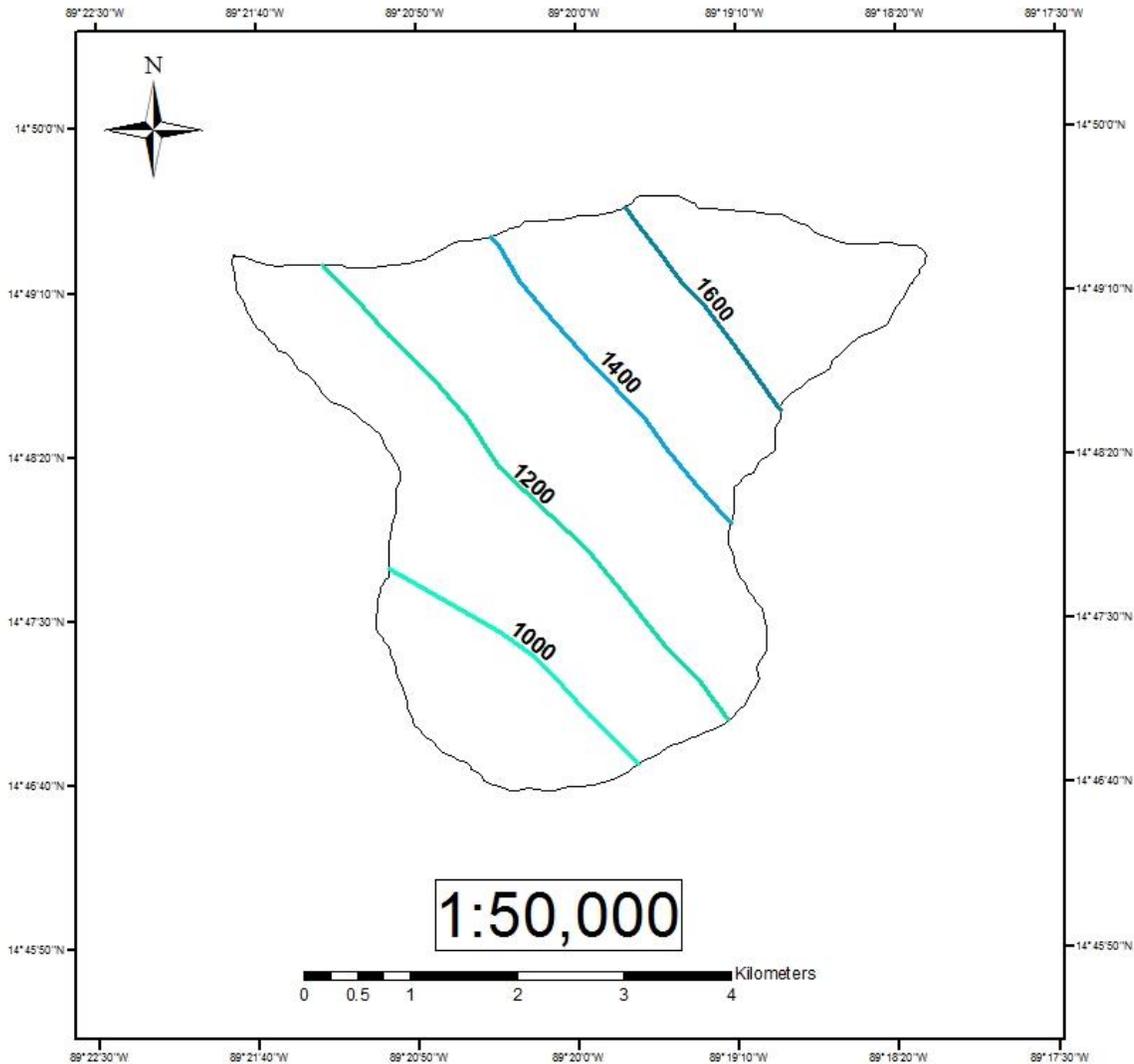
Como se puede observar en el mapa las temperaturas medias en un término de siete años, se encuentran entre los 20 °C a 25 °C, en los años del 2010 al 2014 las temperaturas son constantes mostrando la temperatura media más alta es 25 °C. En los meses de abril, mayo, junio del 2015, se muestra un aumento de 28 °C, de cayendo nuevamente en los meses posteriores, mostrando así el rango de temperaturas medias que hay dentro de la microcuenca, en el año actual, 2017, en el mes de enero se mostró la temperatura más alta en los siete años comparados, esta alcanzó un 40 °C, decayendo en 21 °C, siendo en el mes de octubre la temperatura media actual de 22 °C. La temperatura media presentada desde el 2010 al 2017 es de 22 °C.

#### b. Precipitación pluvial

En el área de la microcuenca Agua Caliente que está ubicada en el municipio de Camotán, ocurren eventos de lluvia que pueden alcanzar los 200 mm a 1,600 mm al año, los valores aumentan en los meses de junio a octubre, teniendo en promedio precipitaciones de 800 mm anuales. A su vez se en la época seca las precipitaciones con escasas o nulas,

especialmente en los meses de enero a junio, iniciando las luvias en el mes de julio. Según registros de ANACAFÉ en el año 2014 hubo escasas de lluvia alcanzando el máximo de 400 mm en todo el año.

En la figura 15 se presentan los rangos de precipitación pluvial de la microcuenca Agua Caliente.



Coordinate System: Transverse Mercator  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: WGS 1984  
 False Easting: 500,000.0000  
 False Northing: 0.0000  
 Central Meridian: -90.5000  
 Scale Factor: 0.9998  
 Latitude Of Origin: 0.0000  
 Units: Meter



| LEYENDA |                                |
|---------|--------------------------------|
|         | Precipitación Pluvial 1000     |
|         | Precipitación Pluvial 1200     |
|         | Precipitación Pluvial 1400     |
|         | Precipitación Pluvial 1600     |
|         | Delimitación de la microcuenca |

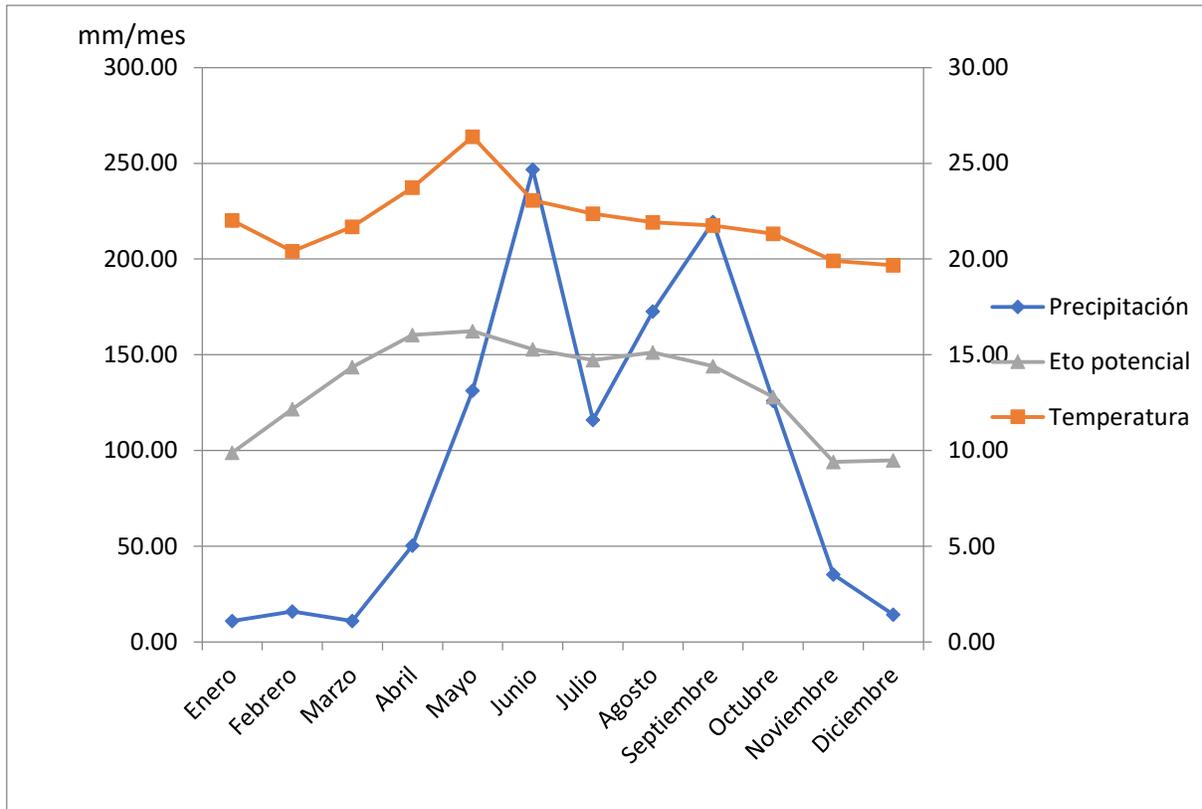
**Mapa de precipitación pluvial media en la microcuenca Agua Caliente, Camotán**

Fuente: elaboración, propia 2017.

Figura 15. Mapa de Precipitación media anual de la microcuenca Agua Caliente.

### c. Climadiagrama

En la figura 16 se presenta un resumen de las temperaturas, precipitaciones y evapotranspiración de la microcuenca Agua Caliente.



Fuente: elaboración, propia 2017.

Figura 16. Climadiagrama de la microcuenca Agua Caliente.

Con base de un promedio de información obtenida en ANACAFÉ, de la estación meteorológica ubicada en Dos Quebradas, Camotán, se obtuvieron los datos de precipitación, temperatura y la evapotranspiración potencial, fue calculada con el programa Cropwat 8.0 de FAO, dando origen al climadiagrama en el cual se muestran que las tendencias anuales para los factores climáticos utilizados. Donde la precipitación demuestra una elevación en los meses de mayo y junio, descendiendo en el mes de julio. Ascendiendo

nuevamente en el mes de septiembre y decayendo en el transcurso del mes de octubre. Por ende, es que se presenta un período de canícula y obedece el descenso de esta.

En este caso la temperatura media se mantiene constante dado a que tiene poca variación aún para períodos de tiempo relativamente extensos. A su vez se debe tomar en cuenta que la temperatura es dependiente a la elevación del área de estudio, siendo Dos Quebradas la parte media de la microcuenca de estudio. Cabe resaltar que es una de las estaciones meteorológicas más cercanas al área.

## **B. Zonas de vida**

Las zonas de vida que presenta la microcuenca del Agua Caliente, ubicada en el municipio de Camotán son:

### **a. Bosque húmedo subtropical (templado) bh-S(t)**

Como se puede observar en el mapa de zonas de vida según Holdridge, esta es la que más predomina en el área de la microcuenca Agua Caliente, esta zona de vida abarca un total de 10.56 km<sup>2</sup>, es decir un 52 % del área total de la microcuenca.

Esta zona de vida presenta una biotemperatura media anual que varía entre los 20 °C a 26 °C; y una relación de evapotranspiración potencial alrededor de 1.0.

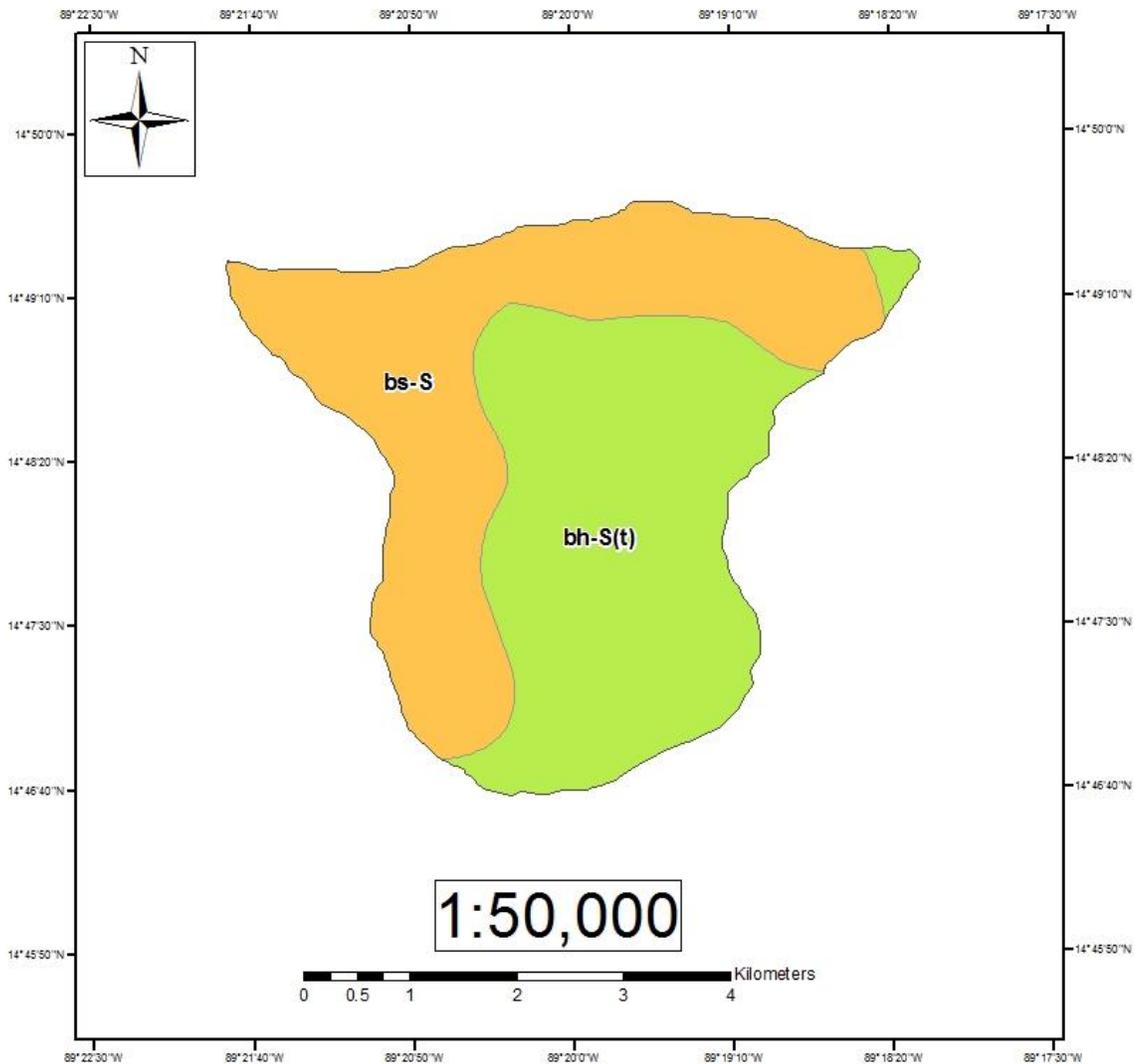
La vegetación predominante es el *Quercus*, spp, *Curatella americana*, *Byrsonima crassifolia*, a su vez se encuentran especies de pinos como *Pinus oocarpa*, el uso correcto de esta zona se puede clasificar como forestal con actividades agrícolas, los cultivos que están establecidos en esta zona de vida son; el maíz, frijol, hortalizas y árboles frutales y café.

**b. Bosque seco subtropical (bs-S)**

Esta zona de vida abarca 9.74 km<sup>2</sup>, es decir un 48 % de la microcuenca especialmente en la parte baja y media de la misma. Ésta se caracteriza por una biotemperatura que varía entre los 19 °C - 24 °C. Además, la relación de evapotranspiración potencial es alrededor de 1.5.

Las especies dominante en esta zona de vida es *Cochospermum vitifolium*, *Swietenia humilis*, *Alvaradoa amorphoides*, *Sabal mexicana*, *Ciba aescutifolia*, *Albizzia caribea*, *Leucaena guatemalensis*. Los cultivos que están establecidos en esta zona de vida son; el maíz, frijol, hortalizas y café.

En la figura 17 se presentan las zonas de vida según Holdridge en la microcuenca Agua Caliente.



Coordinate System: Transverse Mercator  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: WGS 1984  
 False Easting: 500,000.0000  
 False Northing: 0.0000  
 Central Meridian: -90.5000  
 Scale Factor: 0.9998  
 Latitude Of Origin: 0.0000  
 Units: Meter



| LEYENDA  |                                |
|--|--------------------------------|
| <b>Precipitación Pluvial</b>   |                                |
| <span style="color: green;">—</span>   | 1000                           |
| <span style="color: lightgreen;">—</span>  | 1200                           |
| <span style="color: cyan;">—</span>  | 1400                           |
| <span style="color: blue;">—</span>  | 1600                           |
| <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> | Delimitación de la microcuenca |

**Mapa de zonas de vida en la microcuenca  
 Agua Caliente, Camotán**

Fuente: elaboración, propia 2017.

Figura 17. Mapa de zonas de vida de la microcuenca Agua Caliente.

## **C. Uso y cobertura de la tierra**

Los principales usos y coberturas de la tierra dentro de la microcuenca son:

### **a. Granos básicos**

En la microcuenca Agua Caliente, se determinó persistencia del cultivo de granos básicos maíz y frijol, la influencia que estos cultivos ejercen sobre tierras de la región, un 11 % que corresponde al 2.23 km<sup>2</sup> del territorio de la microcuenca está destinado al cultivo de estos granos básicos. Este uso de la tierra se caracteriza por con cultivos de ciclo anual sembrados, en su mayoría, durante la estación lluviosa, siendo principalmente los granos básicos (maíz y frijol), y especies hortícolas principalmente; rábano (*Raphanus raphanistrum* subsp. *Sativus*) güicoy (*Cucurbita máxima*), pepitoria (*Cucurbita mixta* Pang) y manía (*Arachis hypogaea*). Los cultivos de subsistencia se producen en la pequeña propiedad campesina, se ubican principalmente en la región montañosa, la producción hortícola se da para un mercado interno.

### **b. Café**

La producción cafetalera en el área es de un 4.29 km<sup>2</sup>, que corresponde al 21.09 % del territorio cuenta con café, como se puede observar el establecimiento de este cultivo inicia en la parte baja de la microcuenca, y concentrándose en la parte media, esto se debe a que en esta parte cuentan con un mejor acceso al recurso hídrico.

Según recorridos en campo los productores de café hacen el asocio con el bosque natural del área, pero también se ha observado el asocio de café con banano, las principales variedades utilizadas en el área son; Catuaí, Catimor, y por parte de FAO se han establecido viveros de ANACAFÉ 14.

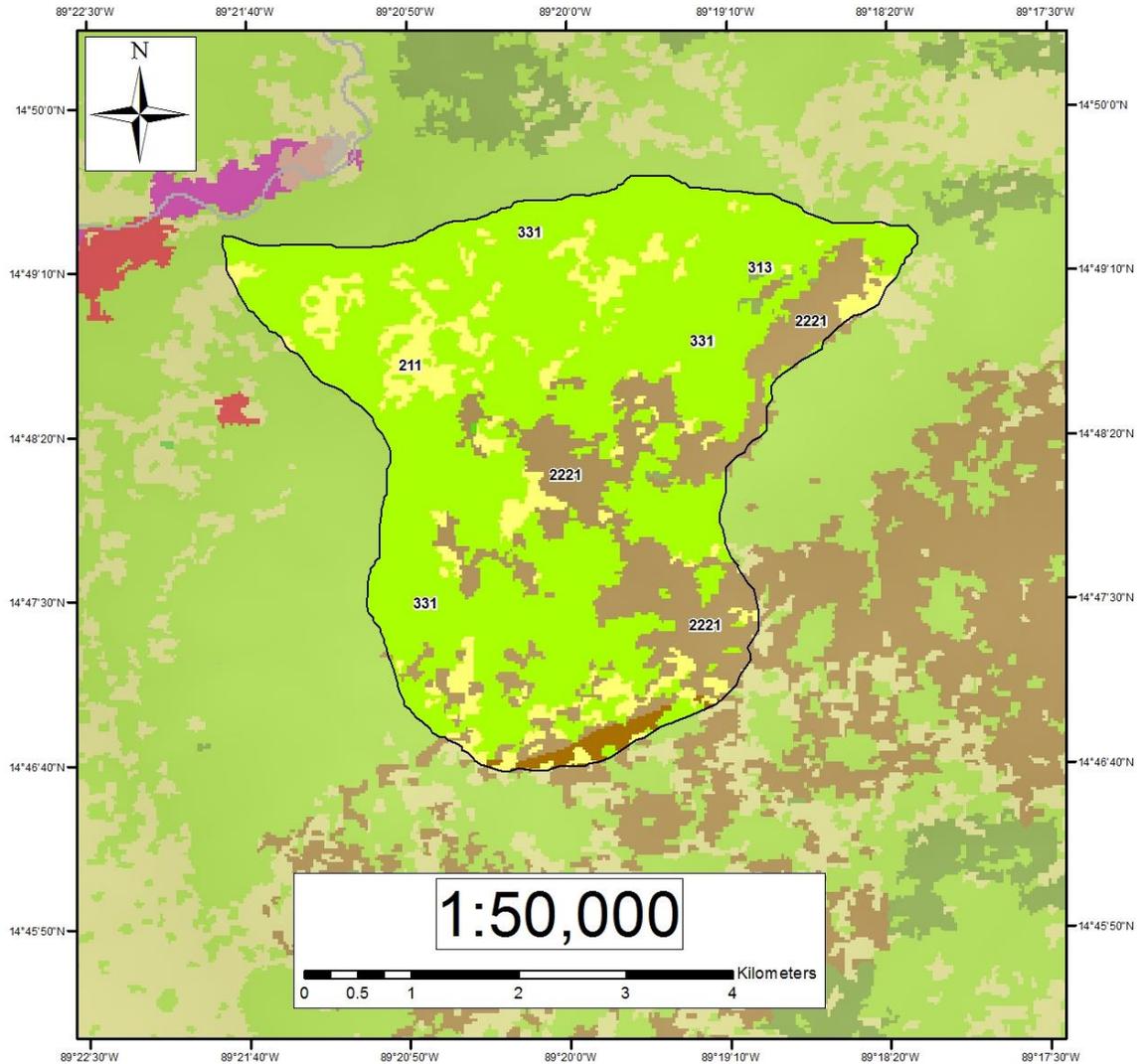
### **c. Bosque mixto y bosque latifoliado**

La cobertura boscosa mixta y latifoliada total determinada para el mapa es de 0.071 km<sup>2</sup>, que corresponde a un 0.35 % la composición del bosque es mixta, conformado por coníferas como lo son el *Pinus oocarpa*, y las latifoliadas, como el *Quercus*, spp, *Curatella americana*, *Byrsonima crassifolia*, siendo estas especies las más representativas del área. La cobertura forestal encontrada es característica de un bosque latifoliado, localizándose principalmente en la parte alta, donde debido a las condiciones climáticas y la diversidad de especies con que cuenta forma parte de los ecosistemas de montaña.

### **d. Sucesión vegetal, arbustos y matorrales.**

El uso de la tierra se ve predominado por vegetación arbustiva, la cual ocupa 13.71 km<sup>2</sup>, 67.56 %, viéndose distribuida en toda la microcuenca, es decir que la microcuenca se encuentra en una sucesión vegetal temprana, dicho termino comprende todas aquellas áreas dejadas en abandono y donde se inicia la dinámica vegetal. La sucesión comprende formaciones herbáceas, el matorral o formación arbustiva. Esto puede deberse a la perturbación que han realizado las personas en el área. Dado que actualmente parte de la microcuenca cuenta con programas de reforestación.

En la figura 18 se presentan las principales coberturas y uso de la tierra en la microcuenca Agua Caliente.



Coordinate System: Transverse Mercator  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: WGS 1984  
 False Easting: 500.000.0000  
 False Northing: 0.0000  
 Central Meridian: -90.5000  
 Scale Factor: 0.9998  
 Latitude Of Origin: 0.0000  
 Units: Meter



| Símbolo      | Uso de la tierra     | Superficie      |            |
|--------------|----------------------|-----------------|------------|
|              |                      | km <sup>2</sup> | %          |
| 331          | Arbustos- matorrales | 13.71           | 67.54      |
| 2221         | Café                 | 4.29            | 21.13      |
| 211          | Granos básicos       | 2.23            | 10.99      |
| 313          | Bosque mixto         | 0.07            | 0.34       |
| 311          | Bosque latifoliado   | 0.005           | 0.02       |
| <b>Total</b> |                      | <b>20.30</b>    | <b>100</b> |

**Mapa cobertura vegetal y uso de la tierra en la microcuenca Agua Caliente, Camotán**

Fuente: elaboración, propia 2017.

Figura 18. Mapa de cobertura y uso de la tierra de la microcuenca Agua Caliente.

## **D. Geología**

La composición geológica del suelo es la siguiente:

### **a. Areniscas Subinal (KTsb)**

Las areniscas subinal es la unidad litológica que se encuentra en el área de la microcuenca Agua Caliente con 0.64 km<sup>2</sup> que corresponde al 3.15 % de todo el territorio, esta unidad litológica está compuesta por rocas sedimentarias, las cuales se forman en la superficie de la tierra por los procesos de erosión y alteración de las rocas preexistentes lo que supone su disgregación, la formación de detritus y la disolución de componentes en soluciones acuosas, el transporte de los mismos, el depósito de fragmentos de rocas, de organismos o material de precipitación, en zonas apropiadas, como los cauces de ríos, y transformaciones.

### **b. Carbonatos del Cretácico (Ksd)**

Los carbonatos del cretácico, periodo de formación, es el que predomina la toda la microcuenca con 10.88 km<sup>2</sup>, que corresponde al 54 % del territorio, dicha unidad litológica está conformada por rocas sedimentarias, por lo que son originarias de procesos de erosión.

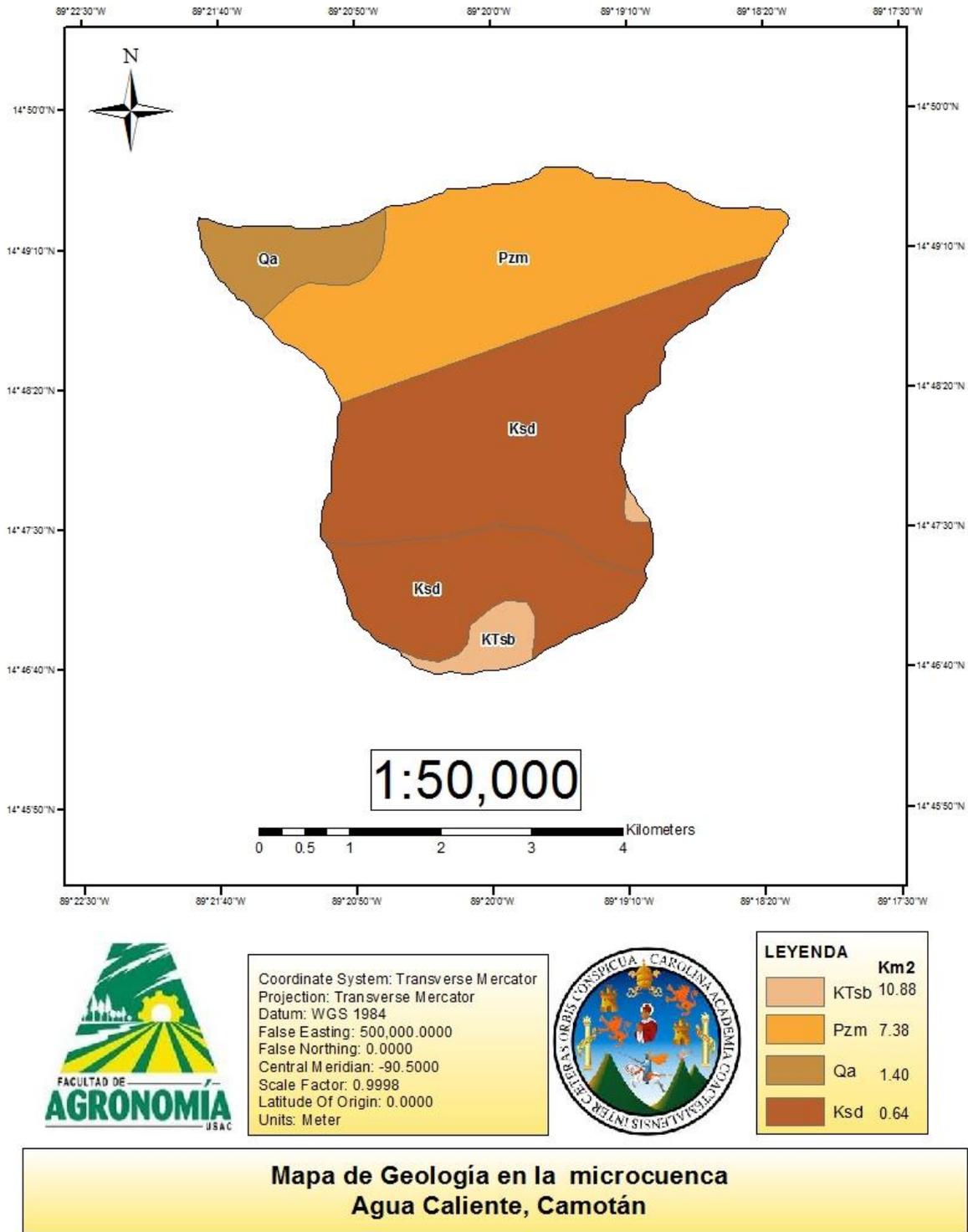
### **c. Rocas metamórficas (Paleozoicas) (Pzm)**

Las rocas metamórficas del periodo paleozoico cubren 7.38 km<sup>2</sup>, que corresponde al 36.36 % del territorio este formado de rocas metamórficas e ígneas.

#### **d. Aluviones cuaternarios**

Se encuentran en la parte más alta de la microcuenca los cuales ocupan una extensión de 1.40 km<sup>2</sup>, que corresponde al 6.88 % del territorio, cubriendo los cauces de los arroyos principales. Consiste en material suelto constituido de grava, arena, limo y arcilla, como resultado de la erosión de las rocas que afloran en la región.

En la figura 19 se presentan la composición geológica en la microcuenca Agua Caliente.



Fuente: elaboración, propia 2017.

Figura 19. Mapa geológico de la microcuenca Agua Caliente.

### **1.5.3. Problemas identificados**

#### **E. Problemas socioeconómicos**

El principal problema socioeconómico es la falta de empleo, situación que no permite mantener un nivel de vida digno, dejando el bienestar de la familia a un lado y sin poder cubrir las necesidades básicas, la situación de poco acceso a empleos estables se ve relacionado con los problemas de salud y desnutrición infantil, la cual es uno de los principales problemas del área de estudio, a su vez la falta de vivienda con servicios básicos y el bajo nivel escolar.

Al carecer de un empleo estable las familias se alimentan con base a la agricultura familiar, con dietas basadas específicamente en maíz y frijol, dicha agricultura de subsistencia depende directamente de las condiciones climáticas favorables (época lluviosa favorable y una canícula de 10 a 15 días).

#### **F. Problemas ambientales**

Uno de los principales problemas ambientales identificados son las altas tasas de deforestación ya que muchas áreas con vocación forestal o agroforestal están siendo utilizadas para la producción de granos básicos o se encuentran con vegetación arbustiva baja.

La falta de cobertura forestal, principalmente en las área de recarga hídrica hacen que la disponibilidad del recursos hídrico sea escasa, cuando se habla de escasez del recurso hídrico es sobre la falta física de agua disponible para satisfacer la demandan de los pobladores, la falta de infraestructuras de almacenamiento, distribución y acceso al agua y la capacidad gubernamental e institucional para aportar los servicios de agua necesarios para las familias más vulnerables dentro del área de estudio.

Como se había mencionado las familias dependen directamente de las condiciones climáticas favorables para la producción de sus alimentos crenado una vulnerabilidad muy grande si pronostica una canícula prolonga durante los meses de siembra de los granos básicos.

Por ellos es necesaria la asistencia técnica agrícola en cuanto a temas de uso, manejo y almacenamiento del recurso hídrico, acceso a especies de granos básicos resistentes a la sequía, estructuras de conservación de suelos y un manejo adecuado de los recursos naturales disponibles en el área de estudio.

## 1.6. CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos en la caracterización socioeconómica y biofísica muestran las condiciones sociales en las que se desarrollaron los aproximadamente 8,067 habitantes de la microcuenca Agua Caliente, en donde solamente 1,270 habitantes son económicamente activos y el 42 % de la población cuenta con educación primaria. Las pocas opciones laborales han traído la consecuencia de que el 54 % de las familias emigran a Honduras y a otros departamentos para trabajar como jornaleros especialmente en la época de corte de café
2. Las principales condiciones biofísicas identificadas dentro del área de estudio es que se mantiene un rango promedio de precipitación pluvial 200 mm a 1,600 mm, las temperaturas medias anuales que se presentan son de 20 °C a 25 °C y cuya cobertura vegetal mantienen una predominancia del 67.56 % de vegetación arbustiva, el 0.35 % de bosque latifoliado, dentro de los usos de la tierra se presenta que el área de producción de granos básicos abarca el 11% y el café con el 21%.
3. Los principales problemas de la microcuenca Agua Caliente están relacionados con el tema ambiental son; la pérdida de cobertura forestal, degradación suelos, la baja productividad agrícola, poco o nulo acceso a agua potable y los altos niveles de desnutrición y dentro del desarrollo socioeconómico el principal problema es la falta de empleo estable.

