

**PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN  
ESCUELA DE POSGRADO**

**Alternativas de captación de agua para uso humano y  
productivo en la subcuenca del río Aguas Calientes,  
Nicaragua.**

**Título de la tesis**

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito para optar por el grado de:

*Magister Scientiae* en Manejo Integrado de Cuenca Hidrográficas

Por

Ing. Mauricio José Cajina Canelo


Turrialba, Costa Rica, 2006


Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE, y aprobada por el Comité Consejero del estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:


**Magister Scientiae**


**En Manejo Integrado en Cuencas Hidrográficas**

**FIRMANTES:**

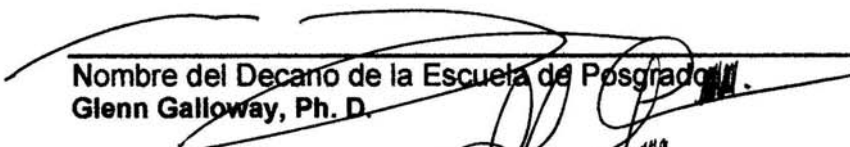
  
\_\_\_\_\_  
Nombre del consejero principal  
Jorge Faustino, Ph. D.

  
\_\_\_\_\_  
Nombre del consejero  
Francisco Jiménez, Dr. Sc

  
\_\_\_\_\_  
Nombre del consejero  
Sergio Velásquez, MSc.

  
\_\_\_\_\_  
Nombre del consejero  
Cornelis Rins, MSc.

\_\_\_\_\_  
Nombre del consejero  
Sonia Nohemí Gómez, MSc.

  
\_\_\_\_\_  
Nombre del Decano de la Escuela de Posgrado  
Glenn Galloway, Ph. D.

  
\_\_\_\_\_  
Nombre del candidato  
Mauricio José Cajina Canejo Ing. Agr.

## DEDICATORIA

A mi madre Maria Victoria Canelo y a mi padre Mauricio José Cajina Pérez, gracias por darme la vida, a vos mi viejo que aunque hoy no estés físicamente conmigo, se que estás orgulloso de lo logrado porque en el camino de la lucha por mejores condiciones para los más desprotegidos, yo lo continuo y tu vas conmigo.

A mi esposa Mery Lou Izaguirre Serrano, a mis hijos Mauricio, Maurel, Nuviam y Jennifer, que siempre nos hemos apoyado como una familia y son mi motivo de seguir adelante, que este esfuerzo lo puedan continuar mis hijos en su vida profesional.

A mis hermanos Harvin, Augusto, Marlon y Betty, como inspiración a que continuemos cada día adelante unidos.

A todo los niños, que sudan con su carga de leña al hombro, que venden en las calles, que trabajan para ayudar a sus padres en el sustento diario de sus hermanos, a todos ustedes hermanitos por que de ahí salí yo, en busca de conocimientos para compartirlos con ustedes, por eso mis pies siempre están donde deben estar y donde más me necesitan.

Con todo honor a todos ustedes campesinos y campesinas de mi pequeño terruño, mi querido Somoto, nido de vencedores antes las adversidades de la vida, a todos ustedes por ayudarme a crecer profesionalmente y compartir sus conocimientos.

A los emigrantes de mi tierra de lagos y volcanes, Dios nos permita que nuestra tierra la llenemos de bonanzas, para que regresen nuestros hermanos y gritemos “Unida Nicaragua Triunfa”.

A Dios base artesiana de fluido de amor sabiduría, salud, fortaleza y comprensión que permitió rodearme de gente especial, preciosa, incondicional y buena compañía, durante todo este periodo de estudio. Gracias señor por todo eso y por escuchar mi intensión y compromiso de hacer la voluntad del cristo trabajador, humano, sencillo, con sentimiento profundo por la miseria en cualquier parte del mundo y más por los de mi pueblo.

**Mauricio Cajina.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco de manera especial: A mi concejero principal Ph.D. Jorge Faustino, a los miembros del comité de tesis Dr. Francisco Jiménez, M.Sc. Sonia Gómez M.S.c. Sergio Velásquez, M.S.c. Cornelis Prins por sus orientaciones para lograr la conclusión de esta investigación.

A la Institución CATIE por la oportunidad que he tenido de mejorar mis conocimientos y compartir con personas especiales, merecedoras de pertenecer a esta institución, profesores y amigos, al personal de servicios, a los administrativos.

De manera muy especial agradezco a mis compañeros cuencólogos promoción 2005-2006; Arlen Payan, Laura Benegas, Rafaela Retamal, Karen Reyes, Francisco Baldizón, René Pérez, Raúl Pinedo, Pedro Pablo Orozco, con los que compartimos, caudales diferentes de emociones en armonía como una gran familia durante nuestra estadía en *campus* CATIE.

A todos los compatriotas Nicaragüenses con los que hemos compartidos dos años de estudios.

Al Programa FOCUENCAS-CATIE-ASDI, por facilitarme el recurso económico para realizar esta maestría.

A cada uno de los Comité Comunal de Cuenca de la subcuenca del río Aguas Calientes, por ser parte de este esfuerzo participando, decidiendo y brindando la información que se requería.

A mis amigos que me impulsaron, motivaron y colaboraron con iniciar estos estudios; M.Sc. Néstor Castellón, M.Sc. Diego Gómez, gracias profesor por su colaboración con el estudio.

A todas las organizaciones e instituciones miembros del Comité de Cuenca en el Municipio de Somoto y San Lucas que de diferente manera hicieron posible la realización de este estudio con su colaboración.

**GRACIAS A TODOS**

## **BIOGRAFÍA**

El autor nació en el Municipio de Somoto, Departamento de Madriz, Nicaragua, el 12 de marzo de 1966. Se graduó en la Universidad Nacional Agraria de Nicaragua en 1994 en la Facultad de Agronomía con el título de Ingeniero Agrónomo. Inició la formación de la Unidad Técnica Municipal de Atención al Campo, en Somoto, denominada Comisión de Desarrollo Comunitario en 1997, facilitador en el proceso de elaboración del Plan Rector de Producción y Conservación en la subcuenca del río Aguas Calientes. Por elección popular alcanzó el cargo público de Vicealcalde Municipal durante el periodo 2001 – 2004; en este periodo desempeño funciones como: Coordinador del Comité de Cuenca en el Municipio de Somoto y San Lucas con trabajo en la subcuenca del río Aguas Calientes, coordinador de la Unidad Técnica Ambiental Municipal, facilitador con la colaboración desde la Municipalidad para la ejecución participativa del Programa FOCUENCAS en la primera fase, coordinador de la Comisión de Planificación Municipal, iniciador del proyecto de manejo de desechos sólidos en el municipio de Somoto, iniciador del proyecto de radio comunicación rural y seguridad ciudadana en el municipio de Somoto. En el año 2006 obtuvo el Título de Magíster Scientiae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas.

## CONTENIDO

DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
BIOGRAFÍA .....	V
CONTENIDO .....	VI
RESUMEN .....	XIII
SUMMARY .....	XIV
ÍNDICE DE CUADROS.....	XV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVII
INDICE DE ANEXOS.....	XX
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS .....	XXI
1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Definición del problema .....	2
1.2 Justificación e importancia del estudio.....	3
1.3 Delimitación del estudio.....	5
1.4 Objetivos del estudio .....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 Preguntas de investigación del estudio.....	6
2 REVISIÓN DE LITERATURA .....	6
2.1 Situación del agua en Centroamérica .....	6
2.2 Situación del recurso hídrico en Nicaragua .....	7
2.2.1 Aguas superficiales en Nicaragua.....	8
2.3 Sequía.....	8
2.4 Tipos de suelos en Nicaragua y en el área de estudio.....	9
2.4.1 Suelos inceptisoles.....	9

2.4.2	Suelos Mollisoles .....	10
2.5	Principios de gestión integral recursos hídricos (Dublín).....	10
2.6	Enfoque participativo para el manejo del recurso hídrico.....	11
2.6.1	Investigación participativa .....	12
2.6.2	Acción - investigación - sistematización.....	12
2.6.3	Acción colectiva y derecho de posesión para el desarrollo sostenible .....	13
2.6.4	Análisis y manejo de conflictos socio-ambientales.....	13
2.6.5	La gente y el agua .....	14
2.7	Enfoque de manejo integrado de cuencas hidrográficas.....	14
2.8	Captación de agua de lluvia .....	16
2.8.1	Captación de agua de lluvia para consumo humano.....	16
2.8.2	Captación de agua superficial .....	16
2.8.3	Precipitación .....	17
2.8.4	Lluvia de diseño .....	17
2.8.5	Escurrimiento superficial .....	17
2.8.6	Ciclo del agua .....	18
2.8.7	Balance hídrico .....	18
2.9	Valoración socio ambiental y económica del agua.....	18
2.10	Valoración socioeconómica de los beneficios del agua .....	19
2.11	Política nacional de los recursos hídricos de Nicaragua .....	20
2.12	Ley general de Agua Nacionales .....	21
3	METODOLOGÍA .....	22
3.1	Descripción del área de estudio .....	22
3.2	Caracterización del área de estudio.....	23
3.2.1	Caracterización socioeconómica.....	25

3.2.2	Caracterización institucional.....	28
3.2.3	Caracterización biofísica .....	28
3.3	Descripción del proceso metodológico .....	34
3.3.1	Definición del estudio.....	34
3.3.2	Fuente de información secundaria.....	35
3.3.3	Fuente de información primaria.....	35
3.3.4	Fase I Coordinación con el Comité de Cuencas.....	36
3.3.5	Fase II Gestión de información comunitaria.....	37
3.3.5.1	Objetivo 1. Metodología aplicada .....	37
3.3.5.2	Objetivo 2. Metodología aplicada .....	41
3.3.5.3	Objetivo 3. Metodología aplicada .....	46
3.3.5.4	Objetivo 4. Metodología aplicada .....	52
3.3.6	Fase III Procesamiento de información.....	58
3.3.7	Fase VI Elaboración de documento de tesis .....	58
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
4.1	Resultados y discusión de objetivo No.1 .....	60
4.1.1	Identificación y caracterización de áreas potenciales para consumo humano .....	61
4.1.1.1	Potencial de captación de agua con sistema SCAPT para consumo humano .	63
4.1.1.1.1	Determinación de la oferta o potencial de precipitación en área de techo .....	63
4.1.1.1.2	Población y demanda de agua para consumo humano .....	64
4.1.1.1.3	Determinar el tiempo o periodo de abastecimiento.....	65
4.1.1.1.4	Proyección de la demanda de agua en tiempo:.....	67
4.1.2	Identificación y caracterización de áreas potenciales de captación de agua para uso productivo agropecuario y forestal.....	68



4.1.2.1	Criterios biofísicos .....	68
4.1.2.2	Criterios socioeconómicos.....	71
4.1.2.3	Organización Local con presencia en la subcuenca .....	73
4.1.2.4	Producción vegetal, forestal y animal.....	76
4.1.2.4.1	Demanda de agua en la subcuenca para uso agrícola y forestal.....	76
4.1.2.4.2	Estimación de la demanda de agua .....	78
4.1.2.5	Demanda de agua en producción animal .....	79
4.1.2.5.1	Estimación de la demanda de agua en producción animal .....	81
4.1.3	Potencial de captación de agua en la subcuenca del río Aguas Calientes.....	83
4.1.4	Síntesis de las áreas potenciales de captación de agua.....	84
4.1.5	Limitantes para el aprovechamiento de las áreas potenciales.....	87
4.2	Resultados y discusión de objetivo No. 2 .....	87
4.2.1	Tecnologías alternativas propuestas para la captación y uso eficiente de agua.....	87
4.2.1.1	Piletas de ladrillo de arcilla y concreto .....	88
4.2.1.2	Mini represas en cárcavas.....	89
4.2.1.3	Lagunetas con revestimiento de arcilla.....	89
4.2.1.4	Lagunetas revestidas con polietileno o plástico negro .....	90
4.2.1.5	Diques con sacos de arena y plástico en quebradas .....	91
4.2.1.6	Diques de piedra en quebradas .....	91
4.2.1.7	Pozos cisternas.....	92
4.2.1.8	Zanjas de almacenamiento revestidas con plástico negro .....	92
4.2.1.9	Aljibes revestidos con ladrillo de arcilla y concreto.....	93
4.2.1.10	Aljibes revestidos con polietileno o plástico negro .....	94
4.2.1.11	Captación en manantiales con barriles de plástico.....	94
4.2.1.12	Dique con gaviones y piedra .....	95
4.2.1.13	Terrazas individuales en árboles frutales o forestales.....	95
4.2.1.14	Surcado preplantación para cultivos básicos.....	96
4.2.1.15	SCAPT con cisternas mejoradas con malla y hierro .....	97
4.2.1.15.1	Ventajas del sistema SCAPT.....	98
4.2.1.15.2	Desventajas del sistema SCAPT .....	98
4.2.1.16	SCAPT con lagunetas o zanjas revestidas con plástico.....	98
4.2.1.17	Anillos de captación en cerros.....	99

4.2.2	Tecnologías identificadas y seleccionadas .....	100
4.2.2.1	Priorización de tecnologías alternativas.....	101
4.2.3	Recursos necesarios para la implementación de tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua.....	104
4.2.4	Síntesis de la identificación y selección de tecnologías alternativas de captación de agua .....	104
4.3	Resultados y discusión de objetivo No 3. ....	105
4.3.1	Modelo de un sistema hídrico natural en la subcuenca del río aguas calientes .....	105
4.3.1.1	Definición de sistema hídrico.....	105
4.3.1.2	Ciclo hidrológico.....	105
4.3.2	Dinámica del ciclo hidrológico en la subcuenca .....	106
4.3.2.1	Identificación del ciclo hidrológico de la subcuenca .....	106
4.3.3	Sistema hídrico modelo de una finca que producen únicamente con agua de lluvia.....	107
4.3.4	Modelo de sistema hídrico en finca con producción de riego.....	108
4.3.5	Gestión del agua de las familias en la subcuenca.....	109
4.3.6	Dinámica del comportamiento de la evaporación en la subcuenca del río aguas calientes .....	110
4.3.7	Balance hídrico climático en la subcuenca del río Aguas Calientes. ....	112
4.3.8	Clasificación de los sistemas hídricos.....	114
4.3.9	Criterios de diseño de tecnologías de captación de agua.....	115
4.3.9.1	Piletas de ladrillo de arcilla y concreto .....	115
4.3.9.2	SCAPT con cisterna mejorada .....	116
4.3.9.3	Surcado pre plantación para cultivos básicos.....	118

4.3.9.4	Terrazas individuales en árboles frutales o forestales.....	119
4.3.9.5	Diques de piedra en quebradas y cárcavas.....	120
4.3.9.6	Aljibes revestidos con ladrillo de arcilla y concreto.....	121
4.3.9.7	Lagunetas revestidas con polietileno .....	122
4.3.9.8	SCAPT con laguneta o zanja de almacenamiento. ....	123
4.3.9.9	Dique con sacos de arena y polietileno .....	124
4.3.9.10	Minirepresas en la parte baja de laderas .....	125
4.3.10	Características de los materiales a usar en las tecnologías de captación y uso eficiente de agua .....	126
4.3.11	Síntesis de diseños conjuntos con productores, técnicos y comunitarios .....	129
4.4	Resultado y discusión de objetivo No. 4 .....	130
4.4.1	Seguridad alimentaria y nutricional (SAN) .....	132
4.4.2	Estrategias de vida y disponibilidad de agua.....	134
4.4.3	Beneficios socioeconómicos y ambientales.....	136
4.4.4	Dificultades con la implementación de las tecnologías .....	137
4.4.5	Demanda de agua y capacidad potencial.....	139
4.4.6	Indicadores propuestos para valorar beneficios .....	141
4.4.7	Cogestión para el logro de beneficios socioeconómicos y ambientales con la captación de agua .....	143
4.4.7.1	Estructuras organizativas .....	143
4.4.7.2	Participación institucional .....	143
4.4.7.3	Tecnologías alternativas.....	144
4.4.8	Síntesis de beneficios con la implementación de tecnologías .....	145
4.5	Obras demostrativas de captación y uso eficiente de agua .....	146
4.5.1	SCAPT con zanja de almacenamiento revestida con polietileno .....	147
4.5.2	Microrepresa en cárcava revestida con polietileno.....	149

4.5.3	Micro represa en quebrada con diques de piedra y revestida con polietileno .....	152
4.5.4	SCAPT con Cisterna y Aljibe revestido con polietileno .....	154
4.5.5	Terrazas individuales en árboles frutales sistema de captación in situ.....	156
4.5.6	SCAPT con laguneta revestida con polietileno.....	158
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	160
5.1	Conclusiones .....	160
5.2	Recomendaciones.....	162
6	BIBLIOGRAFÍA.....	164
	ANEXOS.....	169

## RESUMEN

Cajina C, M.J. 2006. Alternativas de captación de agua para uso humano y productivo en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua.

Palabras claves: acción-investigación, participativo, tecnologías de captación, potencial de captación, alternativas, sequía, diseño, beneficio socioeconómico, beneficio ambiental, obras demostrativas, subcuenca, Aguas Calientes, Nicaragua.

El estudio se realizó en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua; con el objetivo de determinar en forma participativa tecnologías alternativas de captación de agua superficial apropiadas a las características biofísicas de la subcuenca y a las condiciones socioeconómicas de las comunidades, que permitan aprovechar de manera eficiente y sostenible el recurso hídrico, debido a que el principal problema es escasez de agua como eje del círculo vicioso de pobreza, vulnerabilidad e inseguridad alimentaria.

Los resultados orientan que en la subcuenca existe un déficit de agua en los cultivos básicos y consumo humano, esta situación se agudiza en el periodo seco, por la presencia de diferentes factores que no permiten el almacenamiento y retención natural del agua en el suelo, sin embargo se identificaron ochenta áreas potenciales de captación de agua durante el periodo lluvioso, para uso productivo, con las cuales podría compensarse las necesidades de agua durante el periodo crítico de los cultivos (canícula) con riegos complementarios. También se identificaron 1.259 áreas potenciales en techo de viviendas para la captación de agua para uso de consumo humano y con esto disminuir la presión de demanda de servicio a las actuales fuentes limitadas.

En contribución de proponer tecnologías se identificaron y seleccionaron diecisiete tecnologías, de estas se priorizaron diez, de forma conjunta con técnicos y miembros de los comités comunales de cuenca se elaboraron los diseños correspondientes, ajustados a las condiciones biofísicas de la subcuenca y socioeconómicas de los comunitarios. De estos diseños se construyeron seis obras demostrativas como parte de la fase final en este micro proceso de acción-investigación, participativa.

Los beneficios proyectados, con más disponibilidad de agua en cantidad y calidad, que se perciben tendrán efectos positivos en: la salud, rendimiento de los cultivos, alimentación, conservación ambiental, todo ello como la base de la seguridad alimentaria y nutricional para reducir la vulnerabilidad de la población ante los efectos de la sequía.

Sin embargo las alternativas de captación y uso eficiente de agua crearán bienestar, si se trabaja con enfoque integral de acciones interconectadas que conlleven a unir intereses, recursos, voluntades y disposición en cogestión de todos los actores que tienen incidencia directa o indirecta en la zona de estudio, fomentando a la vez el desarrollo del conocimiento local con el involucramiento de los usuarios del recurso hídrico en encontrar las alternativas más idóneas para resolver sus necesidades, para eso es necesario un manejo adaptativo, que permita el análisis y la reflexión para adaptarse a cada situación y mejorar resultados con las iniciativas implementadas.

## SUMMARY

Cajina C, M.J. 2006. Alternatives for capturing drinking and productive water in the Aguas Calientes river sub-watershed, Nicaragua.

Key words: research-action, participative, capture technology, capture potential, alternatives, draught, design, social-economic benefit, environmental benefit, demonstration projects, sub-watershed, Aguas Calientes, Nicaragua.

This study was carried out in the Aguas Calientes river subwatershed, Nicaragua, with the objective to determine in a participative manner, superficial water capture alternative technologies which are appropriate for the biophysical characteristics of the subwatershed and the social-economic conditions of the communities. These technologies allow the hydric resources to be used in an efficient and sustainable manner, since the principal problem is water scarcity as part of the vicious cycle of poverty, vulnerability and uncertain food supply.

The results suggest that there is a water deficit for basic crops and human consumption. This situation is exacerbated in the dry season because of the presence of different factors that do not allow for storage and natural retention of water in the soil; however, eighty potential water capture areas were identified during the rainy season. These areas are for productive use where the need for water during the critical period for crops (midsummer) can be compensated with complimentary irrigation. Additionally, the study identified 1,259 potential areas in housing roofs for water capture for human use and with this, diminishes the pressure from the demand for services at the current limited sources.

As far as contributing to proposed technologies, seventeen technologies were identified and selected, and from these, ten were prioritized. Jointly, technicians and members from the community watershed committee elaborated the corresponding designs adjusted to the biophysical conditions of the subwatershed and the social-economic conditions of the communities. From these designs, six demonstration projects were constructed as part of the final phase in this micro-process of participative research-action.

The projected perceived benefits, greater quantity and quality of water available, will have positive effects on: health, crop yields, food, environmental conservation, everything related to food supply certainty, and nutrition to reduce the vulnerability of the population due to draught effects.

However, the capture alternatives and efficient use of water will create wellbeing for all of the actors that have direct or indirect influence in the study site if the projects work with an integrated focus on interconnected actions that help to unite interests, resources, attitudes, and disposition to work jointly. At the same time, this will foment the development of local knowledge with the involvement of hydric resource users for finding more suitable alternatives for meeting their needs. Therefore, adaptive management which allows for analysis and reflection for adapting to each situation and improving the results with the implemented initiatives is necessary.

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estratos en la subcuenca del río Aguas Calientes por cotas de altitud .....	24
Cuadro 2. Estratos en la subcuenca del río Aguas Calientes por ubicación de comunidades, para uso en los talleres participativos .....	25
Cuadro 3. Población en edad de trabajar en el municipio de Somoto .....	25
Cuadro 4. Comportamiento y valoración de la canícula en las comunidades de la subcuenca del río Aguas Calientes .....	30
Cuadro 5. Criterios para identificar y caracterizar áreas para uso productivo .....	39
Cuadro 6. Criterios para identificar y caracterizar para consumo humano .....	39
Cuadro 7. Criterios de identificación y caracterización en levantamiento de áreas.....	40
Cuadro 8. Criterios para la identificación y selección de alternativas de captación .....	43
Cuadro 9. Disponibilidad de recursos para la implementación de tecnologías .....	46
Cuadro 10. Criterios aplicados para la realización de diseños.....	47
Cuadro 11. Estrategias de vida en la subcuenca .....	53
Cuadro 12. Matriz de preguntas para el análisis de beneficios socioeconómicos y ambientales.....	54
Cuadro 13. Matriz de análisis estacional en la subcuenca del río Aguas Calientes.....	54
Cuadro 14. Esquema para la elaboración de indicadores.....	56
Cuadro 15. Criterios aplicados para identificar y caracterizar áreas para Consumo humano .....	61
Cuadro 16. Pluviometría promedio (mm) registrada durante 43 años en la estación Somoto .....	62
Cuadro 17. Viviendas en la subcuenca del río Aguas Calientes.....	62
Cuadro 18. Relación de la población y demanda de agua para consumo humano .....	64
Cuadro 19. Infraestructuras de almacenamiento de agua en la subcuenca del río Aguas Caliente .....	67
Cuadro 20. Pendiente y dimensiones en áreas identificadas por estratos .....	69
Cuadro 21. Caracterización del suelo en las áreas potenciales de captación de agua .....	70
Cuadro 22. Tipos de captación de agua superficial en las áreas identificadas .....	71
Cuadro 23. Población cercana a las áreas identificadas por estratos .....	71

Cuadro 24. Tipologías de productores según sus ingresos mensuales .....	72
Cuadro 25. Instituciones y organizaciones presentes en la Subcuenca .....	74
Cuadro 26. Dimensiones de áreas de producción y captación por estratos.....	76
Cuadro 27. Uso del suelo en la subcuenca del río Aguas Calientes .....	77
Cuadro 28. Necesidades de agua en la producción agrícola y forestal.....	79
Cuadro 29. Producción animal la subcuenca del río Aguas Calientes.....	81
Cuadro 30. Necesidades de agua en producción animal .....	81
Cuadro 31. Material disponible cerca de las áreas identificadas .....	82
Cuadro 32. Acceso por vía terrestre a las áreas identificadas .....	83
Cuadro 33. Listado de tecnologías propuestas como alternativas de captación de agua.....	88
Cuadro 34. Escala de calificación para la identificación y selección de tecnologías.....	100
Cuadro 35. Resultados de la identificación y selección de tecnologías.....	101
Cuadro 36. Frecuencia y rango de priorización de tecnologías alternativas .....	102
Cuadro 37. Matriz de necesidades y disponibilidad de recursos .....	103
Cuadro 38. Resultados de estimación de evapotranspiración para la subcuenca del río Aguas Calientes.....	111
Cuadro 39. Resultado del cálculo del balance hídrico, método de Thornthwaite .....	112
Cuadro 40. Balance alimentario aplicado en la subcuenca del río Aguas Calientes.....	132
Cuadro 41. Tecnologías alternativas y sus impactos de beneficios y dificultades .....	139
Cuadro 42. Demanda de agua y su capacidad potencial por precipitación .....	141
Cuadro 43. Indicadores socioeconómicos y ambientales para la evaluación de beneficios.....	142



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la subcuenca del río Aguas Calientes .....	23
Figura 2. Mapa de división de la subcuenca del río Aguas Calientes por estrato y por comunidad .....	24
Figura 3. Distancia en kilómetros entre las comunidades de la subcuenca Aguas Calientes.....	28
Figura 4. Curva hipsométrica de la subcuenca del río Aguas Calientes.....	29
Figura 5. Mapa de vulnerabilidad biofísica de la subcuenca del río Aguas Calientes .....	32
Figura 6. Mapa de vulnerabilidad biofísica de la subcuenca Aguas Calientes .....	33
Figura 7. Vulnerabilidad biofísica y socioeconómica en la subcuenca .....	33
Figura 8. Esquema del proceso metodológico acción-investigación, participativa .....	34
Figura 9. Diagrama de impactos aplicado a alternativas de captación .....	56
Figura 10. Precipitación promedio mensual de los últimos 43 años .....	62
Figura 11. Uso del suelo y cobertura en la subcuenca del río Aguas Calientes.....	77
Figura 12. Distribución en porcentaje de las necesidades de agua agrícola y forestal.....	79
Figura 13. Porcentaje de demanda de agua en producción animal.....	82
Figura 14. Mapa de ubicación de áreas identificadas y caracterizadas con potencial de captación en la subcuenca del río Aguas Calientes. ....	84
Figura 15. Piletas de concreto con bloque de arcilla quemado, vista interior .....	89
Figura 16. Mini represas en cárcavas .....	89
Figura 17. Laguneta con talud de piedra, arena y cemento .....	90
Figura 18. Laguneta revestida con polietileno para cultivo de peces .....	90
Figura 19. Vista lateral de un dique de sacos con arena y plástico .....	91
Figura 20. Vista lateral de diques de piedra ubicados según la pendiente.....	91
Figura 21. Pozo cisterna construido con bloque de arcilla quemada.....	92
Figura 22. Excavación de zanja .....	93
Figura 23. Zanja de almacenamiento revestida.....	93
Figura 24. Construcción de aljibe revestido con concreto .....	93
Figura 25. Excavación y base del aljibe.....	94