## 1.7. RECOMENDACIONES

1. Intervenir en el trabajo comunitario en donde se valide el interés de renovar y mejorar los sistemas de producción agrícola para buscar mecanismos que ayuden a transformar las actividades de autoconsumo a actividades productivas.
2. Implementar acciones estratégicas en las áreas con sobre uso para recuperar el suelo degradado, implementando prácticas de conservación de suelo, sistemas agroforestales y regeneración de las áreas boscosas.
3. Realizar un diagnóstico de educación pre primaria y primaria, el cual dé a conocer las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que presenta la educación dentro de la microcuenca Agua Caliente, dentro de este diagnóstico es necesario el establecer soluciones y mejoras de educación e infraestructura, a su vez se debe tomar en cuenta la educación ambiental desde los primeros grados para asegurar generaciones preocupadas por el ambiente y así asegurar un manejo adecuado de los recursos naturales.
4. Se debe plantear reforestaciones en terrenos comunales para evitar la erosión y aumentar la cobertura forestal en áreas de peligro, es necesario realizar capacitaciones para el manejo del bosque y sus beneficios.

## 1.8. BIBLIOGRAFÍA

1. Barrientos, F. R. (2006). Cuencas hidrográficas, descentralización y desarrollo regional participativo. *InterSedes*, 2(12), 113-125.  
<https://www.redalyc.org/pdf/666/66612867008.pdf>
2. Comisión Nacional de Energía Eléctrica, Guatemala. 2017. *Boletín informativo de ajuste tarifario agosto-octubre*. Guatemala.  
<https://www.cnee.gob.gt/xhtml/prensa/Boletin%20Ajuste%20Tarifario%20Agosto-Octubre%202017.pdf>
3. De La Cruz, J. R. 1982. *Clasificación de las zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento*. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
4. FAO, Guatemala. 2014. *Proyecto "Restablecimiento del sistema alimentario y fortalecimiento al cambio climático" GCP/GUA/024/SWE*. Guatemala.
5. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala (INSIVUMEH). 2017. *Mapa distribución de estaciones, tabla de datos Potrero Carrillo, Jalapa*. Guatemala.
6. MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2009. *Mapa de clasificación climática de la república de Guatemala, escala 1:50,000 adaptado al sistema Thorthwaite*. Guatemala. 1 DVD.
7. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgo, Guatemala, (DIGER). 2015. *Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra año 2010, escala 1:50,000*. Guatemala. 94 p.
8. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala (MAGA). 2000. *Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala, escala 1:250,000*. Guatemala. 1 DVD.
9. Municipalidad del Camotán, Chiquimula, Guatemala. 2016. *Censo de población municipal*. Camotán, Chiquimula, Guatemala.

10. Vásquez Manchame, L. 2011. *Identificación de las zonas potenciales para la recarga hídrica, en la microcuenca del río Agua Caliente, municipio de Camotán, Chiquimula.* (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Oriente, Agronomía: Chiquimula, Guatemala).  
[http://cunori.edu.gt/descargas/LEONIDAS\\_VASQUEZ\\_MANCHAME.pdf](http://cunori.edu.gt/descargas/LEONIDAS_VASQUEZ_MANCHAME.pdf)



## 1.9. ANEXOS

### 1.9.1. Encuesta



**Encuesta, para el uso y manejo del recurso hídrico en la microcuenca Agua Caliente**



Escolaridad: Si  No  Nivel: P

Idiomas en la región: Español  Pocomán  Chortí  Otros: \_\_\_\_\_

Migración: Ciudad de Guatemala  Petén  Honduras  Zacapa  Izabal   
USA Otros: \_\_\_\_\_

Tenencia de la tierra: Propio  Arrendada

Uso de la tierra: \_\_\_\_\_ Área Cultivada: \_\_\_\_\_

**Servicios**

Agua: Si  No

Tipo de servicio de agua: Potable  Nacimiento

Luz: Si  No

Drenajes: Si  No  Recolección de basura: Si  No

Tipo de Sanitario: Formal  Letrina

No. De centros educativos P \_\_\_ B \_\_\_ D \_\_\_ U \_\_\_

**Economía**

Pago por jornal en el área: Q. \_\_\_\_\_

Pago por jornal fuera de la región Q. \_\_\_\_\_

Oficios en la región: \_\_\_\_\_

Estado del recurso hídrico: Disponible  Escaso

**Proveniencia del recurso hídrico (Nombre del río o quebrada, o pozo):**

\_\_\_\_\_

**Principales problemas en la comunidad para la obtención del recurso:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 20A. Encuesta realizada a los pobladores de la microcuenca Agua Caliente.

**Tiempo, en horas, que llega el agua a su domicilio o al llena cántaro, chorro comunal**

1 hora  3 horas  5 horas  más

**¿Cuántos días a la semana tiene agua o entubada?**

Todos los días  Una vez por semana  Dos veces por semana

Solo en invierno  No cuenta con agua entubada

**¿Cuántos llena cantaros o chorros comunales hay en su comunidad?**

1 a 3  5 a 10  10 ó más

**Sí el agua se toma de llena cantaros o vertientes, ¿Quiénes transportan el agua?**

Hombres  Mujeres  Niños o niñas

**¿Cuánto volumen de agua transportan?**

Cántaro  Bote Jumbo  otro

**¿Cuentan con chorros en su vivienda?**

Sí  No  Si la respuesta es sí, Cuántos

**¿Utiliza algún método de ahorro de agua en su hogar?**

Reutilización  Uso de agua de lluvia  Filtro de agua

**En su hogar, ¿se provecha el agua de lluvia?**

Siempre  A veces  Nunca

**¿Qué usos le da al agua de lluvia recolectada?**

Doméstico  Agrícola  Consumo

**¿En qué recolecta el agua de lluvia?**

Tinacos  Ferrocementos  Embalses  Reservorios

**¿Qué cantidad de lluvia recolecta, litros?\_\_\_\_\_**

Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 21A. Encuesta realizada a los pobladores de la microcuenca Agua Caliente.

### 1.9.2. Reuniones con promotores rurales



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 22A. Reconocimiento y delimitación de la zona de estudio.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 23A. Validación por parte de los promotores de los mapas realizados.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 24A. Identificación de los problemas ambientales y socioeconómicos que afectan el área de estudio.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 25A. Identificación de los problemas ambientales y socioeconómicos que afectan el área de estudio.





## 2.1. PRESENTACIÓN

El agua es un eje desarrollo sustentable en donde la calidad y cantidad depende el desarrollo actual y futuro de todos, el agua desempeña un rol elemental el desarrollo social, económico y productivo de las familias, en cuanto a lo social; toda sociedad necesita agua para sobrevivir y desarrollarse, en lo económico se debe a que es un generador de valor en especial para las familias agricultoras y productivo ya que es un insumo elemental para la producción de alimentos.

La producción de alimentos está directamente relaciona con el agua por ello la disponibilidad de dicho recurso es indispensable para la seguridad alimentaria, por lo tanto, no puede llegarse a la seguridad alimentaria sin la seguridad hídrica, es por ello por lo que el cuidado y la gestión del recurso hídrico debe convertirse en una urgencia a nivel nacional, principalmente en el corredor seco.

La demanda del recurso hídrico sigue aumentando, al igual que los niveles de contaminación, la escasez, el poco acceso ha limitado y reducido los usos como lo es el doméstico y agrícola, lo cual son factores que limitan el desarrollo de muchas áreas del país, con la variabilidad climática que se ha presentado en el transcurso de los años solamente empeorará los problemas.

Por ello es necesario trabajar con un enfoque de microcuencas ya que es la delimitación natural de los recursos naturales y puede ayudar en gran medida a que las fuentes de recursos hídricos disponibles se conserven y se manejen de forma sostenible, a su vez es fundamental el mantener los servicios ecosistémicos que otorgan las cuencas hidrográficas y los beneficios que proporcionan a la población.

La microcuenca Agua Caliente tiene un área de 20.30 km<sup>2</sup>, se encuentra en el municipio de Camotán, departamento de Chiquimula y está comprendida de cuatro aldeas, con una población total de 8,067 personas, en donde las condiciones socioeconómicas presentan con un alto índice de pobreza según el INE el 38.20 % de la población vive en extrema pobreza y solamente el 30 % de la población es económica activa cobrando un jornal

promedio de Q. 30.00 a Q 50.00 quetzales diarios, cantidad que solo puede cubrir la alimentación básica de una familia dejando a un 70 % de la población satisfaciendo sus necesidades básicas, específicamente la alimentación, con base a la agricultura familiar.

Es decir, al menos 5,646 personas dependen directamente de las condiciones climáticas y la disponibilidad de agua para poder sustentar su alimentación, la variabilidad climática y la falta de cobertura forestal han empeorado el acceso al recurso hídrico.

Cuando se habla de escasez del recurso hídrico es sobre la falta física de agua disponible para satisfacer la demandan de los pobladores, la falta de infraestructuras de almacenamiento, distribución y acceso al agua y la capacidad gubernamental e institucional para aportar los servicios de agua necesarios para las familias más vulnerables.

El principal objetivo de la planificación con el enfoque de microcuenca es el trabajar para el cuidado, en la generación de información y la promoción del uso sostenible del recurso hídrico con la participación de los comunitarios sin comprometer la disponibilidad y calidad de este para las generaciones futuras.

Las propuestas dentro del plan del uso y manejo del recurso hídrico de la microcuenca Agua Caliente se pretenden dar a conocer a los comunitarios y que ellos mismos hagan uso de esta planificación para abordar y mitigar los problemas identificados dentro de la microcuenca, la cual se encuentra dentro del corredor seco del país, buscando el mejorar la seguridad alimentaria y calidad de vida de los pobladores.

La elaboración del plan de uso y manejo del recurso hídrico en la microcuenca Agua Caliente se realizó teniendo en cuenta la naturaleza, problemática, tipo y tamaño de la cuenca, además se contó con la participación de los líderes comunitarios para identificar los principales problemas de disponibilidad y calidad del agua, lo que llevo a la formulación de escenarios basados en las necesidades identificadas durante el desarrollo de esta.

La presente propuesta se realizó en el proyecto de “Restablecimiento del Sistema Alimentario y fortalecimiento de la Resiliencia de familias afectadas por la Canícula

Prolongada 2014 en municipios de los departamentos de Chiquimula y Jalapa, Guatemala”, implementado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura FAO (siglas en inglés).

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

A continuación, se presentan las bases conceptuales que darán los fundamentos para la elaboración de un plan de uso y manejo del recurso hídrico de la microcuenca Agua Caliente del municipio de Camotán. Además, se establecen los principios conceptuales que permitan respaldar las acciones propuestas en dicho plan.

### **2.2.1. Cuenca**

Una cuenca hidrográfica o lacustre es el área delimitada por las divisorias de aguas de un sistema de arroyos y ríos que convergen en la misma desembocadura. En el caso de los ríos, esta desembocadura es generalmente el mar, pero puede ser un cuerpo de agua interior, como un lago o bañado. Una cuenca subterránea o un acuífero es un cuerpo discreto de agua subterránea. Se ha reconocido que la cuenca es una unidad hidrológica práctica para la gestión de recursos hídricos. Diferentes disciplinas, y diferentes países, utilizan diferentes términos, tales como cuenca, cuenca de captación o cuenca hidrográfica, pero, en este libro utilizaremos el término "cuenca". (Partnership, 2009)

La cuenca hidrográfica es un área natural en donde el agua que proviene de la precipitación forma un curso principal de agua, es la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de sistemas de cursos de agua definidos por el relieve, los límites de la cuenca se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que rodean a un río. (/Rodríguez Barrientos, 2006)

### **2.2.2. Microcuenca**

Es un área en la que su drenaje va a dar da un cauce principal de una subcuenca, son unidades pequeñas en donde se originan quebradas y riachuelos que drenan de las laderas

y las pendientes altas, estas constituyen las unidades adecuadas para la planificación de acciones de manejo. (Castillo, 2014)

Para fines de análisis, se considera microcuenca a aquellas que presentan una red de drenaje de primer o segundo orden con un área drenada de 1 ha a 100 ha, una microcuenca al igual que la cuenca, es una unidad física determinada por la línea divisoria de las aguas, que delimita los puntos desde los cuales toda el agua escurre hacia el fondo de un mismo valle, río o arroyo. Al unirse el caudal y superficie drenada de varias microcuencas, se conforma las cuencas hidrográficas de mayor tamaño. (Bateman, UPCT, 2007)

### **2.2.3. Componentes bióticos**

Los componentes bióticos de un ecosistema son los seres vivos que lo integran. Pueden referirse a la flora, la fauna, los humanos de un lugar y sus interacciones. Estos elementos están formados por sustancias inorgánicas y orgánicas de carbono.

Sin embargo, la suma de estas sustancias no es suficiente para generar la vida, es necesaria una organización interna compleja, caracterizada por una serie de reacciones químicas que ocurren dentro de una unidad funcional (célula), independiente del medio externo, pero que intercambian materia y energía con éste (autorregulables). (UNAM, 2012)

### **2.2.4. Componentes abióticos**

Son componentes físicos y químicos del ecosistema que no requieren acción de los seres vivos o que no poseen vida, no realizan funciones vitales dentro de sus estructuras orgánicas, pero son fundamentales para la supervivencia de cualquier comunidad biológica. Los factores abióticos están disponibles en el entorno para ser requeridos por los organismos, como lo es el agua, la luz solar, la temperatura, el aire y el viento. (UNAM, 2012)

### **2.2.5. Componente social**

Es el medio constituido por la sociedad humana, en contraposición al medio físico, a través de la sociedad, cada individuo se adapta al medio ambiente en donde intervienen factores materiales, factores humanos lo cuales tienen una influencia directa o indirecta del ambiente social y cultural. En dicho componente interviene la organización social, grupo social, actores sociales, economía, prácticas y valores. (Castillo, 2014)

### **2.2.6. Morfometría de la cuenca**

El análisis morfométrico es el estudio de un conjunto de variables lineales, de superficie, de relieve y drenaje; que permite conocer las características físicas de una cuenca, lo cual permite realizar comparaciones entre varias cuencas, así como ayuda a la interpretación de la funcionalidad. Hidrológica y en la definición de las estrategias para la formulación de su manejo. (Gazpari, 2012)

### **2.2.7. Recarga hídrica**

Es el proceso por el cual se incorpora a un acuífero agua procedente del exterior del contorno que lo limita. Son varias las procedencias de esa recarga, desde la infiltración de la lluvia (la más importante en general) y de las aguas superficiales (importantes en climas poco lluviosos), hasta la transferencia de agua desde otro acuífero, si los mismos son externos al acuífero o sistema acuífero en consideración. (FAUSAC, 2004)

El agua infiltrada puede percolarse profundamente para recargar acuíferos que contienen el agua subterránea, emergiendo en manantiales o en los ríos para formar la escorrentía superficial y finalmente el agua, fluye hacia el mar o se evapora en la atmósfera a medida que el ciclo continúa. Generalmente en una región existen acuíferos superficiales (locales) o de profundidad media y un acuífero regional que es el que se comunica con el mar. (Herrera, 2014)

### **2.2.8. Precipitación pluvial**

La precipitación es uno de los componentes primarios del ciclo hidrológico, puede calificarse de factor esencial, ya que constituye la materia prima del referido ciclo. Cuando el agua, en estado líquido o sólido, llega a la superficie de la tierra se dice que ha precipitado. El vapor de agua contenido en la masa de aire, a consecuencia de los cambios de presión y temperatura y del movimiento de estas masas, ayudado, en ocasiones, por minúsculos núcleos de condensación y material sólido en suspensión, se reúne en gotas de agua o cristales de hielo y cae venciendo las resistencias que se le oponen, hasta llegar a la superficie terrestre. (Bateman, UPCT, 2007)

### **2.2.9. Ciclo hidrobiológico**

El ciclo hidrológico es el foco central de la hidrología. El ciclo no tiene principio ni fin y sus diversos procesos ocurren en forma continua. El vapor del agua se transporta y se eleva en la atmósfera hasta que se condensa y precipita sobre la superficie terrestre u océanos. El agua precipitada puede ser interceptada por la vegetación, techos de casas y convertirse en escurrimiento o flujo superficial sobre el suelo, infiltrarse en él, correr a través del suelo como flujo subsuperficial y descargar en los ríos y lagos. (Herrera, 2014)

La mayor parte del agua interceptada y de esorrentía superficial, regresa a la atmósfera mediante la evaporación (del suelo y superficie de agua) y transpiración de las plantas. (Herrera, 2014)

El agua infiltrada puede percolarse profundamente para recargar acuíferos que contienen el agua subterránea, emergiendo en manantiales o en los ríos para formar la esorrentía superficial y finalmente el agua, fluye hacia el mar o se evapora en la atmósfera a medida que el ciclo continúa. Generalmente en una región existen acuíferos superficiales (locales) o de profundidad media y un acuífero regional que es el que se comunica con el mar. (Herrera, 2014)

### **2.2.10. Evapotranspiración**

La evapotranspiración llamada también uso consuntivo del cultivo, es la suma de los fenómenos de evaporación del suelo y transpiración de las plantas. Ambas causas son de orígenes totalmente diferentes: físico el primero y biológico el segundo, pero tanto uno como el otro conducen al mismo resultado, pérdida de humedad por el suelo arable, por eso se les estudia juntamente con el nombre de evapotranspiración. (Herrera, 2014)

- i. Evapotranspiración potencial: pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada, por evaporación y transpiración de las plantas, que ocurriría en el caso que hubiera un adecuado abastecimiento de humedad de agua al suelo en todo momento. (Monsalve, 1999)
- ii. Evapotranspiración real: pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada, en las condiciones reinantes atmosféricas y de humedad del suelo, por fenómenos de evaporación y transpiración de las plantas. (Monsalve, 1999)

### **2.2.11. Escurrimiento superficial**

Se entiende como escurrimiento, al flujo sobre el suelo, subsuperficial, dentro del suelo y al flujo subterráneo (en estratos de roca) provenientes de la precipitación pluvial, los cuales generalmente son captados por los cauces de los ríos. (Herrera, 2014)

La medición del escurrimiento de un río es el dato básico empleado en la mayoría de los casos en que se van a planear obras hidráulicas en el cauce de alguna cuenca. Por lo tanto, es conveniente tener esta información disponible y en la cantidad adecuada, además confiable. (Herrera, 2014)

## **A. Factores que influyen en la escorrentía superficial**

Los factores que se relacionan con la escorrentía superficial son los siguientes:

### **a. Factores climáticos**

- **Intensidad de la lluvia:** provoca que cuanto mayor es esta, más rápido el suelo colma su capacidad de infiltración y se provoca un exceso de precipitación que escurre. (Herrera, 2014)
- **Duración de la precipitación:** es directamente proporcional a la escorrentía superficial para lluvias de intensidad constante habrá mayor oportunidad de escorrentía superficial cuanto mayor haya sido su duración. (Herrera, 2014)
- **Precipitación antecedente:** en el suelo, humedece el mismo y se tendrá mayor facilidad de que una lluvia se convierta en escorrentía superficial. (Herrera, 2014)

### **b. Factores fisiográficos**

- **Área de la cuenca:** está directamente relacionada con la mayor o menor cantidad de agua de escorrentía superficial que la cuenca puede generar. (Herrera, 2014)
- **Permeabilidad:** influye directamente en la capacidad de infiltración, ya que cuanto más permeable sea el suelo, mayor será la cantidad de agua que puede absorber el mismo disminuyéndose la escorrentía superficial. (Herrera, 2014)

### **2.2.12. Oferta natural de agua**

Es importante conocer en resumen cual es la oferta que el sistema natural nos presenta para poder cumplir con las funciones del sistema, entiéndase sistema natural y actividades humanas de abastecimiento, riego, industria, recreación. El agua como un recurso natural indivisible y de múltiples demandas es un recurso estratégico que puede limitar o potenciar el desarrollo regional. (IDEAM, 2013)

### **2.2.13. Aspectos del recurso hídrico**

Los aspectos más relevantes del recurso hídrico son los siguientes:

#### **A. Recurso hídrico**

Están formados por aguas renovables, tanto superficiales como subterráneas, las personas las utilizan para satisfacer sus necesidades y demandas, es de suma importancia realizar estudios de los cuerpos de agua, los usos actuales del recurso, calidad y sus usos potenciales, para el manejo de cuencas se deben contemplar las características de cantidad y calidad disponible de agua en la cuenca. (Gazpari, 2012)

#### **B. Cantidad disponible**

Esta debe ser suficiente para satisfacer las necesidades de distintos usos y necesidades que deben de satisfacer, para que en algunas áreas la cantidad sea igual a la demanda es necesario el aprovechar el recurso mediante la cosecha y aprovechamiento de agua de lluvia. (MAGA, 2001)

Para determinar la cantidad se emplean los métodos de aforo los cuales son volumétricos; el cual es utilizado en corrientes pequeñas, método de sección velocidad; se determina separando en sección transversal el cauce y la velocidad del agua y la sección se determina por medio de sondeos, la velocidad se calculó por medio de un flotador o un molinete. (Herrera, 2014)

### **C. Calidad del agua**

La calidad del agua natural depende fundamentalmente de su contenido en materiales disueltos o dispersos que se ponen en contacto con ella por interacción con su entorno ecológico a través de los ciclos biológicos no alterados por las personas, por lo tanto, no existe un patrón universal de calidad natural debido a que los componentes físicos, químicos y biológicos del entorno constituyen factores de variabilidad

Sin embargo, existen indicadores físicos, químicos y biológicos que permiten establecer cuando un cuerpo de agua se aleja de las condiciones normales que sus propios ecosistemas definen. Se deben considerar tres aspectos fundamentales:

- **Características físicas:** se refiere al contenido de sólidos en suspensión en el agua, aspecto importante tanto para el consumo humano, como para la ejecución de obras de infraestructura, mismas que traerán problemas y restricciones para el uso.
- **Características químicas:** se refiere al contenido de sales, metales u otro elemento o sustancia química, que sea limitante para su uso doméstico o en la agricultura.
- **Características biológicas:** la estimación de bacterias vivas en una muestra de agua se obtiene con un recuento de placa y con el uso medio nutriente de agar. Aun cuando es posible examinar el agua para detectar la presencia de un patógeno es específico. (Herrera, 2014)

#### **2.2.14. Plan de manejo de microcuenca**

Los planes de manejo de una cuenca son los instrumentos para ordenar las acciones que requieren una cuenca hidrográfica, para lograr un uso sostenible de los recursos naturales, el diseño del plan de manejo de cuencas requiere de una formulación, técnica, enfoque, para después definir el modelo que le corresponde y el socializar las actividades. (World, s.f.)

#### **2.2.15. Definición de programas, planes y proyectos de manejo de cuencas**

Para ello es necesario el saber cuáles son los objetivos al planificar las acciones de manejo de la cuenca, para el diseño, los expertos en el tema deberán ser, por lo tanto, cautos antes de emitir sus opiniones en las discusiones sobre definiciones de aprovechamiento, manejo, ordenamiento etc., de cuencas. Deben abordar el tema desde una perspectiva que les permita percibir las variadas tendencias descritas con el fin de tener capacidad para integrar y sintetizar dichas tendencias con algún calificativo hasta que se adopte una definición consensual para la zona, región o país. (World, s.f.)

Desde el punto de vista técnico toda acción de manejo de cuencas se hace con fines de tener un impacto ambiental positivo. Desde este punto de vista no se podría hablar de estudiar los impactos ambientales negativos de un proyecto de manejo de cuencas a no ser que se haga un estudio de los efectos colaterales negativos originados al aplicar una medida de protección, conservación o preservación. (World, s.f.)

### **2.2.16. Evaluación económica de planes y proyectos**

El evaluar económicamente algún programa, plan o proyecto de manejo de cuencas se debe disponer de una lista completa de los proyectos, actividades, prácticas y tareas que lo forman, tanto de acción directa como de acción indirecta, así como otro listado completo de los programas de aprovechamiento que podría beneficiar. La tarea mayor de evaluación consiste sin embargo en determinar los costos de las acciones de manejo (asociados a sistemas de aprovechamiento), buscando seleccionar las de costo mínimo y mayor efectividad.

Disponiendo de costos y efectos unitarios para cada una de las actividades, prácticas o tareas de manejo de cuencas podrían compararse con los beneficios que causan o causarán a los sistemas de producción, obras construidas o por construirse y en general con cualquier uso actual o futuro de la cuenca o recursos provenientes de la misma. (World, s.f.)

### **2.2.17. Definición de interés de los participantes**

Muchos los problemas a resolver y no siempre se disponen de los medios y recursos para enfrentar las soluciones, también a veces no es factible implementar todas las acciones en forma paralela. Por esta razón se deben aplicar métodos y procedimientos para valorar la importancia e indicar cuáles son los problemas urgentes "que tienen prioridad" por resolver. Los métodos disponibles y aplicados frecuentemente relacionan los problemas con ponderaciones según nivel de importancia física, social o económica. (World, s.f.)

Las tomas de decisiones en el manejo de cuencas o microcuencas deben contemplar diversos intereses. En cada cuenca o microcuenca será diferente, pero deben considerarse básicamente que piensan y que motivaciones tienen los agricultores, la comunidad y las instituciones, esta clarificación debe contemplar la armonización y concertación de intereses. (World, s.f.)

### **2.2.18. Beneficios y beneficiarios**

Las acciones de intervención deben indicar beneficios tangibles, de corto, mediano y largo plazo, los participantes agricultores esperan efectos al más corto plazo. Por eso deben clarificarse cuándo se alcanzarán los resultados y cuál será su magnitud, permanencia e importancia. La participación comunitaria debe asegurarse durante la elaboración del proyecto y durante la ejecución.

### **2.2.19. Evaluación y seguimiento de los proyectos, planes implementados**

La evaluación de los proyectos es una fase fundamental, con independencia de sus características y tamaño. A través de este proceso de valoración se analizan todos los elementos que intervienen en el proyecto con el fin de determinar su viabilidad y eficacia, calcular los posibles riesgos y determinar las respuestas.

Además, todo proceso de evaluación precisa de un monitoreo, un seguimiento y control continuo que permita:

- i. Comprobar que el proyecto evoluciona conforme al plan diseñado.
- ii. Detectar amenazas y oportunidades, anticiparse a ellas y las tomas de decisiones oportunas en cada momento.

## **2.3. OBJETIVOS**

### **2.3.1. General**

Planificar el uso y manejo del recurso hídrico en la microcuenca “Agua Caliente” Camotán, Chiquimula.

### **2.3.2. Específicos**

1. Caracterizar la situación actual del recurso hídrico en lo que refiere a cantidad y calidad del agua.
2. Determinar un balance general de oferta y demanda del recurso hídrico en la microcuenca Agua Caliente.
3. Identificar los principales problemas y soluciones para la obtención del recurso hídrico.
4. Elaborar una propuesta de planificación de uso y manejo del recurso hídrico.

## **2.4. METODOLOGÍA**

### **2.4.1. Delimitación del área de estudio**

Con base a la hoja cartográfica 2360-III, a escala 1:50,000, se delimitó la microcuenca del río Agua Caliente, en donde se ubicaron las comunidades, aldeas y caseríos que la conforman, los principales ríos, y las rutas de acceso dentro de la microcuenca.

La metodología para la elaboración del diagnóstico socioeconómico de la microcuenca Agua Caliente, involucró personal técnico de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura -FAO-, líderes comunitarios, el Consejo de microcuenca Agua Caliente, estos últimos participaron de forma muy activa para la obtención, de información, encuestas y trabajo de campo.

### **2.4.2. Morfometría de la microcuenca**

Los aspectos morfométricos del estudio son un conjunto de variables lineales, de superficie, de relieve y drenaje; que permite conocer las características naturales del área de estudio.

#### **A. Aspectos lineales**

Los principales aspectos lineales de una microcuenca son los siguientes:

##### **a. Perímetro**

Una vez delimitada la microcuenca en Arcgis 10.4.1, se crea la capa en formato shapefile, en la tabla de atributos se agrega una columna con el nombre “Perímetro” y con la herramienta “Calculate Geometry”, se calcula el perímetro de la microcuenca en kilómetros.

## **b. Orden de corrientes**

El mapa de ordenes de corrientes tiene como fin el determinar el grado de bifurcación dentro de la cuenca.

### **i. Mapa de clasificación de corrientes**

La obtención del mapa se hizo uso de sistemas de información geográfica, y la capa de ríos, clasificando la corriente permanente, corrientes intermitentes y las efímeras. Dicha clasificación se basó con la metodología de Horton.

- Ríos de primer orden.
- Ríos de segundo orden.
- Ríos de tercer orden.

La clasificación se hizo de manera visual, con base a la capa de ríos y la hoja cartográfica 2360-III.

Con base al mapa, se calcularon la longitud de las corrientes según su clasificación, la longitud fue calculada en Arcgis 10.4.1 y la herramienta "calculate geometry".

## **c. Gráfica Log Un vrs. U**

La gráfica se ploteo en una hoja de cálculo, colocando en el eje de las abscisas "u" y en el eje de las ordenadas "Log Nu". El gráfico tiene que coincidir con una recta, de sentido negativo, si no es así, quiere decir que no se dio un buen conteo de orden de corrientes.

Donde:

Nu = Número de corrientes de orden.

Log Un= Logaritmo del número de corrientes.

U= Orden de una corriente.

## **B. Aspectos de superficie**

Los aspectos de superficie evaluados para la microcuenca fueron los siguientes:

### **a. Área**

Una vez delimitada la microcuenca en Arcgis 10.4.1, se crea la capa en formato shapefile, en la tabla de atributos se agrega una columna con el nombre “Área” y con la herramienta “calculate geometry”, se calcula el área de la microcuenca en kilómetros cuadrados.

### **b. Relación forma**

La forma de la cuenca hidrográfica afecta los hidrogramas de escorrentía y las tasas de flujo máximo.

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

Donde:

Ak= área de la cuenca.

Lc<sup>2</sup>= Longitud del cauce principal desde el nacimiento hasta la salida en la cuenca.

### c. Densidad del drenaje

Se debe tener en cuenta al hacer la evaluación hidrológica de la cuenca, esta indica la relación entre la infiltración y escorrentía.

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

Dónde:

La= longitud acumulada de las corrientes de agua en km.

Ak= Área acumulada en km<sup>2</sup>.

### d. Frecuencia de corrientes

Indica la eficiencia hidrológica de una cuenca.

$$F_c = \frac{N_{tc}}{Ak}$$

Donde:

N<sub>tc</sub>= número total de corrientes.

Ak= área de la cuenca.

## C. Aspectos de relieve

Los aspectos de relieve evaluados para la microcuenca fueron los siguientes:

### a. Pendiente media de la cuenca, método Horton

Este cálculo se hizo con Sistemas de Información Geográfica, una vez determinados los órdenes de los ríos dentro de la microcuenca Agua Caliente. Para el cálculo de la pendiente media se realizaron los siguientes pasos:

- 1) Con una capa tipo ráster, se crea un mapa de pendientes con la herramienta “slope”.
- 2) Una vez creado el mapa de pendientes se reclasifican con los rangos de: 0 % -12 %, 12 -25 %, 25 – 50 %, 50 – 75 % y > 75 %.
- 3) Es necesario interpolar el mapa de pendientes y la delimitación de la microcuenca, esto se realizó con la herramienta “interpolate shape”.
- 4) Con la herramienta “zonal statistics as table”, se combinan el mapa interpolado y el de pendientes recalificadas, obteniendo así una tabla que da los resultados de pendiente mínima, máxima y media.

En el cuadro 11 se presenta la clasificación del tipo de relieve para la microcuenca Agua Caliente.

Cuadro 11. Rango de pendientes de una cuenca.

| Pendientes medias (%) | Relieve         | Símbolo | Color      |
|-----------------------|-----------------|---------|------------|
| 0-12                  | Suave           | P1      | Amarillo   |
| 12-25                 | Moderado        | P2      | Anaranjado |
| 25-50                 | Pronunciado     | P3      | Rosado     |
| 50-75                 | Muy pronunciado | P4      | Marrón     |
| >75                   | Escarpado       | P5      | Roja       |

Fuente: Herrera, 2014.

### b. Pendiente del canal método analítico

Se determina de acuerdo con las diferencias de altura entre curvas de nivel y la longitud del cauce principal.

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

Donde:

$\Delta H$ : 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.

### c. Curva hipsométrica

Se colocó en una hoja de cálculo se colocaron las elevaciones en metros sobre el nivel del mar, la curva mínima y máxima y se calcula el porcentaje acumulado, con ello se creó un grafica en donde en el eje "X" son los metros sobre el nivel del mar -msnm- y el eje "Y" el porcentaje de área por encima de la elevación indicada.

La elevación media, es la elevación que divide en dos partes iguales el área de la curva, utilizando la siguiente fórmula se obtuvo:

$$Em = \frac{\Sigma(\text{cota media intervalo} * \text{Área parcial})}{Ak}$$

Donde:

Cota media del intervalo= es el 50 % de la curva hipsométrica de la cuenca.

Área parcial = Sumatoria del área parcial que cubre la curva.

$Ak$ = Área de la cuenca.

#### d. Coeficiente de relieve

Es la producción anual de sedimentos que se puede presentar en una cuenca.

$$Cr = \frac{\Delta Ec}{L ax}$$

Donde:

$\Delta Ec$ = Diferencia de elevación entre los puntos más altos y bajos en el perímetro de la cuenca.

$L ax$ = Longitud axial dentro de la cuenca.

### 2.4.3. Escurrimiento superficial

#### A. Método de aforo

Con la hoja cartográfica 2360-III a escala 1:50,000, se seleccionaron tres puntos de aforo, dividiendo la microcuenca Agua Caliente en la parte alta, media y baja, estos aforos se realizaron en los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre.

Una vez realizados los aforos por el método sección-velocidad, midiendo la velocidad por medio del método de flotador, en donde se midió el tiempo que recorre en una longitud del río un objeto flotante. El caudal se obtuvo por la siguiente fórmula:

$$Q = (\text{área de la sección } m^2) * (\text{Velocidad } m/s)$$

## B. Hidrograma

Es la representación gráfica de la variación del caudal en relación con el tiempo, en este caso son los meses.

En una hoja de cálculo, se elaboró una tabla en donde se colocaron los caudales medidos “X” y “Y” el tiempo (9 meses).

## C. Fuentes de agua

La identificación de las fuentes de agua se realizó con el acompañamiento de los comunitarios y principalmente con miembros del consejo de microcuenca, completando información como la localización geográfica, caudal, uso y si tiene cobertura forestal.

En el cuadro 12 se presenta la ficha para identificación de fuentes de agua.

Cuadro 12. Ficha de inventario de fuentes de agua.

| Comunidad | Coordenadas |   | Altitud | Caudal<br>m <sup>3</sup> /hora | Caudal<br>m <sup>3</sup> /día | Caudal l/s | Uso | Cobertura<br>forestal |
|-----------|-------------|---|---------|--------------------------------|-------------------------------|------------|-----|-----------------------|
|           | X           | Y |         |                                |                               |            |     |                       |

Fuente: elaboración propia, 2017.

El método de para el cálculo de caudal de las fuentes de agua, fue el volumétrico el cual se tomó un recipiente de un litro y se tomó el tiempo en que se tardó en llenar este recipiente con volumen conocido.

### **a. Mapa de ubicación de fuentes de agua (manantiales)**

Utilizando un Sistema de Posicionamiento Global- GPS- se tomaron las coordenadas, con la ubicación de las fuentes de agua más importantes para las comunidades que se encuentra dentro de la microcuenca Agua Caliente.

Las coordenadas geográficas tomadas se transformaron a decimales con un ayuda de una hoja de cálculo en Excel, se trabajó una tabla con las coordenadas "X" y "Y", y se ingresaron en Arcgis 10.4.1, con la herramienta "Add XY data".

Con la herramienta "Project", las coordenadas con un sistema de coordenadas esféricas con unidades angulares se transformaron a un sistema de coordenadas lineales. Obteniendo el mapa de ubicación de las fuentes de agua dentro de la microcuenca.

### **2.4.4. Calidad del agua**

La toma de muestras para el muestreo de agua, la microcuenca se dividió en tres secciones; parte alta, media y baja, las muestras se tomaron en envases plásticos de 500 cm<sup>3</sup>, identificados con el nombre del río y trasladados en una hielera al laboratorio, siendo el proceso de la toma de muestras:

- 1) Llenar el recipiente de muestreo con una porción de agua del cuerpo hídrico muestreado.
- 2) Registro de localización del punto de muestreo real con GPS (esperando que la precisión sea la mayor posible).
- 3) Caracterizar del sitio con fotografías.
- 4) Identificación de la muestra.

- 5) La toma de muestras se la realizó sumergiendo el envase de forma contraria al flujo, evitando la inclusión de aire por flujo turbulento.
- 6) Las muestras son fueron llevadas al laboratorio, solicitando análisis físicos, químicos y microbiológicos.

El criterio para los puntos de muestreo se basó en la accesibilidad de punto por lo que todos los muestreos se hicieron en las localidades en donde se realizaban los aforos mensuales.

#### **2.4.5. Balance hídrico de suelos**

El balance hídrico de suelos es la relación entre los aportes de agua realizados a través de la precipitación y las pérdidas hacia la atmosfera ocasionadas por la ETP de la vegetación. Para calcular la capacidad de infiltración del suelo de la microcuenca se realizó la medición de filtración por el método Porchet, de este método se obtuvieron los datos de capacidad de campo y punto de marchitez.

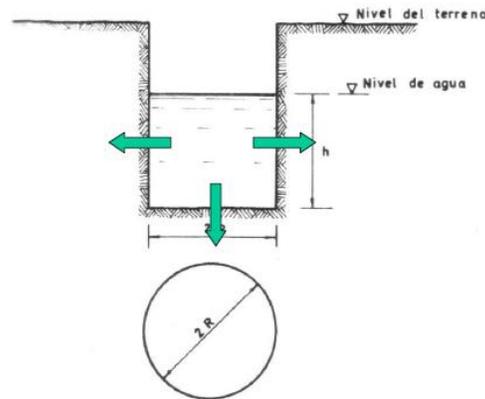
##### **A. Pruebas de infiltración**

Para estas pruebas la microcuenca se dividió en la parte alta, media y baja, con un criterio aleatorio, pero considerando la cobertura vegetal del lugar, el acceso al agua y la disponibilidad de hacer la prueba en los terrenos que los comunitarios lo autorizaran.

##### **B. Método Porchet**

Este el método de Porchet, el cual consiste en excavar un cilindro de radio "R" y se llenarlo con agua hasta una altura "h".

En la figura 26 se presenta el método Porchet, que se utilizó para las pruebas de infiltración:



Fuente: IDEAM, 2013.

Figura 26 Método de Porchet.

Para la aplicación de este método es necesario hacer lo siguiente:

- 1) En cuanto la profundidad, es muy importante que el agujero se mantenga libre de cualquier material compactado y este agujero debe llegar hasta la profundidad efectiva del suelo, es decir hasta se encuentre el material de origen del suelo.
- 2) Es necesario hacer el agujero de por lo menos de 1 m, y se debe de mantener lleno de agua, esto con el propósito de simular las condiciones de saturación, tanto en el agujero como los alrededores.
- 3) Es necesario llenar el agujero de agua, e inmediatamente colocar un metro para registrar y determinar la altura y el tiempo en que el agua llega a cero.
- 4) Es necesario registrar los descensos y los tiempos tardados para obtener altura, tiempo y calcular los K.

$$K = 1.15 (r) \frac{\text{Log} \left( h_1 + \frac{r}{2} \right) - \text{Log} \left( h_2 + \frac{r}{2} \right)}{t_n - t_1}$$

Donde:

R Radio del pozo (cm).

h1 Tirante inicial del agua en el pozo (cm).

h2 Tirante final del agua en el pozo (cm).

tn Tiempo que tarda el agua en bajar del nivel inicial al final (s.).

t1 Tiempo inicial ensayo (cm/s.).

En el cuadro 13 se presenta la clasificación de velocidad de infiltración y su interpretación.

Cuadro 13. Clasificación de velocidad de infiltración.

| Infiltración (cm/hora) | Interpretación       |
|------------------------|----------------------|
| <0.1                   | Muy lenta            |
| 0.1-0.5                | Lenta                |
| 0.5-2.0                | Moderadamente lenta  |
| 2.00-6.3               | Moderada             |
| 6.3-12.7               | Moderadamente rápida |
| 12.7-25.4              | Rápida               |
| >25.4                  | Muy rápida           |

Fuente: IDEAM, 2013.

### C. Balance hídrico de suelos

El balance hídrico de suelos se obtiene con los siguientes datos:

#### a. Datos

- 1) Las precipitaciones medias anuales (con una serie de 5-10 años) del máximo de estaciones meteorológicas disponibles.

- 2) La evapotranspiración potencial media anual (de la misma serie de años).
- 3) La reserva de agua útil (RU) o el agua que puede almacenar el suelo y utilizar las plantas.

Depende de:

- 1) El tipo de suelo
- 2) La capacidad de campo (CC): grado de humedad de una muestra que ha perdido toda su agua gravitacional.
- 3) El punto de marchitez (Pm): grado de humedad de una muestra tal que la fuerza o succión que ejercen las raíces sobre el agua ya no les permite sacar más agua.
- 4) La profundidad de las raíces.
- 5) La densidad aparente del suelo.

Estos datos se pueden obtener experimentalmente o mediante tablas conociendo el tipo de suelo. (Herrera, 2014)

## **b. Fórmula del balance hídrico de suelos**

La ecuación del balance hídrico de suelos presenta variables cuantificables que expresan en términos cuantificables, tomando en consideración la naturaleza de cada variable de la fórmula del balance hídrico de suelos.

A continuación, se presenta la fórmula del balance hídrico de suelos.

$$Wf = Wi + Pap + N + H + Wc - Evt - I$$

Donde:

Wf: Cantidad de agua en la capa activa al final del período.

Wi: Cantidad de agua en la capa activa al inicio del período.

Pap: Precipitación aprovechable.

N: Normas de riego aplicadas a los cultivos.

H: Cantidad de agua por profundización de la capa activa.

Wc: Cantidad de agua utilizada producto del ascenso capilar.

Evt: Evapotranspiración.

I: Cantidad de agua pérdida por infiltración.

Esta ecuación puede simplificarse cuando realizamos un balance sistemático, haciéndose nulas:

H: Cantidad de agua por profundización de la capa activa ya que el crecimiento del sistema radical se puede establecer por etapas.

Wc: Cantidad de agua utilizada producto del ascenso capilar, si tenemos en cuenta el mantener más húmeda la capa activa se limita la ascensión capilar.

I: Cantidad de agua pérdida por infiltración, si tenemos en cuenta que es un agua que no queda retenida en la capa activa. (Herrera, 2014)

Quedando la fórmula de la siguiente manera:

$$Wf = Wi + Pap + N - Evt$$

#### 2.4.6. Planificación del recurso hídrico

La planificación del recurso hídrico requiere la implementación de una estrategia de participación social, la cual debe de promover la vinculación de todos los actores sociales en la toma de decisiones para cada fase del planeamiento del recurso hídrico, es por ello

por lo que el diagnóstico socioeconómico y biofísico se relación con la planificación del recurso hídrico de la microcuenca Agua Caliente.

#### **2.4.7. Clasificación de usos del agua**

Con base a la encuesta realizada, se diseñaron las preguntas con la finalidad de obtener los datos necesarios para determinar los usos del recurso hídrico de la microcuenca Agua Caliente, volúmenes y formas de obtención, la encuesta tiene las siguientes secciones:

- Datos de la persona encuestada. (nombre y apellido)
- Datos de la vivienda.
- Servicios básicos. (energía eléctrica y agua potable)
- Lugar de obtención del recurso hídrico.
- Disponibilidad de llena cantaros o chorros comunales.
- Volumen aproximado de agua transportado.
- Aprovechamiento del agua de lluvia.

#### **A. Determinación de usos predominantes y potenciales del recurso hídrico**

Con base a los diagnósticos realizados y la encuesta, se realizó un matriz de clasificación de los usos predominantes y potenciales del recurso hídrico, la cual sirvió para orientarse en la planificación ya que este se debe centrar en usos actuales y potenciales de tal forma que los escenarios de calidad a establecer correspondas a los criterios y necesidades de las personas.

En el cuadro 14 se presentan la matriz de usos predominantes y potenciales del recurso hídrico.

Cuadro 14. Matriz de usos predominantes y potenciales del recurso hídrico.

| Uso | Actual | Potencial | Ubicación y descripción |
|-----|--------|-----------|-------------------------|
|-----|--------|-----------|-------------------------|

Fuente: elaboración propia, 2017.

## B. Calidad del agua de los usos identificados

Con los usos principales identificados, es necesario el determinar los criterios de calidad para que estos sean aptos para su uso, con base al criterio de la norma COGUANOR NTG 29001.

### 2.4.8. Balance general de oferta y demanda del recurso hídrico

La oferta hídrica es necesaria la información de precipitación y temperatura, temas que se encuentran en el diagnóstico biofísico.

Para calcular la demanda se integran las actividades del recurso hídrico, mostrando el comportamiento y distribución de este, siendo el consumo humano el prioritario, seguido del agrícola, esto con respecto al área de estudio.

#### A. Oferta hídrica superficial

Volumen total de agua que fluye por la fuente abastecedora después de haberse precipitado sobre la cuenca y satisfecho las cuotas de evapotranspiración e infiltración del sistema suelo cobertura vegetal escurre por los cauces mayores de los ríos y demás corrientes superficiales.

Para la aplicación de la fórmula de oferta hídrica neta primero se transformó el valor de lámina de agua resultado del balance hídrico a caudal expresado en ( $m^3$  /año), usándola

fórmula propuesta en la guía metodológica para el cálculo del índice de escasez establecida por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Idean.

$$Q = Y(A * 1000)/t$$

Donde:

Y: Escorrentía superficial.

Q: Caudal modal para el periodo de agregación seleccionado. (m<sup>3</sup> /s).

T: cantidad de segundos en el periodo de agregación. 31536000 s.

A: Área de la microcuenca km<sup>2</sup>.

## **B. Oferta hídrica neta**

La oferta hídrica neta corresponde al volumen disponible de agua para satisfacer la demanda de agua generada por las necesidades sociales y económicas de las personas, cada variable dentro de la fórmula contempla los factores naturales, sociales y económicos y las demandas sectoriales.

$$OHN = OHT - (OHT * (RFF + RRE))$$

Donde:

OHN = Oferta hídrica neta. (m<sup>3</sup>/s).

OHT = Oferta hídrica total. (m<sup>3</sup>/s).

RFF = Factor de reducción por fuentes frágiles. (%).

RRE = Factor de reducción por régimen de estiaje. (%).

### C. Demanda hídrica

Para la estimación de la demanda hídrica se tomó en cuenta el volumen de agua utilizada para el desarrollo de actividades socioeconómicas medidas en metros cúbicos en un espacio y tiempo determinado y corresponde a una sumatoria de las demandas sectoriales (actividades antrópicas sociales y económicas).

$$DT = DUD + DUI + DUS + DUA + DUP$$

Donde:

DT = Demanda total de agua.

DUD=Demanda de agua para uso doméstico.

$$= \text{Dotación Bruta (m}^3/\text{hab/día)} * \text{Población Proyectada}$$

DUI = Demanda de agua para uso industrial. (No aplica a la microcuenca).

DUS = Demanda de agua para el sector servicios. (Base de datos y cantidad optima de litros por estudiante/día).

DUA = Demanda para uso agrícola. (No aplica a la microcuenca, por los usos de la tierra identificados).

DUP = Demanda para uso pecuario. (No aplica a la microcuenca).

### D. Índice de escasez

Es la relación porcentual entre la demanda potencial de agua del conjunto de actividades sociales y económicas con la oferta hídrica disponible, luego de aplicar los factores de reducción de régimen de estiaje y fuentes frágiles.

$$I_e = \frac{D}{O_n} * 100 \%$$

Donde:

I<sub>e</sub>= Índice de escasez.

D= Demanda potencial de agua. (m<sup>3</sup>/año).

O<sub>n</sub> = Oferta hídrica superficial neta. (m<sup>3</sup>/año).

#### **2.4.9. Árbol de causas y efectos**

Con el diagnóstico socioeconómico y biofísico, se identificó los problemas generales, luego se eligió el problema central, se expone las causas que lo generan y los efectos negativos que produce. Estos tres componentes se interrelacionan de una manera gráfica.

##### **A. Pasos**

- 1) Problema central. (Tronco).
- 2) Causas esenciales y directas del problema. (Raíces).
- 3) Efectos o manifestaciones se ubican sobre el problema central. (Copa).
- 4) Se examinaron las relaciones de causa y efecto, y se verificó la lógica e integridad del esquema.

#### **2.4.10. Árbol de medios y fines**

Se generó a partir del árbol de medios y fines, en donde cada medio identificado se relaciona con una acción, generando uno o varios posibles proyectos.

#### **2.4.11. Matriz de medios, acciones y proyectos**

Con la matriz de medios y acciones, y el problema principal identificado. Se realizó la identificación de proyectos viables que den una respuesta a corto, media y largo plazo al problema.

Se realizó las orientaciones del proyecto e indica el impacto dentro de la problemática que este encara y busca minimizar. También se describen las actividades a realizar, antes de plantear nuevos proyectos es necesario buscar alternativas que se encuentran dentro de la microcuenca para definir acciones concretas.

#### **2.4.12. Priorización de proyectos**

Con base a una ponderación se priorizaron los proyectos según las necesidades de la población, importancia y su nivel de repuesta rápido ante la problemática principal identificada, a través de una matriz de doble entrada se presentan los proyectos de mayor a menor importancia.

Los proyectores priorizados se centran en los ejes de desarrollo comunitario, natural, físico y económico de los pobladores.

#### **2.4.13. Matriz de marco lógico de los proyectos priorizados**

Dentro de la matriz de marco lógico de los proyectos previamente priorizados, se desarrollan los proyectos con sus objetivos, competencias y costos estimados. Para esta matriz se seleccionaron los primeros 10 proyectos priorizados.

## **2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **2.5.1. Morfometría de la microcuenca**

Los aspectos morfométricos del estudio son un conjunto de variables lineales, de superficie, de relieve y drenaje; que permite conocer las características naturales del área de estudio.

#### **A. Aspectos lineales**

En los aspectos lineales se determinaron el perímetro, el número de corrientes, entre otras características.

##### **a. Perímetro**

Es el que muestra la forma de la cuenca, en el caso de la microcuenca Agua Caliente este es de 20.84 km.

##### **b. Orden de corrientes**

Con el fin de determinar el grado de bifurcación dentro de la cuenca y clasificar los órdenes de corrientes que conforman el área de estudio se determinó lo siguiente:

En el cuadro 15 se presenta la clasificación de ordenes de corrientes, número de corrientes y las longitudes de las corrientes que se encuentran en el área de estudio.

Cuadro 15. Orden, número y longitud de corrientes.

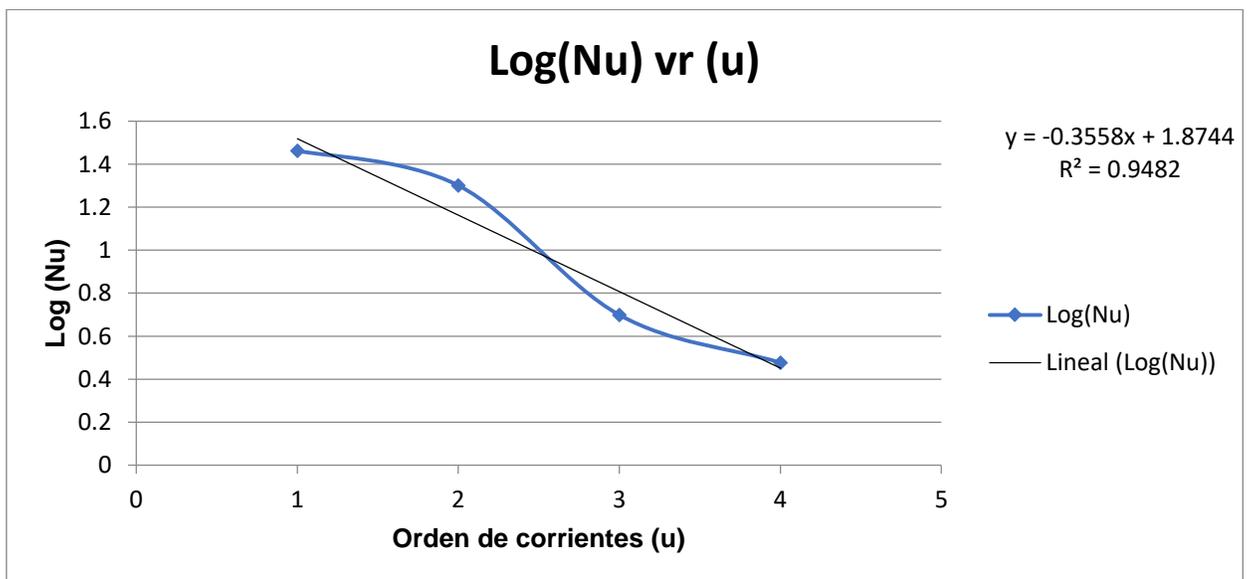
| Orden de corrientes (u) | Número de corrientes (Nu) | Longitud de corrientes (km) |
|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 1                       | 29                        | 20.50                       |
| 2                       | 20                        | 8.96                        |
| 3                       | 5                         | 2.62                        |
| 4                       | 3                         | 2.53                        |
| Total                   | 57                        | 34.61                       |

Fuente: elaboración propia, 2017.

En el cuadro de orden de corrientes, el río es de cuarto orden dado a que posee ramificaciones de primero, segundo y tercer orden. Existiendo un total de 57 corrientes que forman el río de la microcuenca Agua Caliente.

### c. Gráfica Log Un vrs. U

En la figura 27 se presenta la gráfica de logaritmo (Nu) versus el orden de corrientes (U).

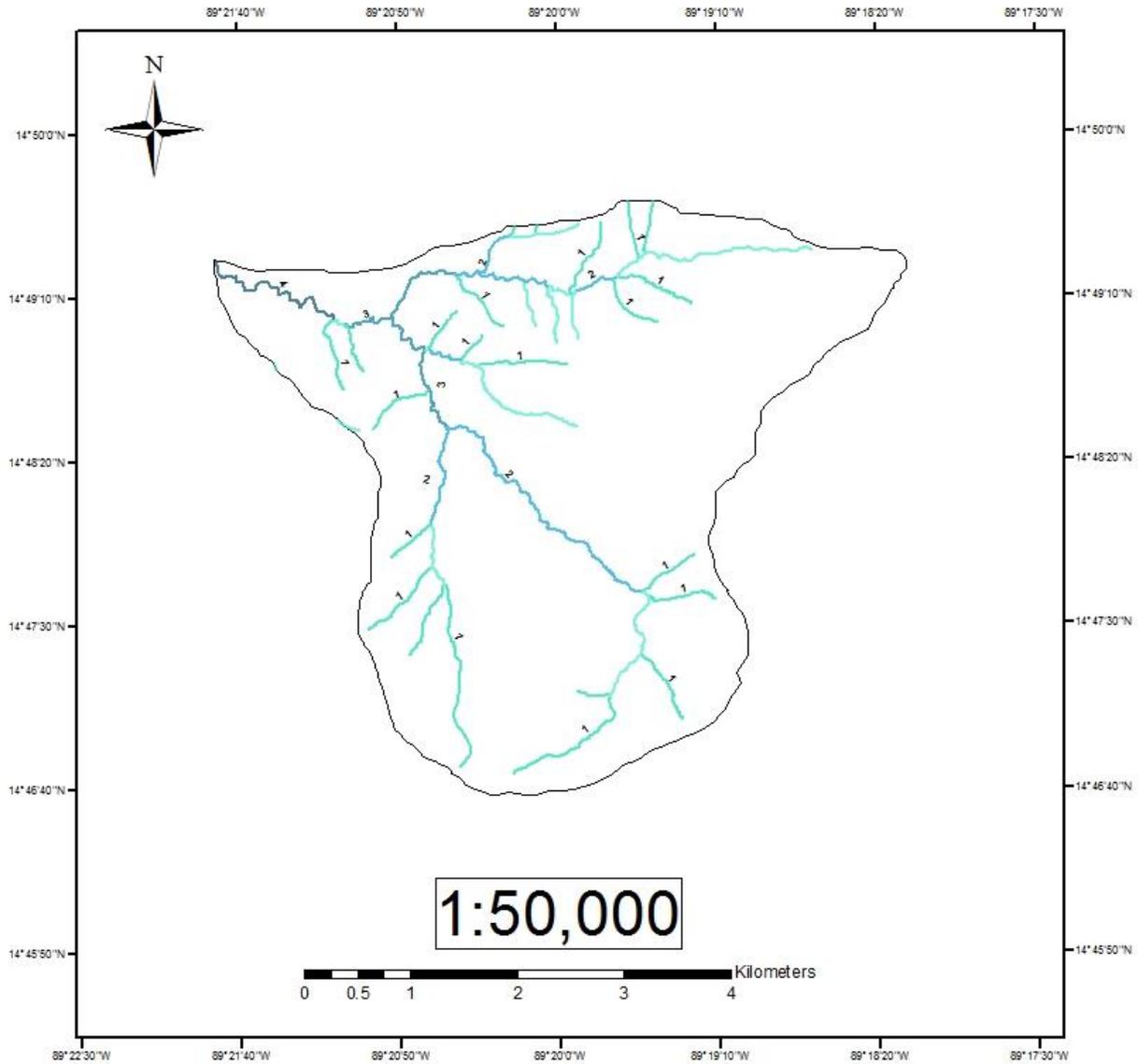


Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 27 Gráfica de log (UN) versus (u).

En la figura 27 de  $\log(\text{Nu})$  vs  $(u)$ , en donde se comparan el logaritmo del número de corrientes versus el orden de corrientes, en donde se demuestran la relación que se utiliza para terminar que los órdenes y números de corrientes se definieron correctamente, debido a que la línea recta toca ambos puntos final e inicial.

En la figura 28 se presentan los órdenes de corrientes que componen el agua superficial de la microcuenca Agua Caliente.



Coordinate System: Transverse Mercator  
Projection: Transverse Mercator  
Datum: WGS 1984  
False Easting: 500,000.0000  
False Northing: 0.0000  
Central Meridian: -90.5000  
Scale Factor: 0.9998  
Latitude Of Origin: 0.0000  
Units: Meter



**LEYENDA**  
Ordens de corrientes

- 1
- 2
- 3
- 4

Delimitación de la microcuenca

**Mapa de ordens de corrientes en la microcuenca Agua Caliente, Camotán**

Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 28 Mapa de órdenes de corrientes.

## **B. Aspectos de superficie**

Dentro de los aspectos de la superficie se determinó siguiente:

### **a. Área**

El área indica la superficie drenada, desde donde nace el cauce principal de la microcuenca Agua Caliente, hasta el sitio donde se encuentra el punto de aforo, cubriendo el perímetro de la cuenca.

El área de la microcuenca Agua Caliente ubicada en el municipio de Camotán, Chiquimula, es de 20.30 km<sup>2</sup>.

### **b. Relación forma**

La forma de la cuenca hidrográfica es aquella que afecta los hidrogramas de escorrentía y las tasas de flujo máximo, obteniendo el valor de 0.23 siendo una microcuenca larga, a su vez el valor de la relación forma es bajo, lo cual demuestra que la microcuenca agua caliente tiene menos tendencia a concentrar intensidades lluvias.

$$Rf = \frac{20.30 \text{ Km}^2}{(9.39\text{Km})^2} = 0.23$$

### **c. Densidad del drenaje**

La densidad de drenaje es de 1.70 km/km<sup>2</sup>, por lo que es una densidad baja lo que refleja un área pobremente drenada con respuesta hidrológica muy lenta.

$$D = \frac{34.61\text{Km}}{20.30 \text{ Km}^2} = 1.70\text{Km/Km}^2$$

#### d. Frecuencia de corrientes

La frecuencia de la microcuenca Agua Caliente, la cual cuenta con 57 cauces, dentro de un área de 20.30 km<sup>2</sup>, por lo que la eficiencia hidrológica de la microcuenca es de e 2.80 cauces/km<sup>2</sup>.

$$F_c = \frac{57 \text{ cauces}}{20.30\text{Km}^2} = 2.80 \text{ cauces/km}^2$$

### C. Aspectos de relieve

Dentro de los aspectos de relieve se determinó siguiente:

#### a. Pendiente media de la cuenca, método Horton

En el cuadro 16 se presentan el rango de pendientes y el tipo de relieve según el método de Horton el cual fue aplicado en el área de estudio.

Cuadro 16. Rango de pendientes de una cuenca.

| Pendiente media (%) | Relieve         | Símbolo | Color      |
|---------------------|-----------------|---------|------------|
| 0-12                | Suave           | P1      | Amarillo   |
| 12-25               | Moderado        | P2      | Anaranjado |
| 25-50               | Pronunciado     | P3      | Rosado     |
| 50-75               | Muy pronunciado | P4      | Marrón     |
| >75                 | Escarpado       | P5      | Rojo       |

Fuente: elaboración propia, 2017.

Con la metodología de Horton, se obtuvo que la microcuenca Agua Caliente, que tiene una pendiente media de 47 % presentando un relieve pronunciado, por lo que indica que los cauces de primer y segundo orden son fuertemente escarpados y ante la presencia de fuertes precipitaciones, esta se encuentra ante intensos procesos erosivos y producción de sedimentos.

### b. Pendiente del canal método analítico

La pendiente del canal se obtuvo con el método gráfico, utilizando la siguiente fórmula:

$$S_{cp} = \frac{(1300 - 500) * 100}{9396.93}$$

$$S_{cp} = 8.51 \%$$

La pendiente del cauce principal de la microcuenca Agua Caliente es de 8.51 %, lo cual indica que la velocidad del flujo es baja o media.

### c. Elevación media de la cuenca (método de la curva hipsométrica)

En el cuadro 17 se presenta el intervalo de la curva para obtener el cálculo de elevación media de cuenca, aplicando el método de la curva hipsométrica.

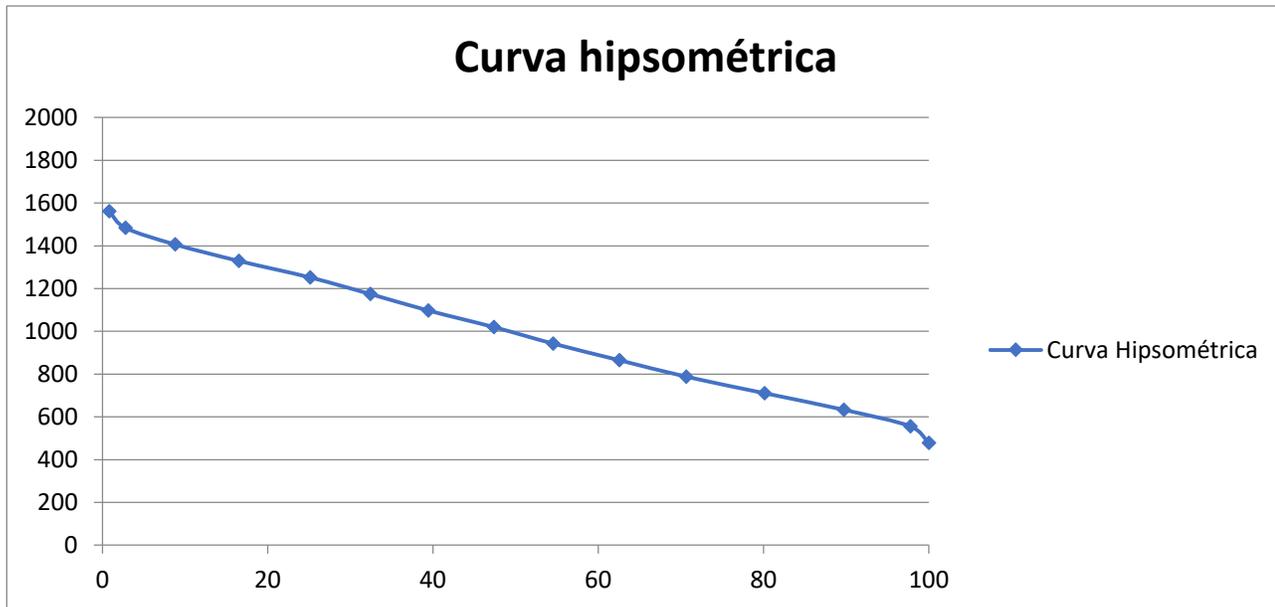
Cuadro 17. Intervalo de área entre curvas.

| Área (m)   | Curva mínima | Curva máxima | Promedio   | Acumulado   | Acumulado (%) |
|------------|--------------|--------------|------------|-------------|---------------|
| 451552.852 | 440          | 517.20166    | 478.60083  | 20264448.21 | 100           |
| 1633161.21 | 517.336548   | 594.590454   | 555.963501 | 19812895.36 | 97.77169925   |
| 1939378.94 | 594.694702   | 671.957947   | 633.326324 | 18179734.14 | 89.7124558    |
| 1921803.53 | 672.036072   | 749.317993   | 710.677032 | 16240355.2  | 80.14210421   |
| 1646004.78 | 749.389282   | 826.55426    | 787.971771 | 14318551.67 | 70.65848289   |

|            |            |            |            |             |             |
|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| 1618965.69 | 826.674622 | 903.990234 | 865.332428 | 12672546.89 | 62.53585963 |
| 1456055.16 | 904.155029 | 981.307739 | 942.731384 | 11053581.2  | 54.54666756 |
| 1604770.17 | 981.353455 | 1058.66113 | 1020.00729 | 9597526.042 | 47.36139836 |
| 1424960.2  | 1058.83459 | 1135.9939  | 1097.41425 | 7992755.876 | 39.44225766 |
| 1472278.61 | 1136.09351 | 1213.30603 | 1174.69977 | 6567795.677 | 32.41043432 |
| 1749429.31 | 1213.40503 | 1290.65198 | 1252.0285  | 5095517.066 | 25.14510641 |
| 1567591.41 | 1290.71143 | 1367.86768 | 1329.28955 | 3346087.752 | 16.51210888 |
| 1217435.16 | 1368.00159 | 1445.07605 | 1406.53882 | 1778496.339 | 8.776436053 |
| 393418.802 | 1445.73816 | 1522.65479 | 1484.19647 | 561061.1787 | 2.768697044 |
| 167642.376 | 1522.79199 | 1600       | 1561.396   | 167642.3763 | 0.827273334 |
| 20264448.2 |            |            |            |             |             |

Fuente: elaboración propia, 2017.