Figura 26. Aljibe revestido con polietileno.....	94
Figura 27. Barril de captación.....	95
Figura 28. Barril de distribución.....	95
Figura 29. Caja de gavión metálico.....	95
Figura 30. Dique con gaviones en quebrada .....	95
Figura 31. Terraza individual con borde de piedra .....	96
Figura 32. Captación de agua in situ para cultivos anuales .....	96
Figura 33. Elementos que componen el sistema SCAPT.....	97
Figura 34. Sistema SCAPT con almacenamiento en laguneta revestidas con plástico .....	98
Figura 35. Anillo de captación en cerros.....	99
Figura 36. Modelo de un sistema hídrico natural en la subcuenca Aguas calientes .....	106
Figura 37. Modelo de sistema hídrico en una finca con cultivos de lluvia .....	108
Figura 38. Modelo de sistema hídrico en una finca con sistema de riego .....	109
Figura 39. Evapotranspiración real en la subcuenca del río Aguas Calientes.....	111
Figura 40. Gráfica del Balance hídrico de la subcuenca Aguas Calientes .....	113
Figura 41. Partes principales de pila de almacenamiento de agua.....	115
Figura 42. Canaleta plástico instalado .....	116
Figura 43. Soporte de canaleta metálico .....	116
Figura 44. Filtro agujereado .....	117
Figura 45. Filtro instalado .....	117
Figura 46. Estructura de una cisterna mejorada.....	118
Figura 47. SCAPT con cisternas mejoradas y zanja de almacenamiento .....	118
Figura 48. Surcado preplantación para cultivos anuales.....	119
Figura 49. Terraza individual en cultivos perennes .....	120
Figura 50. Diques de piedra en serie en quebradas o cárcavas.....	120
Figura 51. Vista frontal y lateral de dique de piedra con dimensiones proporcionales.....	121
Figura 52. Aljibe revestido con ladrillo o bloque de arcilla quemada .....	122
Figura 53. Laguneta revestida con polietileno .....	123
Figura 54. SCAPT con laguneta y zanja de almacenamiento revestido con polietileno.....	124
Figura 55. Diques de sacos con arena en quebrada o cárcavas .....	125
Figura 56. Mini represa en la parte baja de laderas .....	126
Figura 57. Círculo vicioso de aplicación en la subcuenca del río Aguas Calientes.....	132

Figura 58. Parámetros de la seguridad alimentaría nutricional en la subcuenca del río Aguas Calientes.....	133
Figura 59. Estructura del esquema y criterios para determinar estrategias de vida en la subcuenca del río Aguas Calientes.....	134
Figura 60. Subprogramas implementados por diferentes actores en la subcuenca del río Aguas Calientes.....	136
Figura 61. Comparación del potencial y demanda de agua .....	141
Figura 62. Diagrama para la cogestión del recurso hídrico en la subcuenca del río Aguas Calientes .....	145
Figura 63. Ubicación de obras demostrativas de las tecnologías alternativas .....	147
Figura 64. Trazado de curva a nivel.....	148
Figura 65. Conformación de zanja con talud .....	148
Figura 66. Área de captación y canal plástico .....	148
Figura 67. Área de descargue y filtro .....	149
Figura 68. Zanja de almacenamiento funcionando.....	149
Figura 69. Conformación del terreno.....	150
Figura 70. Llenado de sacos con tierra.....	151
Figura 71. Prensado con grapa metálica .....	150
Figura 72. Descargue de agua.....	151
Figura 73. Microrepresa revestida con polietileno funcionando .....	151
Figura 74. Identificación del área de captación .....	153
Figura 75. Construcción de dique con piedra .....	153
Figura 76. Revestimiento con polietileno .....	153
Figura 77. Llenado de sacos con tierra.....	153
Figura 78. Finalización de micro represa comunitaria .....	153
Figura 79. Identificación de área .....	155
Figura 80. Conformación de aljibe .....	155
Figura 81. Revestimiento con polietileno .....	154
Figura 82. Área de descargue con filtro .....	155
Figura 83. Instalación de filtro plástico y cisterna .....	155
Figura 84. Combinación con riego por goteo .....	157
Figura 85. Borde de piedra en terraza individual .....	157
Figura 86. Ubicación de canal plástico .....	158

Figura 87. Filtro de plástico .....	159
Figura 88. Pegado de láminas de polietileno .....	158
Figura 89. Conformación de terreno .....	159
Figura 90. Laguneta funcionando con almacenamiento de agua y crianza de peces .....	159

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación con levantamiento GPS, GARMIN, en la subcuenca Aguas Calientes.....	170
Anexo 2. Resumen metereológico pluviométrico anual.....	172
Anexo 3.Consolidado de información de encuestas por estratos en la subcuenca del río Aguas Calientes.....	173
Anexo 4.Información resumen de variables cuantitativas aplicadas por estratos .....	175
Anexo 5.Evapotranspiración Potencial EVPo. Según Isidro Salinas (1991).....	176
Anexo 6.Proyección del crecimiento de la población y la demanda de agua a 20 años .....	177
Anexo 7. Presupuesto de obra demostrativa .....	178
Anexo 8. Cálculo técnico de obras demostrativas implementadas .....	183
Anexo 9.Valores del coeficiente de escorrentía.....	197
Anexo 10. Formato de encuesta .....	197
Anexo 11.Listado de asistentes en los talleres participativos .....	200
Anexo 12. Instituciones entrevistadas y que facilitaron información directa para el estudio .....	201
Anexo 13. Matriz de evaluación de soluciones adaptada a la identificación y selección de alternativas de captación de agua.....	202
Anexo 14. Matriz de priorización de problemas adaptada para la priorización de tecnologías seleccionadas .....	203
Anexo 15.Estrategias de vida en la subcuenca del río Aguas Calientes bloque dos (parte alta) .....	204
Anexo 16.Estrategias de vida en la subcuenca del río Aguas Calientes bloque uno (parte media y baja) .....	205
Anexo 17. Diagrama de impactos, aplicado a tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua .....	206

## LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

g: galones	PASOLAC: Programa Para la Agricultura Sostenible de Laderas
m: metros	CAIP: Círculo de Acción Investigación Participativa
s: segundos	PESA: Programa de Emergencia de Seguridad Alimentaría
l/d: litros por día	SAN: Seguridad Alimentaría y Nutricional
m <sup>3</sup> : metro cúbico	GIRH: Gestión Integrada de Recursos Hídricos
m <sup>2</sup> : metros cuadrados	OPS: Organización Panamericana de la Salud
mm: milímetros	INETER: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
ha: hectárea	INIFOM: Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal
mz: manzana	UNATSABAR: Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural
CAPS: Comité de Agua Potable y Saneamiento	
GPS: Sistema de Posicionamiento Global	
CCC: Comité de Cuenca Comunal	
CCB: Comité de Cuenca Bimunicipal	
TROPISEC: Programa de capitalización de pequeños productores del trópico seco	
SCAPT: Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techo	

# 1 INTRODUCCIÓN

Las cuencas hidrográficas son el espacio territorial en donde se desarrollan diferentes formas de vida, esto reviste mucha importancia por el potencial de recursos naturales de los cuales se benefician las comunidades, principalmente los seres humanos. En caso de cuencas empobrecidas o limitadas en recursos naturales por el deterioro ambiental, la calidad de vida de las comunidades, primordialmente la de los seres humanos, es seriamente afectada.

Uno de los principales recursos naturales en las cuencas es el agua, como elemento básico para la vida y elemento integrador de todas las acciones a realizar por los seres humanos. (Faustino 2005). Por lo tanto, en las cuencas donde el agua es escasa, las actividades que se pueden desarrollar también son limitadas, así mismo la base de la conservación del resto de los recursos naturales y desarrollo humano en una cuenca es muy dependiente de la disponibilidad del agua en cantidad y calidad en correspondencia con la densidad poblacional, como la integración de ésta, en el manejo de la cuenca como proveedora del recurso.

En las cuencas ubicadas en zonas secas o con poca disponibilidad de agua, lo cual es el caso de la subcuenca del río Aguas Calientes, las iniciativas de desarrollo humano y conservación de recursos naturales se podrán incrementar con una mayor disponibilidad de agua durante los periodos secos, por lo que es necesario crear alternativas de captación de agua. Sin embargo crear alternativas de captación y uso eficiente de agua no es investigar únicamente en las técnicas aplicables, sino la aceptación de ésta por la población, considerando los beneficios socioeconómicos y ambientales que puedan generarle a la población. Prins (2005) menciona que la integración de los actores locales en descubrir las mejores alternativas puede garantizar en encontrar las respuestas más idóneas para una posible adopción a mediano plazo.

Las posibilidades de que se acepten las tecnologías nuevas son mucho mayores si éstas se desarrollan con la debida participación de los usuarios de los recursos y si se toman medidas para que mejore la preparación de los miembros de la comunidad interesada y la capacidad de organización de ésta, para hacer un uso más eficaz de esos recursos. Por el contrario, se negarán a aplicar tecnologías ventajosas si consideran que provocarían desigualdades socioeconómicas o alteraciones de la organización social (Botha et ál. 2000).

La captación de agua de lluvia es considerada en este estudio como la recolección o cosecha de agua de escorrentía superficial con propósitos de consumo humano, productivo y conservación ambiental, para bienestar socioeconómico y ambiental de los comunitarios.

## **1.1 Definición del problema**

Nicaragua es uno de los países de la región con mayor disponibilidad per cápita de agua con 483 litros por persona por día, lo cual es sumamente alto (Gobierno de Nicaragua 2005). Este país tiene 130.000 km<sup>2</sup> de superficie territorial a nivel nacional, de estos aproximadamente 11.000 km<sup>2</sup> son cuerpos de agua superficial en lagos, lagunas y ríos. En contraste en el Norte central y Pacífico del país existen zonas con limitaciones de agua. (INETER 2004).

Donde los ecosistemas ofertan menor cantidad y calidad de agua, principalmente para consumo humano y el uso en los rubros productivos, se tienen como consecuencias problemas adicionales tales como: altos costos sociales, aumento de la pobreza rural, migración de habitantes, avance de las fronteras agrícolas y por ende, mayor degradación ambiental.

Una de las causas de esta problemática es la deforestación de las cuencas hidrográficas, particularmente en las cuencas altas y medias, lo que afecta seriamente los recursos hídricos, ya que este problema, sumado a la escasa precipitación media en cada cuenca agrava la disponibilidad del recurso hídrico superficial. Las cuencas con mayor conflicto de uso por sobre utilización de la tierra, se localizan en zonas de alta y extrema pobreza (MARENA 2004a).

En ese contexto, los municipios de Somoto y San Lucas están caracterizados en los niveles de pobreza y pobreza extrema como parte de los 20 municipios más empobrecidos de los 151 existentes en Nicaragua (INIFOM 2001).

La situación de deforestación y de pobreza del país son las mismas de la subcuenca del río Aguas Calientes, a lo cual se agrega el problema de escasez de agua por las condiciones climáticas adversas de los últimos años. Según Benegas (2006), la subcuenca presenta una alta vulnerabilidad a la sequía.

Los mayores impactos se presentan en la agricultura, por estar centrada su actividad económica en la producción agropecuaria, en consecuencia se obtienen bajos rendimientos en los cultivos, hasta pérdidas totales de las cosechas.

Finalmente se suman a los problemas ambientales, en contraposición de una lenta recuperación de la cobertura vegetal con trabajos de conservación, por la baja disponibilidad de agua (Alcaldía Somoto 2000). Producto de la escasez de agua se tienen grandes impactos negativos con problemas de índole socioeconómicos como el aumentado la tasa de desocupados (INIFOM 1999a).

## 1.2 Justificación e importancia del estudio

La Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (WSSD), celebrada en 2002, en su afán por promover un enfoque sostenible en el ámbito del desarrollo y gestión de los recursos hídricos, hizo un llamamiento a todos los países para que elaboraran estrategias de GIRH y de optimización del agua para finales de 2005. Dichas estrategias tienen objetivos de desarrollo, la reducción de la pobreza, el afianzamiento del suministro alimentario, la promoción del crecimiento económico y la protección de los ecosistemas. Otras estrategias están orientadas a la resolución de los desafíos específicos relacionados con el agua como; el control de las inundaciones, el alivio de los efectos de la sequía, la respuesta a la demanda incrementada de agua y la escasez de recurso hídrico (GWP 2005).

Esta preocupación al nivel mundial por la baja disponibilidad de agua principalmente en países con poblaciones muy empobrecidas, como es el caso de Nicaragua, lleva a la necesidad de priorizar la aplicación de estrategias para mejorar la disponibilidad de agua, como elemento básico y vital para mejorar las condiciones de vida de estas poblaciones.

Por lo tanto la implementación de estas estrategias es más relevante cuando nos remitimos a las condiciones socioeconómicas y ambientales de la subcuenca del río Aguas Calientes, con niveles altos de pobreza, vulnerabilidad e inseguridad alimentaria y nutricional.

Según Castellón (2004), la perforación de pozos ha sido una de las alternativas para mejorar la disponibilidad de agua para consumo humano ante la creciente demanda, sin embargo estos bajan su nivel hasta el 90%, para ese año reporta un total de 193 pozos distribuidos en toda la subcuenca. Para el año 2005 el registro de pozos aumentó a 264 con un aumento del 27%, lo que demuestra la necesidad de buscar nuevas fuentes de agua cada año (Obando 2005). Se encontraron pozos secos y excavaciones fallidas.

En adición la disponibilidad de agua para consumo humano se agudiza aún más con la calidad de la misma. Castellón (2004) encontró que el 49% de los pozos están contaminados con *Escherichia coli* y el 13% con otras bacterias, de manera que el 62% de los pozos son fuentes contaminadas. Obando (2005) alerta que el 40% de los pozos están afectados con coliformes fecales, adicionando además información de la prueba de análisis físico químico en lectura de CARE-MCN (2003) observó que los niveles de hierro, plomo y arsénico son altos, comparado con los niveles permisibles en agua para consumo humano. El comité de cuenca (2006) en pruebas bacteriológicas realizadas en un muestreo de pozos para consumo humano, encontró



que el 47% de los pozos están positivos con afectación de coliformes fecales y el 7% con otras bacterias, para un total de 54% de los pozos están contaminados.

Los resultados anteriores evidencian que existe un riesgo latente con detrimento a la salud de la población; según la Organización Panamericana de la Salud (OPS) (1993), las enfermedades transmitidas por aguas contaminadas son de origen vectorial, mencionan que las más frecuentes son afectaciones gastrointestinales, diarreas, lo que afecta principalmente a los niños por su periodo de crecimiento y desarrollo.

En relación a la disponibilidad de agua para uso productivo, la escasez de agua es la principal limitante en el rendimiento de los cultivos, Gómez (2003) indica que el periodo de canícula generalmente coincide cuando el cultivo de maíz y frijol está en periodo floración o llenado de granos y tiene duración desde 15 días hasta 40 días, lo que resulta en una situación crítica, debido a la escasez de alimento.

Según ENACAL (2003), la subcuenca tiene una génesis de suelo de periodo terciario, el cual tiende a no almacenar agua por su permeabilidad; esto hace que en la época de estiaje las fuentes de agua presenten un nivel crítico con aporte de agua subterránea muy bajo. Por consiguiente la creación e implementación de tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua son una necesidad, principalmente en la población rural, para mejorar la disponibilidad de agua, que permita realizar riegos complementarios en los cultivos básicos.

A la vez la circunstancia de que las prácticas y obras de captación de agua de lluvia sean poco costosas, las hace asequibles a los productores rurales de bajos ingresos que predominan en la agricultura de secano de las zonas semiáridas de la región. Por este motivo, el aumento de rendimiento que pueda generar estas prácticas debe considerarse no solo como un medio realista y práctico para obtener el aumento de producción, sino también para lograr el alivio de la pobreza de los productores rurales de esas zonas (Veenhuizen & Prieto-Celi 2000).

Por lo que este estudio trata de encontrar conjuntamente con los actores locales las alternativas de captación y uso eficiente de agua, con base en criterios aplicables a las condiciones agrometeorológicas, biofísicas, socioeconómicas en la subcuenca, considerando las necesidades de los comunitarios e intereses de producción de los mismos, para revertir gradualmente la disponibilidad de agua en esta unidad hidrológica y su entorno. A la vez se considera contribuir desde la acción local a la situación nacional y regional, mediante la replicabilidad de las experiencias.

### **1.3 Delimitación del estudio**

El marco de delimitación de este estudio es la identificación y selección de diseños de tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua superficial, apropiadas a las condiciones biofísicas, socioeconómicas y ambientales de la subcuenca del río Aguas Calientes, mediante la aplicación de una metodología de acción – investigación, participativa con el fin de encontrar conjuntamente con los actores locales las alternativas más idóneas, a la vez de proyectar los beneficios socioeconómicos y ambientales, que pudieran tener los comunitarios con la implementación de estas tecnologías de captación, al nivel de los pisos ecológicos y de finca, con el uso de agua para consumo humano, agropecuario y forestal.

### **1.4 Objetivos del estudio**

#### ***1.4.1 Objetivo general***

Determinar en forma participativa alternativas de captación de agua superficial apropiadas a las características biofísicas de la subcuenca y a las condiciones socioeconómicas de las comunidades, que permitan aprovechar de manera eficiente y sostenible el recurso hídrico.

#### ***1.4.2 Objetivos específicos***

- Identificar y caracterizar áreas con potencial de captación de agua por escurrimiento superficial, para uso humano y productivo agropecuario.
- Identificar y seleccionar tecnologías de captación y uso eficiente de agua, apropiadas a las características de suelo, clima, necesidades humanas y de los cultivos de la subcuenca.
- Diseñar y adaptar conjuntamente con productores, técnicos y comunidades métodos de captación y uso eficiente de agua, como alternativas propuestas en relación a las condiciones socioeconómicas, a las características ambientales y que sean replicables.
- Valorar el beneficio socioeconómico y ambiental con la implementación de tecnologías de captación de agua de lluvia, al nivel de cuenca y de finca.

## **1.5 Preguntas de investigación del estudio**

- ¿Existe potencial de agua de precipitación en el área de estudio para crear alternativas de captación y uso eficiente del recurso hídrico?
- ¿Cuáles son las tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua para consumo humano y productivo apropiadas a las características biofísicas del área de estudio?
- ¿Qué diseños elaborados conjuntamente con productores y comunitarios serán los más apropiados a las condiciones socioeconómicas de la subcuenca?
- ¿Por qué las alternativas y tecnologías de captación y uso eficiente de agua podrían crear beneficios socioeconómicos y ambientales al nivel de finca y de la subcuenca?

## **2 REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Situación del agua en Centroamérica**

La riqueza hídrica del Istmo Centroamericano se integra con los recursos hídricos que se generan y se escurren dentro del territorio de cada país y los recursos hídricos de cuencas compartidas entre dos o más países limítrofes. Estos países disponen de una riqueza hídrica envidiable, la cual contribuye substancialmente al desarrollo económico y social. Aprovechadas en forma conjunta, las cuencas compartidas pueden constituirse en un significativo factor de integración, no sólo para compensar las deficiencias estacionales que afectan la producción agrícola o energética, sino también como medio esencial para el fomento del desarrollo en las zonas fronterizas (SICA 1999).

La disponibilidad hídrica total del Istmo es superior a la de muchos países en desarrollo y aparentemente no se justificaría hablar de una crisis de agua. Sin embargo la población y la actividad económica se distribuyen en forma inversa a la distribución espacial de los recursos hídricos, lo cual resulta en desequilibrios que tienden a ser fuente de conflictos entre usos y usuarios (SICA 1999).

Dos terceras partes de la población centroamericana se asientan sobre la Vertiente Pacífica, donde escurre el 30% de las aguas superficiales, mientras que una tercera parte de la población se ubica sobre la vertiente del mar Caribe, generadora del 70% de la riqueza hídrica del Istmo. Al nivel nacional, el desequilibrio entre la ubicación de la población y la ocurrencia de los recursos hídricos es marcado en Guatemala y Nicaragua, parece ser menor en Honduras, Costa Rica y Panamá; por su parte Belice y El Salvador tienen una sola vertiente. De todas las

cuencas compartidas las mayores son la del Río Coco o Segovia (24.476 km<sup>2</sup> ) ubicada en Honduras y Nicaragua y la del Río San Juan (41.870 km<sup>2</sup>) que comparten Nicaragua y Costa Rica. Al nivel de cada país, las cuencas compartidas representan el 75% del territorio en Guatemala, el 59% en El Salvador, el 22% en Honduras, el 37% en Nicaragua, el 35% en Costa Rica y el 5% en Panamá (SICA 1999).

La división política administrativa de los países de Centroamérica implica que distintas municipalidades se abastecen de las mismas fuentes de agua, estableciendo una interdependencia, donde la decisión de un municipio puede beneficiar a uno y perjudicar a otro. De ahí que el concepto de manejo integrado del agua adopta a la cuenca como unidad lógica de manejo, pues es dentro de esta frontera física donde ocurren todas estas interacciones. (SICA 1999).

## **2.2 Situación del recurso hídrico en Nicaragua**

Nicaragua, de acuerdo a su potencial, es un país con vocación y dependencia económica del desarrollo agropecuario, forestal y pesca, sectores que están estrechamente en dependencia con los recursos hídricos superficiales y subterráneos. Sumado a esto se debe señalar la creciente demanda por la disponibilidad y calidad del agua para consumo humano con el crecimiento de la población y demanda de otros sectores de la economía nacional para uso industrial y riego.

Se tiene un potencial y reserva de agua en los dos grandes lagos: Lago de Managua con una superficie de 1000 km<sup>2</sup>, el lago de Nicaragua con 8.000 km<sup>2</sup>, aunque afectado por una lenta contaminación, y una red hidrológica superficial clasificada en 21 cuencas hidrográficas que tienen una capacidad potencial estimada de 152.595,9 millones de metro cúbicos por año.

Pese a esa abundancia de recursos, la distribución espacial y temporal de éstos, en conjunto con factores demográficos y fisiográficos, se experimentan restricciones en su disponibilidad en la región del Pacífico y algunas partes de la región Central. La creciente deforestación y contaminación ha deteriorado la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, afectando severamente diversas fuentes de abastecimiento destinadas al consumo humano, con riesgos para la salud pública (MARENA 2004a).

Se enfrenta cada vez más conflictos generados por las severas condiciones de escasez, explotación excesiva y contaminación de las aguas, en aquellas cuencas donde se asienta el mayor porcentaje de la población y la actividad económica (MARENA 2004a).

La adopción de enfoques integrales para la administración y manejo del agua, pretende incidir en el aprovechamiento racional y en el proceso de cambio para armonizar un marco jurídico e institucional que permita la gestión integrada del agua, lo que reafirma la necesidad de la formulación de una estrategia nacional con la definición de prioridades a mediano y largo plazo para el sector de los recursos hídricos (MARENA 2004a).

### ***2.2.1 Aguas superficiales en Nicaragua***

Desde la óptica del carácter climático e hidrológico, las cuencas hidrográficas de Nicaragua se agrupan en cuencas hidrográficas de las Vertientes del Atlántico y del Pacífico. Las de la Vertiente del Atlántico se caracterizan por tener mayores precipitaciones y por la carencia de la necesidad de riego, aunque en las partes altas de éstas se registra una modificación del carácter y se asemejan más a las cuencas de la Vertiente del Pacífico. Las cuencas hidrográficas de la Vertiente del Atlántico, tienen precipitaciones la mayor parte de los meses del año, mientras que en la del Pacífico, las precipitaciones se concentran especialmente entre los meses de mayo a noviembre (INETER 2005).

## **2.3 Sequía**

Las sequías es uno de los desastres naturales que posiblemente tienen el mayor potencial de impacto económico y pueden afectar al mayor número de personas. Las sequías afectan grandes extensiones geográficas llegando a cubrir, países enteros o regiones de continentes y pueden durar varios meses o en algunos casos, hasta varios años. Invariablemente tienen un impacto directo y significativo sobre la producción alimenticia y la economía en general (Jiménez 2005b).

Una definición operativa de sequía puede ser una reducción temporal notable del agua o la humedad disponible, por debajo de la cantidad normal o esperada para un periodo dado, basada en los componentes de que sea reducción temporal, una reducción significativa, que esta reducción se defina con respecto a una norma y que el periodo empleado como base para esta norma esté especificado (Jiménez 2005b).

Hay tres tipos de sequía: metereológica, hidrológica y agrícola. Los primeros dos tipos describen fenómenos físicos, mientras que el tercero describe el impacto de los primeros dos en una esfera de la actividad humana que es la producción agrícola. La sequía metereológica; involucra una reducción en la precipitación en algún periodo (día, mes, año) por debajo de una

cantidad determinada. La sequía hidrológica; es la reducción de los recursos acuáticos (flujo en ríos, nivel de lagos, agua subterránea, mantos acuíferos) por debajo de un nivel determinado. La sequía agrícola; es el impacto de las sequías meteorológica e hidrológica, al necesitar los cultivos condiciones muy particulares de temperatura, humedad y nutrientes para su crecimiento para alcanzar la máxima producción. Las causas de las sequías pueden ser cambios en los sistemas climatológicos en los que puede influir los cambios de las actividades antropogénicas (Jiménez 2005b).

En Nicaragua, las zonas secas están distribuidas en la región del Pacífico y en la Región Norte central, abarcando una superficie aproximada de 39.000 km<sup>2</sup>, según el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y el Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR) citado por MARENA (2003b) que lo asume en sus planes agropecuarios. Además menciona que las sequías están estrechamente ligadas con el fenómeno El Niño.

## **2.4 Tipos de suelos en Nicaragua y en el área de estudio**

### ***2.4.1 Suelos inceptisoles***

Son suelos minerales de desarrollo incipiente, de poco profundos a muy profundos; el horizonte superficial es de colores claros (epipedón ócrico) o de colores oscuros (epipedón úmbrico) y el subsuelo tiene un horizonte alterado (horizonte cámbrico) de textura franco arenosa muy fina a arcillosa, con estructuras de suelo o ausencia de estructuras de roca por lo menos en la mitad del volumen; con inundaciones ocasionales y prolongadas en algunas áreas, sobre todo en la región Atlántica del país. Son desarrollados de sedimentos aluviales, fluviales, de cenizas volcánicas, de rocas básicas y ácidas. (INETER 2004).

Estos suelos se encuentran en pequeños bloques diseminados en las regiones del Pacífico y Norte Central del Nicaragua. Se encuentran en zonas de vida desde el Bosque seco Tropical hasta el Bosque Muy Húmedo Premontano Tropical, con temperaturas que oscilan entre los 18° y 27°C y precipitaciones entre los 800 y 6000 mm. El drenaje natural interno varía de muy pobre a bien drenados y el nivel freático de muy superficial a muy profundo, con inundaciones ocasionales o prolongadas durante las épocas lluviosas.

La textura superficial de estos suelos varía de acuerdo a su ubicación: en la región del Pacífico sus texturas son de arena franca hasta arcillosa, en la región del Atlántico es generalmente arcilloso a arenoso. Son de poco profundos hasta muy profundos (60 a > 120 cm). El contenido de materia orgánica es de muy alto a muy bajo, el pH varía de extremadamente ácido a neutro.

La capacidad de intercambio catiónico es de muy baja a alta y el porcentaje de saturación de base es muy bajo a alto. (INETER 2004).

### **2.4.2 Suelos Mollisoles**

Son suelos minerales con estado de desarrollo incipiente, joven o maduro, con un horizonte superficial (epipedón móllico) de color oscuro, rico en humus, bien estructurado suave en seco y un subsuelo de acumulación de arcilla iluvial (un horizonte argílico, o un horizonte cámbico cargado de arcilla); de poco profundos a muy profundos, fertilidad de baja a alta, desarrollados a partir de depósitos aluviales y lacustres sedimentados de origen volcánico, rocas básicas, ácidas, metamórficas, sedimentarias y piroclásticas. Predominan en la Región Central en los Departamentos de Chontales y Boaco, extendiéndose hacia la Región del Pacífico en los Departamentos de León Chinandega y pequeños bloques en el Departamento de Madriz. Por sus características son de mejores suelos para las actividades agropecuarias (INETER 2004).