En la figura 29 se presenta la curva hipsométrica la cual muestra la variación de área acumulada de acuerdo la altitud.



Fuente: elaboración propia, 2017.

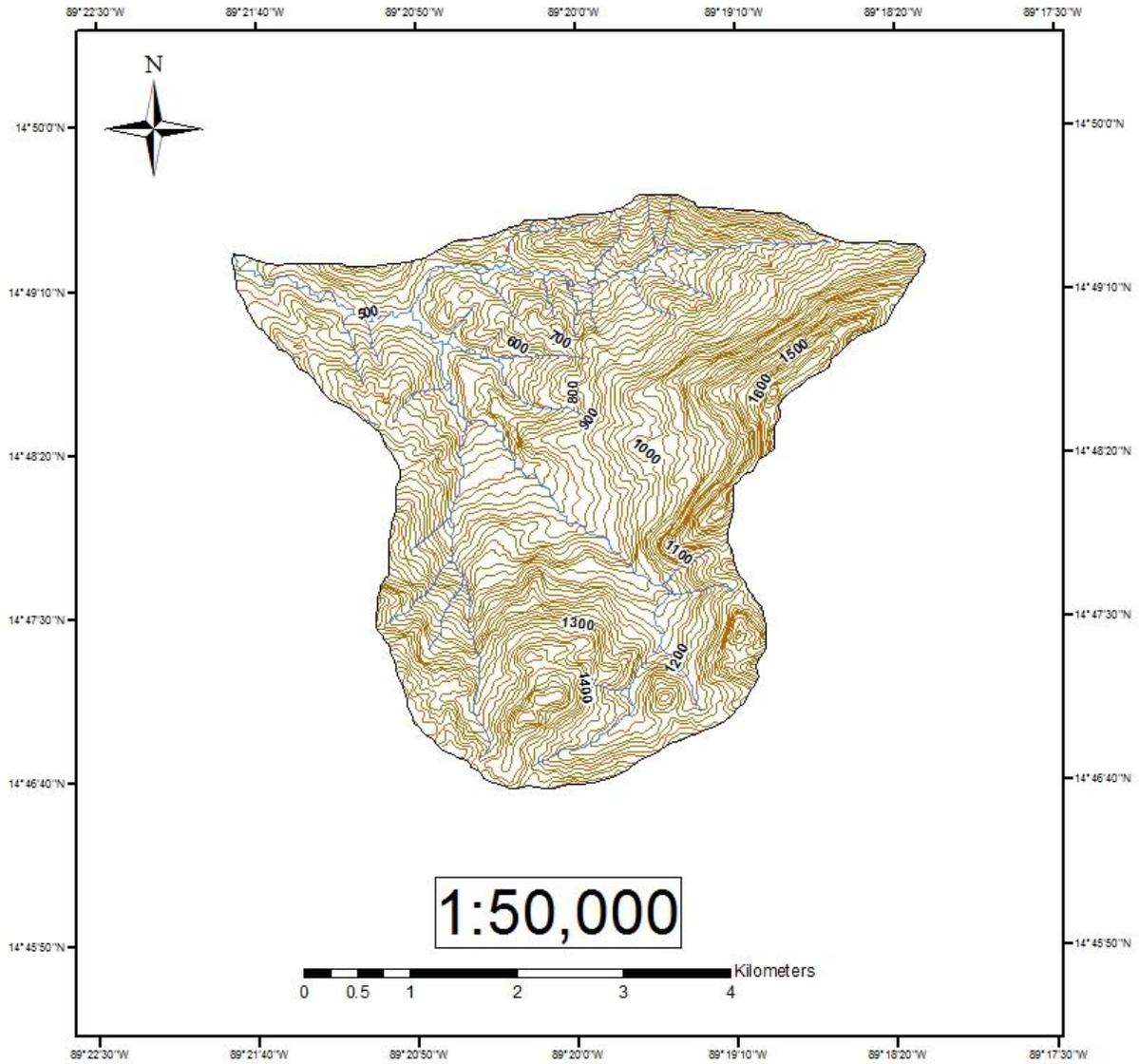
Figura 29 Curva hipsométrica.

#### d. Coeficiente de relieve

La elevación media de la microcuenca Agua Caliente es alta (434 a 1371 msnm), por lo que la curva hipsométrica demuestra que se encuentra en una etapa de equilibrio.

$$Cr = \frac{1600m - 400m}{7,352m} = 0.16$$

En la figura 30 se presenta las curvas a nivel a cada 20 m.



Coordinate System: Transverse Mercator  
Projection: Transverse Mercator  
Datum: WGS 1984  
False Easting: 500,000.0000  
False Northing: 0.0000  
Central Meridian: -90.5000  
Scale Factor: 0.9998  
Latitude Of Origin: 0.0000  
Units: Meter



**LEYENDA**  
Curvas a nivel  
— Primarias  
— Secundaria  
Pendiente media  
46.97%  
□ Delimitación de la microcuenca

**Mapa de curvas a nivel en la microcuenca Agua Caliente, Camotán**

Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 30 Mapa de curvas a nivel de la microcuenca Agua Caliente.

## 2.5.2. Escurrimiento superficial

Dentro de las características de escurrimiento superficial, se determinó siguiente:

### A. Caudales

Los resultados de la medición de caudales que se realizaron durante los 9 meses se resumen en el cuadro 18.

Cuadro 18. Medición de caudales.

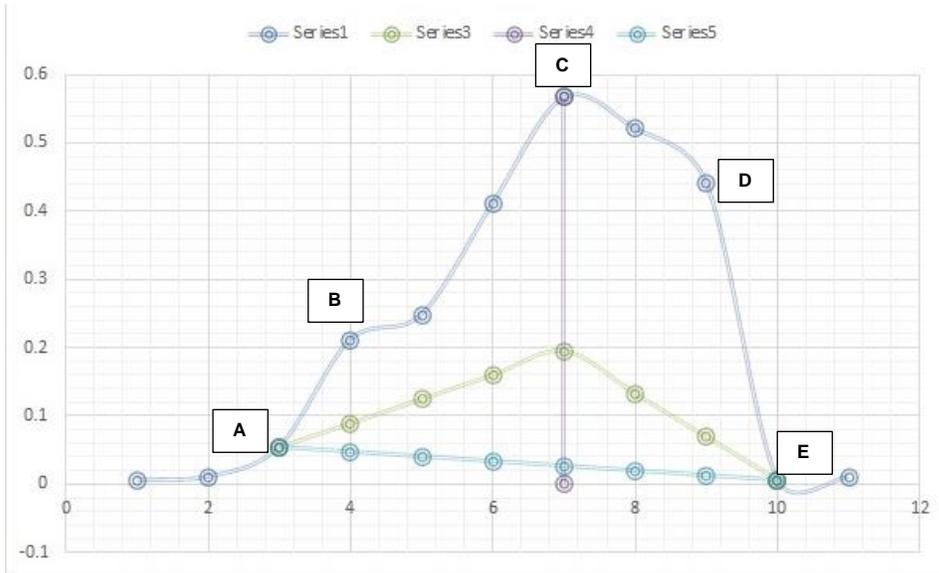
| Caudales en el mes marzo a noviembre 2017 |                   |             |             |
|---|-------------------|-------------|-------------|
| Mes                                       | Parte alta        | Parte media | Parte baja  |
|   | m <sup>3</sup> /s |             |             |
| Marzo                                     | 0.000704268       | 0.004380829 | 0.01376938  |
| Abril                                     | 0.002572511       | 0.00594942  | 0.02289303  |
| Mayo                                      | 0.066935367       | 0.070933333 | 0.02450555  |
| Junio                                     | 0.038604423       | 0.230308451 | 0.31462587  |
| Julio                                     | 0.037434341       | 0.342058347 | 0.305330132 |
| Agosto                                    | 0.149239351       | 0.367474381 | 0.718301887 |
| Septiembre                                | 0.163851351       | 0.619249395 | 0.917094524 |
| Octubre                                   | 0.103364700       | 0.697865777 | 0.762281578 |
| Noviembre                                 | 0.098257743       | 0.437673297 | 0.789215633 |

Fuente: elaboración propia, 2017.

El objetivo de aforar la corriente permanente del área de estudio durante varios meses del año es para determinar los niveles de agua durante unas fechas determinadas, la medición de caudales dentro del área de estudio se realizó en los 3 extractos principales de microcuenca en los meses de marzo a noviembre, cuyo caudal más alto fue registrado en el mes de septiembre con 0.91 m<sup>3</sup>/s y el más bajo se registró en el mes de marzo con 0.013 m<sup>3</sup>/s, lo cual se le atribuye a la época seca que se da en la región.

## B. Hidrograma

En la figura 31 se presenta el hidrograma unitario de la microcuenca Agua Caliente.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 31 Hidrograma unitario de la microcuenca.

En el punto A al B, el cual se inicia en el mes de mayo, inicio de la lluvia, en donde el agua precipitada es absorbida por la vegetación siendo el escurrimiento superficial directo ausente, a medida que la gráfica va aumentando en el mes de junio inicia la escorrentía superficial directa, es decir que el agua que se infiltra satura la zona y así alimenta el caudal de la microcuenca.

Cuando la lluvia continua y alcanza su punto máximo en el mes de septiembre, (punto C), se llega al máximo nivel de recarga y el agua precipitada contribuye con el aumento de caudal. Del punto B al punto D, se está contribuyendo al flujo subsuperficial (meses de junio a septiembre). Del punto D al E, el caudal únicamente está compuesto por el flujo subsuperficial y agua subterránea. El punto E, en el mes de noviembre, indica la terminación de la escorrentía superficial, a partir de este momento los únicos aportes del caudal son los que provienen de la reserva de agua subterránea.

### C. Fuentes de agua

Las fuentes de agua o nacimientos son los afloramientos naturales de agua de la freática, las fuentes permanentes están conectadas directamente con el manto freático y por ello sus caudales no se ven afectados por la época seca, desde el punto de vista de los pobladores estas fuentes de agua son importantes para el consumo humano y uso doméstico.

Los resultados de las fuentes de agua que se encuentran dentro del área de estudio se resumen en el cuadro 19.

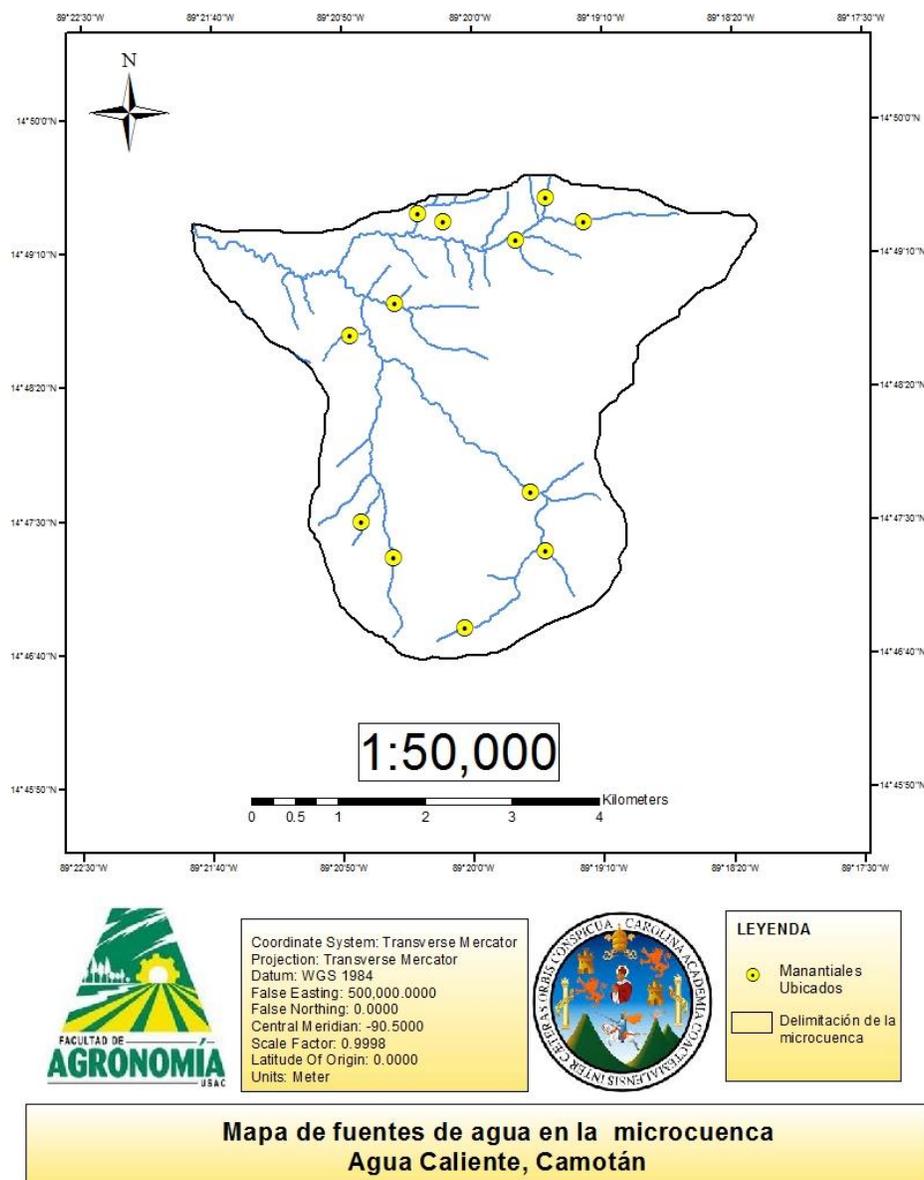
Cuadro 19. Fuentes de agua localizadas en la microcuenca Agua Caliente.

| Comunidad     | Coordenadas   |              | Altitud | Caudal m <sup>3</sup> /hora | Caudal m <sup>3</sup> /día | Caudal l/s  | Uso | Cobertura forestal |
|---------------|---------------|--------------|---------|-----------------------------|----------------------------|-------------|-----|--------------------|
|               | X             | Y            |         |                             |                            |             |     |                    |
| Ocumbla       | -89 19.963629 | 14 46.734451 | 1282    | 4.043                       | 97.032                     | 1.123055556 | SI  | SI                 |
| Ocumbla       | -89 20.772618 | 14 47.118737 | 1275    | 2.871                       | 68.904                     | 0.7975      | SI  | SI                 |
| La Arada      | -89 19.745454 | 14 47.54794  | 1322    | 3.957                       | 94.968                     | 1.099166667 | SI  | SI                 |
| La Cumbre     | -89 19.233663 | 14 48.927015 | 990     | 2.652                       | 63.648                     | 0.736666667 | SI  | SI                 |
| Nearar        | -89 18.692393 | 14 49.199706 | 1066    | 3.149                       | 75.576                     | 0.874722222 | SI  | SI                 |
| Dos Quebradas | -89 19.063518 | 14 48.482799 | 925     | 5.306                       | 127.344                    | 1.473888889 | SI  | SI                 |
| Petentá       | -89 19.274949 | 14 49.473872 | 904     | 2.837                       | 68.088                     | 0.788055556 | SI  | SI                 |
| La Brea       | -89 19.709756 | 14 49.252268 | 703     | 3.441                       | 82.584                     | 0.955833333 | SI  | SI                 |
| Tisipe        | -89 20.178082 | 14 49.379469 | 665     | 4.251                       | 102.024                    | 1.180833333 | SI  | SI                 |
| Tierra Blanca | -89 20.783644 | 14 48.659388 | 664     | 3.993                       | 95.832                     | 1.109166667 | SI  | SI                 |
| Talco Tisipe  | -89 20.474151 | 14 48.619096 | 618     | 2.643                       | 63.432                     | 0.734166667 | SI  | SI                 |
| Chiyó         | -89 19.771952 | 14 47.556683 | 1035    | 2.266                       | 54.384                     | 0.629444444 | SI  | SI                 |
|               |               |              |         | 41.409                      | 993.816                    | 11.5025     |     |                    |

Fuente: elaboración propia, 2017.

Dentro de la microcuenca Agua Caliente, se identificaron doce fuentes de agua, las son utilizadas por los pobladores, siendo la fuente de mayor caudal ubicada en la comunidad Dos Quebradas con 127.344 m<sup>3</sup>/día, seguida por la fuente en Tisipe con 102.024 m<sup>3</sup>/día, las doce fuentes ubicadas tienen un total de 993.816 m<sup>3</sup>/día, para una población total 8,067 habitantes.

En la figura 32 se presenta la ubicación de las fuentes de agua identificadas dentro de la microcuenca Agua Caliente.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 32 Mapa de identificación de manantiales.

### 2.5.3. Calidad del agua

La calidad de agua se refiere a aquellas características químicas, físicas y biológicas del agua, estas son una condición que el agua debe de tener para ciertos usos importantes como lo es el doméstico, consumo humano y agrícola.

En el cuadro 20 se presentan un resumen de los resultados fisicoquímicos de las muestras tomadas del área de estudio.

Cuadro 20. Resultados de los análisis de fisicoquímico del agua.

| Análisis fisicoquímico           |         |         |         | COGUANOR                |                          |
|----------------------------------|---------|---------|---------|-------------------------|--------------------------|
| Parámetro                        | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Límite máximo aceptable | Límite máximo permisible |
| pH                               | 8.05    | 8.24    | 7.93    | 7.0 a 7.5               | 6.5 a 8.5                |
| T (°C)                           | 24.5    | 24.5    | 24.5    | 15 a 25                 | 34                       |
| Conductividad (µS/cm)            | 443     | 295     | 330     | --                      | < 1,500                  |
| Oxígeno disuelto (mg/L)          | 7.98    | 7.6     | 7.56    | 8                       | 4                        |
| Oxígeno disuelto % de Sat        | 117.9   | 111.5   | 109.8   | --                      | 80 a 100                 |
| Turbidez (NTU)                   | 4       | 4       | 6       | 5                       | 15                       |
| Sólidos totales (mg/L)           | 332     | 248     | 384     | 500                     | 1000                     |
| Sólidos disueltos totales (mg/L) | 219     | 145     | 162.2   | --                      | 500                      |
| Fosfatos (mg/L)                  | 1.84    | 0.84    | 1.2     | 0.5                     | 1                        |
| Nitratos (mg/L)                  | 17.1    | 11.6    | 13.8    | --                      | 10                       |
| Nitritos (mg/L)                  | 0.005   | 0.005   | 0.006   | --                      | 0.1                      |
| Sulfatos (mg/L)                  | 189.6   | 128.73  | 44.6    | 100                     | 250                      |
| DBO5 (mg/L)                      | 20      | 14      | 16      | 3                       | 25                       |
| Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> ) | 120     | 140     | 160     | 100                     | 500                      |

En cuanto al pH del agua este se encuentra sobre el límite máximo aceptable en los tres puntos tomados dentro de la microcuenca, por otra parte, se encuentra en el rango del límite permisible siendo una característica buena del agua, determinado así que el agua es alcalina, afectando la actividad biológica.

La temperatura se encuentra en el límite máximo aceptable y constante dentro de la corriente principal, la conductividad eléctrica del agua no sobre pasa los límites permisibles, el oxígeno disuelto sobre pasa en ambos límites, por lo que no se mantienen formas de vida biológica, como peces.

La turbidez está por debajo de los límites, siendo un agua de poca presencia de sólidos coloidales sin ser afectada por el descargue de arcillas y limos, los sólidos tanto totales como disueltos no sobrepasan los límites dados, por lo que se relaciona los sólidos presentes en el agua con la turbidez la cual es baja. Los fosfatos en el agua son probables que este estable por el uso de detergentes y fertilizantes los cuales llegan a la corriente principal por medio del escurrimiento agrícola.

La cantidad de nitratos por miligramo litro es superior al límite permisible, por lo cual se puede adjudicar a la actividad agrícola presente en la zona, la cual se caracteriza en el cultivo de hortalizas y posiblemente en la aplicación de nitrógeno. Los sulfatos presentes en el agua sobrepasan los límites por lo que se determina que es un agua dura, con altas concentraciones de sodio y potasio, la cual es perjudicial para el uso doméstico especialmente en los alimentos y el lavado de ropa.

En el cuadro 21 se presenta un resumen de los resultados bacteriológicos de las muestras tomadas del área de estudio.

Cuadro 21. Resultados de los análisis de bacteriológicos del agua.

| Análisis bacteriológico        |         |         |         |
|--------------------------------|---------|---------|---------|
| Parámetro                      | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 |
| Coliformes totales (NMP/100mL) | 460     | 1100    | 2400    |

|                                |     |     |      |
|--------------------------------|-----|-----|------|
| Escherichia coli (NMP/100mL)   | 150 | 460 | 2400 |
| Coliformes fecales (NMP/100mL) | 150 | 460 | 2400 |

Como se puede observar la actividad bacteriológica del agua se encuentra contaminada con coliformes totales y fecales, además según OMS (OMS, 2008) menciona que Escherichia coli es un indicador fecal, con base a esto la mayoría de las tomas de muestras realizadas, están contaminadas con material fecal lo cual se considera que el consumir el agua existe una alta probabilidad de adquirir enfermedades gastrointestinales causadas por bacterias enteropatógenos.

## 2.5.4. Balance Hídrico de suelos

Los balances hídricos que se presentan para el área de estudio se basaron de las pruebas de infiltración realizadas en campo y datos previamente dados que se basan en la relación entre los aportes de agua realizados a través de la precipitación y las pérdidas hacia la atmosfera ocasionadas por la ETP de la vegetación.

En el cuadro 22 se presenta un resumen del balance hídrico de suelos cuyo uso de la tierra son granos básicos.

Cuadro 22. Balance hídrico de suelos, cobertura granos básicos.

Zona de estudio: Microcuenca Agua Caliente, parte media.

Fecha: Julio, 2017.

Textura del suelo: Franco Arcilloso.

|  |         |             |              |
|--|---------|-------------|--------------|
| fc [mm/d]  | 98.32   |             |              |
| Kp [0.01%]                                       | 0.10    |             |              |
| Kv [0.01%]                                       | 0.10    |             |              |
| Kfc [0.01%]                                      | 0.4     |             | Por peso     |
| I [0.01%]  | 0.6     |             | (%) (mm)     |
| DS (g/cm <sup>3</sup> ):                         | 1.00    | CC          | 23.50 470.00 |
|  |         | PM          | 13.25 265.00 |
|  |         | (CC-<br>PM) | 10.25 205.00 |
| PR (mm)  | 2000.00 |             |              |
| HSi (mm)   | 470.00  |             |              |
| Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?         | 1       |             |              |
| Lluvia retenida [0.01%]: Bosques=0.2, otros=0.12 | 0.12    |             |              |

| Concepto | Oct     | Nov     | Dic     | Ene        | Feb      | Mar     | Abr     | May     | Jun     | Jul     | Ago     | Sep     | Total   |
|----------|---------|---------|---------|------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| P (mm)   | 138.791 | 47.0652 | 6.41739 | 2.86956522 | 5.491304 | 7.43913 | 31.9391 | 136.417 | 274.409 | 210.439 | 224.196 | 243.852 | 1329.33 |
| Ret [mm] | 16.65   | 5.65    | 5.00    | 2.87       | 5.00     | 5.00    | 5.00    | 16.37   | 32.93   | 25.25   | 26.90   | 29.26   | 175.89  |
| Pi (mm)  | 73.28   | 24.85   | 0.85    | 0.00       | 0.29     | 1.46    | 16.16   | 72.03   | 144.89  | 111.11  | 118.38  | 128.75  | 692.06  |
| ESC (mm) | 48.85   | 16.57   | 0.57    | 0.00       | 0.20     | 0.98    | 10.78   | 48.02   | 96.59   | 74.07   | 78.92   | 85.84   | 461.37  |
| ETP (mm) | 65.00   | 70.00   | 70.00   | 85.00      | 88.00    | 90.00   | 95.00   | 88.00   | 85.00   | 87.00   | 83.00   | 90.00   | 996.00  |

Continuación cuadro 22

|          |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| HSi (mm) | 470.00 | 470.00 | 432.56 | 385.72 | 346.04 | 318.92 | 301.40 | 298.85 | 335.18 | 410.61 | 442.20 | 470.00 |         |
| HD (mm)  | 278.28 | 229.85 | 168.41 | 120.72 | 81.34  | 55.38  | 52.57  | 105.88 | 215.07 | 256.72 | 295.58 | 333.75 |         |
| ETR (mm) | 65.00  | 62.29  | 47.69  | 39.68  | 27.42  | 18.98  | 18.72  | 35.70  | 69.47  | 79.51  | 83.00  | 90.00  | 637.45  |
| HSf (mm) | 470.00 | 432.56 | 385.72 | 346.04 | 318.92 | 301.40 | 298.85 | 335.18 | 410.61 | 442.20 | 470.00 | 470.00 |         |
| DCC (mm) | 0.00   | 37.44  | 84.28  | 123.96 | 151.08 | 168.60 | 171.15 | 134.82 | 59.39  | 27.80  | 0.00   | 0.00   |         |
| Rp (mm)  | 8.28   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 7.58   | 38.75  | 54.62   |
| NR (mm)  | 0.00   | 45.15  | 106.59 | 169.28 | 211.66 | 239.62 | 247.43 | 187.12 | 74.93  | 35.28  | 0.00   | 0.00   | 1317.06 |

En el área donde se realizó la prueba de infiltración el uso de la tierra predominaba los granos básicos, por lo existe un máximo de humedad de almacenamiento de 470 mm, que es la capacidad de campo registrada en el mes de octubre, el valor mínimo de humedad obtenido es de 298.85 mm, que corresponde al punto de marchitez en el mes de abril. El valor de evapotranspiración anual es de 996 mm y el valor de evapotranspiración real es de 637.45 mm. En cuanto a la recarga hídrica potencial es de 54.62 mm, existiendo una recarga en los meses lluviosos de octubre, agosto y septiembre obteniendo una ausencia de recarga hídrica en los meses de mayo y junio. La necesidad de riego anual en la microcuenca Agua Caliente e de 1,317.06 mm para los meses secos los cuales son; noviembre, enero, febrero, marzo y abril.

En el cuadro En el cuadro 23 se presenta un resumen del balance hídrico de suelos cuya cobertura vegetal es de pastos naturales.

## Cuadro 23. Balance Hídrico de Suelos, cobertura pastos naturales.

Zona de estudio: Microcuenca Agua Caliente, parte baja.

Fecha: Julio, 2017.

Textura: Franco Arcillosa.

|                          |         |         |              |
|--------------------------|---------|---------|--------------|
| fc [mm/d]                | 98.32   |         |              |
| Kp [0.01%]               | 0.06    |         |              |
| Kv [0.01%]               | 0.09    |         |              |
| Kfc [0.01%]              | 0.4     |         | Por peso     |
| I [0.01%]                | 0.55    |         | (%) (mm)     |
| DS (g/cm <sup>3</sup> ): | 1.00    | CC      | 25.40 508.00 |
| PR (mm)                  | 2000.00 | PM      | 14.33 286.60 |
| HSi (mm)                 | 470.00  | (CC-PM) | 11.07 221.40 |

| Concepto | Oct     | Nov     | Dic     | Ene        | Feb      | Mar     | Abr     | May     | Jun     | Jul     | Ago     | Sep     | Total   |
|----------|---------|---------|---------|------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| P (mm)   | 138.791 | 47.0652 | 6.41739 | 2.86956522 | 5.491304 | 7.43913 | 31.9391 | 136.417 | 274.409 | 210.439 | 224.196 | 243.852 | 1329.33 |
| Ret [mm] | 16.65   | 5.65    | 5.00    | 2.87       | 5.00     | 5.00    | 5.00    | 16.37   | 32.93   | 25.25   | 26.90   | 29.26   | 175.89  |
| Pi (mm)  | 67.17   | 22.78   | 0.78    | 0.00       | 0.27     | 1.34    | 14.82   | 66.03   | 132.81  | 101.85  | 108.51  | 118.02  | 634.39  |
| ESC (mm) | 54.96   | 18.64   | 0.64    | 0.00       | 0.22     | 1.10    | 12.12   | 54.02   | 108.67  | 83.33   | 88.78   | 96.57   | 519.05  |
| ETP (mm) | 65.00   | 70.00   | 70.00   | 85.00      | 88.00    | 90.00   | 95.00   | 88.00   | 85.00   | 87.00   | 83.00   | 90.00   | 996.00  |
| HSi (mm) | 470.00  | 477.43  | 443.35  | 402.20     | 366.34   | 341.13  | 324.37  | 321.47  | 355.36  | 425.64  | 453.76  | 484.65  |         |
| HD (mm)  | 250.57  | 213.61  | 157.53  | 115.60     | 80.01    | 55.87   | 52.59   | 100.89  | 201.57  | 240.89  | 275.67  | 316.08  |         |
| ETR (mm) | 59.74   | 56.86   | 41.93   | 35.86      | 25.48    | 18.09   | 17.72   | 32.13   | 62.53   | 73.74   | 77.61   | 90.00   | 591.71  |
| HSf (mm) | 477.43  | 443.35  | 402.20  | 366.34     | 341.13   | 324.37  | 321.47  | 355.36  | 425.64  | 453.76  | 484.65  | 508.00  |         |
| DCC (mm) | 30.57   | 64.65   | 105.80  | 141.66     | 166.87   | 183.63  | 186.53  | 152.64  | 82.36   | 54.24   | 23.35   | 0.00    |         |
| Rp (mm)  | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00       | 0.00     | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 4.68    | 4.68    |
| NR (mm)  | 35.83   | 77.79   | 133.87  | 190.80     | 229.39   | 255.53  | 263.81  | 208.51  | 104.83  | 67.51   | 28.73   | 0.00    | 1596.59 |

En este suelo con una cobertura de pastos naturales, existe un máximo de humedad de almacenamiento de 470 mm, que es la capacidad de campo registrada en el mes de octubre, el valor mínimo de humedad obtenido es de 321.47 mm, que corresponde al punto de marchitez en el mes de abril. El valor de evapotranspiración anual es de 996 mm y el valor de

evapotranspiración real es de 591.71 mm. En cuanto a la recarga hídrica potencial es de 4.68 mm, existiendo una recarga en septiembre obteniendo una ausencia de recarga hídrica en el resto del año. La necesidad de riego anual en la microcuenca Agua Caliente es de 1,596.59 mm para los meses secos los cuales son; noviembre, enero, febrero, marzo y abril.

En el cuadro En el cuadro 24 se presenta un resumen del balance hídrico de suelos cuya cobertura forestal es de bosque latifoliado.

**Cuadro 24. Balance Hídrico de Suelos, cobertura bosque latifoliado.**

Zona de estudio: Microcuenca Agua Caliente, parte alta.

Fecha: Julio, 2017.