Estos suelos se encuentran en las zonas de vida desde Bosque Seco Subtropical a Bosque Húmedo Premontano Tropical, con precipitaciones que oscilan entre los 800 y 3000 mm anuales. Los promedios de temperatura y biotemperatura oscilan entre 18 °C y 24 °C como promedio anual. Se encuentran en las provincias fisiográficas Depresión Nicaragüense, Costera del Pacífico, Volcánica del Pacífico y Tierras Altas del Interior, con rangos de pendientes entre 0 y 75% y relieve de plano a muy escarpado. Tienen un drenaje interno de muy pobre a bien drenado, el nivel freático se encuentra bastante superficial durante la estación lluviosa en algunas áreas (INETER 2004).

Las características de textura del suelo y subsuelo son de franco arenoso a franco arcilloso y arcilloso, con colores que varían de pardo grisáceo a pardo rojizo, gris y pardo oscuro; son poco profundos a muy profundos (60 a > 120 cm); en algunas áreas se encuentra una o varias capa de talpetate de diferentes colores y grados de cementación, a diferentes profundidades. Otros poseen piedras en la superficie y gravas en el perfil. El contenido de materia orgánica es de muy bajo a alto, el pH es de fuertemente ácido a muy fuertemente alcalino, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es de baja a alta y el porcentaje de saturación de bases es de baja a alta (INETER 2004).

## **2.5 Principios de gestión integral recursos hídricos (Dublín)**

Según GWP (2005) La gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) no es un marco dogmático, sino un enfoque flexible y lleno de sentido común para la gestión y desarrollo

hídricos. El enfoque se basa en los principios de Dublín, en los que se establece los siguientes puntos:

1. El agua dulce es un recurso limitado y vulnerable, esencial para la preservación de la vida, el desarrollo y el medio ambiente. Dado que el agua es sostén de vida, una eficaz gestión del agua requiere un planteamiento holístico, así como la vinculación del desarrollo socioeconómico a la protección de los ecosistemas naturales. Una administración efectiva ha de vincular los usos de los terrenos y las aguas en el conjunto de una cuenca hidrográfica o acuífero subterráneo.

2. El desarrollo y gestión hídricos deben fundamentarse en un enfoque participativo, en el que se involucre a los usuarios, planificadores y gestores a todos los niveles. El enfoque participativo conlleva una sensibilización acerca de la importancia del agua, tanto entre los gestores, como en la opinión pública. Significa que las decisiones deben adoptarse al nivel más bajo posible, a partir de una consulta pública plena y la participación de usuarios en la planificación y aplicación de los proyectos hidrológicos.

3. Las mujeres desempeñan un rol crucial en el suministro, gestión y protección de las aguas; ese papel decisivo de las mujeres como proveedoras y usuarias del agua, así como de guardianas del entorno vital pocas veces se ha visto reflejado en los proyectos institucionales destinados al desarrollo y gestión de los recursos hídricos. La aceptación y puesta en práctica de este principio precisa de políticas positivas destinadas a satisfacer las necesidades específicas de la mujer al objeto de habilitarlas y capacitarlas para su participación a todos los niveles de los programas de recursos hídricos, incluyendo los procesos de toma de decisiones y aplicación, de acuerdo a las formas definidas por ellas.

4. El agua tiene un valor económico en todos sus usos en conflicto y debe ser asumida como un bien económico. Dentro de este principio, resulta fundamental reconocer, en primer lugar, el derecho básico de todos los seres humanos a disponer de agua pura y de servicios de saneamiento a un precio asequible. El no reconocimiento del valor económico del agua ha dado lugar al despilfarro del recurso hídrico y a usos perjudiciales desde el punto de vista medioambiental.

## **2.6 Enfoque participativo para el manejo del recurso hídrico**

La participación real se logra cuando los interesados forman parte del proceso de las tomas de decisiones. Esto puede ocurrir directamente cuando las comunidades locales se juntan para



llevar a cabo la elección de sistemas de la provisión, la administración y el uso del agua. La participación debe ser más que una consulta lo que requiere que los interesados a todo el nivel de la estructura social tengan un impacto efectivo sobre las decisiones de los distintos niveles del manejo del agua. Un enfoque participativo es el único medio para alcanzar consensos duraderos y un acuerdo común. Los gobiernos al nivel nacional, regional y local tienen la responsabilidad de que la participación se lleve a cabo. Esto involucra la creación de mecanismos participativos para los interesados a todas las escalas espaciales; al nivel nacional, de cuenca o acuífero, áreas de drenaje o en comunidades (Astorga 2005).

### ***2.6.1 Investigación participativa***

La investigación participativa puede ser vista como respuesta a la investigación y extensión lineal y vertical que caracterizaba a la Revolución Verde, la cual buscaba rescatar el papel de los agricultores en la generación y difusión de tecnología. La investigación participativa valoriza el conocimiento del terreno, clima, cultivos entre otros y conjuga distintas capacidades y saberes. Se trata de ¿Cómo involucrar a los usuarios de tecnologías en su creación o validación y así mejorar mejores condiciones para su aplicación viable, sostenible y masiva? ¿Cómo potenciar la capacidad de innovación y la calidad de toma de decisiones de las familias productoras? (Prins 2005a).

### ***2.6.2 Acción - investigación - sistematización***

Es la investigación que orienta la acción y las decisiones por tomar; es la investigación mediante la acción de tal forma que se pone de aprueba una idea, una estrategia y se intercala regularmente con la acción, reflexión con tres fines, alcanzar una meta concreta, aprender que hacer para lograr tal meta y despejar incógnitas con este respecto. Las funciones y fines son mejorar la calidad y efectividad de la intervención, a la vez acortar la brecha entre los investigadores y actores locales, facilitar a decisores, técnicos, líderes comunales entre otros a ser más investigativos y reflexivos para actuar, para lograr levantar la capacidad, generar unidad de criterio entre la variedad de actores de una cuenca (Prins 2005b).

El objetivo de la acción-investigación y sistematización es lo mismo; sintetizado es lograr el aprendizaje, mejorar la calidad de la intervención, lecciones aprendidas, su documentación entre otros. Por lo tanto la sistematización debe ser vista como parte integral de la acción-investigación, debido a que está comienza antes de tomar la acción. Es importante que la reflexión y la sistematización se haga de forma regular, sino no sirve mejorar las acciones (Prins 2005b).

### **2.6.3 Acción colectiva y derecho de posesión para el desarrollo sostenible**

La acción colectiva puede ser definida como una acción voluntaria tomada por un grupo de personas para lograr un interés común, los miembros pueden ser personas civiles u organizaciones. En el contexto del manejo de los recursos naturales; coordinando en base a reglas de uso y de no uso de los recursos, puede ser institucionalizada a través de posesión de regímenes comunes o de la coordinación de los productores (Prins 2005c).

La institucionalidad de las acciones colectivas y el sistema de los derechos de posesión condicionan como la población usa los recursos naturales, lo cual hace que este modelo de uso tenga efecto sobre el éxito de los sistemas de producción de los agricultores. Al mismo tiempo, algunos mecanismos de acción colectiva y derecho de posesión, definen algunos incentivos que reciben los productores, emprendiendo estrategias de manejo sostenible y productivo. El resultado de ello está dado en el nivel de beneficio y la distribución de los recursos naturales. Es así que el enlace entre los derechos de posesión, acción colectiva y el manejo adecuado de los recursos naturales. Tiene implicaciones importantes sobre la adopción de tecnologías, seguridad alimentaria, reducción de la pobreza y sostenibilidad del medio ambiente (Prins 2005c).

### **2.6.4 Análisis y manejo de conflictos socio-ambientales**

El manejo de conflictos no es solamente resolver conflictos, sino también prever y canalizarlos mediante regulación, sin embargo las situaciones conflictivas se arrastran y agudizan porque no hay reglas de conductas efectivas y aceptadas por los grupos en pugna, usuarios de un mismo recurso (Prins 2005c).

En la vida social siempre se dan contradicciones y conflictos, por esto se busca regular las relaciones y canalizar los conflictos que puedan haber, mediante normas de conducta y sanciones. Por lo tanto, la regulación es inherente al tráfico social entre personas y grupos; esta regulación es aún más imperiosa cuando se trata de recursos escasos y de intereses encontrados, por lo que las reglas deben institucionalizarse y deben formar parte de la vida social de una sociedad o comunidad. También deben interiorizarse por el individuo para cumplir con las reglas de la comunidad (Prins 2005c).

En relación al tema de estudio se retoma este concepto de conflictos como insumo de que se pueda prever situaciones negativas en las relaciones por el uso del recurso agua. En este sentido el sistema SCAPT es una estrategia al ser un sistema independiente. En el caso de

obras colectivas y comunitarias de captación de agua para uso productivo y/o consumo humano se considera, la distribución proporcional de costos y beneficios y la reciprocidad de esfuerzos entre los usuarios tratando preventivamente las situaciones de conflictos.

### **2.6.5 La gente y el agua**

Según la FAO (2002) para maximizar la producción agrícola con un volumen de agua fijo y limitado existen dos factores claves: la gente y la tecnología. De estos dos, la gente es el más importante; la mejor y más innovadora tecnología del mundo no servirá para nada si la gente no la comprende, no ve sus ventajas, o no puede usarla.

No es una idea nueva intentar que los productores participen localmente en el manejo del agua. En muchas partes del mundo ya se practica con éxito, por ejemplo en los sistemas de riego de Bali. Sin embargo no debe subestimarse la dificultad de lograr una participación real y una toma de decisiones transparentes en sociedades acostumbradas a métodos centralizados y burocráticos.

Se necesitan de grandes cambios, tanto de instituciones como de individuos y en los grupos de usuarios quienes han realizado un papel secundario. Esto no quiere decir que no haya participación para los expertos: el entusiasmo y la participación local siempre puede ser complementada con la experiencia técnica en gestión sostenible, tecnologías de captación, de riego, sistemas de distribución de agua, manejo de cuencas hidrográficas y otros temas. Se necesita todavía capacitación en muchas áreas, por ejemplo para establecer medidas para la protección de ecosistemas de agua dulce y para permitir que las comunidades sean capaces de resolver sus conflictos entre los mismos usuarios que compiten por los mismos recursos.

El asunto del género también es crucial, las mujeres y hombres tienen el mismo derecho de acceso al agua, aunque puedan tener funciones diferentes en relación a la conservación y al uso de los recursos hídricos. Sin embargo puede ser discutible un enfoque de género en la gestión de los recursos hídricos, porque la forma en que hombres y mujeres manejan el agua y los problemas agrícolas y por lo tanto, como se relacionan entre sí, necesitan cambios. Para resolver los problemas son necesarios ambos mecanismos, los tradicionales y los innovadores.

## **2.7 Enfoque de manejo integrado de cuencas hidrográficas**

La cuenca hidrográfica es una unidad natural, morfológicamente superficial, cuyos límites quedan definidos por la divisoria geográfica de las aguas, también conocidas como

“parteaguas”, esta es una línea imaginaria que une los puntos de mayor altura relativa entre dos laderas adyacentes, pero de exposición opuesta, desde la parte mas alta de la cuenca hasta su punto de emisión en la zona hipsométricamente más baja. Ante la presencia de precipitaciones y de flujos o caudales base, el parteaguas permite configurar una red de drenaje superficial que canaliza las aguas hacia otro río, al mar, o a otros cuerpos de agua, como los lagos y embalses artificiales y naturales. La definición de cuenca hidrológica es más integral porque además de incluir todo el concepto de cuenca hidrográfica, abarca en su contenido, toda la estructura hidrogeológica subterránea del acuífero como un todo. Ambas cuencas pueden dividirse en tres zonas de funcionamiento hídrico principales: zona de cabecera, zona de captación-transporte y zona de emisión (Jiménez 2005a).

El manejo integrado de cuencas es un proceso iterativo de decisiones sobre los usos y las modificaciones a los recursos naturales dentro de una cuenca, crea un balance entre los usos que se le pueden dar a los recursos. Así mismo conlleva la participación de la población en los procesos de planificación, concertación y toma de decisiones. En resumen, es la gestión para manejar, aprovechar y conservar los recursos naturales en las cuencas hidrográficas en función de las necesidades humanas, buscando un balance entre equidad, sostenibilidad y desarrollo (Jiménez 2005a).

Faustino (2005) agrega que en este enfoque se busca un equilibrio entre producción y conservación, de manera que se pueda producir conservando y conservar produciendo a corto, mediano y largo plazo. La unidad hidrológica se considera como el escenario biofísico y socioeconómico natural y lógico para la caracterización, diagnóstico, planificación, implementación, ejecución, seguimiento y evaluación del uso de los recursos naturales y el análisis ambiental. Con este enfoque las fincas son el ámbito adecuado para implementar el manejo de recursos, según la vocación de la cuenca, capacidad de carga y la dinámica de su entorno ecológico y a socioambiental.

La gestión de cuencas tiene una visión sistémica, integral, Interdisciplinaria y multidisciplinaria y la participación de la población en los procesos de planificación, implementación, seguimiento, evaluación, concertación y toma de decisiones. Por tanto, la cuenca debe verse como un sistema que es funcionalmente indivisible e interdependiente, conformada por las interrelaciones dinámicas en el tiempo y en el espacio de diferentes subsistemas.

## **2.8 Captación de agua de lluvia**

### **2.8.1 Captación de agua de lluvia para consumo humano**

La captación de agua de lluvia es un medio para obtener agua para consumo humano y/o uso agrícola. En muchos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento. En la captación de agua de lluvia para fines domésticos se acostumbra a utilizar la superficie de techo como captación, conocido este modelo como SCAPT (sistema de captación de agua pluvial en techos). Este modelo tiene un beneficio adicional y es que además de su ubicación minimiza la contaminación del agua. Adicionalmente, los excedentes de agua pueden ser empleados en pequeñas áreas verdes para la producción de algunos alimentos que puedan complementar su dieta. (UNATSABAR 2001).

Para el diseño de captación de agua de lluvia es necesario considerar los factores técnicos, económicos y sociales (UNATSABAR 2001).

### **2.8.2 Captación de agua superficial**

Según Veenhuizen (2000) la captación de agua puede ser de lluvia o de nieblas, para su utilización en la producción agropecuaria o forestal. La captación de agua puede ser considerada como una forma rudimentaria de riego. La diferencia está en que en la captación de agua de lluvia o de nieblas, el productor tiene poco o ningún control sobre la oportunidad de aplicación del agua, ya que la escorrentía superficial generalmente se aprovecha cuando llueve y el aprovechamiento de las nieblas depende principalmente de las condiciones atmosféricas. La ocurrencia y cantidad de la escorrentía superficial dependen de las características de la precipitación, clima, suelo, vegetación, pendiente y tamaño del área.

Para determinar el volumen de agua a captar hay que evaluar el requerimiento de agua del cultivo seleccionado, o sea el uso consuntivo de las plantas. El coeficiente de escorrentía depende de las características del suelo en el área de captación, el suelo más conveniente es el que facilita la escorrentía (compacto impermeable, sin vegetación). En cambio en el área de cultivo los requerimientos de suelo (permeable, retentivo, fértil), limosos, franco arcillosos, con moderada profundidad. Las características del clima son importantes para determinar, tanto requerimientos del cultivo, como el volumen de agua que se puede captar.

### **2.8.3 Precipitación**

La precipitación es uno de los factores que se debe analizar para definir si es, o no factible realizar obras de captación. La tarea más difícil en la captación de agua de lluvia es seleccionar el diseño apropiado de acuerdo a la lluvia. Los datos importantes se obtienen de las estaciones meteorológicas que cuenten con datos de precipitación mensual, de por lo menos 10 años (Anaya citado por Veenhuizen 2000).

Las características de las lluvias más importantes para determinar la cantidad son la intensidad, la duración y la distribución de la precipitación. Para planificar obras de captación de agua de lluvia, puede utilizarse como base la precipitación anual o mensual. Se podrá mejorar la confianza de los datos, calculando la probabilidad de la precipitación.

### **2.8.4 Lluvia de diseño**

Es la cantidad de lluvia estacional, arriba de la cual, el sistema está diseñado para promover escorrentía superficial suficiente para cubrir el requerimiento de agua de los cultivos. Si la lluvia es inferior a esta lluvia de diseño, hay un riesgo de fracaso del cultivo, debido a estrés por humedad. Cuando la lluvia es superior, entonces la escorrentía superficial está en excedente y podría sobrepasar los bordos y resultar en un daño a las estructuras. La lluvia de diseño se determina según una cierta probabilidad de ocurrencia. Si por ejemplo, se fuera a establecer con un 67% de probabilidad, la lluvia ocurrirá o estará excedida (como promedio), en dos de cada tres años y la lluvia captada será suficiente para satisfacer el uso consuntivo, también en dos de cada tres años (Veenhuizen 2000).

### **2.8.5 Escurrimiento superficial**

Es el que proviene de la precipitación no infiltrada y que escurre sobre la superficie del suelo. El efecto sobre el escurrimiento total es inmediato y existirá durante la tormenta e inmediatamente después de esta termine. La parte de la precipitación total que da lugar a este escurrimiento, se denomina precipitación en exceso. El escurrimiento superficial depende fundamentalmente de dos tipos de factores: meteorológicos, se puede considerar la forma, el tipo, la duración y la intensidad de la precipitación, la dirección, la velocidad de la tormenta y la distribución de la lluvia en la cuenca. Fisiográficos, se puede considerar las características físicas de la cuenca como superficie, forma, elevación, pendiente, también el tipo de suelo, uso del suelo y humedad antecedente del mismo (Villón 2004).

### **2.8.6 Ciclo del agua**

Se denomina ciclo hidrológico al conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso), como en su forma (agua superficial, agua subterránea y otras). El ciclo es completamente irregular y es precisamente contra estas irregularidades que lucha el ser humano a veces periodos de sequías otras inundaciones. El ciclo no tiene ni principio ni fin; puede comenzar en cualquier punto: evaporación, precipitación, infiltración, escorrentía, nuevamente evaporación, en cada parte con sus características necesarias de cambios (Villón 2004).

### **2.8.7 Balance hídrico**

Obtenidos los datos de precipitación y consumo de agua por los cultivos considerados, se determina si hay necesidades de agua para riego, o si son necesarias las obras de captación de agua de riego de lluvia, para lo cual se debe analizar las deficiencias o excesos de agua, por medio de balance hídrico. La ecuación del balance hídrico, para cualquier zona o cuenca, indica los valores relativos de entrada y salida, flujo y variación del volumen de agua. En general, las entradas en la ecuación del balance hídrico comprenden la precipitación, recibida en la superficie del suelo y las aguas superficiales y subsuperficiales recibidas dentro de la cuenca. Las salidas en la ecuación incluyen la evaporación y transpiración y las salidas de las aguas superficiales, o sea la escorrentía y las aguas subterráneas. (Veenhuizen 2000).

## **2.9 Valoración socio ambiental y económica del agua**

Según Barzeb (s.f) El valor del agua se mide a través de los costos incurridos en el proceso productivo y de mantenimiento y se puede desagregar de la siguiente forma:

- Valor de los costos de captación de agua.
- Valor de los costos de protección de la cuenca.
- Valor de los costos de restauración de ecosistemas.
- Valor de los costos administrativos y de operación.
- Valor del agua como insumo de la producción.

### **-Valor de la productividad hídrica del bosque**

En la valoración del agua, como servicio ambiental ofrecido por los bosques, donde se requiere sostenibilidad de la producción en términos de calidad, cantidad y perpetuidad, se requiere considerar el valor de la productividad de los bosques en función de la captación y producción de agua (*Valor de Uso Directo*), más que por los otros servicios ambientales (*CO<sub>2</sub>, belleza escénica, biodiversidad y otros*). La productividad del bosque en este caso, está determinada

por la cantidad de agua captada, y su valor - como se describió anteriormente - corresponde a un porcentaje cercano al costo total de oportunidad.

#### **-Valor de protección y mantenimiento**

La protección es un mecanismo que ayuda a la conservación de las aguas superficiales y subterráneas, evita la sedimentación de los ríos porque disminuye la erosión de los suelos. Estos beneficios asociados a la protección y conservación del bosque llevan implícito un costo que debe ser considerado dentro de la estructura de valoración económico ecológico para el uso del agua.

#### **-Valor del agua según su uso (insumo de la producción) - valor monetario del agua en la producción agrícola**

La agricultura usa el agua en el riego de los cultivos, y es de las actividades que mayor consumo tiene del recurso. En condiciones normales, más del 80% del agua disponible se dedica a la agricultura. El riego incrementa la productividad agrícola y este cambio en la producción puede ser usado para calcular el valor del agua. Este cambio en la producción multiplicado por el precio del producto agrícola (mercado) aproxima el valor del agua usada en agricultura. De manera tal, que se pueda valorar el aporte que tiene el agua en el cambio de la producción.

#### **-El recurso hídrico como un flujo permanente de ingreso**

En un escenario de ausencia total de bosques, es de esperar que el volumen del recurso en épocas secas se vea reducido o limite el desempeño de la actividad económica que hoy se da. Esto significa que la permanencia y ampliación de las áreas de bosque natural (primario y secundario) son de gran importancia para garantizar un flujo hídrico durante todo el año. Si el recurso se valora desde el punto de vista económico y ecológico, mediante la *internalización de los costos ambientales*, y partiendo del hecho de que los usuarios deban pagar por la utilización del mismo. El ingreso captado como pago por los servicios ambientales, podría ser la base financiera para el desarrollo sostenible de la cuenca y, a la vez, convertirse en un flujo permanente de ingreso que podría ir aumentando conforme se vayan incrementando las áreas boscosas captadoras del recurso.

## **2.10 Valoración socioeconómica de los beneficios del agua**

Azqueta (2001) dice que la valoración de beneficios requiere, en primer lugar, de una correcta identificación y clasificación de las funciones del agua dentro del ciclo hídrico en sus distintas manifestaciones: ecológicas, económicas, culturales y recreativas. En segundo lugar, se hace



necesario identificar y cuantificar el valor económico y social que se desprende de cada una de ellas, en función de los servicios que estas funciones proporcionan a un determinado colectivo de personas. Este valor económico tiende a manifestarse a través de la rentabilidad que cada función concreta del activo valorado (en este caso el agua) genera, directa o indirectamente, para los distintos sujetos que se benefician del mismo. Esta rentabilidad, por su parte, y de acuerdo al grupo social beneficiado, puede tener un carácter financiero, económico, o social.

-La **rentabilidad financiera**: es aquella que se manifiesta como un flujo de caja positivo (o la reducción de un flujo de caja negativo), en favor del propietario del recurso que la genera, o de la persona que tiene reconocido el derecho a su uso y disfrute.

-La **rentabilidad económica**: hace referencia al impacto que el recurso en cuestión, en el desempeño de sus distintas funciones, tiene sobre el bienestar de la sociedad como un todo, cuando en la función de bienestar social que recoge estas modificaciones, todas las personas tienen la misma consideración. La rentabilidad económica trasciende la rentabilidad financiera porque incluye todas las externalidades que la presencia del recurso genera sobre los agentes económicos distintos de su propietario.

-La **rentabilidad social**; finalmente, hace referencia al impacto que la presencia del activo en cuestión tiene sobre el bienestar de todos los miembros de la sociedad, cuando el bienestar individual de cada uno de ellos tiene una ponderación distinta, en función de algunas características particulares consideradas relevantes.

## **2.11 Política nacional de los recursos hídricos de Nicaragua**

Según el la Gaceta diario oficial No. 233 (2001), el Decreto Presidencial 107-2001 tiene por objeto establecer la Política Nacional de los Recursos Hídricos, con el propósito de orientar su manejo integral en sus niveles nacional, regional y local, así como la actuación de organizaciones civiles y de la población en general, a fin de preservar, mejorar y recuperar la calidad ambiental propicia para la vida, garantizando una gestión armonizada con el crecimiento económico, la equidad social, el mejoramiento de la calidad de vida y la preservación y aprovechamiento sustentable del medio ambiente.

Se establece que son objetivos de esta política el uso y manejo integrado de los recursos hídricos en correspondencia con los requerimientos sociales y económicos del desarrollo y acorde con la capacidad de los ecosistemas, en beneficio de las generaciones presentes y futuras, así como la prevención de los desastres naturales causados por eventos hidrológicos extremos.

Esta Política se basa en los siguientes principios:

- El agua es un recurso natural finito y vulnerable, que tiene un valor económico, social y ambiental.
- El agua es, asimismo, un patrimonio nacional de dominio público, indispensable para satisfacer las necesidades básicas de la población respetando los principios de equidad social y de género.
- La cuenca es la unidad de gestión territorial para la administración del manejo integrado de los recursos hídricos.
- El desarrollo y gestión del agua se basa en un enfoque participativo, involucrando a los usuarios, planificadores y tomadores de decisión a todos los niveles, a través de procesos que ubiquen las decisiones, tan cerca como sea posible, de los directamente afectados por las mismas.

Dos de sus cuatro lineamientos son los siguientes:

- Estado en conjunto con la sociedad civil inducirá la creación de organismos de cuencas y la instrumentación de procesos que impulsen una amplia participación de los usuarios en la administración y conservación del agua.
- El Estado fortalecerá técnica y económicamente las capacidades institucionales para analizar, evaluar y organizar actividades para afrontar las emergencias nacionales originadas por desastres de origen hidrometeorológico y antropogénicos, tales como sequías e inundaciones.

## **2.12 Ley general de Agua Nacionales**

Considerando el marco legal de la gestión y administración de las aguas a Nivel Nacional se hace referencia a citar algunos artículos en relación a este estudio. Esta nueva ley de aguas recién publicada en junio 2005 considera que para las gestiones de recursos, hace referencia en el artículo 14 en el inciso (e) que dice: El pago por servicios ambientales del recurso hídrico tiene por objeto elaborar las bases económicas, técnicas, jurídicas y ambientales necesarias, para instrumentar un sistema de pago consistente y generalizado por estos servicios ambientales que se originan de las cuencas hidrográficas en el país.

De igual manera en lo referente a la planificación, el artículo 16 menciona que la formulación e integración de la Planificación Hídrica tendrá en cuenta adicionalmente los criterios necesarios

para garantizar el uso benéfico sostenible y el aprovechamiento integral de los recursos hídricos de las cuencas hidrográficas y los acuíferos como unidades de gestión.

En esta ley se hace referencia a la constitución de un Consejo Nacional de los Recursos Hídricos (CNRH), como la instancia de más alto nivel y de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), como un órgano descentralizado del poder ejecutivo (artículo del 17 al 25).

En lo referente a los Organismos de Cuenca el artículo 31 dice que serán una expresión derivada dependiente en concepto global de la ANA.

Sobre el comité de cuenca, el artículo 35 expresa que se impulsará la participación ciudadana en la gestión del recurso hídrico, por medio de la conformación de Comité de Cuencas con sus representantes especificados en el artículo y sus funciones generales.

En lo referente al uso de agua para uso de consumo humano, el artículo 67 dice que toda persona, sin necesidad de autorización alguna, tiene derecho al uso de las aguas nacionales para fines de consumo humano y de abrevadero, siempre y cuando tenga libre acceso a ellas, no cause perjuicios a terceros.