Textura del suelo: Franco Arcilloso.

|                       |         |  |  |  |  |  |  |             |       |        |  |  |  |
|-----------------------|---------|--|--|--|--|--|--|-------------|-------|--------|--|--|--|
| fc [mm/d]             | 98.32   |  |  |  |  |  |  |             |       |        |  |  |  |
| Kp                    |         |  |  |  |  |  |  |             |       |        |  |  |  |
| [0.01%]               | 0.06    |  |  |  |  |  |  |             |       |        |  |  |  |
| Kv                    |         |  |  |  |  |  |  |             |       |        |  |  |  |
| [0.01%]               | 0.20    |  |  |  |  |  |  |             |       |        |  |  |  |
| Kfc                   |         |  |  |  |  |  |  |             |       |        |  |  |  |
| [0.01%]               | 0.4     |  |  |  |  |  |  |             |       |        |  |  |  |
| I [0.01%]             | 0.66    |  |  |  |  |  |  | CC          | 23.50 | 470.00 |  |  |  |
| DS                    |         |  |  |  |  |  |  |             |       |        |  |  |  |
| (g/cm <sup>3</sup> ): | 1.00    |  |  |  |  |  |  | PM          | 13.25 | 265.00 |  |  |  |
| PR (mm)               | 2000.00 |  |  |  |  |  |  | (CC-<br>PM) | 10.25 | 205.00 |  |  |  |
| HSi (mm)              | 470.00  |  |  |  |  |  |  |             |       |        |  |  |  |

| Concepto | Oct     | Nov     | Dic     | Ene        | Feb      | Mar     | Abr     | May     | Jun     | Jul     | Ago     | Sep     | Total   |
|----------|---------|---------|---------|------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| P (mm)   | 138.791 | 47.0652 | 6.41739 | 2.86956522 | 5.491304 | 7.43913 | 31.9391 | 136.417 | 274.409 | 210.439 | 224.196 | 243.852 | 1329.33 |

Continuación cuadro 24.

|          |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Ret [mm] | 16.65  | 5.65   | 5.00   | 2.87   | 5.00   | 5.00   | 5.00   | 16.37  | 32.93  | 25.25  | 26.90  | 29.26  | 175.89  |
| Pi (mm)  | 80.61  | 27.34  | 0.94   | 0.00   | 0.32   | 1.61   | 17.78  | 79.23  | 159.38 | 122.22 | 130.21 | 141.63 | 761.27  |
| ESC (mm) | 41.53  | 14.08  | 0.48   | 0.00   | 0.17   | 0.83   | 9.16   | 40.82  | 82.10  | 62.96  | 67.08  | 72.96  | 392.17  |
| ETP (mm) | 65.00  | 70.00  | 70.00  | 85.00  | 88.00  | 90.00  | 95.00  | 88.00  | 85.00  | 87.00  | 83.00  | 90.00  | 996.00  |
| HSi (mm) | 470.00 | 470.00 | 434.62 | 387.26 | 347.08 | 319.62 | 301.96 | 300.25 | 340.89 | 426.61 | 463.57 | 470.00 | 653.25  |
| HD (mm)  | 285.61 | 232.34 | 170.56 | 122.26 | 82.40  | 56.23  | 54.74  | 114.48 | 235.26 | 283.83 | 328.78 | 346.63 |         |
| ETR (mm) | 65.00  | 62.72  | 48.30  | 40.18  | 27.78  | 19.27  | 19.49  | 38.60  | 73.65  | 85.27  | 83.00  | 90.00  |         |
| HSf (mm) | 470.00 | 434.62 | 387.26 | 347.08 | 319.62 | 301.96 | 300.25 | 340.89 | 426.61 | 463.57 | 470.00 | 470.00 |         |
| DCC (mm) | 0.00   | 35.38  | 82.74  | 122.92 | 150.38 | 168.04 | 169.75 | 129.11 | 43.39  | 6.43   | 0.00   | 0.00   |         |
| Rp (mm)  | 15.61  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 40.78  | 51.63  | 108.02  |
| NR (mm)  | 0.00   | 42.66  | 104.44 | 167.74 | 210.60 | 238.77 | 245.26 | 178.52 | 54.74  | 8.17   | 0.00   | 0.00   | 1250.89 |

En este suelo con una cobertura de bosque latifoliado, existe un máximo de humedad de almacenamiento de 470 mm, que es la capacidad de campo registrada en el mes de octubre, el valor mínimo de humedad obtenido es de 300.25 mm, que corresponde al punto de marchitez en el mes de abril. El valor de evapotranspiración anual es de 996 mm y el valor de evapotranspiración real es de 653.25 mm, en cuanto a la recarga hídrica potencial es de 108.02 mm, existiendo una recarga en los meses lluviosos de octubre, agosto y septiembre obteniendo una ausencia de recarga hídrica en los meses de mayo y junio. La necesidad de riego anual para esta área es de 1,250.89 mm para los meses secos los cuales son; noviembre, enero, febrero, marzo y abril.

### 2.5.5. Planificación del recurso hídrico

Dentro de las fases de la planificación del uso y manejo del recurso hídrico, se determinó siguiente:

#### A. Clasificación de usos del agua

La calidad del recurso hídrico responde necesariamente a la calidad de los suelos que conforman a la microcuenca y las actividades que se realizan sobre ellos, en cuanto a la calidad del agua esta depende de los usos del recurso, y tienen relación con los usos de la tierra. La planificación del recurso hídrico debe orientarse de sus usos actuales y potenciales. La importancia de identificar entre todos los usos, el cuál será el más predominante dentro de la microcuenca, es para la destinación óptima y conveniente.

En la figura 33 se presenta un resumen de los principales usos del agua.

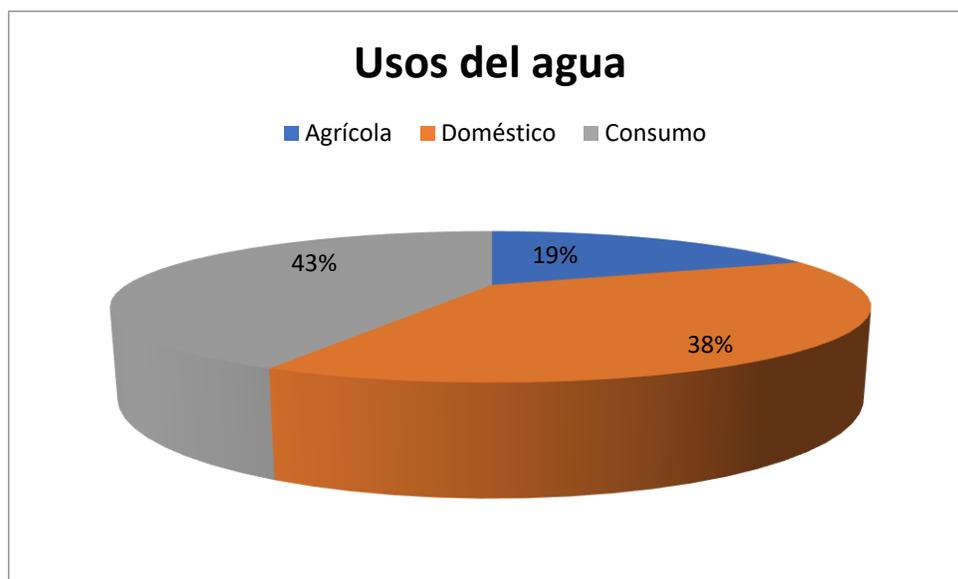


Figura 33 Principales usos del agua en la microcuenca Agua Caliente.

Los usos actuales identificados durante la realización de la encuesta fueron priorizados por las personas, es decir que el 100 % del agua que recolectan las personas lo destinan para el uso doméstico, consumo y agrícola, es por ello que los pobladores un 43 % del agua recolectada la utilizan el agua para consumo, cabe recalcar que el lugar de obtención del recurso para este uso es por nacimiento, seguidamente el consumo doméstico es prioridad con un 38 % y por último el agrícola, 19 %, este se centra principalmente en el riego de huertos familiares en la época seca, todos los pobladores depende directamente en la época de lluvia para cultivar sus reservas alimentarias de maíz y frijol.

### **B. Determinación de usos predominantes y potenciales del recurso hídrico**

Para poder planificar el uso y manejo del recurso hídrico es necesario el identificar los sus actuales que se le da al agua y también aquellos potenciales en donde la preservación de la flora y fauna sea posible dentro del área de estudio.

En el cuadro 25 se presenta los usos predominantes y los potenciales aptos para el recurso hídrico dentro de la zona de estudio.

Cuadro 25. Usos predominantes y potenciales del recurso hídrico.

| Uso                       | Actual | Potencial | Ubicación y descripción   |
|---------------------------|--------|-----------|---|
| Consumo humano            | x      | X         | El uso del agua para consumo humano se realiza desde la parte alta, la comunidad Ocumbra hasta la parte baja en el barrio Agua Caliente, este consumo se ve intensificado en la época seca que comprende los meses de noviembre a abril.          |
| Agrícola<br>(Autoconsumo) | x      | X         | El uso del agua para la agricultura familiar se realiza desde la parte alta, la comunidad Ocumbra hasta la parte baja en el barrio Agua Caliente, este consumo se ve intensificado en la época seca que comprende los meses de noviembre a abril. |

## Continuación cuadro 25

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| Doméstico                                    | x | X | El uso del agua para el uso doméstico, principal mente se utiliza para lavar ropa directamente en la corriente, este se realiza desde la parte alta, la comunidad Ocumbra hasta la parte baja en el barrio Agua Caliente, este consumo se ve intensificado en la época seca que comprende los meses de noviembre a abril. |
| Preservación y conservación de flora y fauna |   | X | Las partes altas de la microcuenca son muy importantes en su protección ya que son zonas de recarga hídrica, a su vez en la parte media y baja es necesario el mantener una cobertura forestal adecuada para evitar la erosión de los suelos.   |

Fuente: elaboración propia, 2017.

### C. Calidad del agua de los usos identificados

Los índices de calidad del agua evaluados fueron los siguientes:

#### a. Calidad de agua para el uso agrícola

La calidad de agua se refiere a aquellas características químicas, físicas y biológicas del agua, estas son una condición que el agua debe de tener para ciertos el uso agrícola, los criterios se basaron el COGUANOR.

En el cuadro 26 se presenta un resumen de los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio sobre la calidad del agua para uso agrícola.

Cuadro 26. Criterios de calidad para el uso agrícola.

| Criterios de calidad para uso agrícola |            |      |      |                      |
|--|------------|------|------|----------------------|
| Parámetro                              | Resultados |      |      | Criterio<br>COGUANOR |
|  | P.1        | P.2  | P.3  |                      |
| DBO5 (mg O2/L)                         | 20         | 14   | 16   | ≤5                   |
| ST (mg/l)                              | 332        | 248  | 384  | ≤20                  |
| OD (mg O2/L)                           | 7.98       | 7.6  | 7.56 | ≥6                   |
| pH                                     | 8.05       | 8.24 | 7.93 | 6.5-8.5              |
| Coliformes totales (NPM/1000 ml)       | 460        | 1100 | 2400 | 5000                 |
| Coliformes fecales (NPM/1000 ml)       | 150        | 460  | 2400 | 1000                 |

Fuente: elaboración propia, 2017.

La calidad del agua en la microcuenca Agua Caliente para el uso agrícola sobre pasan algunos criterios dados por COGUANOR, siendo estos la demanda biológica de oxígeno, los sólidos de saturación, el oxígeno disuelto. Aquellos que no sobre pasan los límites máximos permisibles son el pH, los coliformes totales y fecales.

#### **b. Calidad del agua para el uso doméstico y consumo humano**

La calidad de agua se refiere a aquellas características químicas, físicas y biológicas del agua, estas son una condición que el agua debe de tener para ciertos el uso doméstico y consumo humano, los criterios se basaron el COGUANOR.

En el cuadro 27 se presenta un resumen de los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio sobre la calidad del agua para el consumo humano y el uso doméstico.

Cuadro 27. Criterios de calidad para el consumo humano y uso doméstico.

| Criterios de calidad para el consumo humano y uso doméstico |            |      |      |          |
|---|------------|------|------|----------|
| Parámetro   | Resultados |      |      | Criterio |
|   | P.1        | P.2  | P.3  |          |
| DBO5 (mg O2/L)  | 20         | 14   | 16   | ≤5       |
| ST (mg/l)   | 332        | 248  | 384  | ≤20      |
| OD (mg O2/L)  | 7.98       | 7.6  | 7.56 | ≥6       |
| pH  | 8.05       | 8.24 | 7.93 | 6.5-8.5  |
| Coliformes totales (NPM/1000 ml)                            | 460        | 1100 | 2400 | 5000     |
| Coliformes fecales (NPM/1000 ml)                            | 150        | 460  | 2400 | 1000     |

Fuente: elaboración propia, 2017.

Según COGUANOR, el agua que se dispone en la corriente principal de la microcuenca Agua Caliente, para consumo humano y uso doméstico carece de características físicas, químicas y microbiológicas para que ser utilizada con estos fines, especialmente por la presencia de coliformes totales y fecales. Esta alta contaminación se debe a la gran cantidad de viviendas que depositan vertimientos domésticos de aguas grises directamente a la corriente principal y la ausencia de drenajes.

### 2.5.6. Balance general de oferta y demanda del recurso hídrico

La oferta y demanda obtenida fue:

#### A. Oferta hídrica neta

Para la aplicación de la fórmula de oferta hídrica neta primero se transformó el valor de lámina de agua resultado del balance hídrico de suelos (escurrimiento superficial total) a

caudal expresado en (millones de m<sup>3</sup> /año), usándola fórmula propuesta en la guía metodológica para el cálculo del índice de escasez establecida por (IDEAM, 2013).

$$\text{OHN} = \frac{(461.37\text{mm}) * (20.30\text{Km}^2) * (1,000)}{31,536,000 \text{ segundos/año}} = 0.2969 \text{ millones m}^3/\text{segundo}$$

$$\text{OHN} = (0.2969 * 31536 \text{ millones de segundo año}) = 9365.811 \text{ millones de m}^3/\text{año}.$$

Finalmente, para el cálculo de oferta hídrica neta se aplica los factores de reducción por régimen de estiaje (25 %) y reducción por fuentes frágiles (25 %), sobre la oferta hídrica superficial total empleando la siguiente ecuación:

$$\text{OHN} = \text{OHT} - (\text{OHT} * (\text{RFF} + \text{RRE})).$$

OHN = Oferta hídrica neta (millones m<sup>3</sup>/s).

OHT = Oferta hídrica total (millones m<sup>3</sup>/s).

RFF = Factor de reducción por fuentes frágiles (%).

RRE = Factor de reducción por régimen de estiaje (%).

$$\text{OHN} = (9,356) - (9,365 * (0.25 + 0.25)) = 4,683 \text{ millones de m}^3/\text{año}$$

## B. Demanda hídrica

La demanda hídrica se divide en:

### a. Demanda de agua para uso doméstico

La demanda para el uso doméstico se obtuvo con la base de datos obtenida en el diagnóstico socioeconómico, mediciones de caudales y los principales usos que se le da al recurso hídrico dentro del área de estudio.

$$\text{DUD} = \text{Dotación Bruta (m}^3/\text{hab/día)} * \text{Población Proyectada}$$

El resultado obtenido se multiplica por 365 días del año

$$\text{DUD} = \frac{0.2727\text{m}^3}{\text{habitante día}} * 8067 \text{ habitantes} = 2,199 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} * 365 \text{ días} = 803,033 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$\text{DUD} = \frac{803,033\text{m}^3/\text{año}}{1 \text{ millón}} = 0.803 \text{ millones de m}^3/\text{año}$$

#### b. Demanda de agua para el uso agrícola

Para la demanda del uso agrícola se utilizó el mapa de uso de la tierra, en donde se estimó el coeficiente promedio de consumo por cultivo (Kc). Tomando encuentra únicamente aquellas áreas de explotación agrícola, en el caso de la microcuenca, únicamente se centrará en el cultivo de café y granos básicos.

En el cuadro 28 se representa la estimación de la demanda de agua para el uso agrícola.

Cuadro 28. Estimación de demanda de agua para uso agrícola.

| Cultivo        | Área (m <sup>2</sup> ) | Kc   | DUA(m <sup>3</sup> ) | DUA (millones m <sup>3</sup> ) | DUA (millones m <sup>3</sup> /año) |
|----------------|------------------------|------|----------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Café           | 4,290,000              | 0.95 | 2,889,021.14         | 2.889021135                    | 0.007915126                        |
| Granos básicos | 2,230,000              | 0.8  | 1,546,317.68         | 1.54631768                     | 0.004236487                        |
| Total          |                        |      |                      |                                | 0.012151613                        |

Fuente: elaboración propia, 2017.

El cálculo de la demanda de agua es un supuesto ya que por los escasos del recurso hídrico dentro del área de la microcuenca estos cultivos no dependen del riego, si no directamente de la lluvia especialmente en los meses de julio a septiembre.

$$DUA = 0.001251 \text{ millones m}^3/\text{año}$$

$$DUA = 1,251 \text{ m}^3/\text{año}$$

### c. Demanda de agua para uso de servicios

Para la demanda de agua por servicios se hizo uso de los establecimientos educativos identificados en el diagnóstico socioeconómico, tomando en cuenta el número de escuelas, la población estudiantil, el factor de consumo por alumno/día.

En el cuadro 29 se presenta un resumen de las escuelas, población estudiantil y el consumo aproximado por alumno/día.

Cuadro 29. Demanda de agua para uso de servicios.

| Caserío                   | No. Escuelas Preprimaria | No. Escuelas Primaria | No. Institutos Básicos | Total, Estudiante | Factor de consumo (l/día/alumno) | consumo litro día | Consumo (m <sup>3</sup> /día) | Consumo (m <sup>3</sup> /año) | Consumo millones m <sup>3</sup> /año |            |             |
|---------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|------------|-------------|
| Tierra Blanca             | 1                        | 1                     | 0                      | 392               | 45                               | 17640             | 17.64                         | 6438.6                        | 0.0064386                            |            |             |
| Cañón Sector 2            | 1                        | 1                     | 0                      |                   |                                  |                   |                               |                               |                                      |            |             |
| Tisipe Centro             | 1                        | 1                     | 1                      |                   |                                  |                   |                               |                               |                                      |            |             |
| Pitahaya Sector Los Pérez | 1                        | 1                     | 0                      |                   |                                  |                   |                               |                               |                                      |            |             |
| Dos Quebradas             | 1                        | 1                     | 1                      | 298               |                                  | 45                | 13410                         | 13.41                         | 4894.65                              | 0.00489465 |             |
| Chiyo                     | 1                        | 1                     | 0                      |                   |                                  |                   |                               |                               |                                      |            |             |
| Chiaguilton               | 1                        | 1                     | 0                      |                   |                                  |                   |                               |                               |                                      |            |             |
| Nearar centro             | 1                        | 1                     | 0                      |                   |                                  |                   |                               |                               |                                      |            |             |
| Nenoja                    | 1                        | 1                     | 0                      | 437               |                                  |                   | 45                            | 19665                         | 19.665                               | 7177.725   | 0.007177725 |
| Tierra Blanca             | 1                        | 1                     | 0                      |                   |                                  |                   |                               |                               |                                      |            |             |
| Cañón Sector 2            | 1                        | 1                     | 0                      |                   |                                  |                   |                               |                               |                                      |            |             |
| Tisipe Centro             | 1                        | 1                     | 1                      |                   |                                  |                   |                               |                               |                                      |            |             |
| Pitahaya Sector Los Pérez | 1                        | 1                     | 0                      | 1127              | 45                               |                   |                               | 18510.975                     | 18510.975                            | 0.01851097 |             |
| total                     | 13                       | 13                    | 3                      |                   |                                  |                   |                               |                               |                                      |            |             |

Fuente: elaboración propia, 2017.

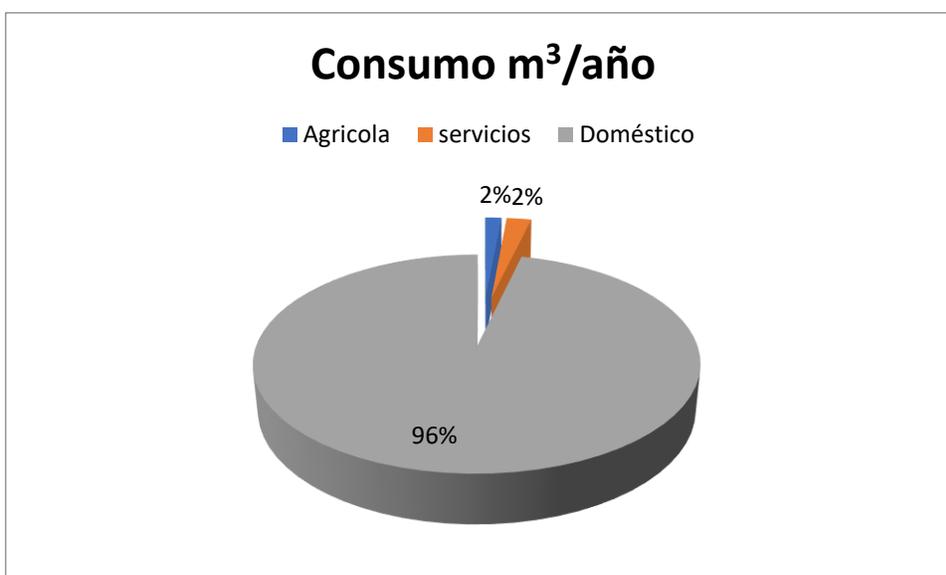
DUS es = a 0.01851 millones m<sup>3</sup>/año

### C. Demanda hídrica total

La demanda hídrica total es un valor estimado que le corresponde al volumen de agua usado por los sectores doméstico, agrícola y servicios dentro del área de estudio.

$$\text{Demanda total} = 0.803 + 0.01251 + 0.01851 = 0.9466 \text{ millones de } m^3 / \text{año}$$

En la figura 34 se presenta un resumen de los datos de consumo de agua dentro del área de estudio.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 34. Consumo de agua en millones de m<sup>3</sup>/ año.

La mayor demanda hídrica en la microcuenca Agua Caliente, se presenta en el sector doméstico debido a que se encuentra en área rural, seguido a la demanda de servicios por la cantidad de escuelas que se encuentran dentro del área, por último, se encuentra la demanda agrícola, esto debido a que la población depende de los meses lluviosos para cultivar sus alimentos, específicamente maíz y frijol.

**D. Índice de escasez**

Según las categorías de índice de escasez existe una fuerte presión sobre el recurso hídrico, denota una urgencia máxima para el ordenamiento y demanda, en casos de la disponibilidad de agua es un factor limitante para el desarrollo económico y se requieren fuertes inversiones económicas para mejorar la eficiencia en la utilización del agua.

$$I_E = \frac{0.9466}{2.2647} * 100 \% = 41.70 \%$$

### 2.5.7. Árbol de causas y efectos

En la figura 35 se presenta el árbol de causas y efectos identificando el deficiente acceso al recurso hídrico.

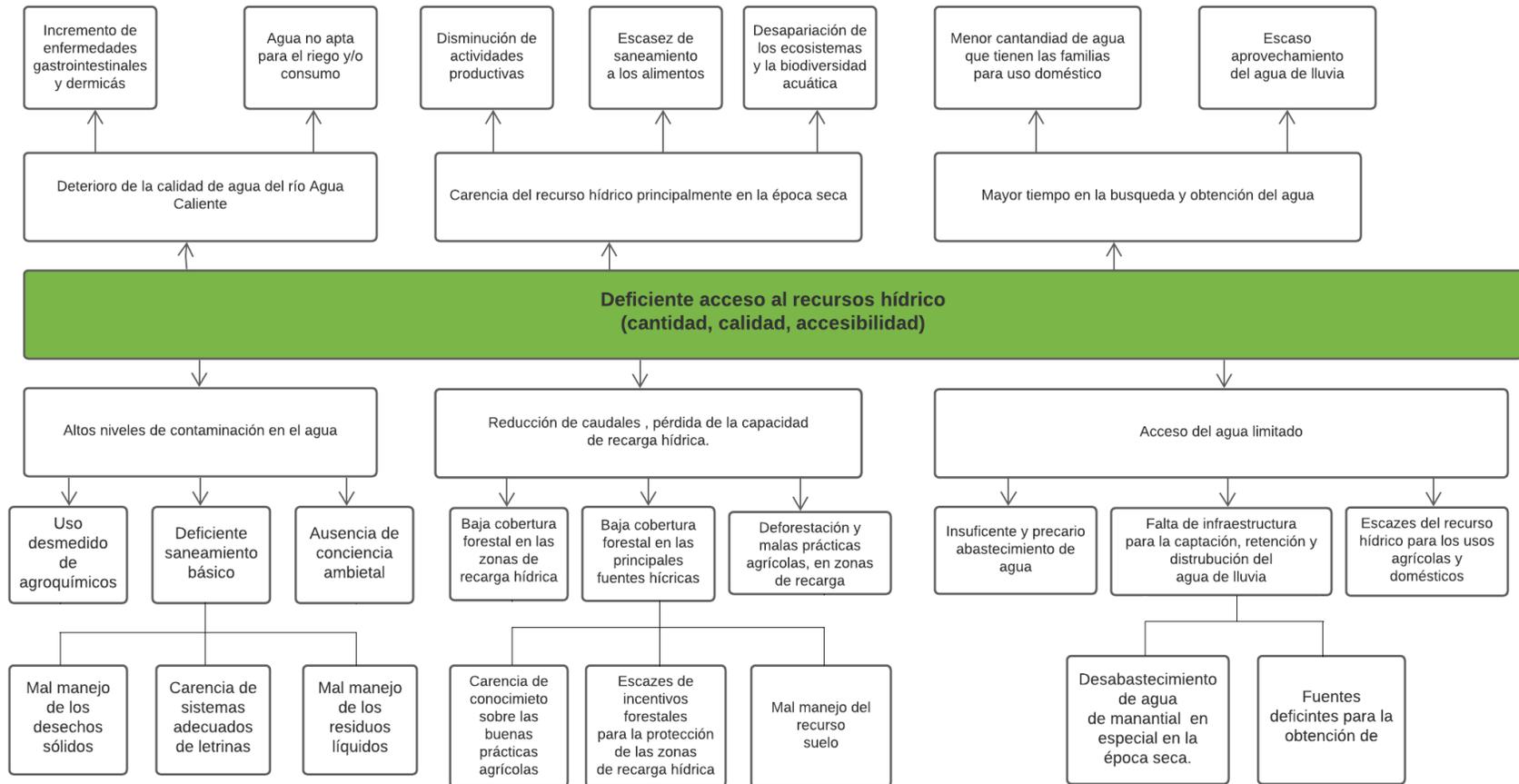


Figura 35. Árbol de causas y efectos.

## **A. Fundamento de las causas**

Altos niveles de contaminación en el agua de la microcuenca Agua Caliente, se relacionan con el uso desmedido de agroquímicos, un deficiente saneamiento básicos y la ausencia de una conciencia ambiental. En el diagnóstico biofísico de la microcuenca, el agua se encuentra altamente contaminada, imposibilitando así el uso de recurso hídrico, ya que las malas prácticas de manejo de desechos sólidos y líquidos, a su vez se le atribuye la carencia de sistemas adecuados de letrinas, contaminando el manto freático como las corrientes superficiales.

Reducción de caudales y la pérdida de la capacidad de la recarga hídrica, se deriva a las poca cantidad de lluvia que caracteriza al corredor seco, según el diagnóstico biofísico llueve un promedio de 800 mm anuales, las bajas lluvias afectan directamente a la disponibilidad y acceso al recurso hídrico, a su vez la pérdida de la capacidad de recarga hídrica se ve afectada debido al uso intensivo de la tierra es un problema que comúnmente se asocia en forma de causas a la mala producción agrícola, la baja cobertura forestal en las zonas de recarga hídrica y las fuentes principales y al paulatino deterioro de los recursos naturales. La tasa de deforestación se le puede atribuir a la escasez de incentivos forestales y el mal manejo del recurso suelo.

El acceso limitado al agua es muy común en el área es que el agua es muy escasa especialmente en la época seca, la microcuenca carece con chorros públicos por lo que el acceso al agua no solamente es limitado a su vez precario, la mayoría de los pobladores obtienen el agua de los manantiales, los cuales son pocos y su caudal es muy bajo, muy pocos pobladores tienen el acceso de la obtención y construcción de infraestructuras para la captación de agua de lluvia.

## **B. Fundamentos de los efectos**

El deterioro de la calidad de agua y los altos índices de contaminación que presentaron según los análisis de laboratorio realizados en la corriente principal, según COGUANOR, el agua que se dispone en la corriente principal de la microcuenca Agua Caliente, para consumo humano y uso doméstico carece de características físicas, químicas y microbiológicas para que ser utilizada con estos fines, especialmente por la presencia de coliformes totales y fecales, para el uso para el uso agrícola sobre pasan algunos criterios dados por COGUANOR, siendo estos la demanda biológica de oxígeno, los sólidos de saturación, el oxígeno disuelto. Aquellos que no sobre pasan los límites máximos permisibles son el pH, los coliformes totales y fecales.

Esta alta contaminación se debe a la gran cantidad de viviendas que depositan vertimientos domésticos de aguas grises directamente a la corriente principal y la ausencia de drenajes.

Con los altos índices de contaminación que tiene el río Agua Caliente los efectos que pueden tener los pobladores son el aumento de enfermedades gastrointestinales y enfermedades de la piel, a su vez el agua no puede ser utilizada para el riego de cultivos y consumo humano y/o doméstico. Otro problema registrado es la pérdida de biodiversidad y alteración del ecosistema, lo cual se le puede atribuir a las altas tasas de contaminación y la escasez del recurso hídrico de calidad y cantidad.

La carencia del recurso hídrico, no solo en calidad, sino que también en cantidad afecta a los pobladores directamente en las producciones agrícolas llegando a pérdidas de cosechas, daños que se ocasionan especialmente por las canículas prolongadas las cuales se presentan en el área.

Al no contar con una cantidad agua necesaria para los usos domésticos y de consumo el tiempo de la búsqueda del agua tiene a aumentar, según la encuesta realizada el lugar obtención del agua para el uso doméstico se obtiene específicamente en los manantiales, los cuales dentro de la microcuenca hay doce, los principales y más utilizados por los pobladores, el problema es que estos se encuentran alejados, en algunos casos estos viajes

de recolección de agua pueden ser de 4 horas diarias (viaje de búsqueda y viaje de regreso), los volúmenes transportados varían, ya que está ligado directamente con las personas que los transporta en su mayoría mujeres y niños, según la encuesta realizada se transporta de 3 cantaros por viajes, estos cantaros presentan un volumen promedio de 16 l cada uno.

El agua transportada es utilizada principalmente para el consumo humano, a su vez se registró que durante la época de lluvia la obtención del recurso es un poco más fácil y accesible.

Los manantiales también presentan una amenaza muy grande, ya que su sobre utilización puede hacer que su caudal se reduzca y lleguen a desaparecer, a ello se le debe de agregar los altos porcentajes de contaminación y deforestación, poniendo en riesgo la calidad de vida de las personas y que aumente el tiempo de búsqueda y obtención del agua, entre más lejos se encuentran los lugares de obtención del recurso menos agua se transportará ya que es mayor esfuerzo físico.

### 2.5.8. Árbol de medios y fines

En la figura 36 se presenta medios y fines derivado del árbol de causas y efectos, buscándole solución u alternativa.

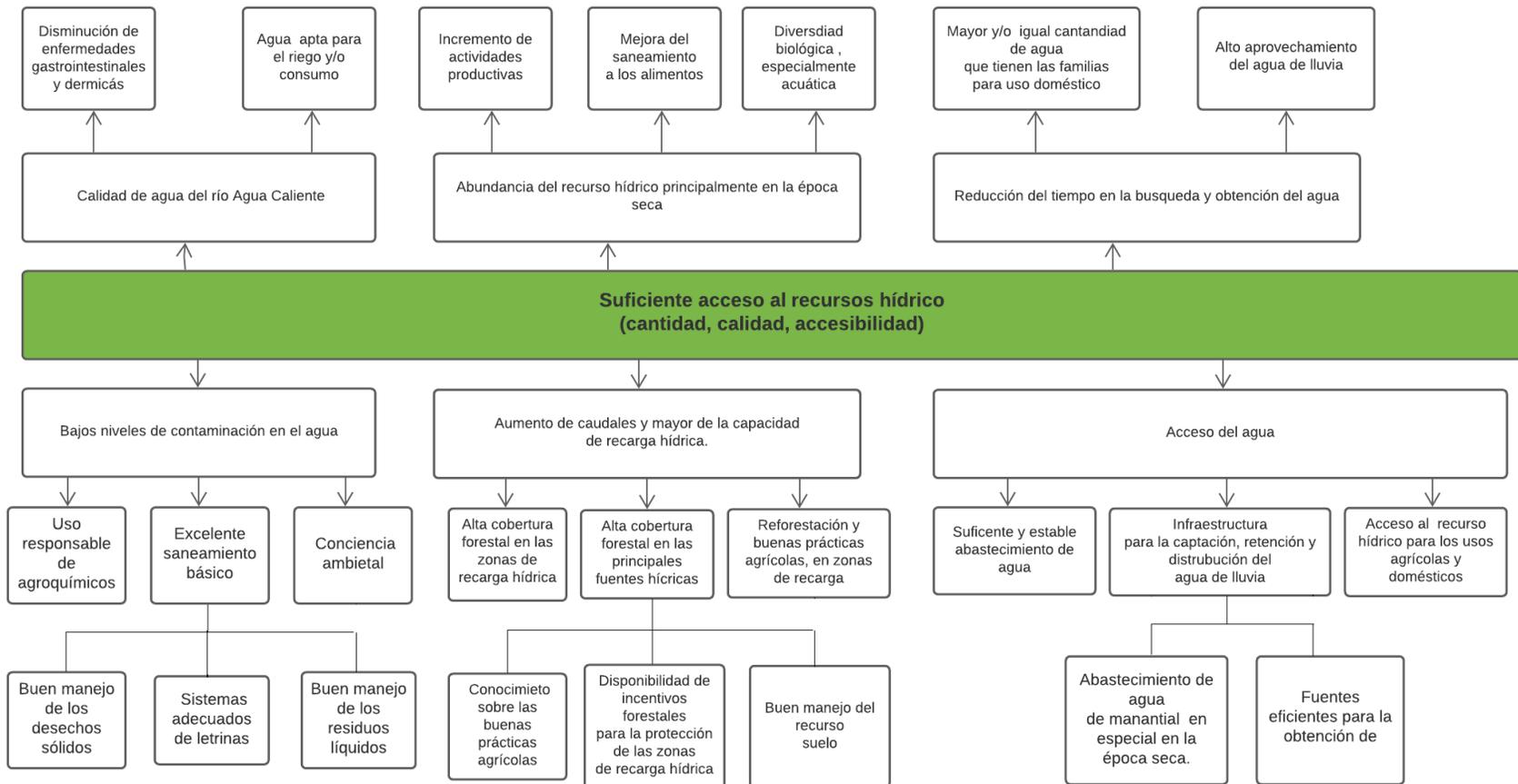


Figura 36. Árbol de medios y fines.