## **3 METODOLOGÍA**

### **3.1 Descripción del área de estudio**

La subcuenca del río Aguas Calientes se ubica en la región de Las Segovias, al Norte de Nicaragua, en el departamento de Madriz, entre los municipios de Somoto y San Lucas. Geográficamente está comprendida entre las coordenadas 13°24'10" y 13°29'28" de Latitud Norte y 86°34'12" y 86°39'39" de Longitud Oeste. Limita al Norte con un sector del Río Coco, parte del municipio de Somoto; al Sur con el resto del municipio de San Lucas, al Este con la subcuenca (urbana) del río Michigüiste y ciudad de Somoto y al Oeste con la subcuenca del río Inalí (Alcaldía de Somoto 2000).

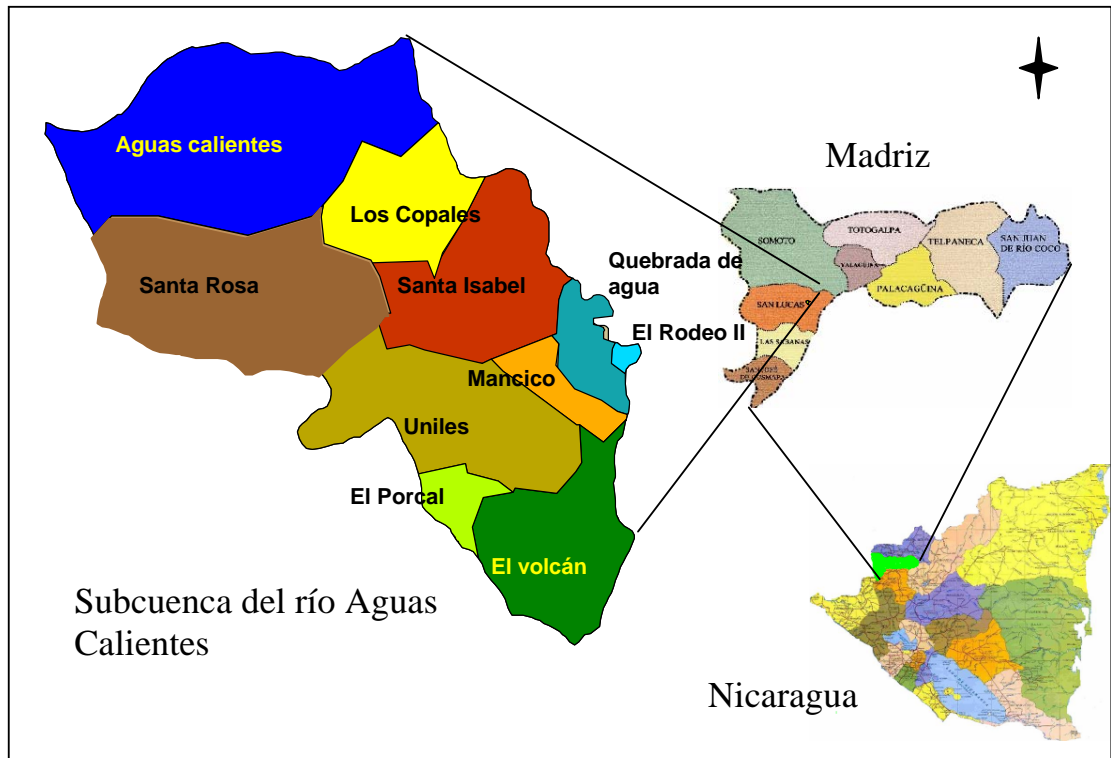


Figura 1. Ubicación de la subcuenca del río Aguas Calientes

### 3.2 Caracterización del área de estudio

Para comprender mejor la ubicación de cada uno de los estratos en la subcuenca del río Aguas Calientes, se hace la aclaración que para uso técnico en el caso de los cálculos en identificación y caracterización de áreas con potencial de captación de agua de lluvia. Se ha tomado las cotas mostradas en la Cuadro 1. Para los talleres participativos el estudio se refiere a las comunidades y estratos como se muestra en la Cuadro 2. Esto debido a que la geografía en particular de la subcuenca tiene entre mezcladas sus partes si tomamos como referencias las cotas de elevación y la segmentación transversal sobre la longitud de la cuenca, por lo que tenemos comunidades ubicadas entre partes alta y media, otras entre medias y altas y en la zona Noroeste de la subcuenca que se conocen comúnmente como parte baja, también hay altitudes correspondientes a la parte alta, según la clasificación de las cotas de elevación.

## División de subcuenca por estrato y comunidad

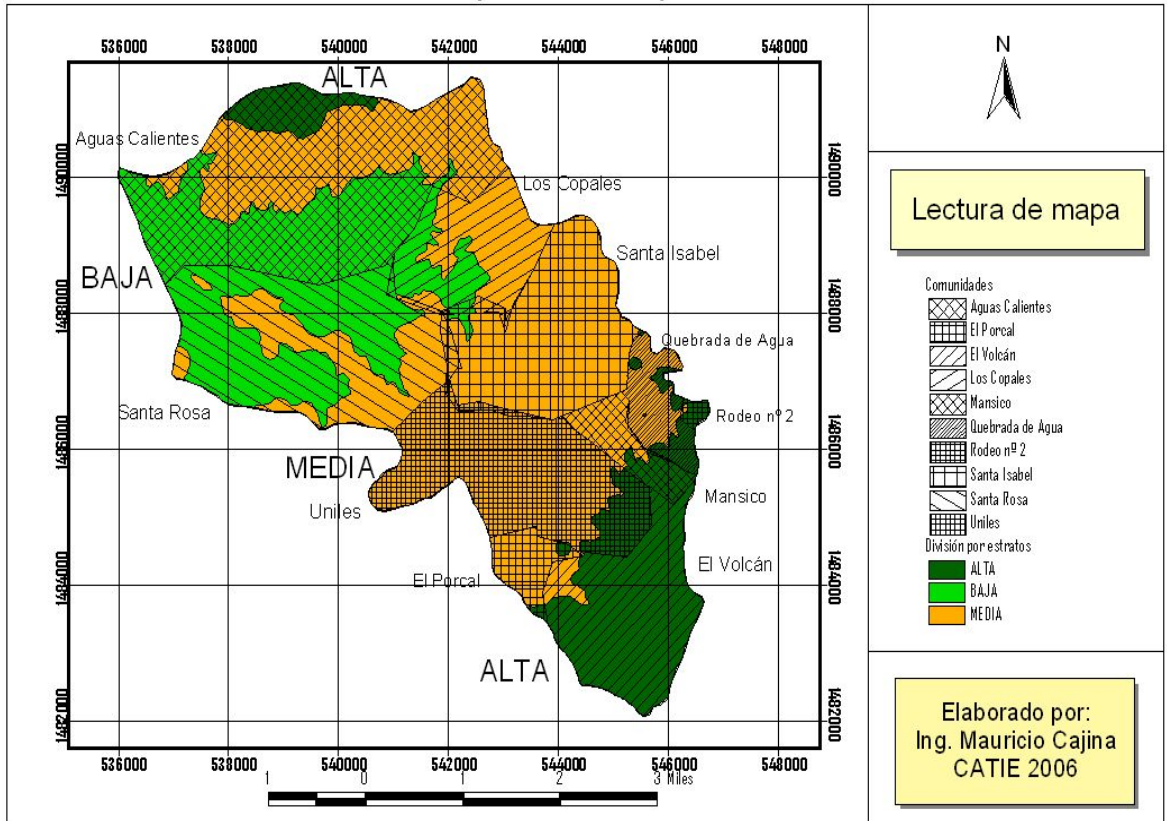


Figura 2. Mapa de división de la subcuenca del río Aguas Calientes por estrato y por comunidad

Cuadro 1. Estratos en la subcuenca del río Aguas Calientes por cotas de altitud

Cotas (msnm)	Estrato
620 – 700	Parte alta
700 – 900	Parte media
900 – 1730	Parte baja

El criterio técnico para ubicar cada cota correspondiente a cada estrato, es en base a los datos tomados para la estratificación en el Plan Rector de Producción y Conservación (PRPC). (Alcaldía 2001).

*Cuadro 2. Estratos en la subcuenca del río Aguas Calientes por ubicación de comunidades, para uso en los talleres participativos*

<b>Estrato</b>	<b>Comunidades</b>
Parte alta	Volcán, Rodeo II, Quebrada de agua, Porcal
Parte media	Unile, Mancico, Santa Isabel
Parte baja	Santa Rosa, Los Copales, Aguas Calientes

El criterio participativo propuesto para ubicar cada comunidad por estrato, fue con base en:

- La relación de interés que tiene cada unas de estas poblaciones por el uso de los recursos naturales, principalmente el agua.
- El agrupamiento de los Comité de Cuenca Comunales por comunidades y no por estrato.
- Otro criterio a considerar fue la priorización del trabajo a realizar con el enfoque de manejo integrado de cuenca de arriba hacia abajo.

### **3.2.1 Caracterización socioeconómica**

#### **Población económicamente activa**

En el municipio de Somoto la población de 10 años y más es considerada en edad de trabajar. Esta población tiene su mayor porcentaje en el área rural, ellos representan el 45,77% del municipio, mientras que en la zona urbana, el porcentaje es de 37,45%.

Del total de la población en edad de trabajar (PET) el 47,0% es población económicamente activa (PEA) y el 53,0% es población económicamente inactiva (PEI) (INIFOM 2000) (Cuadro 3).

*Cuadro 3. Población en edad de trabajar en el municipio de Somoto*

Condición de Actividad	Urbana			Rural			Total		
	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total
PET	4668	5738	10406	5074	4797	9871	9742	10535	20277
PEA	<b>2825</b>	<b>1906</b>	<b>4731</b>	<b>4039</b>	<b>777</b>	<b>4816</b>	<b>6864</b>	<b>2683</b>	<b>9547</b>
PEI	1843	3832	5675	1035	4020	5055	2878	7852	10730

Fuente INIFOM 2000.

Como se observa en el cuadro 3, el 70,5 % de la PEA está constituida por hombres, elevándose este porcentaje a 79,6% en el área rural. Por el contrario, son las mujeres quienes más participan de la PEI, con el 25,4%, reduciéndose a 16,2% en el área rural.

La PEA se clasifica entre ocupados y desocupados. Tal como se muestra en el cuadro 3, el 19,8 % de la PEA se encuentra afectada por la desocupación, observándose grandes diferenciales por sexo y áreas Geográficas (INIFOM 2000).

Los registros porcentuales anteriores incluyen a mayor parte de la población de la subcuenca del río Aguas Calientes, por lo que podrían servir de referencia para el área de estudio.

### **Actividad productiva**

La actividad productiva en la subcuenca en su mayoría está dedicada a la agricultura, con producción de granos básicos principalmente para uso de consumo familiar, pequeñas ganadería en suelos con pastos de mala calidad, producción de café en la parte alta, henequén en la parte media y micro riegos en la parte baja con producción de hortalizas.

### **Tenencia de la tierra**

En la comunidad del Volcán se encuentra la montaña Tepe-Somoto que fue declarada área protegida hace algunos años. La tierra en esta zona pertenece a pequeños productores (descendientes de indígenas), grandes y medianos productores de café, organizados en cooperativas. En la subcuenca el 54% de los productores posee tierra propia (tierra heredada y comprada, legalizada). El 27% posee tierras en proceso de legalización. El 16%, de los agricultores poseen pequeñas parcelas y además son arrendatarios (alquilan áreas mayores de 1 Mz). El 3% no posee tierras en absoluto (Lorio 2003).

### **Población**

En la subcuenca habitan aproximadamente 7925 habitantes. En las 10 comunidades que la conforman existen 1082 familias. En la parte alta habitan 1777 personas, lo que representa el 22,43%. En la parte media se encuentra concentrada la mayor parte de la población, habitan 3688 personas, lo que representa el 46,53% del total. En la parte baja se concentra una población de 2460 habitantes, representando el 31,04% del total de habitantes que residen en la unidad hidrológica.

## **Migración**

Algunos emigran hacia el interior del municipio a la cabecera municipal, principalmente mujeres a realizar labores domésticas. En los meses de noviembre y diciembre en su mayoría hombres emigran al interior del país a realizar labores agrícolas en las fincas de café; otros durante toda la época seca lo hacen a realizar diferentes labores. También unos emigran al exterior a países centroamericanos.

## **Educación**

En cada una de las diez comunidades existe al menos una escuela que brinda servicios educativos en los niveles de educación pre-escolar y primaria, con excepción de las comunidades de Mancico y Quebrada de agua, que comparte la escuela primaria. Para la continuidad en los estudios de secundaria, algunos lo hacen en un centro de educación que se encuentra en la comunidad de Santa Isabel, hasta el nivel de noveno grado. Otros estudiantes asisten a escuelas ubicadas en las cabeceras de los municipios de Somoto y San Lucas.

## **Salud**

En cada una de las comunidades de la subcuenca se encuentra al menos un comedor infantil con directivas comunitarias, en algunos casos funcionan como preescolares y facilitan junto con la red de los promotores de salud, la realización de las campañas de inmunización y control de crecimiento a niños. En la subcuenca no existen centros de salud. Como parte de la actividad comunitaria se ha organizado una red de casas de consejería y brigadistas de salud, con el apoyo del Ministerio de Salud y algunas ONG. Los servicios médicos que gestiona la población los reciben en las cabeceras municipales de Somoto y San Lucas.

## **Comunicación**

En ninguna de las comunidades existen servicios de correo postal y de teléfono convencional. En algunas de las comunidades se recibe señal para comunicación celular. En la comunidad de El Volcán existe una radio base comunitaria para la comunicación a las cabeceras municipales de Somoto y San Lucas, así mismo que con otras comunidades del municipio de Somoto que están ubicadas fuera de la subcuenca. Todas las comunidades tienen señal de radio difusión de las cinco radios que existen en el municipio de Somoto, también de radios regionales y nacionales.

El comité de cuenca en conjunto con la radio NW radio, miembro del comité de cuenca, capacita a dos jóvenes por cada una de las diez comunidades de la subcuenca, como comunicadores comunitarios.



La vía de comunicación terrestre es permitida en todo tiempo. Por la zona Noroeste de la subcuenca se puede comunicar con la cabecera municipal de Somoto a través de la carretera panamericana. Por la parte media existe una vía intermunicipal adoquinada en buen estado, que facilita la comunicación con las cabeceras municipales de Somoto y San Lucas. Por la zona de cabecera existe una vía intermunicipal entre los municipios de Somoto y Pueblo Nuevo; esta vía es para uso vehicular, pero actualmente está en mal estado. En cada zona existen caminos ínter comunitario de paso a pie, en bicicleta y en vehículo. Las distancia en kilómetros entre las comunidades de la subcuenca y la cabecera municipal de Somoto se muestra en la Figura 3.

	Somoto	Volcán	Porcal	Rodeo II	Queb. Agua	Mancico	Uniles	Sta. Isabel	Sta. Rosa	Copales
Somoto										
Volcán	14									
Porcal	12	2								
Rodeo II	8	14	12							
Qda. Agua	13	11	9	3						
Mancico	12	10	8	4	1					
Uniles	8	6	4	8	5	4				
Sta. Isabel	4	10	8	12	9	8	4			
Sta. Rosa	6	8	6	10	7	6	2	6		
Copales	3	10	8	12	9	8	4	9	2	
Ag. Caliente	5	12	10	14	11	10	6	11	4	2

Figura 3. Distancia en kilómetros entre las comunidades de la subcuenca Aguas Calientes

### **3.2.2 Caracterización institucional**

Existe presencia representada por cuatro niveles de instituciones y organizaciones presentes en la subcuenca:

- Nivel Nacional representado por Instituciones Estatales
- Nivel Municipal representado por los Gobiernos Locales de los Municipios de Somoto y San Lucas
- Nivel de Cuenca representado por el Comité de Cuenca
- Nivel comunitario representado por los Comité Comunales de Cuenca y organizaciones comunitarias que gestionan por intereses comunes comunitarios como los Comité de aguas.

### **3.2.3 Caracterización biofísica**

#### **Hidrología**

La red hidrológica de la subcuenca la conforman cinco micro cuencas; Los Copales (1483.73 ha), La Susuba (1648 ha), La Sierpe (467 ha), La Chata (440 ha) y Aguas Calientes (695 ha). (Comité de Cuenca 2006). Toda la red hidrológica vierte sus aguas hacia el río Coco.

### **Elevación media de la subcuenca del río Aguas Calientes**

La elevación media de la subcuenca es de 730 msnm, tal y como se muestra la Curva Hipsométrica en la Figura 4. Aproximadamente el 70% del área está entre las cotas de elevación de los 620 y 800 msnm y el resto del (30%) entre las cotas 800 a 1730 msnm.

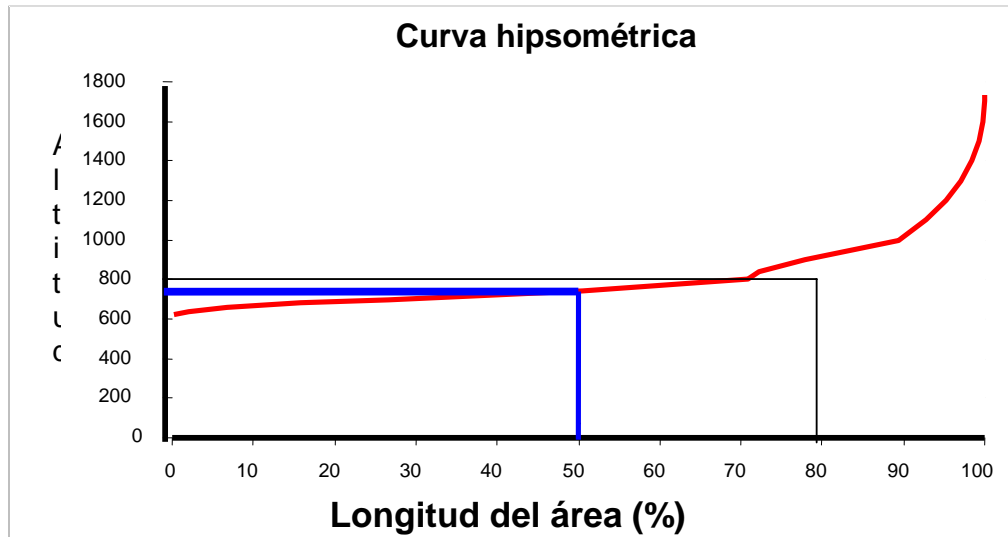


Figura 4. Curva hipsométrica de la subcuenca del río Aguas Calientes

### **Pendiente del cauce principal**

La pendiente media del cauce principal es de 5,28% con una longitud de 14,56 kilómetros. Esto es el resultado de la media aritmética de las pendientes de 10 tramos de 1.456 metros de longitud cada uno. Sin embargo, es importante señalar que hasta una elevación de 900 msnm la pendiente del cauce principal es tan solo de 2,05% y a partir de los 900 msnm hasta los 1.400 msnm es de 34,3 % (Alcaldía 2001).

### **Fisiografía y relieve**

En la subcuenca predominan las lomas, con algunas planicies ubicadas en la depresión montañosa y planicies de Somoto. El relieve es accidentado con laderas muy escarpadas en la parte alta. La mayor altitud se localiza en el cúspide del Cerro El Volcán con 1730 msnm (Alcaldía Somoto 2001).

### **Precipitación**

La precipitación media registrada durante 43 años (de 1962 al año 2005) es de 822 mm, el año menos lluvioso fue en 1962 con 448 mm y el más lluvioso en 1969 con 1449 mm. (INITER 2006). Entre los meses de julio y agosto se presenta un periodo de canícula o periodo en el

cual las precipitaciones son menores o nulas, con diferencias por días y área. Este periodo canicular ha sido clasificado en canícula benigna, acentuada y severa como se muestra en el Cuadro 4 (Gómez 2003).

*Cuadro 4. Comportamiento y valoración de la canícula en las comunidades de la subcuenca del río Aguas Calientes*

<b>Comunidades</b>	<b>Días sin lluvia durante la canícula</b>	<b>Valoración de la canícula</b>
Volcán	<15 días	Benigna
Porcal	> 40 días	Severa
Mancico	26 a 40 días	Acentuada
Q. de Agua	26 a 40 días	Acentuada
Rodeo	26-40	Acentuada
Uniles	> 40	Severa
Santa Isabel	>40	Severa
Santa Rosa	>40	Severa
Los Copales	>40	Severa
A. Calientes	> 40	Severa

Fuente (Gómez 2003)

### **Clima**

El clima es tropical seco, la temperatura varía entre los 22,6 °C en los meses de enero y diciembre hasta 26,6 °C en abril.

### **Clasificación climática de Hodridge**

Se definen dos zonas de vida por su ubicación en la subcuenca y por la localización de cada una de ellas:

#### **Bosque Seco Subtropical (BSSt)**

Se ubica en la mayor parte de la unidad hidrológica, cubre un área de 4.263 ha y representa el 90% de la superficie total de la parte alta, media (MAGFOR 2001).

#### **Bosque Seco Subtropical Premontano (BSStP)**

Este se ubica en la zona de cabecera o parte alta de la subcuenca, ocupa una superficie de 473,66 ha lo que representa el 10 % del área total (Alcaldía Somoto 2001). Según Umaña y Morales 2001, este se encuentra a una altitud mayor a los 1000 msnm. El periodo canicular en esta zona es calificado como benigno con duración entre 10 y 15 días (Gómez 2003).

### **Suelo**

Los suelos de la subcuenca se caracterizan por ser moderadamente profundos. En las áreas con topografía inclinadas y erosionadas los suelos son superficiales hasta observarse roca firme.

La textura es de franco a franco arcillosos, en algunas áreas se encuentran suelos arenosos y en la riberas de las quebradas suelos limosos. El color es oscuro en la parte baja y rojiza principalmente en áreas de la parte alta.

En la subcuenca se identifican dos órdenes de suelos:

#### **-Molisoles**

Ocupan la mayor parte de la superficie de la subcuenca, aproximadamente 4466 ha, que representan el 94% del total. Son suelos minerales con estado de desarrollo: incipiente, joven o maduro, con un horizonte superficial (epipedón móllico) de color oscuro, rico en humus, desarrollados de depósitos aluviales y lacustres sedimentados de origen volcánico, rocas básicas, ácidas, metamórficas, sedimentarias y piroclásticas. Se ubican en toda la parte baja, parte media y en un gran porcentaje de la parte alta. (Umaña y Mendoza 2000).

#### **-Inceptisoles**

Ocupan una pequeña parte de la subcuenca, aproximadamente 270 ha, que representan el 6% del área total y se ubican en la parte más alta (zona conocida como El Volcán). Estos suelos presentan un grado de evolución incipiente con un perfil tipo (A-B-C). Se identifica en este orden únicamente el grupo Eutropepts que son suelos que se distribuyen en relieves accidentados, texturas medias y poco a moderadamente profundos. Este orden de suelos es desarrollado de sedimentos aluviales, fluviales, coluviales, de cenizas volcánicas, de rocas básicas y ácidas (Umaña y Mendoza, 2000).

#### **Uso del suelo**

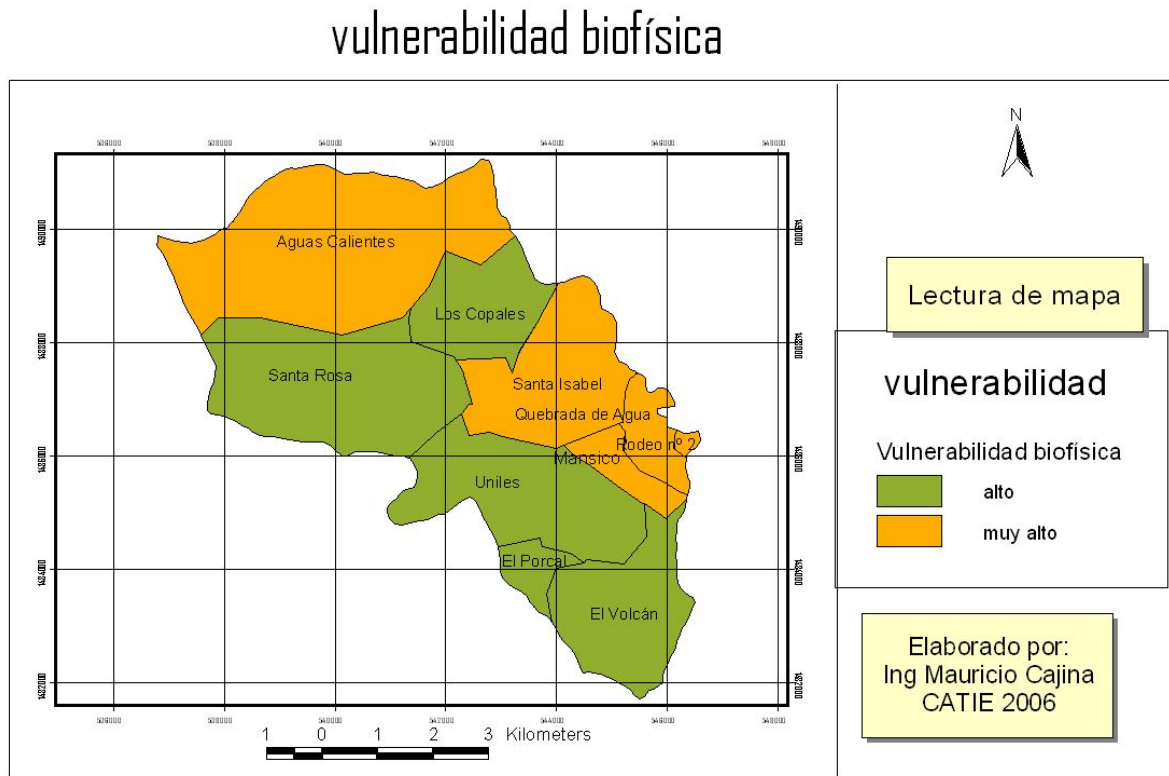
Los Suelos de los municipios en donde se localiza la subcuenca, presentan alta degradación por sobre utilización, aunque también hay suelos subutilizados, como consecuencia se presenta el conflicto de uso que degrada las condiciones ambientales del territorio. (MAGFOR 2001).

#### **Vulnerabilidad**

##### **-Vulnerabilidad biofísica**

La vulnerabilidad biofísica para las comunidades está en el rango de 60-87%, valores más altos corresponden a las comunidades de Mancico, Quebrada de Agua, Santa Isabel, Rodeo y Aguas Calientes, calificada como una vulnerabilidad muy alta. El resto de comunidades de la subcuenca se califica con una vulnerabilidad biofísica alta.

En promedio la valoración del grado de vulnerabilidad biofísica para la subcuenca es de 75%, correspondiente a una vulnerabilidad alta. Esta situación se interpreta por la marcada afectación negativa del comportamiento de las precipitaciones y el mal uso y manejo que se está dando a los recursos suelo y agua (Gómez 2003) Figura 5.