### 2.5.9. Matriz de medios, acciones y proyectos

La matriz de proyectos para el plan de uso y manejo del recurso hídrico de la microcuenca Agua Caliente es con base a los principales problemas encontrados, por medio de esta matriz se presentan diferentes acciones para poder controlar y mitigar las problemáticas identificadas.

Cuadro 30. Matriz de medios, acciones y proyectos.

| Objetivo: Uso y manejo adecuado del recurso hídrico en la microcuenca Agua Caliente |  |   |
|---|--|---|
| Medios  | Acciones   | Proyectos   |
| Uso adecuado de agroquímicos.   | Promover el uso adecuado de los agroquímicos.  | 1. Programas de capacitación sobre el uso y manejo adecuado de los agroquímicos enfocado en su impacto en la contaminación del recurso hídrico. |
| Sistemas adecuados de deposición de excretas (letrinas).                            | Fomentar la construcción de letrinas como forma de manejo de deposición de excretas.   | 2. Programas de construcción de letrinas promoviendo la vivienda sana.  |
| Plan de manejo de residuos sólidos y líquidos domésticos.                           | Proporcionar la formación adecuada sobre las descargas de aguas grises dentro de las corrientes superficiales cercanas al hogar. | 3. Talleres de manejo adecuado de aguas grises y desechos sólidos.  |
|   |  | 4. Elaboración de un plan de manejo de desechos sólidos y líquidos del área.  |
|   | Promover las zonas de almacenamiento de desechos sólidos y líquidos.   | 5. Creación de un basurero comunitario con énfasis en la promoción de la reutilización, reducción y la creación de compostaje.                  |
|   |  | 6. Programa de construcción de filtros de aguas grises.   |
|   |  | 7. Construcción de pilas públicas para evitar la deposición de aguas grises en los ríos   |

Continuación cuadro 30.

|  |  |   |
|--|--|---|
| Fomento de buenas prácticas agrícolas.                                       | Fomentar la educación hídrica vocacional y la capacitación a todos los pobladores.                                 | 8. Charlas y capacitaciones sobre el correcto uso y manejo del recurso hídrico.   |
|  | Promover la concientización sobre los temas de agua mediante la educación hídrica.                                 | 9. Capacitaciones por medio de campesinos a campesinos para promover el uso adecuado del agua.  |
|  | Fomentar las buenas prácticas de agricultura de conservación.  | 10. Capacitar sobre la rotación de cultivos y parcelas, técnicas de estructuras de conservación y manejo de la tierra.  |
|  | Incentivar diferentes formas de producción de cultivos.  | 11. Creación del programa de cultivos por medio de la hidroponía.   |
| Aumento de la cobertura forestal en la parte alta y media de la microcuenca. | Fomentar la reforestación y la reconstrucción de paisajes en las zonas de influencia de la microcuenca.            | 12. Crear un plan de reforestación con especies endémicas en las zonas cuya capacidad y uso de la tierra sean netamente forestales, especialmente en la parte alta y media de la microcuenca. |
| Incentivos forestales en las áreas de recarga hídrica.                       | Establecimiento de las competencias y servicios de instituciones que se vinculen con el desarrollo de los bosques. | 13. Jornadas de divulgación acerca de las funciones de las instituciones presentes en el área que se vinculen con el desarrollo forestal.   |
|  | Aumentar y promover el concomimiento de los incentivos forestales, para evitar las talas en zonas de importancia.  | 14. Plan de manejo y protección en áreas forestales de protección de cuerpos de agua.   |
|  |  | 15. Reforestación de ribera del río principal de la microcuenca Agua Caliente.  |

Continuación cuadro 30.

|  |  |  |
|--|--|--|
| Suficiente y estable abastecimiento de agua.                                   | Mejorar la distribución del agua, especialmente en la época seca.  | 16. Programa de distribución y abastecimiento de agua en la época seca por medio la municipalidad y ONG.           |
|  |  | 17. Implementación de sistemas de riego eficientes (riego por localización y aspersión).                           |
| Infraestructura para la captación, retención y distribución de agua de lluvia. | Promover el uso, almacenamiento y purificación del agua de lluvia. | 18. Construcción de embalses comunitarios de captación de agua de lluvia o de alguna corriente de agua.            |
|  |  | 19. Creación de sistemas de captación de agua de techo, almacenándola en un ferro cemento o recipientes plásticos. |
|  |  | 20. Distribución de filtros de agua para el consumo humano.  |

Fuente: elaboración propia, 2017.

### 2.5.10. Priorización de proyectos

Dentro de los 20 proyectos propuestos dentro de la matriz de medios y acciones, es necesario el priorizar aquellos proyectos que puedan aportar directamente a la necesidad de obtención, distribución y calidad del agua a la población de la microcuenca Agua Caliente, para la priorización se le asignó un código a cada proyecto, se delimitaron los indicadores que van a evaluar la priorización de los proyectos y así ponderarlos dentro de la matriz de doble entrada.

Cuadro 31. Codificación de los proyectos a priorizar.

| Proyecto   | Código        |
|--|---------------|
| Programas de capacitación sobre el uso y manejo adecuado de los agroquímicos enfocado en su impacto en la contaminación del recurso hídrico. | PR_CAP_AQ     |
| Programas de construcción de letrinas promoviendo la vivienda sana.  | PR_CONS_L     |
| Programa de Talleres de manejo adecuado de aguas grises y desechos sólidos.  | T_MAN_AG_DS   |
| Plan de manejo de desechos sólidos y líquidos del área.  | PL_MAN_DS_DL  |
| Proyecto de basurero comunitario con énfasis en la promoción de la reutilización, reducción y la creación de compostaje.                     | PRY_BAS_COMU  |
| Programa de construcción de filtros de aguas grises.   | PR_FIL_AG     |
| Proyecto de construcción de pilas públicas para evitar la deposición de aguas grises en los ríos.  | PRY_PI_PU     |
| Charlas y capacitaciones sobre el correcto uso y manejo del recurso hídrico.   | CAP_US_MA_RH  |
| Capacitaciones por medio de campesinos a campesinos para promover el uso adecuado del agua.  | CAP_CAMP      |
| Capacitar sobre la rotación de cultivos y parcelas, técnicas de estructuras de conservación y manejo de la tierra.                           | CAP_ROT_CUL   |
| Programa de cultivos por medio de la hidroponía.   | PR_CUL_HID    |
| Plan de reforestación con especies endémicas en las zonas cuya capacidad y uso de la tierra sean netamente forestales.                       | PL_REFORES    |
| Jornadas de divulgación acerca de las funciones de las instituciones presentes en el área que se vinculen con el desarrollo forestal.        | JOR_DIVUL     |
| Plan de manejo y protección en áreas forestales de protección de cuerpos de agua.  | PL_MAN_PROTEC |
| Proyecto de reforestación de ribera del río principal de la microcuenca Agua Caliente.   | PRY_REFORES   |

Continuación cuadro 31.

|  |                |
|--|----------------|
| Programa de distribución y abastecimiento de agua en la época seca por medio la municipalidad y ONG.           | PR_DIS_ABAS_AG |
| Programa de implementación de sistemas de riego eficientes (riego por localización y aspersión).               | PR_SIS_RIEGO   |
| Programa de construcción de embalses comunitarios de captación de agua de lluvia o de alguna corriente de agua | PR_CONS_EMB    |
| Programa de implementación de sistemas de captación de agua de lluvia.   | PR_SIS_CAP_AG  |
| Programa de distribución de filtros de agua para el consumo humano.  | PR_DIS_FIL_AG  |

Fuente: elaboración propia, 2017.

## A. Indicadores

Los indicadores para lograr un uso y manejo del recurso hídrico dentro de la microcuenca Agua Caliente se dividen en aspectos sociales, tecnológicos, biofísico, económicos y político e institucional.

Cuadro 32. Indicadores para la priorización de proyectos.

| Aspecto | Indicador  | Rango de evaluación de proyectos  |  |   |
|---------|--|---|--|---|
|         |  | 1   | 2  | 3   |
| Social  | Uso, manejo y conservación del recurso hídrico, asegurando el bienestar de las familias. | No promueve el uso, manejo y conservación del recurso hídrico, asegurando el bienestar de las familias. | Promueve el uso, manejo y conservación del recurso hídrico, asegurando el bienestar de las familias. | promueve un excelente el uso, manejo y conservación del recurso hídrico, asegurando el bienestar de las familias. |

Continuación cuadro 32.

|                          |  |  |  |   |
|--------------------------|--|--|--|---|
| Tecnológico              | Eficiente en el consumo de agua para los usos identificados y cuenta con la infraestructura para asegurar el abastecimiento del recurso hídrico.                 | No da un consumo eficiente del agua y no promueve la implementación de infraestructura correcta que asegure el abastecimiento.     | Da un consumo regular del agua y no promueve la implementación de infraestructura artesanal que asegure el abastecimiento.                   | Da un consumo eficiente del agua y promueve la implementación de infraestructura correcta que asegure el abastecimiento.                  |
| Biofísico                | Busca el mejorar la calidad del agua y la oferta hídrica, aporta a la recuperación y conservación del medio natural de la microcuenca y busca la adaptación para | No mejora la calidad del agua ni aumenta la oferta hídrica, a su vez sus aportes son mínimos en cuanto a la recuperación del medio | La calidad y la oferta hídrica mejora a un nivel medio a su vez sus aportes son regulares en cuanto a la recuperación del medio natural y su | Aumenta la calidad del agua y mejora la oferta hídrica, a su vez sus aportes son altos en cuanto a la recuperación del medio natural y se |
|                          | las amenazas climáticas.   | natural y no se adapta a las amenazas climáticas.  | adaptación a las amenazas climáticas es media.   | adapta a las amenazas climáticas.   |
| Económico                | El proyecto genera ingresos a las familias que lo implementes.   | No genera ingresos económicos.   | Los ingresos económicos no son tan significativos.   | Genera ingresos económicos significativos.  |
| Político e institucional | Los proyectos promueven el uso, manejo y conservación del recurso hídrico a través de organizaciones externas e internas.  | No se promueve el uso, manejo y conservación del recurso hídrico a través de organizaciones externas e internas.                   | El uso, manejo y conservación del recurso hídrico a través de organizaciones externas e internas es pobre.                                   | Se promueve el uso, manejo y conservación del recurso hídrico a través de organizaciones externas e internas.                             |

Fuente: elaboración propia, 2017.

## B. Ponderación de proyectos

En el cuadro 33 se presenta la clasificación de los proyectos que se presentaron en la matriz de medios y acciones, los cuales fueron ponderados con los indicadores que se encuentran en el cuadro 31, la ponderación más alta es 15 y la más baja 5, siendo los proyectos priorizados aquellos que se encuentran dentro del rango de 11 a 15 puntos, obteniendo un total de 10 proyectos priorizados.

Cuadro 33. Ponderación para los proyectos.

| No | Código del Proyecto | Indicadores |             |           |           |                          | Ponderación |
|----|---------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|--------------------------|-------------|
|    |                     | Social      | Tecnológico | Biofísico | Económico | Político e Institucional |             |
| 1  | PR_SIS_RIEGO        | 3           | 3           | 2         | 3         | 3                        | 14          |
| 2  | T_MAN_AG_DS         | 3           | 3           | 3         | 3         | 1                        | 13          |
| 3  | PRY_REFORES         | 3           | 2           | 3         | 2         | 3                        | 13          |
| 4  | PR_CAP_AQ           | 3           | 2           | 3         | 1         | 3                        | 12          |
| 5  | PR_CONS_L           | 3           | 2           | 3         | 1         | 3                        | 12          |
| 6  | PR_SIS_CAP_AG       | 3           | 2           | 3         | 1         | 3                        | 12          |
| 7  | PR_FIL_AG           | 3           | 2           | 2         | 1         | 3                        | 11          |
| 8  | PL_MAN_PROTEC       | 2           | 2           | 3         | 2         | 2                        | 11          |
| 9  | PR_DIS_ABAS_AG      | 3           | 2           | 2         | 1         | 3                        | 11          |
| 10 | PR_CONS_EMB         | 3           | 2           | 2         | 1         | 3                        | 11          |
| 11 | PL_MAN_DS_DL        | 2           | 1           | 3         | 1         | 3                        | 10          |
| 12 | PRY_BAS_COMU        | 2           | 2           | 3         | 1         | 2                        | 10          |
| 13 | PRY_PI_PU           | 3           | 2           | 2         | 1         | 2                        | 10          |
| 14 | CAP_US_MA_RH        | 3           | 1           | 2         | 1         | 3                        | 10          |
| 15 | PL_REFORES          | 2           | 2           | 3         | 1         | 2                        | 10          |
| 16 | PR_DIS_FIL_AG       | 3           | 2           | 2         | 1         | 2                        | 10          |
| 17 | CAP_ROT_CUL         | 2           | 2           | 1         | 2         | 3                        | 10          |
| 18 | PR_CUL_HID          | 2           | 2           | 2         | 1         | 2                        | 10          |
| 19 | CAP_CAMP            | 3           | 1           | 2         | 1         | 2                        | 9           |
| 20 | JOR_DIVUL           | 2           | 1           | 2         | 1         | 2                        | 8           |

Fuente: elaboración propia, 2017.

### **2.5.11. Matriz de marco lógico de los proyectos priorizados**

A continuación, se presentan las matrices de marco lógico de los 10 proyectos priorizados:

#### **A. Programa de implementación de sistemas de riego eficientes (riego por localización y aspersión)**

El programa de sistemas de riego inteligente busca el optimizar el agua y focalizarla aportando agua cuando la planta lo necesite, el implementar estos sistemas de riego se espera un incremento de la producción de alimentos dentro del área de estudio.

En el cuadro 34 se presenta un resumen de los objetivos, indicadores, medios de verificación y supuestos para poder implementar el programa de sistemas de riego eficientes (por localización y aspersión).

Cuadro 34. Cuadro de MML de Programa de implementación de sistemas de riego eficientes (riego por localización y aspersión).

|                  | <b>Objetivos</b>  | <b>Indicadores</b>  | <b>Medios de Verificación</b>  | <b>Supuestos</b>  |
|------------------|---|---|--|---|
| <b>Fin</b>       | Creación del sistema de riego, los cuales son eficientes para mejora las condiciones socioeconómicas de los pobladores de la microcuenca Agua Caliente. | Incremento de un 20 % per cápita en los pobladores beneficiarios del proyecto.  | Evaluación del impacto del proyecto.<br>Informes estadísticos generados por la Encuesta Nacional Agropecuaria -ENA- estadísticas presentadas sobre el desarrollo económico del MIDES y/u organizaciones no gubernamentales presentes en el área. | Las familias agricultoras se mantienen organizados y manejan adecuadamente la infraestructura y los equipos de riego. Mantener el mercado abastecido de los productos cultivados.   |
| <b>Propósito</b> | Mayores rendimientos de cultivos agrícolas  | Familias beneficiarias del proyecto incrementan su producción y la diversificación agrícola en el área beneficiada con los sistemas de riego en más del 20 % después del quinto año de implementación | Evaluación de impacto del proyecto<br>Encuestas realizadas a los pobladores beneficiados.<br>Registro del comité de agricultores y/u organizaciones no gubernamentales   | Los agricultores aceptan la diversificación de cultivos. Los agricultores al disponer mayor cantidad de agua trabajan más en sus parcelas. La escasa disponibilidad de agua es el principal problema que afecta la producción de la familia se ve contrarrestada. Las técnicas agrícolas se adaptan a la disponibilidad de agua. Los agricultores hacen un adecuado uso y manejo del recurso hídrico. |

Continuación cuadro 34.

|                    |  |  |   |   |
|--------------------|--|--|---|---|
| <b>Componentes</b> | 1. Eficiente infraestructura de sistemas de riego cercano a fuentes hídricas           | Infraestructura de riego.<br>01 Comité encargado del buen funcionamiento de los sistemas de riego entregados                           | Acta de entrega de la infraestructura y acta de la creación del comité.<br>Compromiso de capacitación constante respecto a los sistemas de riego                            | Excelente gestión de los recursos naturales, humanos y de infraestructura durante la ejecución del proyecto |
|                    | 2. Suficiente obras para la infraestructura de conducción                              | Implementar toda la infraestructura que complementar un sistema de riego   |   |   |
|                    | 3. Aplicación de conocimientos de sistemas y técnicas de riego                         | Los pobladores beneficiarios y capacitados aplican los conocimientos de manejos de sistemas y técnicas de riego                        | Evaluación interna del proyecto   |   |
|                    | 4. Aplicación técnica de la producción, diversificación agrícola y su comercialización | Los pobladores beneficiarios capacitados aplican los conocimientos de producción agrícola para mejorar sus tasas de producción anuales | sus habilidades adquiridas.<br>Evaluación intermedia del proyecto.<br>Estadísticas de comparación dentro del año de inicio del proyecto a los 5 años de su establecimiento. |   |
|                    | 5. Productores organizados para la cosecha, transporte y su venta final                | 01 comité constituido, organizado y capacitado   | Acata de fundación del corte con los estatutos pertinentes<br>Listado de asistentes y el listado de las personas que conformaran dicho comité.                              |   |

## Continuación cuadro 34.

|                    |   |  |  |   |
|--------------------|---|--|--|---|
| <b>Actividades</b> | Componente 1 y 2<br>Elaboración del expediente técnico con su aprobación<br>Ejecución de la obra y su supervisión | Expediente técnico<br>Contrato de la Obra<br>Contrato de la supervisión<br>Priorización de las familias  | Registro de la convocatoria.<br>Registro de la revisión de expedientes<br>Informe final de la supervisión<br>Cartas de gestión entre instituciones gubernamentales y municipalidad | Cumplimiento de los compromisos del financiamiento dado para su ejecución.<br>Mantiene el interés de nuevas técnicas de riego y buscar financiamiento |
|                    | Componente 3<br>Contratación de la persona a capacitar para mejorar los conocimientos                             | Contrato de la persona a capacitar y mejorar los conocimientos sobre sistemas de riego   |  |   |
|                    | Componente 4 y 5<br>Reuniones de socialización, capacitación ante técnicos especializados y actores locales       | Contrato del técnico especializado en producción, diversificación y mercado agrícola.<br>Actores locales que tienen el conocimiento en el manejo de sistemas de riego. | Memoria técnica y apuntes que ayuden a los beneficiarios a lograr la meta de mejorar sus ingresos económicos por medio a la agricultura.<br>Listados de asistencia y fotografía    | Alta aceptación y demanda del proyecto.<br>Diversificar y variar los cultivos para mejorar la producción agrícola y sus ingresos                      |

**B. Programa de talleres de manejo adecuado de aguas grises y desechos sólidos.**

El programa de manejo aguas grises y desechos sólidos tiene el fin de contribuir con el mejoramiento de la calidad ambiental y el bienestar social de las comunidades, al tratar el agua esta se puede reutilizar se puede disminuir la demanda de agua y a su vez el diversificar los suministros de agua con alternativas de agua de riego.

En el cuadro 35 se presenta un resumen con los fines, objetivos, indicadores, medios de verificación y propuestos para llevar a poder implementar el programa de talleres de manejo adecuado de aguas grises y desechos sólidos.

Cuadro 35. Cuadro de MML de Programa de talleres de manejo adecuado de aguas grises y desechos sólidos.

|            | <b>Objetivos</b>  | <b>Indicadores</b>   | <b>Medios de Verificación</b>   | <b>Supuestos</b>   |
|------------|---|--|---|--|
| <b>Fin</b> | Contribuir con el mejoramiento de la calidad ambiental y el bienestar social de las comunidades que forman la microcuenca Agua Caliente | Tratamiento del 100 % de las aguas residuales que provienen de las casas de las comunidades que conforman la microcuenca Agua Caliente<br>Disminución en los gastos de atención debido a enfermedades gastrointestinales | Encuestar a la comunidad para mediar la satisfacción de la calidad del agua | Los agricultores comprenden la importancia de reducir la descarga de aguas residuales dentro de los afluentes de agua más cercanos.<br>Las capacitaciones sobre el manejo de aguas residuales de origen doméstico reducen la contaminación del agua. |

## Continuación cuadro 35.

|                    |   |  |   |  |
|--------------------|---|--|---|--|
| <b>Propósito</b>   | Reducir la contaminación del río Agua Caliente  | Disminución de los coliformes fecales en las muestras del río Agua Caliente  | Monitoreo de la calidad de agua del río Agua Caliente   | Capacidad de gestión y eficiente manejo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales (filtros de agua grises)<br>Implementación de un sistema de capacitaciones por medio de campesino a campesino para transmitir el manejo de aguas residuales |
| <b>Componentes</b> | Componente 1<br>Solicitar apoyo a instituciones para divulgar el proyecto de capacitaciones para el manejo de aguas residuales  | Aumento del conocimiento de los agricultores y su interés respecto al tema   | Registro de los participantes   | El sistema de talleres y capacitaciones es adecuado para el manejo de agua residuales de origen doméstico.   |
|                    | Componente 2<br>Selección de las personas que se van a capacitar  | Beneficiar al 75 % de los líderes comunitarios   | Encuestas   |  |
| <b>Actividades</b> | Componente 1<br>Registro y contratación del técnico encargado las capacitaciones y talleres a impartir  | Contratación del técnico capacitador   | Informes y fotografías de las capacitaciones  | Obtener apoyo de la comunidad para la ejecución del proyecto.<br>Recursos financieros disponibles para la ejecución de las capacitaciones.   |
|                    | Componente 2<br>Seleccionar a los beneficiarios de las capacitaciones<br>Solicitar apoyo en la municipalidad y organizaciones no gubernamentales para los talleres<br>Hacer campañas de divulgación y concientización sobre el manejo de aguas residuales | La población está interesada en las capacitaciones<br>Un promedio de 20 capacitaciones.<br>Utilizar la metodología de campesino a campesino para poder transmitir los conocimientos, a su vez implementar panfletos para distribuir la información | Convenio por escrito por parte de la municipalidad para el apoyo del proyecto.<br>Afiches y fotografías |  |

### C. Proyecto de reforestación de ribera del río principal de la microcuenca Agua Caliente

El objetivo de proyecto de reforestación de la ribera del río principal de la microcuenca Agua Caliente responde a la necesidad de un restablecimiento ecológico, un beneficio social y económico.

En el cuadro 36 se presenta un resumen con los fines, objetivos, indicadores, medios de verificación y propuestos para llevar a poder implementar el proyecto de reforestación de ribera del río principal de la microcuenca Agua Caliente.

Cuadro 36. Cuadro de MML del Proyecto de reforestación de ribera del río principal de la microcuenca Agua Caliente.

|                  | <b>Objetivos</b>  | <b>Indicadores</b>  | <b>Medios de Verificación</b>   | <b>Supuestos</b>  |
|------------------|---|---|---|---|
| <b>Fin</b>       | Incrementar la cobertura forestal de la microcuenca Agua Caliente                         | Reforestar las áreas principales que necesitan cobertura forestal, al primer año de implementado el proyecto se espera tener un 50 % reforestado con especies endémicas | Monitoreo por medio de imágenes satelitales<br>Vistas de campo<br>Listado de las personas que participan  | Tanto comunitarios como organizaciones colaboran en la reforestación, demostrando un interés en el proyecto |
| <b>Propósito</b> | Recuperar las zonas incrementando su cobertura forestal con especies forestales endémicas | Participación e interés de los líderes comunitarios de la microcuenca Agua Caliente.  | Compromisos firmados en donde las instituciones, municipalidad y pobladores se comprometen a reforestar las principales áreas de la microcuenca | Los pobladores aceptan el proyecto y participan activamente en él.  |

Continuación cuadro 36

|                    |  |   |  |   |
|--------------------|--|---|--|---|
| <b>Componentes</b> | Componente 1<br>Planificación del proyecto   | Determinar las áreas que necesitan con urgencia la reforestación, el planificar la forma de ejecución y financiamiento del mismo. | Registro del convenio de las organizaciones cooperantes y de los pobladores dispuestos a participar en el proyecto | Instituciones dispuestas a aportar el capital para iniciar el proyecto o aportar las plántulas necesarias.<br><br>Pobladores dispuestos a trabajar y reforestar aquellas áreas que sean seleccionadas |
|                    | Componente 2<br>Gestionar y buscar las donaciones de plantas de especies endémicas de la región. | Lograr el apoyo de instituciones como INAB, la municipalidad y organizaciones no gubernamentales.                                 |  |   |
|                    | Componente 3<br>Selección de las principales áreas a reforestar.                                 | Durante el segundo año de ejecución del proyecto se espera reforestar un 80 % de las áreas seleccionadas.                         |  |   |

Continuación cuadro 36

|                    |   |   |  |   |
|--------------------|---|---|--|---|
| <b>Actividades</b> | Componente 1<br>Contratación del especialista en la planificación y gestión del proyecto.   | Contratación de un especialista del proyecto por Q. 6,000.00 mensuales.   | Informes y fotografías de las actividades realizadas.  | Todas las instituciones interesadas ayudan y colaboran al proyecto.<br><br>Número de plantas exactas para cubrir las hectáreas a reforestar.<br><br>Población interesada en reforestar tomando en cuenta las condiciones climáticas necesarias para que la reforestación sea exitosa. |
|                    | Componente 2<br>Realizar visitas para poder encontrar donaciones de capital o de plántulas.   | Visitar y gestionar el 100 % de instituciones que promuevan la reforestación con especies endémicas.  | Listado e información de los representantes de cada institución interesada de colaborar en el proyecto.  |   |
|                    | Componente 3<br>Seleccionar las principales áreas a reforestar y catalogarlas por urgencia;<br>Alta, modera y baja<br>Entrega de las plántulas a los beneficiarios del proyecto.<br>Entrega y distribución de las herramientas para las actividades de reforestación. | Las zonas seleccionadas deber ser visitadas a un 100 %.<br>Compra de herramientas (palas, piochas) lo cual se contempla Q. 3,500.00.<br>Panfletos y afiches sobre la relevancia de la reforestación en las áreas seleccionadas Q. 500.00. | Listado de las áreas a reforestar georreferenciadas y mapeadas.<br>Visitas técnicas de campo<br>Listado de los pobladores beneficiados y de los pobladores participantes |   |

#### D. Programas de capacitación sobre el uso y manejo adecuado de los agroquímicos enfocado en su impacto en la contaminación del recurso hídrico

El programa de uso de adecuado de agroquímicos busca el evitar la contaminación ambiental y su degradación, y el buscar alternativas más nobles para el medio ambiente y agricultura para reducir el consumo de estos.

En el cuadro 37 se presenta un resumen con los fines, objetivos, indicadores, medios de verificación y propuestos para llevar a poder implementar el programa sobre el uso y manejo adecuado de agroquímicos.

Cuadro 37. Cuadro de MML del Programas de capacitación sobre el uso y manejo adecuado de los agroquímicos enfocado en su impacto en la contaminación del recurso hídrico.

|            | <b>Objetivos</b>                                   | <b>Indicadores</b>   | <b>Medios de Verificación</b>   | <b>Supuestos</b>  |
|------------|--|--|---|---|
| <b>Fin</b> | Manejo adecuado de los agroquímicos y sus envases. | Lograr un mejor manejo de agroquímicos.<br><br>Disminuir el consumo de agroquímicos en un 25 % después de dos años de implementación del proyecto. | Vistas a familias y a sus parcelas.<br><br>Encuestas a los agricultores.<br><br>Muestreo de agua anual. | Agricultores muestran un cambio de actitud sobre el uso de agroquímicos y sus efectos en el ambiente.<br><br>Con las capacitaciones los agricultores buscan otras alternativas menos contaminantes que los agroquímicos y se genera una conciencia ambiental. |

## Continuación cuadro 37.

|                    |   |   |  |   |
|--------------------|---|---|--|---|
| <b>Propósito</b>   | Capacitar sobre el buen uso de agroquímicos a los agricultores de la microcuenca Agua Caliente.   | Capacitar al 50 % de pobladores que hacen uso de los agroquímicos durante el primer año de ejecución del proyecto.  | Listado de asistencia y fotografías de los participantes.              | Aceptación por parte de los agricultores del uso y manejo de agroquímicos.<br><br>Aplicación de técnicas agroecológicas en sus parcelas.<br>Valoración ambiental. |
| <b>Componentes</b> | Componente 1<br>Buscar apoyo para la implementación de las capacitaciones.  | Cambio de conducta por parte de los agricultores en el manejo de agroquímicos.  | Informes.<br><br>Listados de participantes y fotografías.              | Pocas personas buscan el cambio del uso de agroquímicos y las buenas prácticas.   |
|                    | Componente 2<br>Seleccionar a los beneficiarios.  | Beneficiar a un 75 % de los agricultores que hacen uso desmedido de agroquímicos.   |  |   |
| <b>Actividades</b> | Componente 1<br>Contratar un técnico encargado de las capacitaciones.   | Registro de contratación de un técnico con un ingreso mensual de Q. 3,500.00.   | Informes semanales.  | Los agricultores tienen una disposición al cambio y a la aplicación de nuevas técnicas.   |
|                    | Componente 2<br>Solicitar apoyo a la municipalidad u organización no gubernamental para realizar las capacitaciones.<br><br>Seleccionar a los beneficiados para recibir las capacitaciones.<br><br>Divulgar la información de las capacitaciones. | El 90 % de la población está interesada.<br>en el proyecto y aplica los conocimientos adquiridos.<br><br>Hacer uso de la metodología de campesino a campesino para la divulgación de información. | Informes y fotografías de las capacitaciones.<br><br>Afiches y videos. | Los agricultores implementaran las técnicas dadas en los talleres.<br><br>Los agricultores saben y divulgan las consecuencias del mal manejo de los agroquímicos. |

### E. Programa de construcción de letrinas promoviendo la vivienda sana

El programa de construcción de letrinas promoviendo la vida sana busca el utilizar todos los recursos posibles para desarrollar un programa integral de saneamiento ambiental, aprovechando al máximo el esfuerzo de las comunidades, para resolver los problemas de salud y la deposición de excretas.

En el cuadro 38 se presenta un resumen con los fines, objetivos, indicadores, medios de verificación y propuestos para llevar a poder implementar el programa de construcción de letrinas promoviendo la vivienda sana.