Fuente: Gómez (2003)

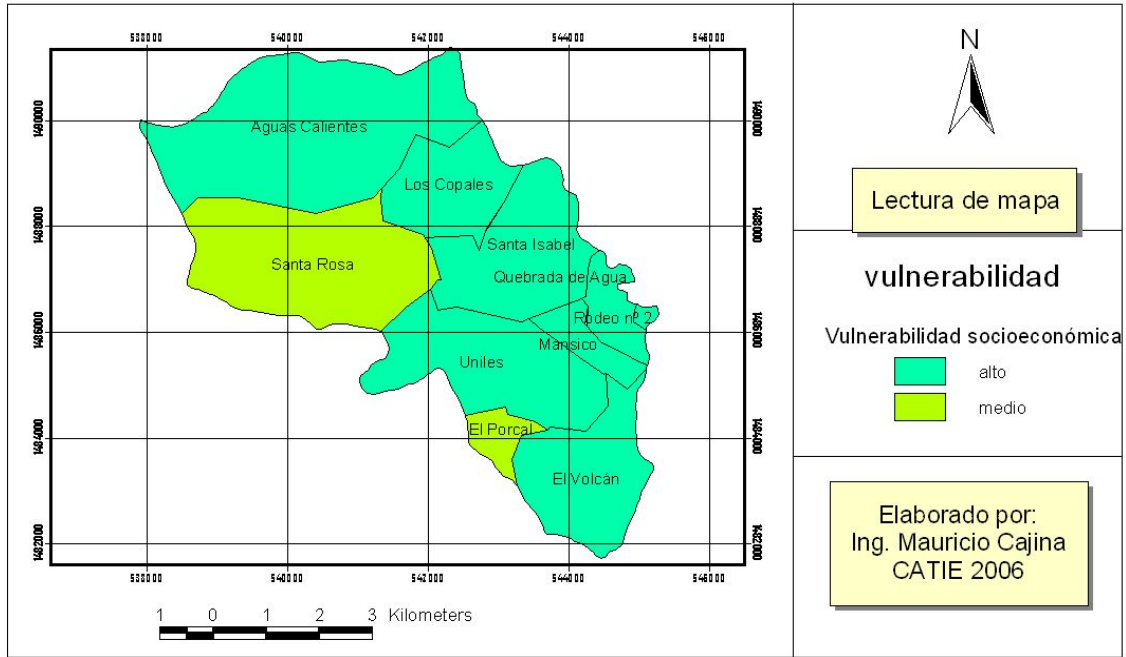
Figura 5. Mapa de vulnerabilidad biofísica de la subcuenca del río Aguas Calientes

#### **-Vulnerabilidad socioeconómica**

La vulnerabilidad socioeconómica está en un rango de 43% a 63%, presentan valores de vulnerabilidad medias las comunidades de El Porcal y Santa Rosa. El resto de comunidades se encuentran en un nivel de vulnerabilidad alta. Ver Figura 6.

De forma general la subcuenca presenta un nivel de vulnerabilidad socioeconómica de 56%, lo que corresponde a una vulnerabilidad alta. Los indicadores densidad poblacional, ingresos económicos, desempleo y falta de estructuras (para almacenar o conservar agua, granos y semillas) son relevantes en el incremento de la vulnerabilidad socioeconómica en la subcuenca, no así los indicadores educación, presencia institucional y tenencia de la tierra que no ejercen ningún efecto en el incremento de la misma.

# Vulnerabilidad socioeconómica



Fuente: Gómez (2003)

Figura 6. Mapa de vulnerabilidad biofísica de la subcuenca Aguas Calientes

La valoración de vulnerabilidad total (biofísica y socioeconómica) de la subcuenca es de 65% que corresponde a una vulnerabilidad alta, siendo los indicadores biofísicos los que ejercen mayor peso en la misma (Gómez 2003) Figura 7.

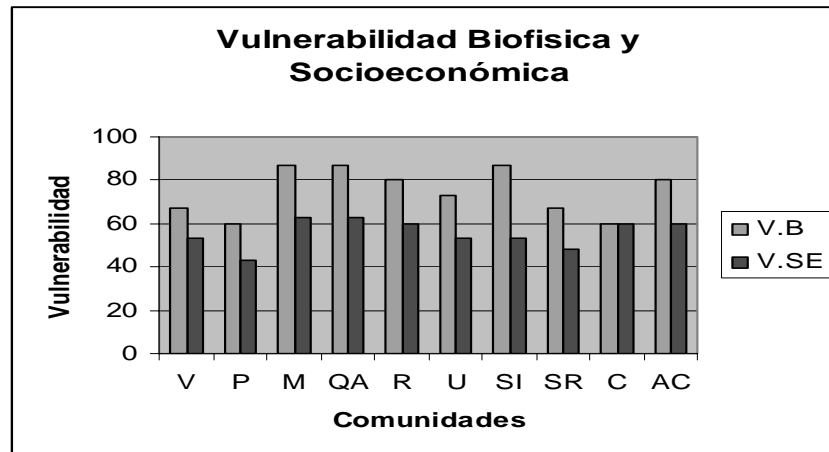


Figura 7. Vulnerabilidad biofísica y socioeconómica en la subcuenca

### 3.3 Descripción del proceso metodológico

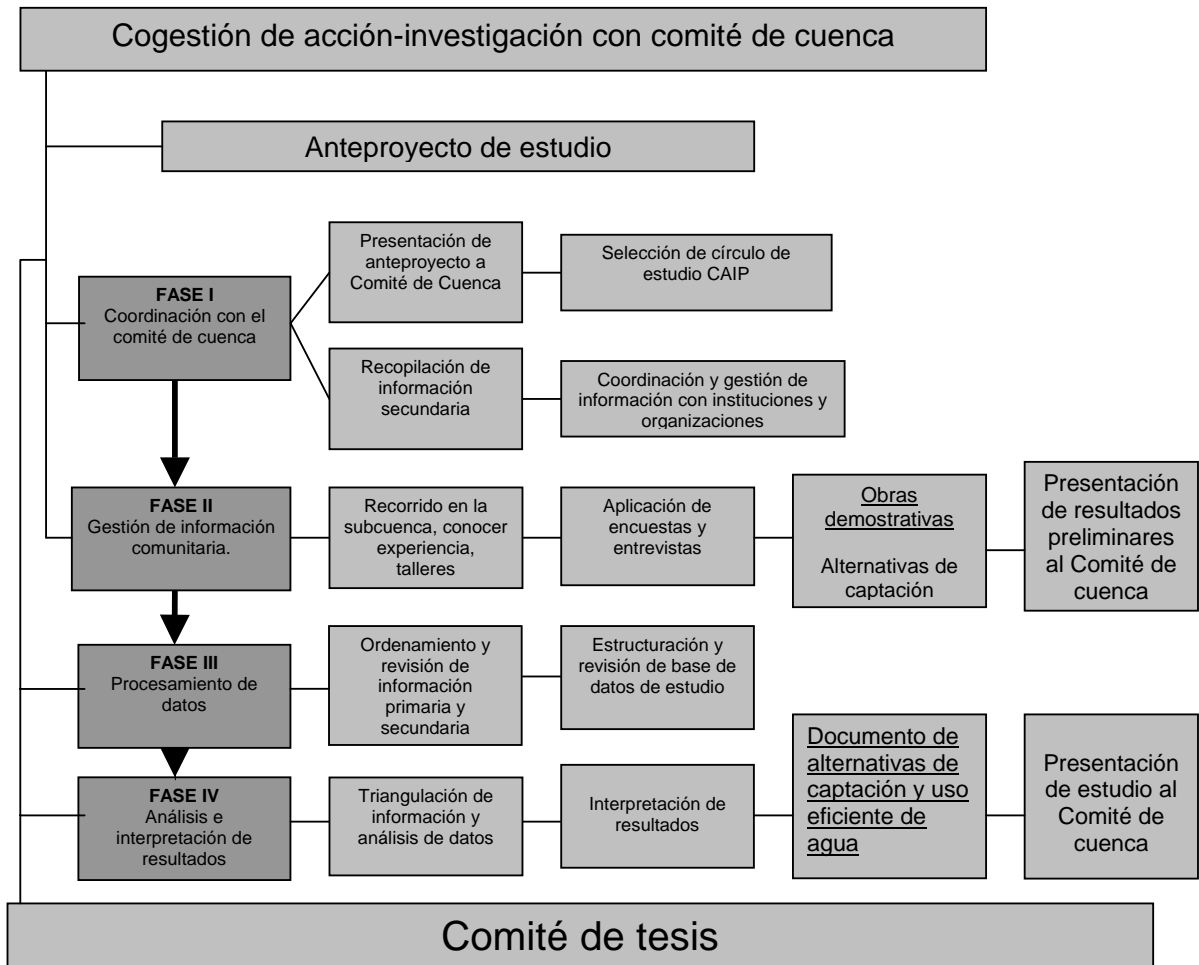


Figura 8. Esquema del proceso metodológico acción-investigación, participativa

#### 3.3.1 Definición del estudio

La realización de este estudio de acción – investigación, se definió sobre la base de investigaciones anteriores en esta unidad hidrológica. La metodología con enfoque participativo, permitió en los talleres y recorridos asociar ideas de hombres y mujeres, de diferentes edades, como suministradoras gestoras y proveedoras de agua, a la vez el involucramiento de diferentes niveles de participantes tanto: decisores, mediante entrevistas, técnicos, comité comunales de cuenca, productores y productoras en los talleres participativos lo que facilitó la conjugación de distintos saberes, destacando intereses comunes entre productores y mujeres y hombres con necesidad de agua para producir y para consumo humano.

Después de cada taller se sistematizó cada nano proceso producto de la reflexión y análisis de cada actividad, hasta lograr la meta concreta en este caso las tecnologías idóneas para la

subcuenca con obras demostrativas, valorando a la vez los beneficios y riesgos con la implementación de las mismas con el fin de resolver conflictos de forma preventiva y considerar los entes de dar continuidad a cada situación previstas, es decir situaciones de mantenimiento, los técnicos y CCC, riesgos de contaminación el Ministerio de salud, distribución de agua normas entre colectivos y comunitarios apoyados con el CCB.

Para la implementación de las alternativas de captación seguirá el mismo modelo de estudio con enfoque participativo, la unión de recursos entre los miembros del CCB y la descentralización planificada de funciones adquiriendo responsabilidades en base a las políticas de funcionamiento de cada ente.

### ***3.3.2 Fuente de información secundaria***

Se gestionó información de experiencias en Latinoamérica sobre captación de agua (FAO 2000), experiencias nacionales y locales implementadas por TROPISSEC (2002), CIAT (2005), INPRHU (2004), PASOLAC (2000) diagnóstico hídrico las segovias, realizado por la Asociación de Municipios de Madriz (AMMA 2005), y producto de estudios de tesis anteriores, Plan Rector, información preliminar de línea de base, Plan de Cogestión, informes, sobre base de datos de mapas, 1: 50000 con información de mapas de capacidad de uso, uso actual, hidrología, red de caminos, ubicación geográfica, vulnerabilidad, microcuencas, fotografías áreas de 1986 y 2006 facilitados por el programa FOCUENCAS.

Otra información sobre suelos, precipitaciones, temperatura y evapotranspiración se gestionó en INITER. Todos los datos recopilados ayudaron a hacer un análisis sobre la verificación de las variables que nos aportaría los resultados biofísicos del área de estudio.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería de Madriz (MAGFOR) proporcionó datos sobre Seguridad Alimentaria Nutricional (SAN). En Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) Madriz, se recopilaron datos de diagnósticos comunitarios. Información del Diagnóstico Sociodemográfico (FENUAP-INIFOM 2001), lo que contribuye a la valoración de los aspectos socioeconómicos. Todos estos facilitadores de información son miembros del Comité de Cuenca.

### ***3.3.3 Fuente de información primaria***

Se obtuvo en coordinación con los Comités de Cuencas Comunales (CCC), y con la participación de estos mismos en representación por cada una de las diez comunidades. Se



realizaron recorridos en el área de estudio para reconocimiento de las condiciones biofísicas y socioeconómicas por inspección visual. También se realizaron intercambio de experiencias con productores organizados en la Universidad Campesina (UNICAM). Con líderes de los CCC se realizó levantamiento con Sistema de Posicionamiento Global (GPS) en áreas identificadas con potencial de captación de agua.

Se hicieron talleres con el Círculo de Acción Investigación Participativa (CAIP) el cual está conformado por miembros de los CCC y técnicos, también se realizaron encuesta, entrevistas con productores, directores de instituciones y ONG que tienen acciones en la unidad hidrológica.

Toda esta información fue obtenida en IV fases; Las fases I y II se realizaron en estrecha coordinación con el Comité de Cuencas. Además del seguimiento a todo el proceso de investigación las fases III y IV se realizaron con el seguimiento oportuno del comité de tesis.

### **3.3.4 Fase I *Coordinación con el Comité de Cuencas***

#### **Presentación del proyecto de tesis al Comité de cuenca y otros actores locales**

La presentación del tema de investigación se realizó a instituciones, ONG, productores miembros del Comité de Cuenca, con el propósito de dar a conocer el proceso metodológico, destacar la importancia de la participación activa con la toma de decisiones con propuestas acertadas a las necesidades de los usuarios del agua a la vez solicitar el apoyo con el suministro de información precisa para el estudio.

#### **Selección del círculo de estudio CAIP**

La integración del círculo de estudio se integró por cinco representantes informantes claves por cada una de las diez comunidades y técnicos de Instituciones y ONG, formado por 55 personas entre mujeres y varones, seleccionados por los CCC para la participación en talleres participativos y levantamientos de información, sin embargo participaron 72 personas que compartieron sus conocimientos e ideas sobre captación de agua Anexo 11.

La selección de los participantes del CAIP se realizó tomando en consideración el conocimiento sobre:

- La representatividad por pisos ecológicos
- Liderazgo con grupos comunitarios
- Conocimiento de programas implementados sobre alternativas de manejo de agua

Este círculo de acción-investigación se integró por cuatro niveles de gestión:

- Gobierno nacional (representantes institucionales)
- Gobierno local (municipalidades)
- Comité de cuencas (representantes de las directivas de los comités comunales de cuenca, hombres y mujeres)
- Población de la subcuenca

### **Recopilación de información secundaria**

Se realizó de forma presencial, con instituciones y organizaciones locales y nacionales en la gestión de informes de proyectos, datos climatológicos de la zona de información publicada de experiencias documentadas,. Con este objetivo se conoció experiencias en captación en los municipios de Cusmapa, Las Sabanas, Totogalpa; en el Departamento de Madriz, Dipilto; en el Departamento de Nueva Segovia y San Dionisio en el Departamento de Matagalpa. En el caso de experiencias fuera de Nicaragua se realizó, por gestión en bibliotecas de organizaciones, en CATIE y por la red del internet.

### **Coordinación y gestión de información con instituciones y organizaciones**

En un proceso gradual durante la fase de campo se realizó la gestión de información secundaria a entes miembros del Comité de Cuenca con presencia en la unidad hidrológica (Alcaldía de Somoto y San Lucas, MAGFOR, UNICAM, UNAG, INTA, IMPRHU, MARENA, ENACAL, ANASAM, MINSA, ASODECOM, MECD, Programa FOCUENCAS II); otra información de referencia para el área de estudio y experiencias se gestionó a INETER, CIAT, PASOLAC, AMMA. Esta información consistió en actualizar datos del área de población, actividades productivas, áreas en producción, alternativas de captación de agua implementadas, estrategias de vida de la población en relación a la demanda de agua.

## ***3.3.5 Fase II Gestión de información comunitaria***

### **Realización de talleres**

Los talleres se realizaron en correspondencia directa a la gestión de información de cada objetivo específico del estudio.

#### **3.3.5.1 Objetivo 1. Metodología aplicada**

- Se realizó recorrido por la longitud de unidad hidrológica, en dos momentos, de la parte media hacia la parte alta y de la parte baja hacia la parte media, con el objetivo de reconocer estado actual de los recursos naturales, el uso de los suelos, el relieve y fisiografía,

concentración de la población, viviendas tipo de techos y dimensiones, disponibilidad de agua en fuentes superficiales y tecnologías de captación de agua implementadas.

- **Primer taller:** Al finalizar el recorrido y apoyado en herramientas metodológicas de uso participativo (caminata, diagrama de corte y transecto) se organizó a los participantes en tres grupo cada uno discutió, analizó y concluyó sobre las variables siguientes:

Grupo (1): condiciones actuales de los recursos naturales (bosque, suelo, agua y animales silvestres)

Grupo (2): cultivos, producción animal, tipos de productores, población, suelo (textura, relieve)

Grupo (3): fuentes de agua superficial, tecnologías de captación de agua implementadas y red de agua potable funcionando

Cada uno de estas variables fueron analizadas por piso ecológico

- En continuidad al cumplimiento de este objetivo se realizó el **segundo taller**; con una reflexión sobre las siguientes preguntas:

- ¿Para qué captar agua?
- ¿Qué usos podemos dar al agua captada?
- ¿Cuánta agua podríamos captar en la cuenca?
- ¿Existen áreas con potencial de captación de captar agua de lluvia en la comunidad y la subcuenca?
- ¿Existe áreas con potencial de captación de agua de lluvia en la finca?

— Posteriormente se facilitaron conocimientos sobre la cantidad de lluvia registrada durante los últimos 43 años, la temperatura promedio de los últimos 22 años, el área total de la subcuenca, cálculo de volumen de agua precipitada, la demanda de agua de la población con promedio de 39 litros/persona/día (ENACAL 2003). También se dio a conocer información sobre suelo. Toda esta información se presentó como criterios propuestos al grupo CAIP, a tomar en cuenta para la identificación y caracterización de áreas con potencial de captación de agua superficial.

Los criterios propuestos para identificar y caracterizar áreas para uso productivo y consumo humano se muestran en los Cuadros 5 y 6

Cuadro 5. Criterios para identificar y caracterizar áreas para uso productivo

<b>Criterios para uso productivo</b>	<b>Información por criterio</b>
Precipitación	Cantidad (registros de INETER)
Intensidad de las lluvias	En base a información secundaria y conocimiento local
Distribución de lluvias	Con base en información secundaria y conocimiento local
Suelo pendiente	2-4%, 5-15%, 16-30%, > 30%
Suelo textura	Arcilloso, arenoso, limoso
Suelo profundidad	Profundos, (> 12 cm), poco profundos (30-120 cm); superficiales (< 30 cm).
Cobertura vegetal	Mucha, regular, escasa.
Uso del suelo	Tipo de uso; tamaño del área. Entorno al área identificada.
Área de captación	Tamaño de captación y almacenamiento entorno al área identificada.
Uso del agua	Consumo humano, uso productivo
Población beneficiada	Cantidad de familias o personas
Modalidad de captación	Individual, comunitaria, colectiva

Cuadro 6. Criterios para identificar y caracterizar para consumo humano

<b>Criterios para consumo humano</b>	<b>Información por criterio</b>
Precipitación	Cantidad (registro de INETER)
Techo escurrimiento superficial	Tipo de superficie (metálico, teja de barro, otro)
Techo (área)	Tamaño (m <sup>2</sup> )
Población cantidad	Número por vivienda
Población usuarios	Demanda de agua litros/persona/día
Almacenamiento de agua	Tipo e infraestructura, buena, mala, no tiene.

Para el estudio y análisis de los criterios los participantes se organizaron en tres grupos, cada uno relacionando los criterios a la ubicación en su piso ecológico de correspondencia con la siguiente agrupación:

Grupo (1) parte alta: El Volcán, Porcal, Rodeo II, Quebrada de Agua

Grupo (2) parte media: Mancico, Uniles, Santa Isabel

Grupo (3) parte baja: Santa Rosa, Los Copales y Aguas Calientes

Para esto se utilizó la siguiente herramienta metodológica participativa:

- Mapa de identificación y caracterización de áreas con potencial de captación de agua de lluvia y fuentes, adaptado del mapa de servicios y oportunidades (Geilfus 2002).

Se aplicó para uso de consumo humano (método Sistema de Captación de Agua de Precipitación en Techo; SCAPT (UNATSABAR 2001).

- Acompañado de informantes claves por cada comunidad y piso ecológico, procedió al levantamiento de identificación y caracterización de áreas. En cada área se registraron los puntos de elevación y coordenadas con uso del sistema de posicionamiento global GPS – Garmin, Anexo 1, el uso de Sistema de Información Georeferenciada (SIG), programa Arcview, se confeccionaron mapas que muestren en forma gráfica la ubicación de estas áreas identificadas, zona de manantiales. Para este levantamiento se utilizaron los siguientes criterios presentados en el Cuadro 7.

*Cuadro 7. Criterios de identificación y caracterización en levantamiento de áreas*

<b>Criterio</b>	<b>Variable</b>	<b>Indicador</b>	
<b>BIOFÍSICO</b>			
Ubicación	Estrato	Parte alta, media y baja	
Precipitación	Cantidad	Mensual y anual (mm)	
	Distribución	Regular, irregular	
	Intensidad	Mucha, regular, poca	
Suelo	Pendiente	Planos (2-4%), semiplanos (5-15%) ondulados (16-30%), inclinados (> 30%)	
	Longitud de pendiente	<100 m, 100-200 m, >200 m	
	Textura	Arcilloso, limoso, arenoso	
	Rugosidad	Fuerte, media, baja	
	Compactación	Fuerte, media, baja	
	Profundidad	Moderadamente (60-120 cm) Poco profundos (30-60 cm) Superficiales (>30 cm)	
	Cobertura vegetal	Mucha, regular, poca.	
	Uso del suelo	Cultivos anuales, semi perennes Perennes y bosque.	
	Tipo de Captación	Escurrecimiento	Parcela, quebrada,
		Manantial	Afluente superficial
Laguna		Captación directa de precipitación	

Continuidad de Cuadro 7. Criterios socioeconómicos

<b>SOCIOECONÓMICO</b>		
Población	Cantidad	Familia, individuos
Nivel de productores	Ingresos mensuales	C\$ 200-400; 401-600; >600
Organización local	Municipal Comunitario	Organizaciones a nivel municipal Agrupaciones comunitarias
Área de producción	Tamaño	Área (ha)
Área de Captación	Tamaño	Área (m <sup>2</sup> )
Producción (vegetal y animal)	Demanda de agua	Volumen (l/ind/día)
Material disponible	Local	Tierra, piedra, arena
Comunicación	Terrestre	Trocha, camino, carretera

### 3.3.5.2 Objetivo 2. Metodología aplicada

- Se consultó información bibliográfica de experiencias en América Latina, de situaciones de zonas áridas y semiáridas en condiciones similares de sequía a la unidad hidrológica en estudio.
- Se gestionó información nacional y local sobre experiencias en captación de agua, llamados por algunos organismos “cosecha de agua” para esto:
  - Se hicieron consultas sobre tecnologías de captación de agua con el Programa de Emergencia de Seguridad Alimentaria (PESA 2005)
  - Revisión del documento “Guía de Conservación de Suelos y Agua” del Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central (PASOLAC 2000)
  - Guías técnicas de tecnologías implementadas por Programa de Fortalecimiento a Productores de la Zona Seca (TROPISSEC 2001)
  - Guías para la “elaboración de estudios de adopción de tecnologías de manejo sostenible de suelos y agua” (PASOLAC 2006)
  - Manual de auto instrucción, materiales de construcción para obras de riego, (FAO 1990).
  - Guía de diseño para captación de agua del lluvia, Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural (UNATSABAR 2001)
- Al nivel nacional se visitó experiencia en el municipio de San Dionisio, Departamento de Matagalpa en coordinación con CIAT.

- En el Departamento de Madriz se visitaron experiencias sobre alternativas de captación de agua de lluvia, en el municipio de Cusmapa y Las Sabanas, en coordinación con UNICAM; en Totogalpa en coordinación con INPRHU.
- En el municipio de Cusmapa se realizó intercambio de experiencia entre grupos de productores organizados con UNICAM y miembros del grupo CAIP.

Toda la información anterior se utilizó como referencia para hacer propuestas al grupo CAIP, sobre tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua que se pudiesen adaptar y aceptar, en correspondencia a las situaciones biofísicas y socioeconómicas de la subcuenca, a la vez presentadas al grupo CAIP en el **Tercer taller**; en este taller, inicialmente se reflexionó sobre:

**¿Qué es captar o cosechar de agua?** La respuesta se relacionó a que se siembra y cosecha en los cultivos. Se prepara el suelo, se maneja el cultivo y se espera a recoger la cosecha. Así mismo pueden prepararse las condiciones para captar o cosechar agua.

Según el diccionario Larouse, captar; significa obtener, y cosechar; recoger en relación al agua podría entenderse como captación o cosecha de agua de lluvia, preparar condiciones para obtener o recoger, lo que la naturaleza nos ofrece para los diferentes usos eficientes que podamos hacer los seres vivos.

**¿Qué es el agua de escorrentía?** Es el agua que pasa por las quebradas y por todo el suelo, cuando llueve con mucha intensidad. Cuando llueve muy fuerte el agua arrastra materia que haya en la superficie del suelo. El arrastre es mayor en suelos desprovistos de vegetación, con efectos erosivos inicialmente formando surcos hasta realizar grandes cárcavas. Según Villón (2004), el escurrimiento es otro componente del ciclo hidrológico y se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre, llega a una corriente hasta ser drenada en una salida de la cuenca.

Escurrimiento superficial: proviene de la precipitación no infiltrada y escurre sobre la superficie del suelo. El efecto es inmediato y existirá durante la tormenta e inmediatamente después que esta termine. Este se da con la precipitación en exceso (Villón 2004).

Con imágenes del recorrido en la subcuenca se observó el paisaje, y algunas de las características biofísicas y socioeconómicas. Posteriormente se procedió a la identificación y selección de tecnologías de captación y uso eficiente en base a los siguientes criterios:

- Fácil realización
- Factibles económicamente
- Muy operativas para el manejo y mantenimiento, según los intereses de los productores
- Apropriadas a las condiciones biofísicas, socioeconómicas y ambientales
- Alternativas replicables por la población según sus necesidades

Con el uso de medios audio-visuales se presentaron 17 propuestas de tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua, pre identificadas de experiencias probadas. Para el ejercicio de identificación y selección de tecnologías de captación se usaron herramientas de metodología participativa (Gielfus 2002), adaptadas al tipo de investigación.

**Las herramientas metodológicas de uso participativo** usadas fueron:

- Matriz de evaluación de soluciones adaptada a la identificación y selección de alternativas de captación de agua.
- Matriz de priorización de problemas adaptada para la priorización de tecnologías seleccionadas
- Matriz de necesidades y disponibilidad de recursos, adaptada para la implementación de tecnologías alternativas de captación de agua de lluvia

**Matriz de evaluación de soluciones adaptada a la identificación y selección de alternativas de captación de agua.**

*Cuadro 8. Criterios para la identificación y selección de alternativas de captación*

No.	Criterios	Escala de aceptación			
		0	1	2	3
1	Facilidad de realizar	Difícil	Moderado	Regular	Fácil
2	Facilidad de dar mantenimiento	Difícil	Moderado	Regular	Fácil
3	No necesita mano de obra calificada	Mucha	Medio	Regular	Nada
4	Costos de construcción	Alto	Medio	Regular	Bajo
5	Volumen almacenamiento	Muy poco	Regular	Bastante	Mucho
6	Acordes a las necesidades de la población	No	Regular	Medio	Alto
7	Uso de material local	No	Menos	Mucho	Todo
8	Aceptabilidad de la tecnología	No aceptable	Regular	Medio	Aceptable



Primer paso:

Se propusieron criterios de aceptabilidad y su escala para la evaluación de las tecnologías alternativas, los criterios se aprobaron por consenso de los productores, comité de cuencas comunales y técnicos (CAIP). Para este ejercicio se agregaron criterios de aceptabilidad de las tecnologías identificadas, esto confirmaba el grado de valoración Cuadro 8.

Segundo paso:

En la matriz preparada de alternativas y criterios se procedió a concertar las unidades y el método de puntaje, en lo cual se acordó hacerlo por numeración del 0, 1, 2 y 3.

Tercer paso:

Para cada tecnología propuesta se discutió analizó y concluyó con puntaje a cada uno de los criterios, definido por consenso de la mayoría.

Cuarto paso:

Cuando se finalizó de evaluar cada una de las 17 tecnologías propuestas, se sumaron las puntuaciones obtenidas. La mayor numeración obtenida se le dio el rango (1) de prioridad de orden, el segundo de menor numeración el rango 2, y así sucesivamente, en sentido inverso de resultados y rango. La numeración (1) indica la más aceptada.