Cuadro 38. Cuadro de MML del Programa de construcción de letrinas promoviendo la vivienda sana.

|            | <b>Objetivos</b>  | <b>Indicadores</b>  | <b>Medios de Verificación</b>   | <b>Supuestos</b>   |
|------------|---|---|---|--|
| <b>Fin</b> | Mejorar los sistemas de deposición de excretas de las familias de la microcuenca Agua Caliente. | <p>Dos años después de haberse implementado el proyecto disminuye en un 10 % las enfermedades gastrointestinales.</p> <p>Cinco años después las partes por millón de coliformes fecales son menores que al inicio del proyecto.</p> <p>Cinco años después el 85 % conozca los beneficios de la letrinización y utilicen las letrinas.</p> | <p>Encuestas a las familias beneficiadas.</p> <p>Evaluación de aceptación a las letrinas implementadas.</p> <p>Muestreo de la calidad de agua realizado de forma anual.</p> <p>Estadísticas del cambio de tasas de coliformes fecales en el agua.</p> | No aceptar el cambio a las letrinas y la población no las utilice. |

Continuación cuadro 38.

|                    |  |   |   |  |
|--------------------|--|---|---|--|
| <b>Propósito</b>   | Disminuir la proliferación de enfermedades y darles un manejo adecuado a los desechos, con ello evitar la contaminación del manto acuífero.                            | Ubicación adecuada de las letrinas y darles un uso adecuado.<br><br>Aumento el interés sobre el saneamiento de las viviendas.   | Vistas a las familias que sean beneficiadas con las letrinas.<br><br>Entrevistas y encuestas sobre la aceptación de las letrinas. | Las familias muestran resistencia al uso de las letrinas, presentando un aumento de las enfermedades gastrointestinales y la concentración de coliformes fecales aumenta en el agua. |
| <b>Componentes</b> | Componente 1<br>Exponer a la población sobre los beneficios que da el uso de letrinas sobre sanidad del hogar, el impacto ambiental y la mejora de la calidad de vida. | Un 60 % de la población muestra un cambio de actitud en cuanto al uso de letrinas y los beneficios que esta presenta.   | Evaluación de aceptación de letrinas.<br>Evaluación interna del proyecto.   | Se crea una junta administradora de parte de los comunitarios los cuales asumen la responsabilidad de gestión del proyecto.  |
|                    | Componente 2<br>Ampliación y mejoramiento de infraestructura de deposición de excreta.   | Con el apoyo de las intuiciones públicas y organizaciones no gubernamentales se espera beneficiar a un 40 % de la población en el primer año de ejecución del proyecto. | Inspecciones en campo para corroborar el uso de letrinas.   |  |

## Continuación cuadro 38.

|                    |   |   |   |   |
|--------------------|---|---|---|---|
| <b>Actividades</b> | Componente 1<br>Implementación de talleres sobre la concientización del uso de letrinas.<br><br>Contratación del técnico encargado de las capacitaciones. | Divulgación e implementación de los talleres con un costo de Q. 1, 800.00 por taller.<br><br>Salario del técnico a capacitar de Q. 3,500.00.  | Fotografías e informes con los talleres realizados.           | Los comunitarios presenta interés sobre la higiene en el hogar y el mejoramiento del manejo de excretas.<br><br>Se cuenta con el apoyo necesario para la construcción de letrinas.                        |
|                    | Componente 2<br>Contratación de técnico encargado de la construcción de las letrinas.   | Implementación de letrinas demostrativas preferiblemente 1 por comunidad con un costo de Q. 2,500.00 cada una.<br><br>Salario del técnico encargado de la construcción de las letrinas Q. 6,000.00. | Contrato, facturas, fotos de la construcción de las letrinas. | Participación del gobierno local y la población para la ejecución del proyecto.<br>Coordinación efectiva entre el municipio, las comunidades, organizaciones no gubernamentales y el ministerio de salud. |

## F. Programa de construcción de sistemas de captación de agua de techo, almacenándola en un ferro cemento o recipientes plásticos

Los sistemas de captación de agua de lluvia buscan el contribuir a la no sobreexplotación de recursos hídrico y asegurando el acceso de agua durante la época seca.

En el cuadro 39 se presenta un resumen con los fines, objetivos, indicadores, medios de verificación y propuestos para llevar a poder implementar el programa de construcción de sistemas de captación de agua de techo, almacenándola en un ferro cemento o recipientes plásticos.

Cuadro 39. Cuadro de MML del Programa de construcción de sistemas de captación de agua de techo, almacenándola en un ferro cemento o recipientes plásticos.

|            | <b>Objetivos</b>   | <b>Indicadores</b>  | <b>Medios de Verificación</b>                                 | <b>Supuestos</b>  |
|------------|--|---|---|---|
| <b>Fin</b> | Mejorar la disponibilidad de agua aprovechando las lluvias que se producen de marzo a octubre. | Asegurar la disponibilidad de agua especialmente la época seca en las familias beneficiadas. Un 35 % de las familias se ven beneficiadas con estas estructuras, durante los 2 primeros años de implementación del proyecto. Reducir el tiempo de recolección de agua. | Visitas de campo.<br>Fotografías.<br>Encuestas de aceptación. | Los sistemas implementados tienen un buen manejo, asegurando que estos duren por varios años. Los sistemas de captación de agua mejoran la calidad de vida de los comunitarios. |

## Continuación cuadro 39.

|                    |  |   |  |  |
|--------------------|--|---|--|--|
| <b>Propósito</b>   | Implementar varios tipos de estructuras sistemas de captación de agua de lluvia (ferrocemento, tinacos).   | 150 familias beneficiadas a los 2 años de haber iniciado el proyecto  | Visitas de campo.<br>Fotografías.  | Los comunitarios presentan interés para participar en el proyecto y ellos mismos elaboran sus sistemas de captación de agua de lluvia.                     |
| <b>Componentes</b> | Componente 1<br>Buscar donadores para colaborar al proyecto.   | Obtener la colaboración de instituciones gubernamentales, y no gubernamentales para el financiamiento del proyecto.   | Documento de compromiso firmado por los entes financiador avalando el desembolso para la ejecución del proyecto. |  |
|                    | Componente 2<br>Seleccionar a los beneficiarios  | Las personas están interesadas en participar y cumplen los requisitos de selección.   | Documento firmado por los beneficiados comprometiéndose en el cuidado y uso de la estructura.                    |  |
| <b>Actividades</b> | Componente 1<br>Visitar aquellas instituciones que puedan colaborar con el financiamiento del proyecto.  | Visitar el 100 % de las instituciones que se encuentran en el área para obtener donadores.  | Listado y número telefónico de los representantes de cada institución visitada                                   | Voluntad y disposición de las personas para el cuidado y manejo de los sistemas entregados.<br><br>Todas las familias serán beneficiadas con los sistemas. |
|                    | Componente 2<br>Investigar a los posibles beneficiarios.<br><br>Distribución de donación a beneficiarios.<br><br>Capacitación sobre el uso de y cuidado de los sistemas de captación de agua de lluvia.<br><br>Implementación de los sistemas de agua de lluvia. | Visitar el 100 % de las familias.<br><br>Entrega de los materiales a las familias seleccionadas.<br><br>El 100 % de las familias beneficiadas están capacitadas en el manejo y cuidado de los sistemas.<br><br>Implementación de todas las estructuras. | Informes.<br><br>Fotografías.<br><br>Encuestas.<br><br>Visitas de campo.<br><br>Supervisión de las estructuras.  |  |

## G. Programa de construcción de filtros de aguas grises

Los filtros de aguas grises es una práctica en donde se reutiliza el agua que es desechada por las pilas, el agua es tratada quitándole los desechos para que el agua pueda ser utilizada para el riego de cultivos, principalmente hortalizas, frutales y algunas plantas ornamentales.

En el cuadro 40 se presenta un resumen con los fines, objetivos, indicadores, medios de verificación y propuestos para llevar a poder implementar el programa de construcción de filtros de aguas grises.

Cuadro 40. Cuadro de MML del Programa de construcción de filtros de aguas grises.

|            | <b>Objetivos</b>  | <b>Indicadores</b>   | <b>Medios de Verificación</b>                         | <b>Supuestos</b>   |
|------------|---|--|---|--|
| <b>Fin</b> | Contribuir con el mejoramiento de la calidad ambiental y el bienestar social de las familias fomentando la reutilización del agua que provienen de lavaderos (aguas jabonosas). | Dos años de iniciado el proyecto un 20 % de las familias reutilizan el agua.<br><br>Cinco años después el 95 % de las familias en la microcuenca Agua Caliente reutilizan en agua para sus diferentes actividades. | En cuenta de nivel de satisfacción a las comunidades. | Las familias comprenden la importancia y necesidad de reutilizar el agua en actividades como el riego de huertos familias, actividades domésticas y a su vez se está contribuyendo en evitar la contaminación del suelo con productos químicos como jabones. |

## Continuación cuadro 40.

|                   |  |  |  |  |
|-------------------|--|--|--|--|
| <b>Propósito</b>  | Promover la reutilización del agua que provienen de lavaderos para actividades como el riego de huertos, lavado de ropa y utensilios de concina. | <p>Uso adecuado del recurso hídrico.</p> <p>La reutilización del agua se vuelve una práctica frecuente por las familias.</p> <p>Los viajes de recolección de agua se reducen.</p> <p>Instalar 100 filtros de aguas grises por año.</p> | <p>Monitoreo del uso correcto de los filtros de agua grises implementados.</p> <p>Fotografías e informes de los filtros de agua grises instalados.</p> <p>Encuesta sobre la aceptación del proyecto.</p>               | La realización del agua se convierte en una práctica común y las familias ven el beneficio en los viajes de recolección de agua y aprenden el valor de esta.         |
| <b>Componente</b> | <p>Componente 1<br/>Buscar donadores para colaborar al proyecto.</p> <p>Componente 2<br/>Seleccionar a los beneficiarios.</p>                    | <p>Obtener la colaboración de instituciones gubernamentales, y no gubernamentales para el financiamiento del proyecto.</p> <p>Las personas están interesadas en participar y cumplen los requisitos de selección.</p>                  | <p>Documento de compromiso firmado por los entes financiador avalando el desembolso para la ejecución del proyecto.</p> <p>Documento firmado por los beneficiados comprometiéndose en el cuidado y uso del filtro.</p> | <p>Instituciones dispuestas a aportar el capital para iniciar el proyecto.</p> <p>Pobladores dispuestos a trabajar y colaborar a la construcción de los filtros.</p> |

Continuación cuadro 40.

|                    |              |  |   |   |
|--------------------|--------------|--|---|---|
| <b>Actividades</b> | Componente 1 | Visitar el 100 % de las instituciones que se encuentran en el área para obtener donadores.   | Listado y número telefónico de los representantes de cada institución visitada.   |   |
|                    | Componente 2 | <p>Visitar el 100 % de las familias.</p> <p>Entrega de los materiales a las familias seleccionadas.</p> <p>El 100 % de las familias beneficiadas están capacitadas en el manejo y cuidado de los filtros.</p> <p>Implantación un filtro por familia beneficiada.</p> | <p>Informes.</p> <p>Fotografías.</p> <p>Encuestas.</p> <p>Visitas de campo.</p> <p>Supervisión del funcionamiento de los filtros.</p> | <p>Las familias presentan un interés muy notable en la reutilización del agua, e inicia ellos por su cuenta en la implementación de estos filtros, para que todas las familias cuenten con este filtro.</p> <p>El agua a reutilizar será utilizada para mejorar sus producciones en los huertos y generar ingresos económicos</p> |

## H. Plan de manejo y protección en áreas forestales para la protección de los cuerpos de agua

El plan de manejo y protección de las áreas forestales para la protección de los cuerpos de agua se debe a la necesidad de incrementar, manejar y proteger la cobertura forestal cerca de las principales fuentes identificadas en la zona de estudio.

En el cuadro 41 se presenta un resumen con los fines, objetivos, indicadores, medios de verificación y propósitos para llevar a poder implementar el plan de manejo y protección en áreas forestales para la protección de los cuerpos de agua.

Cuadro 41. Cuadro de MML del Plan de manejo y protección en áreas forestales para la protección de los cuerpos de agua

|                  | <b>Objetivos</b>   | <b>Indicadores</b>  | <b>Medios de Verificación</b>  | <b>Supuestos</b>   |
|------------------|--|---|--|--|
| <b>Fin</b>       | Incrementar, manejar y proteger la cobertura forestal alrededor de las fuentes hídricas. | Reforestar las áreas principales que necesitan cobertura forestal.<br><br>Crear un plan de manejo forestal para aquellas áreas que tiene cobertura forestal que deben ser manejadas y protegidas. | Monitoreo por medio de imágenes satelitales.<br><br>Vistas de campo<br><br>Listado de las personas que participan.   | Tanto comunitarios como organizaciones colaboran en la reforestación, manejo y cuidado de los bosques cercanos a fuentes hídricas.         |
| <b>Propósito</b> | Recuperar, manejar y proteger las zonas con cobertura forestal.                          | Participación e interés de los líderes comunitarios de la microcuenca Agua Caliente.  | Compromisos firmados en donde las instituciones, municipalidad y pobladores se comprometen a reforestar, manejar y cuidar las principales áreas de la microcuenca. | Los pobladores aceptan el proyecto y participan activamente en él.<br><br>El plan de manejo de estas áreas debe estar avalado por el INAB. |

Continuación cuadro 41.

|                    |   |  |   |  |
|--------------------|---|--|---|--|
| <b>Componentes</b> | Componente 1<br>Planificación del proyecto.   | Determinar las áreas que necesitan reforestación, manejo y/o protección                                | Convenios firmados.   | Instituciones dispuestas a aportar el capital para iniciar el proyecto.<br>Pobladores dispuestos a trabajar en reforestar, manejar y proteger las áreas establecidas en el plan de manejo. |
|                    | Componente 2<br>Gestionar el plan de manejo del área.   | Contratación del técnico encargado de elaborar el plan de manejo y este esté avalado por el INAB.      | Plan de manejo por escrito<br>Fotografías<br>Informes.                                |  |
|                    | Componente 3<br>Implementar el plan de manejo y capacitar a los pobladores sobre el aprovechamiento del bosque de una forma sostenible. | Supervisar el manejo que se le está dando al bosque y que se respeten las cuotas de tala establecidas. | Fotografías<br>Informes<br>Listado de las personas que participan el aprovechamiento. |  |
|                    | Componente 1<br>Contratación del especialista en la planificación y gestión del proyecto.   | Contratación de un especialista del proyecto por Q 6,000.00 mensuales.                                 | Informes y fotografías de las actividades realizadas.                                 | Todas las instituciones interesadas ayudan y colaboran al proyecto.  |
| <b>Actividades</b> | Componente 2<br>Contratación del técnico para la elaboración del plan de manejo en las áreas seleccionadas.                             |  |   | Población interesada en reforestar, manejar y proteger los bosques lo hacen de forma responsable.  |

Continuación cuadro 41.

|                    |   |   |   |
|--------------------|---|---|---|
| <b>Actividades</b> | Componente 3  | El 90 % de la población está interesada   | Listado de las áreas a reforestar   |
|                    | Solicitar apoyo a la municipalidad u organización gubernamental para realizar las capacitaciones.                 | en el proyecto y aplica los conocimientos adquiridos.<br>Hacer uso de la metodología de campesino a campesino para la divulgación de información. | georreferenciadas y mapeadas.<br>Visitas técnicas de campo.               |
|                    | Seleccionar a los beneficiados para recibir las capacitaciones.<br>Divulgar la información de las capacitaciones. | El 100 % de la población involucrada hace un uso y manejo sostenible del bosque   | Listado de los pobladores beneficiados y de los pobladores participantes. |

### **I. Programa de distribución y abastecimiento de agua en la época seca por medio la municipalidad y ONG**

El programa de distribución y abastecimiento de agua en la época seca por medio de instituciones gubernamentales y organizaciones no gubernamentales tiene como objetivo principal el mejorar las condiciones de vida de los pobladores, buscando que el acceso al agua sea más amigable, cabe resaltar que la distribución y abastecimiento de agua durante la época seca debe ser de manera equitativa y justa, para que todos los pobladores tengan acceso.

En el cuadro 42 se presenta un resumen con los fines, objetivos, indicadores, medios de verificación y propuestos para llevar a poder implementar el programa de distribución y abastecimiento de agua en la época seca por medio la municipalidad y ONG.

Cuadro 42. Cuadro de MML del Programa de distribución y abastecimiento de agua en la época seca por medio la municipalidad y ONG.

|                    | <b>Objetivos</b>  | <b>Indicadores</b>  | <b>Medios de Verificación</b>   | <b>Supuestos</b>  |
|--------------------|---|---|---|---|
| <b>Fin</b>         | Mejorar las condiciones de vida de los pobladores de las comunidades. que conforman la microcuenca Agua Caliente con un sistema de distribución de agua para la época seca. | Dotar de agua durante la época seca. a 300 familias de agua, disminuyendo el riesgo de pérdidas de cultivos y mejorando la calidad de vida de las familias. | Informes.<br>Evaluación del impacto del proyecto.<br>Encuestas para conocer la aceptación del proyecto por parte de las familias.           | Si la época seca es muy prolongada la distribución de agua debe abarcar más familias, para evitar conflictos sociales.  |
| <b>Propósito</b>   | Dotar de agua a las familias más vulnerables en la época seca.  | Entrega de un sistema de distribución de agua en las comunidades más vulnerables en la época seca.  | Operación y manejo de los sistemas de distribución de agua.<br><br>Creación de un Comité comunitario para el manejo y distribución de agua. | Las familias se mantienen organizados y manejan adecuadamente la infraestructura y los equipos de riego.  |
| <b>Componentes</b> | Componente 1<br>Buscar donadores para colaborar al proyecto.  | Obtener la colaboración de instrucciones gubernamentales, y no gubernamentales para el financiamiento del proyecto.   | Documento de compromiso firmado.<br>por los entes financiador avalando el desembolso para la ejecución del proyecto.                        | Voluntad y disposición de las personas.<br>para el cuidado y manejo de los sistemas entregados.<br><br>Todas las familias serán abastecidas con agua durante la época seca. |

## Continuación cuadro 42.

|                    |  |   |   |  |
|--------------------|--|---|---|--|
|                    | Componente 2<br>Seleccionar a los beneficiarios.   | Las personas están interesadas en participar y cumplen los requisitos de selección.   | Documento firmado por las familias beneficiadas.  |  |
| <b>Actividades</b> | Componente 1<br>Visitar aquellas instituciones que puedan colaborar con el financiamiento del proyecto.  | Visitar el 100 % de las instituciones que se encuentran en el área para obtener donadores.  | Listado y número telefónico de los representantes de cada institución visitada.   |  |
|                    | Componente 2<br>Investigar a los posibles beneficiarios.<br><br>Distribución de donación a beneficiarios.<br><br>Capacitación sobre el uso de y cuidado de los sistemas de captación de agua de lluvia.<br><br>Implementación de los sistemas de distribución de agua. | Visitar el 100 % de las familias.<br><br>Entrega de los materiales a las familias seleccionadas.<br><br>El 100 % de las familias beneficiadas están capacitadas en el manejo y forma de distribución del agua. Implementación de todas las estructuras.<br><br>Implementación de los sistemas de distribución de agua | Informes.<br><br>Fotografías.<br><br>Encuestas.<br><br>Visitas de campo.<br><br>Supervisión de la forma de distribución y abastecimiento de las familias. |  |

## J. Programa de construcción de embalses comunitarios de captación de agua de lluvia o de alguna corriente de agua

El programa de construcción de embalses comunitarios se enfoca en mejorar la disponibilidad de agua principalmente en la época seca, se tiene previsto que los embalses se llenen con el aprovechamiento de agua de lluvia o de algún afluente cercano.

En el cuadro 43 se presenta un resumen con los fines, objetivos, indicadores, medios de verificación y propuestos para llevar a poder implementar el programa de construcción de embalses comunitarios de captación de agua de lluvia o de alguna corriente de agua.

Cuadro 43. Cuadro de MML del Programa de construcción de embalses comunitarios de captación de agua de lluvia o de alguna corriente de agua.

|            | <b>Objetivos</b>  | <b>Indicadores</b>   | <b>Medios de Verificación</b>   | <b>Supuestos</b>   |
|------------|---|--|---|--|
| <b>Fin</b> | Mejorar la disponibilidad de agua en la época aprovechando las lluvias o de algún afluente de agua cercano. | Asegurar la disponibilidad de agua.<br>especialmente la época seca en las familias beneficiadas.<br><br>Un 80 % de las familias se ven beneficiadas con estas estructuras, durante el 1 año de implementación del proyecto.<br><br>Reducir el tiempo de recolección de agua. | Visitas de campo.<br><br>Fotografías.<br><br>Encuestas de aceptación. | Los sistemas implementados tienen un buen manejo, asegurando que estos duren por varios años.<br><br>Los sistemas de captación de agua mejoran la calidad de vida de los comunitarios. |

## Continuación cuadro 43.

|                    |  |   |  |   |
|--------------------|--|---|--|---|
| <b>Propósito</b>   | Implementar 4 embalses comunitarios para la captación de agua de lluvia o de algún afluente cercano. | 100 % familias beneficiadas al 1 año de haber iniciado el proyecto.   | Visitas de campo<br><br>Fotografías.   | Los comunitarios presentan interés para participar en el proyecto y ellos mismos colaboran en la construcción de los embalses.                              |
| <b>Componentes</b> | Componente 1<br>Buscar donadores para colaborar al proyecto.   | Obtener la colaboración de instituciones gubernamentales, y no gubernamentales para el financiamiento del proyecto. | Documento de compromiso firmado por los entes financiador avalando el desembolso para la ejecución del proyecto. | Voluntad y disposición de las personas para la construcción, cuidado y manejo de los embalses.<br><br>Todas las familias serán beneficias con los embalses. |
|                    | Componente 2<br>Ubicar los terrenos adecuados para la construcción del embalse.                      | Esta ubicación debe ser un terreno comunal y este debe ser accesible para todos los comunitarios.                   | Creación de comité comunal para la verificación del uso y mantenimiento de los embalses.                         |   |

Continuación cuadro 43.

|                    |  |  |  |
|--------------------|--|--|--|
| <b>Actividades</b> | Componente 1<br>Visitar aquellas instituciones que puedan colaborar con el financiamiento del proyecto.  | Visitar el 100 % de las instituciones que se encuentran en el área para obtener donadores.   | Listado y número telefónico de los representantes de cada institución visitada.  |
|                    | Componente 2<br>Distribución de donación a beneficiarios.<br>Capacitación sobre el uso de y cuidado de los embalses.<br>Construcción de los embalses en un lugar cercano para la toda la comunidad.<br>Crear una organización comunitaria que vele por el manejo y abastecimiento de forma equitativa. | Entrega de los materiales a las familias seleccionadas.<br>El 100 % de las familias beneficiadas están capacitadas en el manejo y cuidado de los sistemas.<br>Implementación de 04 embalses en las comunidades que conforman la microcuenca. | Informes.<br>Fotografías.<br>Encuestas.<br>Visitas de campo.<br>Supervisión de la construcción y uso que le estén dando.<br>Listado de las personas que formaran parte del comité. |

## 2.5.12. Horizonte económico

El horizonte financiero que se presenta es un resumen el cual presentan los 10 proyectos priorizados, los cuales se estiman que tienen un costo de Q. 1,810,000.00. Para un período de ejecución de cinco años, los proyectos y montos de la ejecución se presentan en el siguiente cuadro identificados con la nomenclatura previamente asignada.

Cabe resaltar que los proyectos priorizados son aquellos que aportan a corto y mediano plazo un desarrollo sostenible haciendo énfasis en la uso y manejo responsable del recurso hídrico.

Cuadro 44. Horizonte financiero de los proyectos priorizados.

| Proyecto       | Años          |               |               |               |               | TOTAL           |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
|                | 1             | 2             | 3             | 4             | 5             |                 |
| PR_SIS_RIEGO   | Q. 12,000.00  | Q. 60,000.00    |
| T_MAN_AG_DS    | Q. 15,000.00  | Q. 75,000.00    |
| PRY_REFORES    | Q. 10,000.00  | Q. 50,000.00    |
| PR_CAP_AQ      | Q. 15,000.00  | Q. 75,000.00    |
| PR_CONS_L      | Q. 40,000.00  | Q. 200,000.00   |
| PR_SIS_CAP_AG  | Q. 40,000.00  | Q. 200,000.00   |
| PR_FIL_AG      | Q. 30,000.00  | Q. 150,000.00   |
| PL_MAN_PROTEC  | Q. 20,000.00  | Q. 100,000.00   |
| PR_DIS_ABAS_AG | Q. 80,000.00  | Q. 400,000.00   |
| PR_CONS_EMB    | Q. 100,000.00 | Q. 500,000.00   |
| TOTAL          | Q. 362,000.00 | Q. 1,810,000.00 |

Fuente: elaboración propia, 2017.

Para los 10 proyectos priorizados se tiene estimado el invertir Q 362,000.00 por año, esperando que a los 5 años se culminen, el objetivo principal de estos proyectos es el mitigar los escasos del recurso hídrico que las personas viven dentro de la microcuenca.

### 2.5.13. Riesgos

Teniendo en cuenta los riesgos que se identificaron durante el diagnóstico y para garantizar la sostenibilidad de los recursos naturales y la soberanía alimentaria resulta importante la integración de programas y proyectos priorizados.

Por ellos es necesario establecer un escenario a la probabilidad de que el recurso hídrico sea escaso en su totalidad especialmente en la época seca la escases del mismo puede presentar consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular, en este caso la microcuenca Agua Caliente, en este caso se reconoce como problemática de riesgos a un tema relacionado con el uso, ocupación y transformación que afectan la disponibilidad del recurso hídrico específicamente en calidad y cantidad.

Cuadro 45. Riesgos del recurso hídrico dentro de la microcuenca.

| <b>Tipo de riesgo</b>   | <b>Descripción</b>  | <b>Acciones de mitigación</b>  |
|---|---|--|
| <b>Desabastecimiento completo de agua.</b>                      | -Cantidad insuficiente de agua para la satisfacción básica de la necesidad de la población.   | -Control de la erosión en las partes altas y manantiales.  |
| <b>Disminución de caudal natural de la corriente principal.</b> | -Acciones climáticas que generen la disminución del caudal en ciertas épocas del año.<br>-Acciones humanas que generan la disminución gradual del caudal de la corriente de principal, siendo la deforestación cerca del río y de los afloramientos naturales.<br>-Conflictos de uso y desviaciones de corrientes para usos de riego. | -Recuperación de la cobertura forestal en zonas de recarga hídrica y cercas al río.<br>- Evaluación, control y seguimiento de las desviaciones de ríos ilegales. |

Continuación cuadro 45.

|   |  |   |
|---|--|---|
| <b>Contaminación de la corriente superficial.</b> | <b>Alteración de la calidad fisicoquímica y bacteriológica natural del agua volviéndola no apta para ningún uso.</b>                                       | <b>-Saneamiento básico rural.</b><br><b>- Optimización del tratamiento de aguas residuales.</b> |
| <b>Vectores de enfermedades</b>                   | La mala calidad del agua debido a vertimientos de aguas residuales y la falta de control en el manejo de residuos, desatan en los pobladores enfermedades. | -Saneamiento básico en las casas.<br>-Purificación y cloración del agua.                        |

Fuente: elaboración propia, 2017.

## 2.6. CONCLUSIONES

1. El caudal máximo durante el año 2017 fue de  $0.92 \text{ m}^3/\text{s}$ , el cual abasteció desde la parte alta de la microcuenca, iniciándose en la comunidad Ocumbla hasta la parte baja en el barrio Agua Caliente; en la parte alta y baja se identificó la mayor parte de manantiales naturales, los cuales son zonas de recarga hídrica, importantes para la regulación de caudal que a su vez satisface las necesidades de las comunidades, especialmente en la época seca. De acuerdo con los parámetros fisicoquímicos las aguas del río Agua Caliente, la cantidad de nitratos por miligramo/litro es superior al límite permisible, lo cual se puede adjudicar a la actividad agrícola presente en la zona; los sulfatos presentes en el agua sobrepasan los límites, esto determina que es un agua dura, con altas concentraciones de sodio y potasio, perjudicial para el uso doméstico.
2. De acuerdo con los escenarios generados se puede determinar que la oferta hídrica del área de estudio fue de  $2.26 \text{ m}^3/\text{año}$ , dicha oferta fue calculada respecto al agua superficial disponible neta, la reducción de fuentes frágiles y el régimen de estiaje, en cuanto a la demanda se obtuvo que esta es de  $0.94 \text{ m}^3/\text{año}$ , en la demanda del recurso hídrico el principal uso identificado es en el sector doméstico consumiendo un aproximado de 96% del recurso obtenido, el índice de escasez obtenido al hacer la relación oferta y demanda fue del 41.70%, evidenciando la fuerte presión que ocurre sobre el recurso hídrico.
3. El principal problema identificado es la obtención y distribución del recursos hídrico en una forma homogénea y equitativa, la cantidad de agua disponible también se ve reducida si su calidad no es apta para los principales usos identificados (uso doméstico, agrícola y servicios), como principales propuestas de solución se formularon varios proyectos y programas recomendados para los usos actuales y potenciales identificados, para ello es necesario el mejorar las condiciones de disponibilidad del recursos hídrico de una forma urgente para mitigar el principal problema identificado.

4. El plan de uso y manejo del recurso hídrico de la microcuenca Agua Caliente, está directamente relacionado con el mantenimiento, conservación, descontaminación y recuperación del recurso hídrico superficial disponible en la microcuenca Agua Caliente; se han priorizado diez proyectos que plantean la mitigación de las problemáticas identificadas respecto a la disponibilidad del recurso hídrico.

## 2.7. RECOMENDACIONES

1. Con el fin de mejorar las condiciones de la corriente principal en cuanto a las características de calidad y cantidad del recurso es necesario ejecutar los programas y proyectos propuesto-contenidos en el presente documento, a su vez es necesario realizar un estudio financiero más a detalle para implementar los proyectos.
2. Es necesario realizar una socialización de los resultados obtenidos del presente estudio, en especial a las comunidades directamente involucradas como también a los administradores municipales y COCODES, que son los actores activos y permanentes, para el cumplimiento y ejecución de los proyectos propuestos.
3. La recuperación de los ecosistemas vulnerables, afluentes hídricos y fuentes abastecedoras deben ser de prioridad municipal, en lo que las acciones de recuperación deben provenir no solo de las alcaldías si no debe de ser un trabajo conjunto con los pobladores, para que sea totalmente productiva.
4. Es necesario la ejecución a corto plazo las acciones y proyectos de mejora de calidad sobre la corriente principal en el proceso que se aseguren que todos los pobladores tengan acceso a agua de calidad para el uso de consumo, agrícola y doméstico.
5. Dentro de la etapa de ejecución y puesta en marcha de los proyectos, se deben realizar las actividades de monitoreo pertinentes, con el fin de verificar que la eficiencia de los sistemas.
6. Realizar medición de caudales de forma mensual para monitorear la disponibilidad de agua en la corriente principal de la microcuenca, especialmente en los meses de la época seca (noviembre a abril).

7. Conformar un comité de microcuenca en donde participe la población y autoridades de la municipalidad, para que sean responsables directos de implementar las acciones propuestas, actuando como fiscalizadores para que se garantice el cumplimiento de las propuestas.

## 2.8. BIBLIOGRAFÍA

1. Barrientos, F. R. (2006). Cuencas hidrográficas, descentralización y desarrollo regional participativo. *InterSedes*, 2(12), 113-125.  
<https://www.redalyc.org/pdf/666/66612867008.pdf>
2. Bateman, A. (2007). *Hidrología básica aplicada*. España: Universidad Politécnica de Cataluña, Grupo de Investigación en Transporte de Sedimentos. Obtenido de <https://www.upct.es/~minaees/hidrologia.pdf>
3. Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., Senisterra, G. E., Denegri, G. A., Besteiro, S., & Delgado, M. I. (2012). *Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina*. (pp. 143-159). In VII Congreso de Medio Ambiente. Montevideo, Uruguay: Asociación de Universidades Grupo Montevideo.  
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/26441>
4. Girón Castillo, M. E. (2014). *Estrategias de manejo y diseño paisajístico para la microcuenca del Río Contreras*. (Tesis Arq., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura: Guatemala).  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02\\_3899.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_3899.pdf)
5. Global Water Partnership, Francia (GWP). (2009). *Manual para la gestión integrada de recursos hídricos en cuencas*. Francia: GWP.  
[https://www.riob.org/IMG/pdf/RIOC\\_GWP\\_Manual\\_para\\_la\\_gestion\\_integrada.pdf](https://www.riob.org/IMG/pdf/RIOC_GWP_Manual_para_la_gestion_integrada.pdf)
6. Herrera Ibáñez, I. R. (2014). *Manual de hidrología*. (pp. 20 -100). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
7. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Colombia (IDEAM). (2013). Metodología para el cálculo del índice de escasez de agua superficial. Colombia.  
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021143/metodologia-calculo.pdf>

8. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala (MAGA). (2001). *Manual para la caracterización y diagnóstico de cuencas*. (pág. 52). Guatemala: MAGA.
9. Monsalve, G. (1999). *Hidrología en la Ingeniería*. Santa Fe de Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de ingeniería. <https://es.scribd.com/doc/66450452/Hidrologia-en-La-Ingenieria-German-Monsalve>
10. Organización Mundial de la Salud, Suiza (OMS). (2008). *Guías para la calidad del agua potable; primer apéndice a la tercera edición; Volumen 1: Recomendaciones*. Suiza: OMS. [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/gdwq3/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/gdwq3/es/)
11. Ramakrishna, B. (1997). *Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas. Conceptos y experiencias*. Costa Rica: IICA / GTZ. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A9786e/A9786e.pdf>
12. Schosinsky, G. (2006). Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos. *Revista Geológica de América Central*, (34-35), 13-30. <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/geologica/article/viewFile/4223/4047>
13. Tobías, H., & Salguero, M. (Trad. Comp.). (2008). *Clasificación de tierras por la capacidad de uso metodología del USDA (Land capability classification)*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Área Tecnológica, Sub Área de Manejo de Suelo y Agua.
14. Unión Mundial para la Naturaleza, Suiza (UICN). (2000). *Visión del agua y la naturaleza. Estrategia mundial para la conservación y manejo sostenible de recursos hídricos en el siglo XXI*. Suiza: UICN / WWV / WWC-WWC. [https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/vision\\_agua.pdf](https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/vision_agua.pdf)
15. Universidad Autónoma de México, México (UNAM). (2012). ¿Qué son los factores abióticos y bióticos?. México: UNAM. <https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia2/unidad2/abioticosbioticos/queson>

16. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala (FAUSAC). (2004). *Manual técnico, metodología para la determinación de zonas críticas de recarga natural*. (págs. 100-106). Guatemala: FAUSAC.
17. World Visión, Canadá. (2001). *Manual de manejo de cuencas*. Canadá: WV.  
<https://www.actswithscience.com/Descargas/manual%20de%20manejo%20de%20cuencas.pdf>



## 2.9. ANEXOS

### 2.9.1. Resultados físico, químico y microbiológico del agua



LABORATORIO AMBIENTAL  
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-  
CARRERA DE INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula

Tel. 78730300

|                               |                               |              |            |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|------------|
| Referido por:                 | Andrea Borrayo                | No. Muestra: | 03         |
| Identificación de la Muestra: | Parte Baja Agua Caliente      | Fecha:       | 06/10/2017 |
| Localización:                 | Barrio Agua Caliente, Camotán |              |            |
| Tipo de Fuente:               | Río                           |              |            |
| Uso de Agua:                  | Doméstico                     |              |            |
| Telefono:                     |                               |              |            |

| ANÁLISIS DE FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA |            |            |                         |                           |
|------------------------------------|------------|------------|-------------------------|---------------------------|
| PARAMETROS                         |            | RESULTADOS | Limite Maximo Aceptable | Limite Máximo Permissible |
| pH                                 | Unidades   | 7.93       | 7.0 a 7.5               | 6.5 a 8.5                 |
| Temperatura de Agua                | °C         | 24.5       | 15 a 25                 | 34                        |
| Conductividad                      | µS/cm      | 330        | ---                     | menor de 1,500            |
| Oxígeno Disuelto                   | mg/l       | 7.56       | 8                       | 4                         |
| Oxígeno Disuelto                   | % de Sat.  | 109.8      | ---                     | 80 a 100                  |
| Turbidez                           | NTU        | 6          | 5                       | 15                        |
| Sólidos Totales                    | mg/l       | 384        | 500                     | 1000                      |
| Sólidos Disueltos Totales          | mg/l       | 162.2      | ---                     | 500                       |
| Fosfatos                           | mg/l       | 1.200      | 0.5                     | 1                         |
| Nitratos                           | mg/l       | 13.8       | ---                     | 10                        |
| Nitritos                           | mg/l       | 0.0060     | ---                     | 0.1                       |
| Sulfato                            | mg/l       | 44.60      | 100                     | 250                       |
| Demanda Biológica de Oxígeno DBO5  | mg/l       | 16.00      | 3                       | 25                        |
| Dureza                             | mg/l CaCO3 | 160        | 100                     | 500                       |

\* Temperatura: los resultados corresponden a la temperatura de la muestra en el laboratorio, no en el campo

| ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUA |                                  |                     |
|---------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| PARAMETROS                      | RESULTADOS                       | Valor de Referencia |
| COLIFORMES TOTALES              | Mayor o igual 2400.00 NMP/100 ml | 3                   |
| ESCHERICHIA COLI                | Mayor o igual 2400.00 NMP/100 ml | 3                   |
| COLIFORMES FECALES              | Mayor o igual 2400.00 NMP/100 ml | 3                   |

Licda. Vilma Leticia Ramos López  
Responsable Laboratorio Ambiental



Fuente: elaboración propia y análisis obtenido por el laboratorio ambiental del Centro Universitario de Oriente -CUNORI-, 2017.

Figura 37A Análisis físico, químico y microbiológico de la parte baja, de la microcuenca Agua Caliente.

|                               |                               |              |            |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|------------|
| Referido por:                 | Andrea Borrayo                | No. Muestra: | 01         |
| Identificación de la Muestra: | Parte Media Río Agua Caliente | Fecha:       | 06/10/2017 |
| Localización:                 | Chaguitón, Camotán            |              |            |
| Tipo de Fuente:               | Río                           |              |            |
| Uso de Agua:                  | Doméstico                     |              |            |
| Telefono:                     |                               |              |            |

| ANÁLISIS DE FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA |            |            |                         |                          |
|------------------------------------|------------|------------|-------------------------|--------------------------|
| PARAMETROS                         |            | RESULTADOS | Limite Máximo Aceptable | Limite Máximo Permisible |
| pH                                 | Unidades   | 8.24       | 7.0 a 7.5               | 6.5 a 8.5                |
| Temperatura de Agua                | °C         | 24.5       | 15 a 25                 | 34                       |
| Conductividad                      | µS/cm      | 295        | ---                     | menor de 1,500           |
| Oxígeno Disuelto                   | mg/l       | 7.6        | 8                       | 4                        |
| Oxígeno Disuelto                   | % de Sat.  | 111.5      | ---                     | 80 a 100                 |
| Turbidez                           | NTU        | 4          | 5                       | 15                       |
| Sólidos Totales                    | mg/l       | 248        | 500                     | 1000                     |
| Sólidos Disueltos Totales          | mg/l       | 145        | ---                     | 500                      |
| Fosfatos                           | mg/l       | 0.840      | 0.5                     | 1                        |
| Nitratos                           | mg/l       | 11.6       | ---                     | 10                       |
| Nitritos                           | mg/l       | 0.0050     | ---                     | 0.1                      |
| Sulfato                            | mg/l       | 128.73     | 100                     | 250                      |
| Demanda Biológica de Oxígeno DBO5  | mg/l       | 14.00      | 3                       | 25                       |
| Dureza                             | mg/l CaCO3 | 140        | 100                     | 500                      |

\* Temperatura: los resultados corresponden a la temperatura de la muestra en el laboratorio, no en el campo

| ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUA |                    |                     |
|---------------------------------|--------------------|---------------------|
| PARAMETROS                      | RESULTADOS         | Valor de Referencia |
| COLIFORMES TOTALES              | 1100.00 NMP/100 ml | 3                   |
| ESCHERICHIA COLI                | 460.00 NMP/100 ml  | 3                   |
| COLIFORMES FECALES              | 460.00 NMP/100 ml  | 3                   |

  
 Lidia Vilma Leticia Ramos López  
 Responsable Laboratorio Ambiental



Fuente: Elaboración propia y análisis obtenido por el laboratorio ambiental del Centro Universitario de Oriente -CUNORI-, 2017.

Figura 38A. Análisis físico, químico y microbiológico de la parte media, de la microcuenca Agua Caliente.

|                               |                              |              |            |
|-------------------------------|------------------------------|--------------|------------|
| Referido por:                 | Andrea Borrayo               | No. Muestra: | 01         |
| Identificación de la Muestra: | Parte Alta Río Agua Caliente | Fecha:       | 06/10/2017 |
| Localización:                 | Ocumbá, Camotán              |              |            |
| Tipo de Fuente:               | Río                          |              |            |
| Uso de Agua:                  | Doméstico                    |              |            |
| Telefono:                     |                              |              |            |

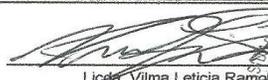
### ANÁLISIS DE FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA

| PARAMETROS                        | RESULTADOS | Limite Maximo Aceptable | Limite Maximo Permissible |                |
|-----------------------------------|------------|-------------------------|---------------------------|----------------|
| pH                                | Unidades   | 8.05                    | 7.0 a 7.5                 | 6.5 a 8.5      |
| Temperatura de Agua               | °C         | 24.5                    | 15 a 25                   | 34             |
| Conductividad                     | µS/cm      | 443                     | ---                       | menor de 1,500 |
| Oxígeno Disuelto                  | mg/l       | 7.98                    | 8                         | 4              |
| Oxígeno Disuelto                  | % de Sat.  | 117.9                   | ---                       | 80 a 100       |
| Turbidez                          | NTU        | 4                       | 5                         | 15             |
| Sólidos Totales                   | mg/l       | 332                     | 500                       | 1000           |
| Sólidos Disueltos Totales         | mg/l       | 219                     | ---                       | 500            |
| Fosfatos                          | mg/l       | 1.840                   | 0.5                       | 1              |
| Nitratos                          | mg/l       | 17.1                    | ---                       | 10             |
| Nitritos                          | mg/l       | 0.0050                  | ---                       | 0.1            |
| Sulfato                           | mg/l       | 189.60                  | 100                       | 250            |
| Demanda Biológica de Oxígeno DBO5 | mg/l       | 20.00                   | 3                         | 25             |
| Dureza                            | mg/l CaCO3 | 120                     | 100                       | 500            |

\* Temperatura: los resultados corresponden a la temperatura de la muestra en el laboratorio, no en el campo

### ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUA

| PARAMETROS         | RESULTADOS        | Valor de Referencia |
|--------------------|-------------------|---------------------|
| COLIFORMES TOTALES | 460.00 NMP/100 ml | 3                   |
| ESCHERICHIA COLI   | 150.00 NMP/100 ml | 3                   |
| COLIFORMES FECALES | 150.00 NMP/100 ml | 3                   |

  
Licda. Vilma Leticia Ramo  
Responsable Laboratorio Ambiental



Fuente: elaboración propia y análisis obtenido por el laboratorio ambiental del Centro Universitario de Oriente -CUNORI-, 2017.

Figura 39A. Análisis físico, químico y microbiológico de la parte media, de la microcuenca Agua Caliente.

### 2.9.2. Medición de caudales



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 40A. Medición de caudales en la parte media de la zona de estudio.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 41A. Medición de caudales en la parte alta de la zona de estudio.





### 3.1. PRESENTACIÓN

Durante la realización del Ejercicio Profesional Supervisado –EPS-, el cual fue ejecutado en la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura –FAO-, se llevaron a cabo tres servicios principales, con el objetivo de trabajar las dos líneas estratégicas que tiene contemplada el programa, siendo; el fortalecer los sistemas productivos de las familias para resguardar la subsistencia alimentaria y el fortalecimiento de la resiliencia al cambio climático, aumentando la capacidad de respuesta a los cambios climáticos, principalmente las sequías prolongadas, las cuales han afectado a las comunidades dejándolas susceptibles a la desnutrición y el acceso al recurso hídrico.

Los servicios se llevaron a cabo en el departamento de Chiquimula, ubicado en el corredor seco del país, dentro de la una microcuenca priorizada dentro del marco del proyecto; “Restablecimiento del Sistema Alimentario y fortalecimiento de la Resiliencia de familias afectadas por la Canícula Prolongada 2014 en municipios de los departamentos de Chiquimula y Jalapa, Guatemala” trabajando directamente en la microcuenca Agua Caliente, en el municipio de Camotán, Chiquimula.

El servicio de fortalecimiento de las capacidades de promotores agrícolas voluntarios se realizó en las tres microcuencas en las que trabajaba el marco del proyecto, trabajando los temas de cultivos alternativos al cambio climático, importancia de las zonas de recarga hídrica y reconversión de sistemas productivos-

El segundo servicio fue la asistencia técnica en el cultivo y manejo de árboles frutales. a su vez monitoreando prendimiento de árboles establecidos en el año 2016, la producción de especies frutales busca el aumentar y diversificar la agricultura familiar y los ingresos económicos de las familias beneficiadas en donde las principales características para la selección de las especies frutales son su adaptabilidad al medio, poca susceptibilidad a la plagas y disminución de enfermedades.

Por último se brindó la asistencia técnica en el cultivo y producción de semilla de hortalizas en huertos familiares establecidos en el año 2016, en donde el huerto familiar es una alternativa para que la familia produzca y consuma a bajo costo productos frescos y saludables, los huertos deben estar conformados por hortalizas, verduras, frutas, plantas medicinales, hierbas comestibles y aves de corral, a su vez funciona alternativa para evitar la compra de semillas, incentivando a la producción de las mismas.

## **3.2. OBJETIVOS**

### **3.2.1. Objetivo general**

Brindar servicios técnicos para fomentar el desarrollo de las comunidades involucradas en los proyectos favorecidos por FAO para la microcuenca Agua Caliente ubicada en el municipio de Camotán Chiquimula.

### **3.2.2. Objetivos específicos**

1. Fortalecer las capacidades de promotores agrícolas voluntarios, reforzando la temática del Módulo 1: Capacitación a nivel de promotores, a través del plan de capacitación 2017.
2. Brindar asistencia técnica en el cultivo de árboles frutales (aguacate Hass, aguacate BHOT8, naranja Valencia, Jocote Corona y Mango) y monitoreo de prendimiento de lo establecido en el año 2016.
3. Asistir en el manejo de cultivo y producción de semilla de hortalizas en huertos familiares establecidos en el año 2016.

**3.3. Servicio 1: Fortalecer las capacidades de promotores agrícolas voluntarios, reforzando la temática del Módulo 1; capacitación a nivel de promotores y a través del plan de capacitación 2017.**

**3.3.1. Objetivos**

- Mejorar la actitud y aptitud de los y las promotoras, con la ejecución del plan de capacitación, estableciendo el seguimiento requerido para su cumplimiento y mejora continua de los pobladores de la microcuenca Agua Caliente.
- Orientar a los y las promotoras en nuevos temas como; cultivos alternativos al cambio climático, importancia de las zonas de recarga hídrica, reconversión de los sistemas de producción.
- Fomentar que los promotores capacitados distribuyan la información otorgada durante las jornadas de capacitación, por medio de la metodología campesino a campesino.

**3.3.2. Metodología**

1. Seleccionar de los temas a fortalecer en el módulo 1: Capacitación a nivel de promotores. Siendo los siguientes: Cultivos alternativos al cambio climático, importancia de las zonas de recarga hídrica y reconversión de sistemas productivos.
2. Programar los talleres para la elaboración de la capacitación de los temas seleccionados. Dentro de la programación de los talleres se debe tomar en cuenta la organización (determinar el lugar, la hora, la comida, la agenda, el material didáctico, los pasajes, listado de participantes, mobiliario y equipo)

3. Revisión bibliográfica de los temas a impartir en las capacitaciones y preparación del material a presentar (presentación, carteles, medio audiovisuales).
4. Exponer el material didáctico realizado a los técnicos FAO para obtener las herramientas necesarias para poder para transmitir el conocimiento.
5. Realizar la convocatoria a los promotores de las comunidades que están dentro la microcuenca de Agua Caliente.
6. Ejecución de los talleres de capacitación, según la fecha y el lugar previamente programados.

### **3.3.3. Resultados**

En la etapa inicial de los servicios realizados en el ejercicio profesional supervisado en la microcuenca Agua Caliente, fue elemental que las capacitaciones sobre los temas de; cultivos alternativos al cambio climático, la importancia de las zonas recarga hídrica y la reconversión de sistemas de producción, la participación de todos los promotores dentro del área de influencia del proyecto.

En cuanto al primer tema; “Cultivos alternativos al cambio climático”, se capacitó a 35 promotores de la microcuenca Agua Caliente, dicha capacitación se centró en la diversificación de cultivos y de especies que mejor se adapten a la sequía, fenómeno climático característico en la región Chortí, esto con el fin de que los pobladores se fortalezcan y generen nuevos conocimientos que los ayude a la resiliencia al cambio climático, impulsando una agricultura climáticamente inteligente, la necesidad de presentar y dar a conocer diferentes cultivos que se adaptan a las sequías prolongadas es el evitar que las familias más vulnerables a la inseguridad alimentaria se vean afectadas por la falta de alimento si este fenómeno climático llegase a extender más de lo normal, causando grandes pérdidas de cultivos de granos básicos.

En la segunda capacitación con el tema; “Importancia de las zonas de recarga hídrica”, con esta capacitación se logró la asistencia de 49 promotores, en donde ellos mismos compartieron su preocupación y necesidad de proteger y reforestar las áreas de recarga hídrica, con la capacitación técnica que se impartió se logró determinar las especies óptimas para la reforestación de dichas zonas siendo; *Quercus*, spp, *Curatella americana*, *Byrsonima crassifolia*, a su vez se encuentran especies de pinos como *Pinus oocarpa* y se recalcó la importancia de no solo proteger la parte alta de la microcuenca, si no todos los estratos que lo conforman, este tema fue primordial para que los pobladores tomen conciencia en cuanto a la deforestación, contaminación de los afluentes de agua, disponibilidad y acceso del recursos, los cuales son recursos naturales escasos dentro de la microcuenca.

El tercer tema que se impartió; “Reconversión de los sistemas productivos”, con este tema se buscó que los promotores, busquen su proceso complejo de transformación tecnológica, sociocultural y económica respetando su autosostenibilidad, con los proyectos proporcionados por FAO, evitando así el paternalismo, lo cual es muy marcado en el área de influencia del proyecto.

El modelo de reconversión de los sistemas productivas se basa en un proceso escalar con la identificación y clasificación de los productores y sus actividades lo cual permite el incluirlos a en los procesos de mejora y participación de diferentes proyectos, este es un proceso de inductivo para los productores cuyo objetivo es generar estrategias y/o acuerdos comunales, también es un proceso transversal incluyendo instituciones y sectores que coinciden con los mismo objetivos y por último es un proceso multidisciplinario.

#### **3.3.4. Conclusiones**

- Con las capacitaciones se buscó mejorar la actitud y aptitud de los promotores, aportando diferentes conocimientos en cuanto cultivos que se adapten al cambio climático, la

importancia de las zonas de recarga hídrica y la reconversión de sistemas productivos, las personas capacitadas fueron los promotores voluntarios del proyecto.

- Se orientó a los y las promotoras en nuevos temas como; cultivos alternativos al cambio climático, importancia de las zonas de recarga hídrica, reconversión de los sistemas de producción, con el fin de cambiar la forma en la que se ha desarrollado la agricultura familiar en las comunidades, haciendo énfasis en la preservación y conservación de los recursos, el uso de cultivos agrícolas alternativos y el mejorar las cadenas de producción y comercialización de estos.
- La metodología de campesino a campesino es la mejor forma de que los conocimientos adquiridos se logren difundir a todos los pobladores de las comunidades y las actividades sean replicables, asegurando así la sostenibilidad del proyecto.

### **3.3.5. Recomendaciones**

- Continuar con el apoyando a los promotores con el establecimiento de alianzas para implementar capacitaciones en diferentes temas para el desarrollo de las comunidades de la microcuenca Agua Caliente.
- Exhortar a los promotores en reducir la contaminación ambiental, proteger los cuerpos hídricos y buscar las mejoras en las condiciones de su vida en general.
- Para la protección, reforestación y conservación de las principales zonas de recarga hídrica es necesario que se genere un estudio específico en la para identificar las zonas microcuenca Agua Caliente y clasificarlas según su potencial de infiltración, captación y almacenaje de agua de lluvia

**3.3.6. Medios de verificación**

|   |  |   |
|---|--|---|
| Fortalecer las capacidades de promotores agrícolas voluntarios, reforzando la temática del Módulo |  |   |
| <b>Cultivos alternativos al cambio climático</b>  | <b>Importancia de las zonas de recarga hídrica</b>                                 | <b>Reconversión de los sistemas productivos</b>                                     |
|                  |  |  |
|   |  |   |

Figura 42 Medio de verificación, capacitación a promotores

### **3.4. Servicio 2: Asistencia técnica en el cultivo de árboles frutales (aguacate Hass, aguacate BHOT8, naranja Valencia, Jocote Corona, Mango) y monitoreo de prendimiento de lo establecido en el año 2016.**

#### **3.4.1. Objetivo**

- Mejorar la disponibilidad de alimentos de alto valor nutritivo y a su vez contribuyendo al aumento de la cobertura forestal.
- Asistir en el manejo del cultivo de los árboles frutales de aguacate (*Persea americana* var Hass y BHOT 8), naranja (*Citrus sinensis* var Valencia) y jocote corona (*Spondias purpurea*).
- Monitorear y calcular porcentaje de supervivencia de árboles frutales que fueron establecidos en el año 2016.

#### **3.4.2. Metodología**

1. Identificación de las familias beneficiadas por la dotación de árboles frutales que se realizó en el año 2016.
2. Dar seguimiento técnico en el manejo de los árboles frutales establecidos durante el año 2016.
3. Facilitar recomendaciones técnicas en cuanto al manejo de plagas, podas y riego a las familias para mantener el saludable al árbol y asegurar la producción de frutos.
4. Determinar el porcentaje de prendimiento de los árboles frutales en la microcuenca.

### 3.4.3. Resultados

Las actividades realizadas de siembra se realizaron en terrenos de familias beneficiadas, en donde las condiciones climáticas y físicas de los suelos era favorables para el crecimiento del árbol. La mayoría de las familias ya contaba con especies frutales nativas en sus hogares o parcelas, lo que se observó un aprovechamiento de espacios, las condiciones topográficas del área, dichas observaciones fueron pautas necesarias para complementar los conocimientos de las personas en cuanto a la asistencia técnica de podas, riego focalizado y manejo de plagas.

Los árboles frutales se encontraban en una etapa joven (un año de siembra), por ello eran susceptibles a la plaga de zompopo por lo que se recomendó un manejo de plagas natural, como el agua con jabón, colocar hojas de frijol en los nidos, sembrar especies como el té de limón, ayote o camote las cuales funcionan como repelente natural para dicha plaga.

Dentro del área de la microcuenca Agua Caliente estableció un total 24.05 hectáreas de árboles frutales, durante el año 2016, siendo las especies: aguacate (*Persea americana* var Hass y BHOT 8), naranja (*Citrus sinensis* var Valencia), jocote corona (*Spondias purpurea*) y mango (*Mangifera indica*).

El dato de sobrevivencia al año 2017, se determinó con base a la relación de número de plantas establecidas y el número de plantas vivas encontradas al momento de la visita técnica.

Para el cálculo del porcentaje de supervivencia se utilizó la siguiente ecuación. (Linares, 2005)

$$\% \text{ sobrevivencia} = \frac{PV}{(pv + pm)} * 100$$

Donde:

Pv= Plantas vivas.

Pm= Plantas muertas.

Dentro de la microcuenca se beneficiaron un total de 120 familias entregándoles un total de 10 árboles frutales por familias (dos por cada especie), obteniendo un total de 1,200 árboles frutales dentro de la microcuenca.

$$\% \text{ Sobrevivencia} = \frac{876}{(876 + 324)} * 100 = 73\%$$

Una vez evaluada la sobrevivencia de los árboles frutales para las cinco especies implementadas, estas presentaron un 73% de sobrevivencia, lo cual indica una buena sobrevivencia teniendo en cuenta la falta de riego constante por la escasa disponibilidad de dicho recurso en el área y la constante amenaza de plagas y enfermedades.

#### **3.4.4. Conclusiones**

- Ante la necesidad de mejorar la disponibilidad de alimentos de alto valor nutritivo, es necesario el establecer especies que sea adapten a las prolongadas sequías que se presentan en el área, a su vez contribuyan al aumento de la cobertura forestal y la alimentación familiar.
- La asistencia técnica de los árboles frutales implementados como el aguacate (*Persea americana* var Hass y BHOT 8), naranja (*Citrus sinensis* var Valencia) y jocote corona (*Spondias purpurea*) es el asegurar la sobrevivencia de estos y que las familias tengan acceso a una diversificación alimentaria cuando estos entren en su etapa de producción, la cual se tiene esperado que sea en el tercer año después de su siembra.
- El porcentaje de supervivencia de los árboles frutales que fueron establecidos en el año 2016, de un 73% de 1,200 árboles implementados dejando un total de 374 árboles que no sobrevivieron las condiciones climáticas o la falta de cuidado de los beneficiarios, sin

embargo, es necesario resaltar que el acceso al agua es limitado, por lo que se considera que el porcentaje de supervivencia es alto.

### **3.4.5. Recomendaciones**

- Es necesario en adaptar el diseño del sistema a las condiciones socioeconómicas, climáticas y geográficas del área a su vez el estudiar los requerimientos biológicos y nutricionales del material vegetal a establecer.
- Promover la metodología de campesino a campesino para asegurar el transmitir los conocimientos y la replicación de la práctica en las áreas que carecen de asistencia técnica.
- Lo ideal para esta práctica es que el establecimiento de árboles frutales debe ser en terrenos propios, con pendientes pronunciadas carentes de cobertura vegetal, suelos pocos profundos y de baja fertilidad.
- Promover la propagación de las especies forestales para asegurar una mayor obtención de alimentos.

**3.4.6. Medios de verificación**

| <b>Asistencia técnica en árboles frutales</b>  | <b>Identificación de familias beneficiadas</b>  |
|--|---|
|  A photograph showing two women in a rural setting. They are crouching in a field with several young trees. One woman is pointing towards a tree, and the other is looking at it. The background shows more trees and a dirt path. |  A photograph of a woman crouching next to a young tree in a field. She is smiling at the camera. The ground is dark and appears to be recently tilled. There are some rocks and other plants in the background. |

Figura 43 Medios de verificación, asistencia técnica en árboles frutales

### **3.5. Servicio 3: Asistencia técnica en el cultivo y producción de semilla de hortalizas en huertos familiares establecidos en el año 2016.**

#### **3.5.1. Objetivo**

- Fortalecer y diversificar la alimentación de las familias de la microcuenca Agua Caliente a través de la producción de diferentes hortalizas.
- Dar a conocer a las familias beneficiadas sobre el manejo y producción semillas de las distintas hortalizas que conforman los huertos familiares.

#### **3.5.2. Metodología**

1. Identificar a las familias beneficiadas por la dotación de semillas hortícolas.
2. Dar un seguimiento técnico en cuanto al manejo de las hortalizas establecidas en los huertos.
3. Seleccionar aquellos especímenes vegetales que tienen potencial para la producción de semillas (plantas de mayor tamaño, vigorosas, que no se haya visto afectadas por plagas y que presente una buena producción).
4. Determinar las etapas fenológicas de las hortalizas para el manejo adecuado de la semilla.
5. Informar a las familias sobre la etapa de floración de las hortalizas para la obtención de la semilla.
6. Asistencia técnica en selección y almacenamiento de semillas.

### **3.5.3. Resultados**

Los huertos hortícolas familiares son considerados lugares de producción de hortalizas y semillas en donde las familias cuentan con disponibilidad y acceso de alimentos vegetales que complementan su dieta alimentaria y les permite en algunos casos, vender los excedentes de producción a nivel local, lo cual genera ingresos económicos para la familia. Esta buena práctica se realiza en un espacio del terreno con un mínimo de 10 metros cuadrados dentro de la vivienda de cada familia y ayuda a la integración de esta, a través del aporte de mano de obra no calificada de cada uno de sus miembros.

Un total de 1,243 familias han sido capacitadas en cuanto a la producción, selección y almacenamiento de semillas hortícolas, principalmente; de rábano, cilantro, espinaca, cebolla, bledo, chipilín, bledo y quilete, las familias se han visto beneficiadas en la disponibilidad de alimentos, generando una pequeña diversificación agrícola e impactando directamente en el bienestar de la familia, en cuanto a la producción de diferentes semillas se ha evitado la compra de las mismas, generando la una producción sostenible.

### **3.5.4. Conclusiones**

- El fortalecer la dieta alimenticia de las familias de la microcuenca Agua Caliente a través de la producción de diferentes hortalizas y sobre todo enfocar esta producción a una forma sostenible, ha sido un proceso de participación en donde todos los miembros de la familia se deben involucrar en la producción, selección y almacenamiento de semillas, para que estas sean utilizadas en la próxima siembra
- Las principales semillas de hortalizas que se entregaron para la elaboración de los huertos familiares son de aquellas especies endémicas del área y a su vez que se adapten a las condiciones de sequía o no demanden un riego constante como lo es el rábano, cilantro, espinaca, cebolla, bledo, chipilín y bledo.

- Las familias cuentan con una producción de semilla sustentable dado a que pueden reconocer las características adecuadas y necesarias para la recolección, selección y almacenamiento de semillas.

### **3.5.5. Recomendaciones**

- Es necesario adaptar el diseño de los huertos según las condiciones edáficas y tener en cuenta los requerimientos nutricionales de las plantas para evitar el uso de abonos.
- Asegurar la asistencia técnica en aquellas comunidades vulnerables que no han realizado la práctica.
- Establecer alianzas con organizaciones que trabajan en el tema de huertos familiares para que la asistencia técnica sea constante.
- Es necesario trabajar con las familias la metodología de campesino a campesino para asegurar la replicación de la práctica.

3.5.6. Medios de verificación

|   |   |
|---|---|
| <p><b>Producción de semillas de quilete en la microcuenca Agua Caliente</b></p>     | <p><b>Elaboración de huertos familiares en la microcuenca Agua Caliente</b></p>     |
|    |   |
| <p><b>Huertos familiares en la microcuenca Agua Caliente</b></p>                    | <p><b>Producción de rábano en la microcuenca Agua Caliente</b></p>                  |
|  |  |

Figura 44 Medio de verificación, asistencia técnica en el cultivo y producción de hortalizas.

### 3.6. BIBLIOGRAFÍA

1. Linares, E. (2005). *Instructivo para determinar la supervivencia en plantaciones forestales*. Cuba: Ministerio de Agricultura y Ganadería (MINAG). Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/3240/1/tnk10l864v.pdf>
2. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia (FAO). (2005). *Manejo del huerto integrado*. Obtenido de España: Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) / Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI): <http://www.fao.org/3/at761s/at761s.pdf>
3. Secretaria de Seguridad Alimentaria y Nutricional, Guatemala (SESAN). (2013). *Impacto de la canícula prolongada en la población de infra y subsistencia del corredor seco de Guatemala*. Obtenido de Guatemala: SESAN: <https://documents.wfp.org/stellent/groups/public/documents/ena/wfp255353.pdf>



Rolando Barrios



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



REF. Sem. 6/2021

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:

"PLANIFICACIÓN PARA USO Y MANEJO DEL  
RECURSO HÍDRICO EN LA MICROCUENCA  
"AGUA CALIENTE" DEL MUNICIPIO DE  
CAMOTÁN, CHIQUIMULA, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADO POR LA ESTUDIANTE:

ANDREA SURAMA BORRAYO PÉREZ

CARNE:

201210913

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES:

Dr. Eddy Vanegas  
Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona  
Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes

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 Roberto Salguero Barahona  
ASESOR ESPECIFICO

Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes  
DOCENTE - ASESOR EPS



Ing. Agr. Carlos Fernando López Bucaro  
DIRECTOR DEL IIA



WNR/nm  
c.c. Archivo

Ref. SAIEPSA.45.2021

Guatemala, 11 de mayo de 2021

TRABAJO DE GRADUACIÓN: PLANIFICACIÓN PARA USO Y MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA MICROCUENCA “AGUA CALIENTE”, MUNICIPIO CAMOTÁN, CHIQUIMULA, GUATEMALA.

ESTUDIANTE: ANDREA SURAMA BORRAYO PÉREZ

No. CARNÉ 201210913

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

“PLANIFICACIÓN PARA USO Y MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO, EN LA MICROCUENCA “AGUA CALIENTE”, DEL MUNICIPIO DE CAMOTÁN, CHIQUIMULA, GUATEMALA, C.A.”

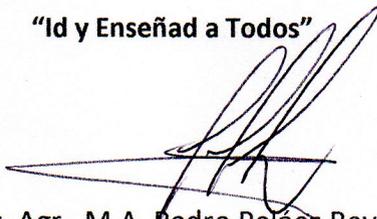
LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Dr. Eddi Vanegas

Dr. Marvin R. Salguero Barahona

Ing. Agr. M.A. Pedro Peláez Reyes

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”



Vo. Bo. Ing. Agr. M.A. Pedro Peláez Reyes  
**Coordinador Area Integrada – EPS**





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

*Acreditada Internacionalmente*



No. 47.2021

|                        |  |
|------------------------|--|
| Trabajo de Graduación: | "PLANIFICACIÓN PARA USO Y MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA MICROCUENCA "AGUA CALIENTE", MUNICIPIO CAMOTÁN, CHIQUIMULA, GUATEMALA, C. A." |
| Estudiante:            | Andrea Surama Borrayo Pérez  |
| Carné:                 | 201210913  |

"IMPRÍMASE"

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes  
DECANO