### **Matriz de priorización de problemas adaptada para la priorización de tecnologías seleccionadas**

Primer paso

Se explicó a los participantes que el objetivo de esta matriz es determinar entre las tecnologías alternativas identificadas y seleccionadas, cuáles serían las priorizadas para su aplicación inmediata.

Segundo paso

Se preparó la matriz de doble entrada con igual número de columnas y de filas, y ubicando tanto en las filas y columnas, las tecnologías alternativas identificadas y seleccionadas, en el mismo orden.

Tercer paso

Comparación de cada una de las tecnologías con el resto de tecnologías, mediante el consenso de los participantes determinar cuál es el más importante en orden de prioridad y de las necesidades de la población.

#### Cuarto paso

Se repitió en comparación de dos por dos el ejercicio, hasta lograr al final el llenado de la matriz, para tener el resultado de comparación.

#### Quinto paso

Para cada tecnología alternativa se contó cuántas veces aparece en la matriz; de esta manera se puso el orden de la frecuencia, el que apareció más veces es la de mayor prioridad y relevancia de aplicación. Al final se observaron los resultados para ver si todos están de acuerdo con los resultados de frecuencias y rangos dados a cada tecnología.

### **Matriz de necesidades y disponibilidad de recursos, adaptada para la implementación de tecnologías alternativas de captación de agua de lluvia.**

#### Primer paso

A través de la matriz nos preguntamos y respondemos ¿Qué necesitamos para implementar cada una de las tecnologías alternativas identificadas y seleccionadas en el orden de prioridad? ¿Cuáles recursos están disponibles en la comunidad y cuales tendrán que gestionarse fuera?

#### Segundo paso

Se presentó y se concertó sobre la metodología, la simbología y el formato de la matriz.

#### Tercer paso

Se determinó por cada tecnología alternativa, los recursos necesarios. Se trató de sintetizar y de no obviar ningún costo necesario y común en la implementación. Por esto se orientó con base en la siguiente guía: recursos humanos, recursos naturales, mano de obra, conocimientos técnicos, materiales, costos monetarios aproximados.

#### Cuarto paso

De los recursos necesarios se determinó cuáles están disponibles en la comunidad o finca y cuáles deben ser gestionados fuera de la comunidad o finca, cuáles materiales pueden ser sustituidos por otros Cuadro 9.

Cuadro 9. Disponibilidad de recursos para la implementación de tecnologías

Tecnología alternativa: Nombre de la tecnología

Recurso necesario	En la comunidad	Aporte externo	Costo
RECURSO HUMANO			
RECURSO NATURAL			
MANO DE OBRA			
CONOCIMIENTO TÉCNICO			
MATERIALES Y HERRAMIENTAS			

### 3.3.5.3 Objetivo 3. Metodología aplicada

En este taller se hizo uso de equipos audiovisuales para presentar cada una de las 10 alternativas de captación y uso eficiente de agua, identificadas y seleccionadas como prioritarias y decidir sobre los diseños más apropiados a las características biofísicas y socioeconómicas de la subcuenca.

#### Procedimiento metodológico

- Se procedió e informó sobre el objetivo del taller su importancia para diseñar en forma conjunta los métodos de captación y uso eficiente de agua como alternativas apropiadas para las condiciones biofísicas y socioeconómicas de la subcuenca
- Identificación de un sistema hídrico natural con sus entradas y salidas de agua en la dinámica del agua en el ciclo hidrológico. En forma gráfica y con conocimiento de los participantes se elaboró un modelo de un sistema hídrico natural
- Identificación y realización gráfica del ciclo hidrológico de la subcuenca
- Identificación y caracterización general del modelo de sistema hidrológico en una finca con cultivo de agua de lluvia sin riego y de una finca con cultivos de riego
- Se debatió sobre la pregunta ¿Cómo resuelva la familia las necesidades de agua?
- Presentación de las tecnologías identificadas y seleccionadas según sus frecuencias y rango
- Por cada una de las tecnologías y apoyado con medios audiovisuales se presentaron diseños propuestos, con imágenes de cada una de ellas y con aplicación de criterios se realizaron cambios de adaptación y mejoramiento observados en Cuadro 10.

Cuadro 10. Criterios aplicados para la realización de diseños

No.	Criterios propuestos y aprobados	Escala		
		1	2	3
1	Fácil realización	Muy prácticas	Mano de obra local	No requiere especialistas
2	Factibles económicamente	Mínimo material externo	Acorde a ingresos de familias (bajo costo)	Uso de material local
3	Muy operativas para el manejo y mantenimiento.	No requiere más materiales	Prácticas de cargar y descargar el agua	Prácticas de mantenimiento y reparar.
4	Apropiadas a las condiciones biofísicas, socioeconómicas y ambientales	Se adecua a condiciones agro ecológicas	Se adecua a sistema de producción de las fincas	Se ajusta a los objetivos de los productores
5	Alternativas replicables, según las necesidades de la población	Aceptada por productores	Materiales externos son fácil de adquirir	Sus resultados son exitosos
6	Durabilidad y eficiencia de las obras.	Uso de materiales confiables	Se ajustan a los cambios de periodo lluvioso y seco	Materiales removibles fácilmente

- Se discutió sobre las ventajas y desventajas de la captación de agua de lluvia según UNATSABAR, en el sistema de captación de techo SCAPT.

#### **Bases y criterios de diseño técnico para captación de agua para consumo humano (SCAPT)**

- Precipitación en la zona. Se realizó con datos pluviométricos de los últimos 43 años
- Tipo de material del que está o va estar construida la superficie de captación
- Número de personas a beneficiar
- Demanda de agua
- Número de usuarios
- Coeficiente de escorrentía

En relación a los criterios de diseño se usa el método de “cálculo del volumen del tanque de almacenamiento” toma como datos la precipitación. Mediante este cálculo se determina la cantidad de agua que es capaz de recolectarse por metro cuadrado de superficie de techo y a partir de ella se determina:

- El área de techo necesaria y la capacidad del tanque de almacenamiento.**
- El volumen de agua y la capacidad del tanque de almacenamiento para una determinada área de techo (UNATSABAR 2001).**

**Para determinar la precipitación promedio mensual:** a partir de los datos promedios mensuales de precipitación se obtiene el valor promedio mensual del total de años evaluados. Este valor puede ser expresado en términos de milímetros de precipitación por mes, o litros por metro cuadrado, a través de la siguiente forma:

$$Pp_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} p_i$$

donde

$p_i$  = precipitación promedio mensual del mes "i" de todos los años evaluados (mm)

$n$  = número de años evaluados

$Pp_i$  = precipitación promedio mensual del mes "i" de todos los años evaluados (mm)

**Para determinar la demanda;** se realiza a partir de la dotación asumida por persona, se calcula la cantidad de agua que se necesita para atender las necesidades de la familia a ser beneficiada en cada uno de los meses. El cálculo se hace con el uso de la siguiente fórmula:

$$D_i = \frac{N_u N_d Dot}{1000}$$

donde

$N_u$  = número de usuarios que se benefician del sistema

$N_d$  = número de días del mes analizado

$Dot$  = dotación (lt/persona/día)

$D_i$ : demanda mensual ( $m^3$ )

Para la determinación del **volumen del tanque de abastecimiento;** se realiza con los cálculos de los datos promedios mensuales de precipitaciones de todos los años evaluados, el material del techo y el coeficiente de escorrentía.

$$A_i = \frac{Pp_i C_e A_c}{1000}$$

donde

$Pp_i$  = precipitación promedio mensual (litros/  $m^2$ )

$C_e$  = coeficiente de escorrentía

$A_c$  = área de captación ( $m^2$ )

$A_i$  = abastecimiento correspondiente al mes "i" ( $m^3$ )

Con la base de los valores obtenidos en la determinación de la demanda mensual de agua y oferta mensual de agua de lluvia, se procede a calcular el acumulado de cada uno de ellos mes a mes encabezado por el mes de mayor precipitación u oferta de agua. Posteriormente se calcula la diferencia de los valores acumulados de cada uno de los meses de la oferta y la demanda respectivamente.

El área mínima de techo corresponde al análisis que proporciona una diferencia acumulativa próxima a cero (0) y el volumen de almacenamiento corresponde a la mayor diferencia acumulativa.

**El acumulado de la oferta y la demanda en el mes "i" podrá determinarse por:**

$$Aa_i = Aa_{(i-1)} + \frac{Pp_i C_e A_c}{1000}$$

$$Da_i = Da_{(i-1)} + N_u N_d Dd_i$$

donde

$Da_i$  = demanda acumulada del mes "i"

$Dd_i$  = demanda del mes "i"

$$V_i(m^3) = A_i(m^3) - D_i(m^3)$$

donde

$A_i(m^3)$  = volumen de agua que se captó en el mes "i"

$D_i(m^3)$  = volumen de agua demandada por los usuarios para el mes "i"

$V_i$  = volumen del tanque de almacenamiento necesario para el mes "i"

## **Bases y criterios de diseños para la captación de agua de lluvia para uso productivo**

### **Captación de agua superficial**

Según Veenhuizen (2000), la captación de agua de lluvia puede ser considerada como una forma rudimentaria de riego. La diferencia está en que la captación de agua de lluvia, el productor tiene poco o ningún control sobre la oportunidad de aplicación del agua ya que la escorrentía superficial generalmente se aprovecha cuando llueve. Así, que la ocurrencia y cantidad de la escorrentía superficial dependen de las características de la precipitación, clima, suelo, vegetación, pendiente y tamaño del área. Teóricamente la teoría de la captación de agua de lluvia es:

**Captación de agua de lluvia = escorrentía inducida + precipitación recogida**

$$AC = (PPA_c C_e) + (PPA_s)$$

donde

$PP$  = Precipitación en (mm)

$A_c$  = Área de captación de agua (m<sup>2</sup>)

$C_e$  = Coeficiente de escorrentía

$A_s$  = Área de siembra/cosecha (m<sup>2</sup>)

$AC$  = volumen de agua captado (litros)

### **Precipitación**

Registros de los últimos 43 años para el uso de los cálculos de promedios mensuales anuales.

### **Lluvia de diseño**

Es la cantidad de lluvia estacional mayor a la cual, el sistema está diseñado para promover escorrentía superficial suficiente para cubrir el requerimiento de agua de los cultivos. (Veenhuizen 2000).

### **Probabilidad**

Veenhuizen (2000) menciona que para determinar la probabilidad o frecuencia de ocurrencia anual de lluvia estacional con fines de diseño de planes de captación de agua de lluvia, puede calcularse de acuerdo a la ecuación:

$$P(\%) = \frac{m - 0,37(100)}{N + 0,25}$$

donde

$m$  = rango de la observación

$N$  = número total de observaciones realizadas

$P$  = probabilidad en % de la observación del rango  $m$

Conocida la probabilidad, puede calcularse el **periodo de retorno**, a través de la siguiente relación:

$$T = \frac{100(\text{años})}{P}$$

donde

$P$  = probabilidad

$T$  = periodo de retorno

### **Precipitación efectiva**

Es el agua que permanece almacenado en la zona radicular de las plantas y podría ser utilizada por ellas, después de un evento lluvioso. **Es así que el agua de lluvia evaporada, la de precolación profunda y la de escorrentía superficial no puede ser utilizada por el cultivo, o sea no son efectivas.** El parámetro de precipitación efectiva por experimentos o se estima por medio de **ecuaciones empíricas** que para áreas con **pendientes inferiores al 4 – 5 %** (Veenhuizen 2000) se tiene:

$$P_e = 0.8PP - 25 \text{ si } PP > 75\text{mm} / \text{mes}$$

$$P_e = 0.6PP - 10 \text{ si } PP < 75\text{mm} / \text{mes}$$

### **Relieve**

La pendiente media del área de captación se obtiene por medio de la siguiente relación:

$$S = \frac{H}{L}$$

donde

$H$  = diferencia de nivel entre el lugar donde se construye la obra y el sitio más alejado del área de captación

$L$  = distancia entre estos dos puntos

### **Escurrimiento superficial**

$$\text{Escorrentia superficial (mm)} = K * \text{laminada de agua de lluvia (mm)}$$

$K$  = coeficiente de escurrimiento

El coeficiente de escorrentía puede calcularse por:

$$K = \text{escorrentia superficial total (mm)} / \text{lluvia total (mm)}$$

El método racional de estimado de la escorrentía para determinar el cálculo de diseño de pequeñas obras se hace de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Q = 0,278 K * I * A$$



donde

$Q$  = caudal de diseño ( $m^3/s$ )

$K$  = coeficiente de escorrentía

$I$  = intensidad de precipitación

$A$  = área de captación ( $km^2$ )

### **Balance hídrico**

En general, las entradas en la ecuación del balance hídrico comprenden la precipitación, recibida en la superficie del suelo ( $P$ ) y las aguas superficiales y subsuperficiales recibidas dentro de la cuenca ( $Q$ ). Las salidas en la ecuación incluyen la evaporación y transpiración ( $ET$ ) y las salidas de las aguas superficiales; la escorrentía ( $ES$ ) y las aguas subterráneas ( $ST$ ).

$$P + Q = ET + ES + ST$$

Para su aplicación en ciertos cálculos, la ecuación del balance hídrico podrá simplificarse o hacerse más compleja, dependiendo de los datos disponibles o del objetivo del cálculo y de las dimensiones de las masas de agua, por ejemplo **diferentes cálculos para micro captación, y captación externa ó inundaciones**. (Veenhuizen 2000). La **ecuación simplificada del balance hídrico** es:

$$P = ET + ES$$

- Llenado de información básica en formato sobre las expectativas de los logros a alcanzar y los beneficios a crear con las tecnologías alternativas planteadas.

#### **3.3.5.4 Objetivo 4. Metodología aplicada**

Para este taller se consideraran ventajas y desventajas en relación a las tecnologías alternativas identificadas y seleccionadas.

Procedimiento metodológico de estudio:

- Herramienta metodológica No. 1. Estrategias de vida y la relación al uso y disponibilidad de agua en la subcuenca.
- Herramienta metodológica No. 2. Análisis de beneficios de las alternativas de captación y uso eficiente de agua 2 grupos.
- Herramienta metodológica No. 3. Análisis estacional en la subcuenca del río Aguas Calientes.
- Herramienta metodológica No. 4. Diagrama de impactos, aplicado a tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua (3 grupos).
- Herramienta metodológica No. 5. indicadores de impactos (2 grupos)

## Herramienta Metodológica No. 1

### Estrategias de vida y la relación al uso y disponibilidad de agua en la subcuenca.

Primer paso; se organizó a los participantes en dos grupos de trabajo:

**Grupo 1:** integrado por participantes de las comunidades Santa Isabel, Santa Rosa, Uniles y Aguas Calientes.

**Grupo 2:** integrado por participantes de las comunidades El Volcán, El Porcal, Quebrada de agua, Mancico y Rodeo II.

Segundo paso: se propusieron los criterios de evaluación sobre las actividades que se realizan en la subcuenca como modo de vida en la subcuenca.

Tercer paso: discusión, aportes y conclusiones de grupo.

Cuarto paso: reunidos sobre las estrategias de vida por grupos de comunidades y su relación con la disponibilidad de agua Cuadro 11.

*Cuadro 11. Estrategias de vida en la subcuenca*

No	Los que tenemos tierra		Los que no tenemos tierra	
	Época seca		Época lluviosa	Época lluviosa
	Con riego	Sin riego		

## Herramienta metodológica No. 2

### Análisis de beneficios de las alternativas de captación y uso eficiente de agua

Primer paso; se organizó a los participantes en dos grupos de trabajo:

**Grupo 1:** integrado por participantes de las comunidades, Santa Isabel, Santa Rosa, Uniles y Aguas Calientes

**Grupo 2:** integrado por participantes de las comunidades, El Volcán, El Porcal, Quebrada de agua, Mancico y Rodeo II

Segundo paso: se explicó sobre la matriz de preguntas para el análisis de los beneficios socioeconómicos y ambientales que podría aportar las tecnologías en la subcuenca propusieron

Tercer paso: discusión, aportes por comunidad y conclusiones de grupo

Cuarto paso: plenarias sobre la matriz de preguntas

*Cuadro 12. Matriz de preguntas para el análisis de beneficios socioeconómicos y ambientales*

Usos	¿Para qué captar agua?	¿Quién decide como se usa el agua?	¿Qué beneficio socioeconómico obtendremos?	¿Qué beneficio ambiental obtendremos?
Tecnología identificada y seleccionada para captación y uso eficiente de agua para consumo humano (SCAPT)				
Tecnología identificada y seleccionada para captación y uso eficiente de agua para actividades agrícolas, pecuarias y forestales.				

### **Herramienta metodológica No. 3**

#### **Análisis estacional en la subcuenca del río Aguas Calientes**

Primer paso: se organizo a los participantes en dos grupos de trabajo:

**Grupo 1** integrado por participantes de las comunidades: Santa Isabel, Santa Rosa, Uniles y Aguas Calientes

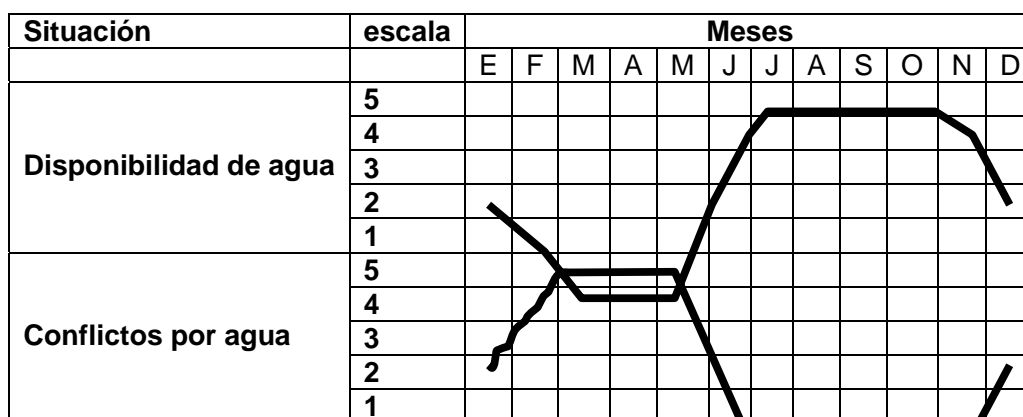
**Grupo 2:** integrado por participantes de las comunidades, El Volcán, El Porcal, Quebrada de agua, Mancico y Rodeo II

Segundo paso: se hizo consenso sobre las situaciones a evaluar y las escalas a discutir por cada situación numeradas del 1 mayor calificación al 5 menor calificación. El resultado fue una curva gráfica de cada situación por mes en la subcuenca Cuadro 13.

Tercer paso: unión de los puntos por gráfica que pasa por cada mes, demostrando la dinámica de la situación.

Cuarto paso: plenarias sobre la dinámica de situaciones por cada mes

*Cuadro 13. Matriz de análisis estacional en la subcuenca del río Aguas Calientes*



Las situaciones evaluadas fueron: disponibilidad de agua, conflictos por agua, disponibilidad de alimentos, actividades agrícolas, labores de conservación de suelos y agua, demanda de leña.

#### Herramienta metodológica No. 4

Diagrama de impactos, aplicado a tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua

Primer paso: se organizo a los participantes en dos grupos de trabajo

**Grupo 1:** integrado por participantes de las comunidades Santa Isabel, Santa Rosa, Uniles y Aguas Calientes

**Grupo 2:** integrado por participantes de las comunidades El Volcán, El Porcal, Quebrada de agua, Mancico y Rodeo II

Segundo paso: se explicó sobre la metodología del ejercicio del diagrama de impactos positivos, negativos y sus consecuencias que podría obtener la población de la subcuenca. En el centro se ubica las **tecnologías identificadas y seleccionas**. Los aspectos positivos y sus consecuencias hacia arriba, hacia abajo los aspectos negativos y sus consecuencias Figura 8.

Tercer paso: discusión, aportes por comunidad y conclusiones de grupo.

Cuarto paso: plenarios sobre diagrama de impactos positivos y negativos en relación a los beneficios socioeconómicos y ambientales que percibe el grupo CAIP.

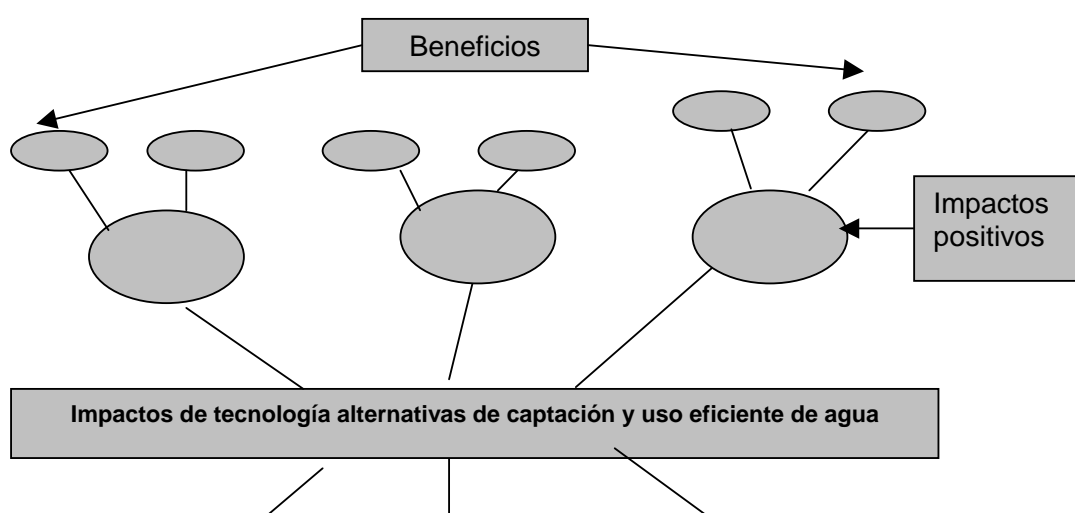


Figura 9. Diagrama de impactos aplicado a alternativas de captación

**Herramienta metodológica No. 5**

Indicadores de impactos para evaluar los beneficios socioeconómicos y ambientales

Primer paso; se organizo a los participantes en dos grupos de trabajo

**Grupo 1:** integrado por participantes de las comunidades Santa Isabel, Santa Rosa, Uniles y Aguas Calientes

**Grupo 2:** integrado por participantes de las comunidades El Volcán, El Porcal, Quebrada de agua, Mancico y Rodeo II

Segundo paso: se explicó sobre la metodología del ejercicio de debatir sobre la forma de medir los impactos positivos o negativos en el tiempo referente a los indicadores propuestos en el cuadro 14.

Tercer paso: discusión, aportes por comunidad y conclusiones de grupo.

Cuarto paso: plenarias sobre los indicadores de medición en tiempo de los impactos socioeconómicos y ambientales que percibe el grupo CAIP.

*Cuadro 14. Esquema para la elaboración de indicadores*

No.	Criterios	Indicador
1	SOCIAL	

2	ECONÓMICOS	
3	ORGANIZACIÓN	
4	AMBIENTAL	
5	INSTITUCIONAL	

### **Encuestas**

Se realizaron encuestas en las comunidades y entrevistas con decisores representantes de instituciones nacionales, gobiernos locales y de ONG miembros del comité de cuenca.

Las encuestas se realizaron por muestreo estratificado tomando como estratos la parte alta, media y baja, así mismo para cada uno de los estratos el número de encuestas se asignó proporcional al número de productores. El número total de encuestas representa más del 10% de la población total de productores. El análisis se ha realizado con base en tablas de frecuencia para probar la relación de independencia entre niveles de factores cualitativos como la categoría de ingreso y las acciones que realizan. Para facilitar la interpretación se ha realizado análisis de correspondencia con gráficos. En la encuesta se consultó sobre los siguientes temas:

- Información general del encuestado
- Identificación de áreas con potencial de captación de agua de lluvia
- Tecnologías alternativas de captación de agua en la comunidad
- Beneficio socioeconómico de la disponibilidad de agua
- Beneficio ambiental de la disponibilidad de agua
- Situación socioeconómica del encuestado

### **Obras demostrativas**

Para la realización de las obras demostrativas de las tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua se procedió en el siguiente orden:

- Decisión con Comité de Cuencas Comunales de la finca seleccionada para implementar una de las alternativas identificadas y seleccionadas por el grupo CAIP.
- Acordar de implementar una de las tecnologías nuevas o menos conocida.
- Identificación del área propuesta para captación de agua en la finca.
- Aplicaciones técnicas según la oferta posible de agua y la demanda de uso en la finca.
- Construcción conjunta con miembros de los comités de cuencas comunales y productor propietarios de la finca, como parte de la investigación – acción, participativa.

- Valoración de todo el recurso económico invertido.
- Análisis de costos de construcción y la relación con la valoración de uso socioeconómico y ambiental.

### **Presentación de resultados preliminares**

Al finalizar la fase II: gestión de información comunitaria, se presento a la asamblea del Comité de Cuenca los resultados preliminares sobre la identificación y selección de alternativas de captación y uso eficiente de agua. El propósito de esta actividad fue de dar a conocer la valoración sobre el estudio y de dar continuidad al proceso de acción – investigación, participativa.

### **3.3.6 Fase III *Procesamiento de información***

#### **Ordenamiento y revisión de información.**

Organización de información de conformidad a los objetivos planteados y resultados de cada taller.

#### **Automatización de información primaria y secundaria.**

Creación de las bases de datos con la información recopilada por encuestas, entrevistas, informantes claves, levantamiento de identificación de áreas con potencial de captación de agua de lluvia.

### **3.3.7 Fase VI *Elaboración de documento de tesis***

#### **Analizar resultados de fuentes primarias y secundarias**

**Uso de programa infostat:** para el análisis de base de datos de encuestas, caracterización de áreas con potencial de información, y base de datos de informantes claves de los Comités de Cuencas Comunales.

**Uso de programa Arcview 3.3:** para representar gráficamente la ubicación de áreas con potencial de captación y ubicación de las obras demostrativas en la subcuenca del río Aguas Calientes.

**Uso de programa Hidroesta;** para la realización de los cálculos técnicos de evapotranspiración, balance hídrico, como referencias para la oferta y demanda del recurso hídrico en la subcuenca.

Análisis de información recopilada de los talleres, por cada metodología implementada en relación a cada uno de los objetivos correspondientes.

Integración lógica de toda la información en correspondencia a los objetivos del estudio.

**Coordinación con comité de tesis**

Consultas realizadas a concejero y miembros de comité de tesis, sobre la presentación de los resultados en relación a la información obtenida y los objetivos planteados en el estudio.

**Documento de captación y uso eficiente de agua:** documento final de propuestas de alternativas de captación y uso eficiente de agua para consumo humano y productivo revisado por el concejero y comité de tesis.



## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultados y discusión de objetivo No.1

#### **Identificación y caracterización de áreas con potencial de captación de agua por escurrimiento superficial, para uso humano y productivo agropecuario**

##### **¿Para qué captar agua?**

Antes de la identificación y caracterización de áreas con potencial de captación, es relevante conocer cuál es el objetivo de la población de captar agua. Según las necesidades y orden de prioridad, la demanda de agua en la subcuenca se orienta a los siguientes aspectos:

- Agua para consumo humano.
- Agua para uso productivo agropecuario y forestal.
- Agua para conservación ambiental.

El 80% de la población considera que el uso principal que se le dará al agua captada es doméstico. Las principales actividades de beneficio con el agua serán para lavar y bañar, debido a que es su principal necesidad en periodos críticos, sin embargo el agua de tomar lo prefieren de los pozos, por lo que no hay mucho conocimiento de que el agua captada de techo es una alternativa para consumo humano por su calidad y también puede ser usada para producción agropecuaria.

En el caso de uso de agua para producción en micro riegos, se considera para el cultivo de hortalizas, riego complementario en cultivos como maíz y frijol, aunque actualmente no existen prácticas de captación de agua y aplicación de riegos complementarios. Una nueva iniciativa con el uso de agua es para producción de peces; otros usos en la producción animal es para ganado mayor y menor.

Para la conservación ambiental se necesita agua para realización de viveros forestales y frutales, riego de viveros forestal durante la primera etapa de crecimiento, en el periodo seco y para animales silvestres.

### 4.1.1 Identificación y caracterización de áreas potenciales para consumo humano

En conjunto con los Comité Comunales de Cuenca, se establecieron criterios y variables diferenciados para la identificación y caracterización de áreas con potencial de captación de agua para consumo humano.

El área potencial de captación de agua para consumo humano con la aplicación del sistema de captación de agua pluvial en techo (SCAPT), lo forman el techo de las viviendas en el que habitan las familias de las subcuenca y otras infraestructuras como escuelas, comedores infantiles. Para identificar y caracterizar áreas potenciales se procedió con base en los criterios mostrados en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Criterios aplicados para identificar y caracterizar áreas para Consumo humano

Criterios	Variable	Indicador
<b>Precipitación</b>	Cantidad	Mensual y anual (mm)
	Distribución	Regular, irregular
	Intensidad	Alta, media, baja
<b>Vivienda</b>	Cantidad	Por comunidad, estrato
	Tipo de techo	Teja de barro, metálico
	Tamaño de techo	Metros cuadrado
<b>Población</b>	Cantidad	Habitantes por vivienda
	Demanda de agua	Litros/persona/día

**Precipitación:** los registros promedios de precipitación durante los últimos 43 años muestran una acumulación anual de 823 mm. La presencia de las lluvias durante los meses de un año son irregulares y de mucha intensidad. En la subcuenca existen dos periodos estacionales: un periodo seco desde diciembre a abril y un periodo lluvioso de mayo a noviembre, en el que se presenta un subperiodo de bajas precipitaciones o a veces totalmente seco, llamado canícula, en el cual las lluvias pueden escasearse entre 15 y 40 días. Este periodo se presenta a mediados del mes de julio y agosto.

En la comparación de las precipitaciones por año, estas también son irregulares; en el Cuadro 16, se muestran datos máximos de hasta 1449 mm y mínimos de 494 mm, de manera que se puede presentar un año muy lluvioso y el siguiente con bajas precipitaciones, como lo han observado los pobladores en los últimos años.

Cuadro 16. Pluviometría promedio (mm) registrada durante 43 años en la estación Somoto

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
Media	3,9	3,6	11,3	25,9	142,7	166,8	90,5	92,1	147,9	138,7	33,6	9,7	822,9
Máximo	30,8	50,7	57,1	121,7	423,2	365,8	290,8	350,3	297,1	310,4	152,3	133,0	1448,9
Mínimo	-	-	-	-	-	-	77,1	80,8	145,4	162,4	24,4	3,7	493,8

Fuente INETER 2005

En la Figura 10, se muestra el comportamiento de las precipitaciones; las mayores precipitaciones se registran en los meses de mayo a noviembre, El mes con mayor acumulación de precipitación es junio con 166.8 mm, durante el sub periodo de canícula en los meses de julio y agosto las precipitaciones se desminuyen 90,5 mm y 92,1 mm, respectivamente. Posterior a la canícula el mes con mayor precipitación es septiembre con 147,9 mm. Las condiciones de periodos secos de la canícula o baja precipitaciones así como la irregularidad de las lluvias, afecta los rendimientos de los cultivos, principalmente los granos básicos, por ser estos los de mayor uso de área productiva en el área de estudio.

Precipitación media mensual del año 1962 al 2005

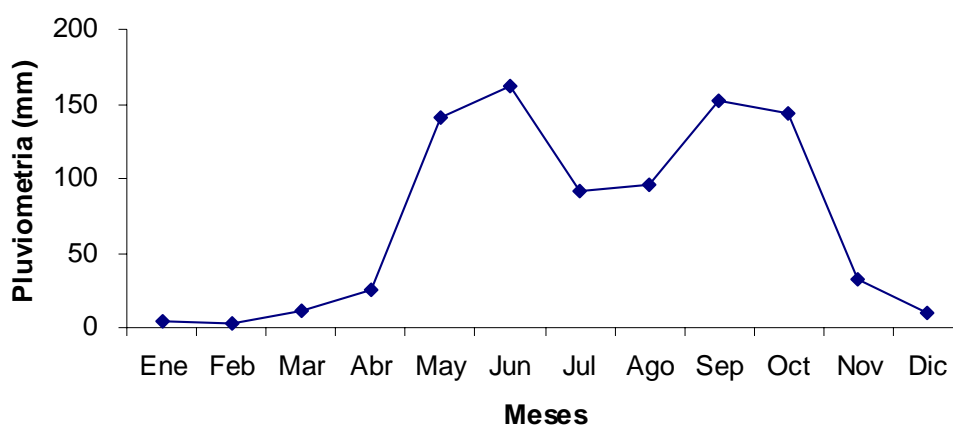


Figura 10. Precipitación promedio mensual de los últimos 43 años

### Situación de las viviendas en la subcuenca

El total de viviendas en la subcuenca es 1.259, según el tipo de techo existen 898 con techo de teja de barro quemado y 361 con techo metálico (cinc con canal). El tamaño promedio de los techos es 43 m<sup>2</sup> en las que habitan un promedio de 6,9 personas por vivienda. En el Cuadro 17, se muestra la información correspondiente por estrato y por comunidad.

Cuadro 17. Viviendas en la subcuenca del río Aguas Calientes

ubicación	Comunidad	Vivienda			
		Tipo de techo	Total	Tamaño techo	Población

		teja	metálico	Total	m <sup>2</sup>	Individuo/ vivienda
Parte Alta	Volcán	33	57	90	35	7
	Porcal	38	47	85	35	6
	Rodeo II	30	2	32	42	6
	Quebrada de Agua	55	5	60	48	6
Parte Media	Mancico	46	6	52	42	6
	Uniles	105	75	180	48	7
	Santa Isabel	320	15	335	42	8
Parte Baja	Santa rosa	101	38	139	54	6
	Los Copales	60	17	77	42	10
	Aguas Calientes	110	99	209	42	7
TOTAL		<b>898</b>	<b>361</b>	<b>1259</b>	Prom. = 43	Prom. = 6,9

#### 4.1.1.1 Potencial de captación de agua con sistema SCAPT para consumo humano

Para calcular el potencial de captación se procedió mediante la **determinación de la precipitación promedio mensual**: se realizó con registro de los últimos 43 años, expresados en unidades de mm de precipitación por mes, con el uso de la ecuación (1).

$$Pp_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} p_i \quad (1)$$

donde

$p_i$  = precipitación promedio mensual del mes "i" de todos los años evaluados (mm)

$n$  = número de años evaluados

$Pp_i$ : Precipitación promedio mensual del mes "i" de todos los años evaluados (mm)

#### 4.1.1.1.1 Determinación de la oferta o potencial de precipitación en área de techo

Se determina el área de captación el cual se obtuvo por información de una muestra de 150 viviendas distribuidas en las 10 comunidades de la subcuenca, considerando el coeficiente de escurrimiento del área de captación, según el material del techo. Estos cálculos se realizaron con el uso de:

$$At_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} At \quad Ec \quad (2)$$

donde

$At$  = Cantidad de área de techo "i" (m<sup>2</sup>)

$n$  = Número de techos evaluados

$At_i$  = Área de techo promedio por comunidad "i" de todos los techos evaluados (m<sup>2</sup>)

Segundo; con la información obtenida de la ecuación (1), se realizó la relación de precipitación promedio y resultado de la ecuación (2), promedio de áreas de captación de techo, en la siguiente ecuación:

$$O_i = \frac{Pp_i At_i N_v C_e}{1000} \text{ Ec (3)}$$

donde

$Pp_i$  = precipitación promedio anual ( $m^3$ )

$C_e$  = coeficiente de escurrimiento (teja de barro: 0,8 y teja metálico: 0,9)

$At_i$  : Área promedio de techo ( $m^2$ )

$N_v$  : Número de viviendas en la subcuenca

$O_i$  : Oferta o potencial de captación de agua en techo ( $m^3$ )

El potencial de captación de agua de lluvia en techo con teja de arcilla quemada es de: 25.423  $m^3$  y en viviendas con techo metálico o cinc es de: 11.498  $m^3$  esto hace un potencial de captación en condiciones optimas con el SCAPT de: **36.921  $m^3$** .

#### **4.1.1.1.2 Población y demanda de agua para consumo humano**

**Determinación de la demanda:** se calcula a partir de la dotación asumida por persona que se necesita para atender las necesidades de agua en la cuenca por año. Para esto se aplico la ecuación (4).

$$D_i = \frac{N_u N_d Dot}{1000} \text{ (4)}$$

donde

$N_u$  = número de usuarios que se benefician del sistema

$N_d$  = número de días del mes analizado por año

$Dot$  = dotación (lt/persona/día)

$D_i$  : Demanda anual de agua en la subcuenca. ( $m^3$ )

La población actual de la subcuenca es de 7925 habitantes, la demanda promedio de agua por persona es de **39,3 litros** por día, por lo tanto, las necesidades de agua son de 311,294 litros por día, equivalentes a **113.622  $m^3$**  por año aproximadamente (Cuadro 18). La demanda actual está expresada en las condiciones de limitaciones actuales de agua en la subcuenca.

*Cuadro 18. Relación de la población y demanda de agua para consumo humano*

Ubicación	Comunidad	Demanda l/pers/día	Población Cantidad	Demanda		
				l/día	m3/día	m3/año
Parte Alta	Volcán	39,28	551	21.643	21,64	7.8990

	Porcal	39,28	502	19.718	19,72	7.197
	Rodeo II	39,28	202	7.934	7,93	2.896
	Quebrada de Agua	39,28	522	20.504	20,50	7.484
Parte Media	Mancico	39,28	325	12.766	12,77	4.659
	Uniles	39,28	1383	54.324	54,32	19.828
	Santa Isabel	39,28	1980	77.774	77,77	28.387
Parte Baja	Santa rosa	39,28	815	32.013	32,01	11.684
	Los Copales	39,28	325	12.766	12,77	4.659
	Aguas Calientes	39,28	1320	51.849	51,85	18.925
TOTAL			<b>7925</b>	<b>311.291</b>	<b>311,29</b>	<b>113.622</b>

Howard y Bartram (2003) de la Organización Mundial de la Salud (OMS), menciona cuatro niveles de cantidades de agua recolectada por persona en cada día, en relación a la cantidad de agua domiciliar en el nivel de efecto a la salud.

- Cantidad menor de (5) cinco litros por día no puede garantizar la higiene y el nivel de afectación a la salud es muy alto.
- Cantidad con promedio de 20 litros por día, debe asegurar la higiene del lavado de manos e higiene básica de la alimentación, difícil garantizar la lavandería y el baño a menos que se haga en la fuente. El nivel de efecto en la salud es alto.
- Cantidad promedio de 50 litros por día; se asegura la higiene básica personal y de los alimentos, también la lavandería y el baño, el nivel de efecto en la salud es bajo.
- Cantidad promedio de 100 litros por día; se atienden todas las necesidades de higiene, el nivel de efecto en la salud es muy bajo.

El gobierno de Nicaragua (2005) estima que el consumo domiciliar promedio es de 150 a 200 l/pers./día y que sin embargo, el consumo total per cápita (consumo comercial, industrial y gobierno) es de 483 l/pers./día, lo cual es sumamente alto. Gleick (1996) orienta que lo recomendado en requerimientos básicos de agua para las necesidades humanas es de 50 l/pers./día, distribuidos de la siguiente manera 5 litros tomando agua, 20 litros para uso de servicios sanitarios, 15 litros para bañarse y 20 litros en la preparación de alimentos.

Por lo tanto La cantidad de agua saludable que se provee o se abastezca por viviendas es un aspecto importante en la higiene de cada persona. Es así que la dotación en el promedio de la subcuenca no llega a lo mínimo recomendado de 50 litros/pers./día para las cubrir las necesidades humanas básicas, según OMS y Gleick. De manera que tomando como referencia estas condiciones mínimas y las óptimas la demanda se ajustaría a un rango de **144.631 m<sup>3</sup>/año** a **289.262 m<sup>3</sup>/año**, con disponibilidad para un efecto bajo y muy bajo en la salud.

#### **4.1.1.1.3 Determinar el tiempo o periodo de abastecimiento**

se logra proyectando a condiciones reales el potencial de captación con sistema SCAPT, **Ec (3)** y la demanda diaria por persona y la población total de la subcuenca **Ec (4)**, e integradas en la ecuación:

$$Ta = \frac{O_i}{D_i} * Nd \quad \text{Ec (5)}$$

donde

$O_i$  = Oferta o potencial de captación de agua en techo ( $m^3$ )

$D_i$  = Demanda anual de agua en la subcuenca. ( $m^3$ )

$N_d$  = Número de días por año (365)

$Ta$  = Tiempo o periodo de abastecimiento (días)

Por lo tanto en un área de 54.137  $m^2$  (1259 techos de vivienda), precipitación promedio de 823 mm/año, se estima que la captación potencial de agua en condiciones óptimas en techo es de 36.921  $m^3$ /año en una relación numérica con la población existente de 7.925 y la dotación actual (39 l/pers./día) se podría abastecer un periodo de tiempo de 119 días, equivalentes a 3,84 meses del periodo seco. Sin embargo, aplicando una dotación en relación a las necesidades recomendadas por la OMS de 100 l/pers./día, la disponibilidad de agua estaría para 47 días del periodo seco. Ambas situaciones, utilizando únicamente el agua captada para consumo humano, sin embargo si se distribuye que un 50% de uso del agua sea de la captada en techo y el otro 50% de uso de las fuentes actuales (pozos) y con dotación de 100 l/pers./día, se lograrían dos ventajas importantes: la primera alargar el periodo de uso de agua captada a 94 días y la segunda permitir la recuperación del nivel freático en las fuentes (pozos), para más capacidad de servicio en tiempo y cantidad durante el periodo seco.

### **Infraestructura de captación de agua**

La infraestructura de captación de agua para consumo humano que existe en la subcuenca son cisternas y pilas. Siete lagunetas sin revestimiento fueron construidas con objetivos de abrevadero de ganado mayor. Las cisternas tienen una capacidad promedio de 2,2  $m^3$  por lo que las 107 cisternas que actualmente están en buen estado podrían almacenar 235,4  $m^3$  de agua. Las pilas tienen una capacidad de almacenamiento promedio de 1,1  $m^3$  de manera que las 65 pilas que están en buen estado tienen una capacidad de almacenamiento de agua de 71,5  $m^3$ . El total de almacenamiento en estos dos tipos de infraestructura es de: 306,9  $m^3$ .

La observación de la población en relación a la capacidad de almacenamiento de las cisternas y pilas, es que estas rebalsan el agua durante algunas lluvias, esto nos orienta que la capacidad

de almacenamiento no está en relación al área de captación y el potencial de precipitación, por lo que podría captarse más agua. La infraestructura en buen estado debe ser aprovechada adicionando diseños complementos de almacenamiento que faciliten aprovechar la capacidad que tienen las áreas de captación de los techos de las viviendas y su relación con la precipitación y la demanda de los usuarios del agua por vivienda. En el cuadro 19, se muestra la distribución de infraestructura por comunidad y estrato de la subcuenca en su estado actual de servicio.

*Cuadro 19. Infraestructuras de almacenamiento de agua en la subcuenca del río Aguas Caliente*

ubicación	Comunidad	Obras de almacenamiento de agua						
		Cisterna			Pilas			Laguneta
estrato		buenas	malas	Total	buena	mala	Total	
Parte Alta	Volcán	12	12	24	15	4	19	0
	Porcal	27	13	40	14	8	22	1
	Rodeo II	16	15	31	0	0	0	0
	Quebrada de Agua	4	15	19	2	0	2	0
Parte Media	Mancico	7	20	27	0	0	0	0
	Uniles	36	4	40	23	0	23	0
	Santa Isabel	5	5	10	5	11	16	0
Parte Baja	Santa rosa	0	11	11	4	0	4	4
	Los Copales	0	0	0	0	0	0	1
	Aguas Calientes	0	5	5	2	2	4	1
TOTAL		107	100	207	65	25	90	7

#### **4.1.1.1.4 Proyección de la demanda de agua en tiempo:**

Es importante conocer el crecimiento de la población y junto con esta la demanda de agua en determinado periodo de tiempo, luego hacer la comparación a la potencialidad del recurso o la oferta en el área de estudio. Para esto primero se calculó el crecimiento de la población, mediante el método de porcentaje uniforme de crecimiento:

$$P = P_o(1 + Ku)^n \quad \text{Ec (6)}$$

$P_o$  = población actual

$Ku$  = tasa de crecimiento anual constante

$n$  = número de años de proyección

$P$  = población creciente en años calculados

El segundo paso se aplicó la **Ec (4)**, con la nueva población de proyección, considerando que es constante la demanda de litros por persona por día en relación a la dotación promedio.



Los resultados estimados de la proyección de demanda de agua a 20 años, con una tasa de crecimiento de la población para el municipio de Somoto equivalente a 2,29% anual (INIFOM 2002), el crecimiento de la población será de 12.464 personas, por lo tanto, las necesidades de agua de la población aumentarán a **454.936 m<sup>3</sup>/año** con dotación de 100 l/per./día.

#### ***4.1.2 Identificación y caracterización de áreas potenciales de captación de agua para uso productivo agropecuario y forestal***

La ejercitación de los criterios y variables se realizó por observación y conocimiento local de los Comité de Cuenca Comunales, los que se aplicaron en diferentes áreas de los estratos y comunidades de la subcuenca.

##### **4.1.2.1 Criterios biofísicos**

Los criterios biofísicos son el resultado del levantamiento de información por área identificada y su entorno, realizado en conjunto con informantes claves de los Comité de Cuencas Comunales, con los que se obtuvo los siguientes datos:

##### **Ubicación**

Se tomo como orientación para el levantamiento de información georeferenciada las cotas de elevación según la división de los estratos de la subcuenca en su parte alta, parte media y parte baja. En cada punto potencial de captación de agua identificado, posteriormente se caracterizó sobre los factores biofísicos y socioeconómicos, realizando una síntesis de información por estrato.

##### **Precipitación**

Los datos de precipitación son igual para toda el área de la Subcuenca, los cuales muestran un potencial de 823 mm anualmente. Estos datos son tomados de estaciones pluviométricas registrados por INETER (2005) cerca al área de estudio.

##### **Suelo**

**Pendiente:** las pendientes mayores se encuentran en la parte alta con un promedio de 45%, caracterizados como pendientes inclinadas. En la parte media con 7% caracterizado como semi planos. En la parte alta con 4% consideradas como suelos planas. La media general es de 18%, lo cual corresponde a suelos ondulados, lo que representa la mayoría del 80% del área de la subcuenca en las cotas menores a 900 msnm. Las pendientes mostradas en la parte media y

baja facilitan la implementación de tecnologías alternativas de captación, dando la oportunidad de menores riesgos de escurrimiento intenso de las aguas y que dañen las obras (Cuadro 20).

*Cuadro 20. Pendiente y dimensiones en áreas identificadas por estratos*

Variable	Unidad	División por estrato.			Media
		Parte alta	Parte media	Parte baja	General
Pendiente	%	45	7	4	<b>18,66</b>

**Longitud de pendiente:** longitudes menores de 100m se presentan en la parte alta en el 74% de las áreas identificadas y en la parte media en el 27%. Longitudes entre 100m y 200m se presentan en su mayoría en la parte media en el 53% de en la parte baja en el 62% de las áreas identificadas. Longitudes mayores a 200m únicamente se encontraron en áreas identificadas en la parte baja en el 23% de las áreas. Ver cuadro 21.

**Textura:** la mayoría de los suelos en las áreas identificadas en los tres estratos son franco arcillosos, así como se muestra en el cuadro 21, en el 56% de las áreas de la parte alta y en el 85% de las áreas de la parte baja. Los suelos arenosos se presentan en menor proporción en la parte alta en el 22% de las áreas y en la parte media en el 25%. Las áreas identificadas con suelos limosos se encuentran en menor porcentaje en la parte baja en el 8% de las áreas, principalmente en los márgenes de las quebradas o riachuelos.

**Rugosidad:** la presencia de rugosidad es generalizada en término medio en toda la subcuenca, con mayor porcentaje en la parte media en el 78% de las áreas. En término de rugosidad fuerte se presenta en la parte alta en el 42% de las áreas identificadas, la presencia de mulch es muy baja.

**Compactación de los suelos:** en los tres estratos de la subcuenca se observa que la compactación se presenta en término medio y en mayor porcentaje en la parte media, en el 85% de las áreas identificadas, es posible que se deba a la erosión de los suelos.

**Profundidad:** en los tres estratos los suelos son de poca profundidad entre 30 cm y 60 cm. Suelos de profundidad moderada entre 60 cm y 120 cm se presentan únicamente en la parte media y baja en el 27% y 34% respectivamente de las áreas identificadas y suelos superficiales en las laderas erosionadas en la parte alta en el 15% de las áreas (Cuadro 21).

**Cobertura vegetal:** al nivel de regular se presenta en los tres estratos de forma generalizada, con nivel de mucha únicamente en el 25% de las áreas en la parte alta (Cuadro 21).

**Uso del suelo en las áreas identificadas:** el uso de los suelo se agrupan por diferentes cultivos en cada una de las áreas identificadas con sus particularidades por estrato. En los tres estratos se observaron; granos básicos, frutales dispersos, pastos en su mayoría. En la parte alta en el 37% de las áreas se observó bosque, café. En la parte media se observó granos básicos en su mayoría (algunas parcelas con henequén) en el 72% de las áreas. En la parte baja hay granos básicos en su mayoría con pastos naturales en el 54% de las áreas. Ver cuadro 21.

*Cuadro 21. Caracterización del suelo en las áreas potenciales de captación de agua*

Criterio	Variables	Categoría	Ubicación por estrato		
			Parte alta (%)	Parte media (%)	Parte baja (%)
Suelo	Longitud de pendiente	< 100m	74	27	X
		100m a 200m	21	53	62
		> 200m	X	X	23
	Textura	Arenoso	22	25	X
		Franco arcilloso	56	57	85
		Limoso	X	X	8
	Rugosidad	Fuerte	42	15	X
		Media	42	78	54
		Baja	X	X	31
	Compactación	Fuerte	X	X	X
		Media	58	85	69
		Baja	X	X	X
	Profundidad	Moderadamente profundos	X	27	34
		Poco profundos	84	57	43
		Superficial	15	X	X
	Cobertura vegetal	Mucha	25	X	X
		Regular	47	41	54
		Poca		59	31
	Uso del suelo	Bosque, café ganadería	37	X	X
		Frutales, pasto, hortalizas	10	26	16
		Granos básicos, pasto	31	X	54
		Granos básicos, henequén	X	72	X

Las x indican que no hay información relacionada a la categoría.

### **Tipo de captación en las áreas identificadas**

La clasificación se realizó en relación a la oportunidad y potencialidad que ofrece el área de manera natural propuesta para captar agua superficial de lluvia.

**Escorrentía en parcelas:** es el tipo de captación más común en los tres estratos, con mayor presencia en áreas de la parte media, en el 80% de las áreas.

**Manantial:** en la parte alta es donde se puede captar de manantial, en el 58% de las áreas identificadas.

**Quebradas o riachuelos:** en las quebradas las áreas identificadas son mínimas por la permanencia de las aguas y cercanía a áreas productivas o de aprovechamiento del recurso.

**Lagunetas:** la captación en lagunetas se presenta mayormente en la parte baja, en donde se puede recuperar y dar mantenimiento a zonas con características naturales de lagunetas, presentes en el 54% de las áreas identificadas. (Cuadro 22).

Cuadro 22. Tipos de captación de agua superficial en las áreas identificadas

Criterio	Variables	Categoría	Ubicación por estrato		
			Parte alta (%)	Parte media (%)	Parte baja (%)
Captación	Tipo	Escorrentía en parcelas	25	80	45
		Manantial	58	7	X
		Quebradas	5	9	X
		Lagunetas	X	2	54

#### 4.1.2.2 Criterios socioeconómicos

Los criterios socioeconómicos son el resultado del levantamiento de información por área identificada y su entorno, realizado en conjunto con informantes claves de los Comité de Cuencas Comunales, con los que se obtuvo los siguientes datos:

#### Población cerca de las áreas identificadas

La población más cercana a las áreas identificadas corresponde a 30,41 personas equivalentes a 5,34 familias, por cada una de las 80 áreas identificadas, en toda la subcuenca, por lo se calcula que en óptimas condiciones de los parámetros calculados, creará beneficio directo de aprovechamiento del recurso captado a 2.433 personas aproximadamente. Los datos por estratos se muestran en el cuadro 23.

Cuadro 23. Población cercana a las áreas identificadas por estratos

--	--	--	--

Variable	Unidad	División por estrato.			Media
		Parte alta	Parte media	Parte baja	General
Población beneficiada	Ind.	47,68	37,94	5,62	<b>30,41</b>
Familias beneficiadas	U	8,16	6,73	1,08	<b>5,32</b>

### Tipología de productores por ingresos mensuales

En la subcuenca existen 885 productores (62%) con ingresos menores a C\$ 400,00 mensuales equivalentes a US\$ 22,66. También existen 396 (28%) de los productores se agrupan entre los que tienen ingresos mensuales de C\$ 401 a C\$ 600,00 equivalentes entre US\$ 22,71 a US\$ 33,99. Los productores con ingresos mensuales mayores a C\$ 601,00 equivalentes a US \$ 34,05 son 142 (10%). El Gobierno de Nicaragua (2005) reporta que la tasa ingreso per cápita anual en promedio es de US\$ 472,00 por lo que ocupa el segundo lugar en la región, únicamente después de Haití quien ocupa el primer lugar con ingresos de US\$ 450,00 en comparación con los datos de la subcuenca en estudio muestran que todavía están por debajo de esta media nacional. Lo que puede ser un indicador de la situación de pobreza en la subcuenca.

El total de productores dedicados a labores agropecuarias y forestales es de 1.423 Los datos por comunidad y por estratos se verifican en el Cuadro 24.

*Cuadro 24. Tipologías de productores según sus ingresos mensuales*

ubicación Estrato	Comunidad	Tipología de productores			
		Ingresos promedios mensuales			Total
		201 - 400	402 - 600	> 601	
Parte alta	Volcán	74	36	6	116
	Porcal	60	5	2	67
	Rodeo II	20	0	0	20
	Quebrada de Agua	60	20	0	80
Parte media	Mancico	31	40	2	73
	Uniles	60	120	60	240
	Santa Isabel	200	50	21	271
Parte baja	Santa rosa	190	45	26	261
	Los Copales	10	20	10	40
	Aguas Calientes	180	60	15	255
<b>TOTAL</b>		<b>885</b>	<b>396</b>	<b>142</b>	<b>1423</b>

#### **4.1.2.3 Organización Local con presencia en la subcuenca**

##### **Instituciones y organizaciones**

Desde los años ochenta, con el apoyo a las cooperativas agrícolas, la presencia de las instituciones estatales siempre estuvo en las comunidades que hoy forman parte de la subcuenca. Cada institución promovía la organización gremial por afinidad de producción y de convivencia comunitaria.

El enfoque de manejo de cuenca para la subcuenca del río Aguas Calientes se inició en el año 2000, con un proceso participativo para la realización del Plan Rector de Producción y Conservación (PRPC) que fue auspiciado por el Programa de Capitalización de Pequeños Productores del Trópico Seco (TROPISSEC). Este proceso fue rectorado por los gobiernos municipales de Somoto y San Lucas, con el apoyo de los servicios metodológicos de la Universidad Nacional Agraria (UNA), la participación de Instituciones y Organizaciones No Gubernamentales (ONG), que tenían acciones de desarrollo en el área de la subcuenca (Alcaldía 2001).

Desde el año 2001 hasta el año 2006, el proceso de manejo integrado de cuenca se fortalece mediante acuerdos y decisiones entre los gobiernos municipales Somoto y San Lucas, el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) y el Programa de Innovación Aprendizaje y Comunidad para la Cogestión Adaptativa de Cuencas (FOCUENCAS I Y FOCUENCAS II) auspiciado por CATIE-ASDI. Este programa ha facilitado la realización de acciones conjuntas entre instituciones y ONG (Cuadro 25), que han priorizado la subcuenca como su área de influencia, sin embargo la coordinación de planificación y ejecución de acciones conjuntas es un reto en el proceso de fortalecimiento de la institucionalización de planes.

Cuadro 25. Instituciones y organizaciones presentes en la Subcuenca

Siglas de Identificación	Nombre completo
<b>Gobiernos Locales</b>	
AMS	Alcaldía Municipal de Somoto
AMSL	Alcaldía Municipal de San Lucas
<b>Instituciones estatales</b>	
MAGFOR	Ministerio de Agricultura Ganadería y Forestal
INAFOR	Instituto Nacional Forestal
INTA	Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria
MARENA	Ministerio de Ambiente y los Recursos Naturales
PN	Policía Nacional
MECD	Ministerio de Educación Cultura y Deporte
MINSALUD	Ministerio de Salud
ENACAL	Empresa Nicaragüense de Agua y Alcantarillado
INTUR	Instituto Nicaragüense de Turismo
PN	Policía Nacional
SILAIS	Sistema Local de Atención Integral a la Salud
<b>Organizaciones Nacionales e internacionales.</b>	
FOCUENCAS – CATIE - ASDI	Programa de innovación y conservación con enfoque de manejo
Plan	Plan Nicaragua
C R	Cruz Roja
ADRA	Agencia Internacional Adventista de Ayuda al Desarrollo
PMA	Programa Mundial de Alimento
AHFOUSO	Hermanamiento Fougères-Somoto
Acción Contra el Hambre	Acción Contra el Hambre
<b>Organizaciones Locales</b>	
CIDeS	Centro de Iniciativas para el Desarrollo de Somoto
INPRHU	Instituto Nicaragüense de Promoción Humana
ACH	Acción Contra el Hambre
SOYNICA	Programa Nutricional “Soya de Nicaragua”
FENIX	Programa internacional de Energía Solar y Renovable.
MCN	Movimiento Comunal Nicaragüense (municipal)
UNICAM	Universidad Campesina
AMMA	Asociación de Municipios de Madriz
APROCANIC	Asociación de Profesionales Campesinos de Nicaragua
CANTUR	Cámara Nicaragüense de la Pequeña y Mediana Industria Turística
COMITE DE CUENCA	Comité de Cuenca Bimunicipal
N.W radio	Radio Ecológica
UCANS	Unión de Cooperativas del Norte de las Segovias
UNAG	Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos
UNN	Universidad del Norte de Nicaragua
UPONIC	Universidad Politécnica de Nicaragua
ASODECOM	Asociación de Desarrollo Comunitario
<b>Organizaciones Comunitarias</b>	
Iglesia Católica	Iglesia Católica
Iglesia Evangélica	Iglesia Evangélica
COPHEMA	Cooperativa de Henequeneros de Madriz
ERN	Escuela Radiofónicas de Nicaragua
PRODECOP	Programa de Unión de Cooperativas
APODESO	Asociación de Pobladores de Somoto.
ASODEL	Asociación de Desarrollo Local
CCC	Comité de Cuencas Comunes

Fuente: Informantes claves comunitarios y talleres participativos con comité de cuenca.

La información de los Comité de Cuenca Comunales expresa que en la parte alta es donde hay más presencia institucional, en segundo lugar la parte baja, y en tercer lugar la parte media, cada organización e institución podría expresar su interés por determinada zona.

### **Gobiernos locales**

Los gobiernos locales de Somoto y San Lucas tienen su representante en cada una de las comunidades de la subcuenca, denominados alcalditos. Estos gobiernos locales, de común acuerdo, han legalizado la estructuración y funcionamiento del Comité de Cuenca que ellos mismo coordinan y en donde están integrados los alcalditos de las comunidades de la subcuenca.

### **Comité de Cuencas**

El Comité de Cuenca está formado por la participación de los gobiernos locales que comparte la subcuenca del río Aguas Calientes, las instituciones estatales, ONG y las organizaciones de base. Su dinámica está orientada a facilitar las diversas actividades en el orden organizativo, estructural y de implementación de iniciativas en la cogestión para el enfoque de manejo integrado de cuencas; estas actividades son reguladas por un reglamento de funciones que actualmente está en revisión para su aprobación por la asamblea general.

### **Organizaciones no gubernamentales**

La mayoría de ONG con presencia en la subcuenca tienen enfoques de trabajo con grupos organizados por comunidad con estructuras comunitarias transitorias que permanecen durante tengan presencia con acciones en las comunidades. Con este sistema de trabajo desarrollan sus planes en componentes de educación, asistencia a la seguridad alimentaría y nutricional en niños, salud sexual y reproductiva, agua y saneamiento, acompañamiento a la producción de diferentes rubros, créditos, organización comunitaria, recreación sana, infraestructura. La mayoría de las ONG, son co-ejecutoras de recursos económicos, gestionados en agencias de cooperantes nacionales o internacionales. Sin embargo algunas de estas ya son parte del Comité de Cuenca.

### **Organizaciones de base**

En cada comunidad de la subcuenca existe un representante de los gobiernos municipales de Somoto y San Lucas, de acuerdo a la división política municipal, así mismo también existen 10 Comité de Cuencas Comunales, estructurados en el año 2004 y reconocidos por los gobiernos locales. Los Comité de Cuenca Comunales lo forman líderes y promotores de instituciones, gobiernos locales y ONG que coordinan esfuerzos comunitarios con intereses comunes. Estos



Comité tienen como funciones en su reglamento, agrupar a la mayoría de pequeñas estructuras representantes de instituciones y ONG que existen en esta unidad hidrológica, para hacer práctico la cogestión de actores en el manejo integrado de cuencas. Se destaca que los Comité de Agua Potable (CAP), son parte activa de los Comité de Cuenca Comunes.

#### 4.1.2.4 Producción vegetal, forestal y animal

##### 4.1.2.4.1 Demanda de agua en la subcuenca para uso agrícola y forestal

Para calcular la demanda de agua en producción agrícola, forestal y producción animal, se procedió a realizar un levantamiento por comunidad con los Comité de Cuenca Comunes. La subcuenca tiene un área de 4.775 ha ocupada por todos los usos masa vegetal, infraestructura y otros usos. La información recopilada en los talleres participativos muestra un área de 4.722 ha únicamente la masa vegetal productiva y forestal.

**Área de producción y captación:** el área promedio de captación es de 5.34 ha, sin embargo la superficie de las áreas es muy variable de acuerdo a los tipos de cultivos y aprovechamiento para el uso del agua en el Cuadro 26 se observa por estrato y comunidades.

El tamaño del área de captación es menor en la parte alta con 33,24 m<sup>2</sup> debido a la inclinación de las pendientes (45%) en la parte media es de 294,43 m<sup>2</sup>, la parte baja con 114,69 m<sup>2</sup>. La parte media y baja crea oportunidades de mejor aprovechamiento para la captación y almacenamiento de agua por escurrimiento superficial, con la ventaja de menores pendientes se consideran menores riesgos de fuertes escorrentías, a la vez que mayor área de captación proporcionalmente se tendría un mayor volumen de captación. Ver Cuadro 26.

Cuadro 26. Dimensiones de áreas de producción y captación por estratos

Variable	Unidad	División por estrato.			Media
		Parte alta	Parte media	Parte baja	General
Área de producción	Ha	6,92	2,62	6,49	<b>5,34</b>
Tamaño del área de captación	M <sup>2</sup>	33,24	294,43	114,69	<b>147,45</b>

En relación a los usos de suelo identificados y caracterizados en la subcuenca de forma participativa se muestra en la Figura 11, que el 56,48% de cobertura del área es pastos naturales y matorrales (pequeños arbustos), el 31,17% tiene uso de granos básicos, el 8,76% en bosque, con mayor concentración en la parte alta. En la parte media y baja la mayoría son bosque ripario.

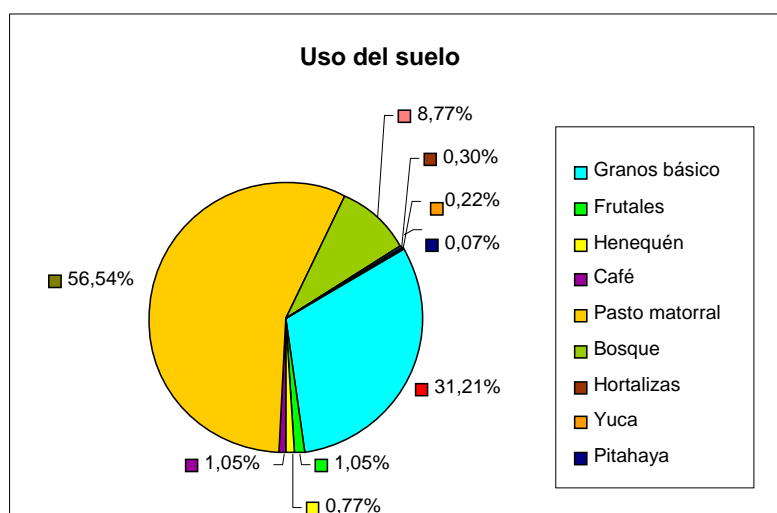


Figura 11. Uso del suelo y cobertura en la subcuenca del río Aguas Calientes

Se destacan otros usos como café en la parte alta, henequén en la parte media, hortalizas en su mayoría en la parte media y baja, (yuca y pitahaya), aunque su cobertura no son de relevancia son rubros alternativos en la generación de empleo como el henequén durante el periodo de desfibre en el periodo seco cuando la mayoría de labores agrícolas han culminado, los otros rubros son parte de las necesidades alimentaría y que se adaptan a los periodos extremos de sequía, con excepción del cultivo de café. (Cuadro 27).

Cuadro 27. Uso del suelo en la subcuenca del río Aguas Calientes

ubicación estrato	Comunidad	Uso del suelo (Mz)									Total (mz)	Total (ha)
		Granos básico	Frutales	Henequén	Café	Pasto y tacotal	Bosque	Hortalizas	Yuca	Pitahaya		
Parte alta	Volcán	95	7	0	75	250	420	2		1	850	595
	Porcal	140	1	3	0	300	12	1	3	2	462	323,4
	Rodeo II	130	3	0	0	150	8	0,5	0	0	291,5	204
	Quebrada de Agua	85	0	0	0	120	14	0	0	0	219	153,3
Parte media	Mancico	120	1	4	0	180	12	0	0	0	317	221,9
	Uniles	210	5	40	4	280	40	1	2	0	582	407,4
	Santa Isabel	165	2	0	0	300	15	2	1	0	485	339,5
Parte baja	Santa Rosa	390	40	5	0	350	20	2	0,5	1	808,5	565,9
	Los Copales	80	2	0	0	380	15	0	0	0	477	333,9
	Aguas Calientes	688	10	0	0	1500	35	12	8	1	2254	1.577,8
<b>TOTAL</b>		<b>2103</b>	<b>71</b>	<b>52</b>	<b>79</b>	<b>3810</b>	<b>591</b>	<b>20,5</b>	<b>14,5</b>	<b>5</b>	<b>*6746</b>	<b>*4.722,2</b>

\* una manzana de terreno es equivalente a 0,7 hectáreas.

Fuente: talleres participativos e informantes claves de los Comité de Cuenca Comunales

#### **4.1.2.4.2 Estimación de la demanda de agua**

Con la información del uso del suelo y los coeficientes de transpiración por cultivo ( $K_c$ ) obtenido de estudios realizados por FAO (1986), Gurovich (1985) y Pearson (1987), se tomaron como referencia para el estudio de demanda hídrica en el área del estudio.

El coeficiente de evapotranspiración potencial ( $ET_o$ ) de la zona se tomó como referencia los datos en el estudio de Salinas (1991).

**La evapotranspiración potencial ( $ET_o$ )** se ha definido como la velocidad de pérdida de agua de un cultivo verde, de 8 a 15 cm de altura uniforme, en crecimiento activo que cubre toda la superficie del suelo, o sea un cultivo hipotético en el cual solamente el clima determina la velocidad de evapotranspiración. La evapotranspiración se mide en milímetros (mm) por día. (Gurovich 1985).

Para conocer la evapotranspiración de los cultivos es necesario conocer el coeficiente de transpiración del cultivo ( $K_c$ ), determinado para cada grupo de especies vegetales por lo que la evapotranspiración del cultivo es el producto de  $ET_o$  y  $K_c$  aplicando la ecuación:

$$ET_c = ET_o * K_c$$

Con esta aplicación se obtuvo que las necesidades de agua en la producción agrícola y forestal son de **45.915.505** m<sup>3</sup> de agua para el ciclo vegetativo correspondiente a cada uso de suelo y área de extensión, asumiendo que es para tener condiciones óptimas de rendimiento y área de cobertura vegetal durante el año o durante el ciclo correspondiente a cada cultivo.

En los usos del suelo la clasificación de pastos y matorrales, tienen la mayor concentración de área, ubicados en la parte media y baja, son los que demandan más agua por el área de cobertura con **32.558.175** m<sup>3</sup> de agua calculando que esta vegetación fuera permanente durante todo el año. Seguidamente el bosque donde su mayor porcentaje de área está concentrado en la parte alta, las necesidades hídricas estimadas son de **4.681.687** m<sup>3</sup>. Los granos básicos con un área de cobertura de 31,21% demandan en recurso hídrico **6.751.887** m<sup>3</sup> considerando un periodo máximo de uso de agua durante sus etapas fenológicas en 120 días (Cuadro 28).

Cuadro 28. Necesidades de agua en la producción agrícola y forestal

Cultivos	Área (ha)	Kc	EVPO mm/día	Et. cultivo mm/día	Periodo estimado del cultivo	Necesidad de agua (m3/año)
Granos básicos	1472,00	0,80	4,778	3,8224	120	6.751.887
Frutales	49,00	0,65	4,778	3,1057	365	555.454
Henequén	36,00	0,60	4,778	2,8668	365	376.698
Café	55,00	0,80	4,778	3,8224	365	767.347
Pasto-matorrales	2667,00	0,70	4,778	3,3446	365	32.558.176
Bosque	413,00	0,65	4,778	3,1057	365	4.681.687
Hortalizas	14,00	0,70	4,778	3,3446	140	65.554
Yuca	10,00	0,55	4,778	2,6279	365	95.918
Pitahaya	6,00	0,60	4,778	2,8668	365	62.783
Total	4722,00					45.915.505

En la Figura 12 se muestra la relación en porcentajes de necesidad de agua. La clasificación pasto y matorrales demandan el **71%** y bosque el **10%** de manera que el **19%** es la necesidad de agua de rubros productivos.

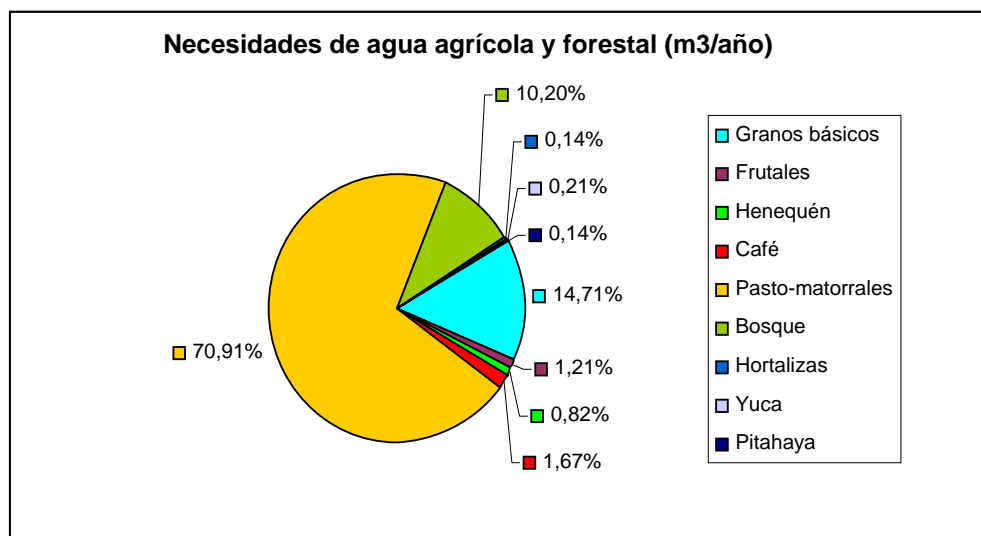


Figura 12. Distribución en porcentaje de las necesidades de agua agrícola y forestal

#### 4.1.2.5 Demanda de agua en producción animal

Galeno (2005), menciona que las necesidades de agua están estrechamente relacionadas con factores exteriores como el clima, los hábitos alimentarios, la actividad física, y otros factores. Como regla general puede decirse que la necesidad media de agua para un animal adulto, en condiciones normales, es de 1 ml de agua por cada kilocaloría de la alimentación. Esto significa que si se ingiere una dieta de 2.000 kilocalorías, se tienen que ingerir 2.000 mililitros de agua, procedente del agua de bebida y la proporcionada por los alimentos. Con los datos de Galeno

(2005), en referencia a promedios de consumo de agua por especie animal, se estimó las necesidades de agua en producción animal en la subcuenca.

La mayoría de especies en producción de autoconsumo y generación de ingresos en las familias de la subcuenca son:

**Bovino:** con 2.743 animales distribuidos en pequeñas ganaderías familiares. Las mayores concentraciones de población se reflejan en las comunidades de Santa Isabel, Los Copales y Aguas Calientes que es donde están los medianos ganaderos. Estos productores tienen que trasladar el ganado a otros terrenos fuera de la subcuenca en el periodo seco en busca de alimento y agua, por las limitantes de este recurso durante el periodo seco.

**Equino:** estas especies son utilizadas para el trabajo y como medio de transporte. La población argumenta que estos han disminuido por la razón de escasez de alimento y falta de agua en la zona. En la comunidad de Aguas Calientes hay una mayor población de equinos debido a una crianza comercial de uno de los más grandes productores de la subcuenca.

**Caprino:** la población de caprinos en la subcuenca se debe a un programa desarrollado por el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), con objetivo de creación de alternativas alimentarias en la población, facilitando el manejo de dos o tres animales por familia, por lo que la población de la subcuenca es mínima, con 142 individuos.

**Porcino:** la población de porcinos en la subcuenca es de 354 individuos; esta población es muy variable, debido a la dinámica de gestación de las hembras y parte de algún comercio local, y autoconsumo. El manejo es tradicional en crianza familiar desde 1 hasta 5 adultos por familia.

**Aves de corral:** en todas las comunidades hay producción familiar y tradicional de aves de corral que en su mayoría son gallinas. Esta población de aves domésticas es muy variable por la dinámica de crecimiento, el auto consumo y ventas en ciertos periodos del año, un aspecto importante es la disponibilidad de alimento para las aves, el cual también tiene que ver con la disponibilidad de agua, sin embargo se aproxima el dato a 11.350 animales en la subcuenca. En las comunidades donde es mayor la presencia de familias hay un mayor manejo de aves, en el Cuadro 29 se observan los datos por comunidad.

Cuadro 29. Producción animal la subcuenca del río Aguas Calientes

ubicación estrato	Comunidad	Producción animal				
		Bovino	Equino	Caprino	Porcino	Aves de corral
Parte alta	Volcán	44	43	51	14	800
	Porcal	109	35	20	15	400
	Rodeo II	17	17	22	5	200
	Quebrada de Agua	15	10	0	10	200
Parte media	Mancico	28	12	8	20	350
	Uniles	170	40	23	30	800
	Santa Isabel	300	80	0	100	1500
Parte baja	Santa rosa	60	50	8	25	1200
	Los Copales	200	30	10	35	3500
	Aguas Calientes	1800	320	0	100	2400
TOTAL		<b>2743</b>	<b>637</b>	<b>142</b>	<b>354</b>	<b>11350</b>

#### 4.1.2.5.1 Estimación de la demanda de agua en producción animal

El cálculo se realizó tomando en consideración el promedio de consumo por día de cada especie, por el número de animales por cada comunidad hasta obtener el total de demanda de agua en la subcuenca.

La demanda total de agua en producción animal es de **86.577** m<sup>3</sup>/año. El mayor demandante de agua es el ganado bovino con 55.065 m<sup>3</sup>/año. Debido a esta demanda y que la oferta se disminuye principalmente en el periodo seco, los productores buscan alternativas de alimento y agua en otras áreas fuera de la subcuenca (Cuadro 30),

Cuadro 30. Necesidades de agua en producción animal

Especie animal	Parte alta	Parte media	Parte baja	Total	Demanda agua l/ind/día	Demanda Total l/día	Demanda Total m <sup>3</sup> /día	Demanda Anual m <sup>3</sup>
Bovino	185	498	2060	<b>2743</b>	55,00	150.865	150	55.065
Equino	105	132	400	<b>637</b>	45,00	28.665	28	10.462
Caprino	93	31	18	<b>142</b>	8,00	1.136	1	414
Porcino	44	150	160	<b>354</b>	26,00	9.204	9	3.359
Aves	1600	2650	7100	<b>11350</b>	4,17	47.329	47	17.275
<b>Total</b>	<b>2027</b>	<b>3461</b>	<b>9738</b>	<b>15226</b>		<b>237.199</b>	<b>237</b>	<b>86.577</b>

En la Figura 13, se muestra en porcentaje la distribución de necesidad de agua por especie, en el que la especie bovina y equina son los que demandan el 75,69%, se agrupan estas dos especies por el similar manejo tradicional que se les da. Una menor parte de 24,31% se distribuye entre caprino, porcino y aves de corral.

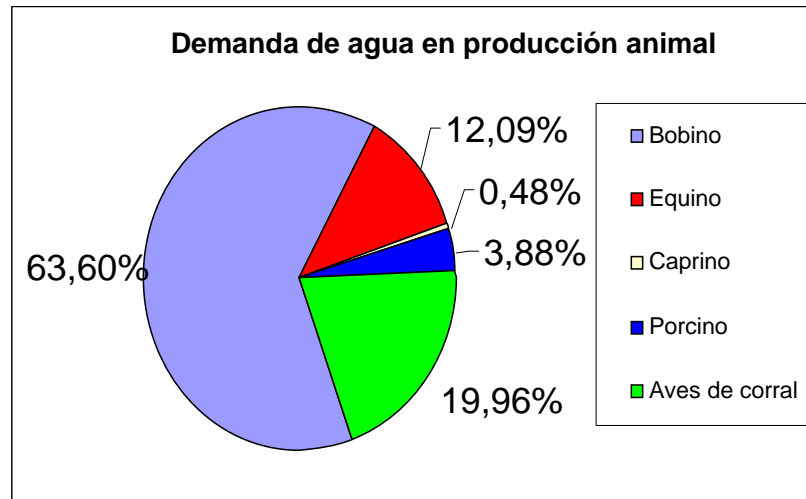


Figura 13. Porcentaje de demanda de agua en producción animal

La demanda total de agua en la subcuenca en adición de las necesidades hídricas óptimas de los usos para consumo humano es de 0,6%, producción animal 0,2%, uso agrícola y forestal con 99,2%. Las necesidades óptimas suman un volumen de **46.291.344 m<sup>3</sup>/año**.

#### Usos y de la captación de agua en las áreas identificadas para uso productivo

El uso del agua para riego de diferentes cultivos es uno de los objetivos en los tres estratos de la subcuenca, con una mayor visión de este uso en la parte media y baja, en el 62% de las áreas en ambos estratos. El uso para consumo animal aunque está presente en los tres estratos, es minoritario, esto depende de la presencia de producción animal por estrato. Para el caso de agua para consumo humano, se demanda en los tres estratos, a la vez demandan más disponibilidad de agua arriba de la dotación actual de 39,3 l/pers./día.

#### Material local disponible en las áreas de captación de agua identificadas

Sobre los materiales disponibles y útiles para realizar obras de captación de agua, se ha encontrado que en los tres estratos el material disponible es tierra y piedra (Cuadro 31).

Cuadro 31. Material disponible cerca de las áreas identificadas

Variable	UBICACIÓN	Categoría	Frecuencia relativa	Observación
Disponibilidad de materiales	ALTA	Tierra y piedra	95%	Material disponible cerca del área identificada con potencial de captación.
	MEDIA	Tierra y piedra	54%	
	BAJA	Tierra y piedra	75%	

### Accesibilidad por vía terrestre a las áreas identificadas

La accesibilidad es un factor importante para poder hacer más potencial el área de captación del recurso hídrico para uso en la producción y luego trasladar el producto de la cosecha. De manera que el caso de la subcuenca el acceso por vía terrestre a la parte alta y media es por trocha y camino los que se encuentran en estado malo y regular, respectivamente. El acceso a la parte baja es por camino y carretera en estado regular y bueno respectivamente, los porcentajes observados en el (Cuadro 32) representan la accesibilidad en porcentajes a las áreas identificadas por estrato.

Cuadro 32. Acceso por vía terrestre a las áreas identificadas

Variable	Categoría	Estrato					
		Estado	Parte alta %	Estado	Parte media %	Estado	Parte baja %
Comunicación Terrestre	Trocha	malo	75	malo	53		
	Camino	regular	25	regular	47	regular	69
	Carretera					buenos	31

### 4.1.3 Potencial de captación de agua en la subcuenca del río Aguas Calientes

La población considera que si hay lluvia existen áreas potenciales para captación de agua. Consideran que todo es tener voluntad y ponerse a trabajar con orientación, unir esfuerzos con la ayuda de la familia las organizaciones comunitarias, gobierno local e instituciones estatales. La población está consciente de aportar su contra parte con materiales locales y mano de obra, a la vez que demandan de las instituciones y organismos de cooperación el aporte de materiales externos.

Actualmente la población desconoce el potencial de agua de lluvia que se podría captar en la subcuenca, sin embargo al preguntarles sobre ¿Cuánto es el agua que usan para consumo humano? la mayoría de las familias tienen su aproximación al uso total en la vivienda, igual es el conocimiento sobre la demanda de agua en producción animal. En el caso de uso de agua en producción agrícola el conocimiento de la población no es igual, por lo que se considera necesario fortalecer estos conocimientos para un mejor uso y manejo del agua para riego.

En continuidad de la aplicación de criterios de identificación y caracterización de áreas potenciales de captación de agua, **se confirmó que si existen áreas con potencial de captación de agua**; para el caso de consumo humano, el potencial se tiene en los techos de las viviendas con potencial de **36.917 m<sup>3</sup>** en un área de 54.137 m<sup>2</sup>.



En el caso de áreas potenciales de captación de agua para uso agrícola y forestal con base en el conocimiento local y aplicación de criterios biofísicos y socioeconómicos se identificaron 80 áreas las que fueron caracterizadas y georeferenciadas (Figura 14). Los tipos de áreas son manantiales en la parte alta, captación por escurrimiento cerca de parcelas en la parte media y el aprovechamiento potencial de lagunas naturales y rehabilitación de otras lagunas en la parte baja (Anexo 1). En estas áreas identificadas se puede captar potencialmente 9.707 m<sup>3</sup>/año.

## Áreas con potencial de captación

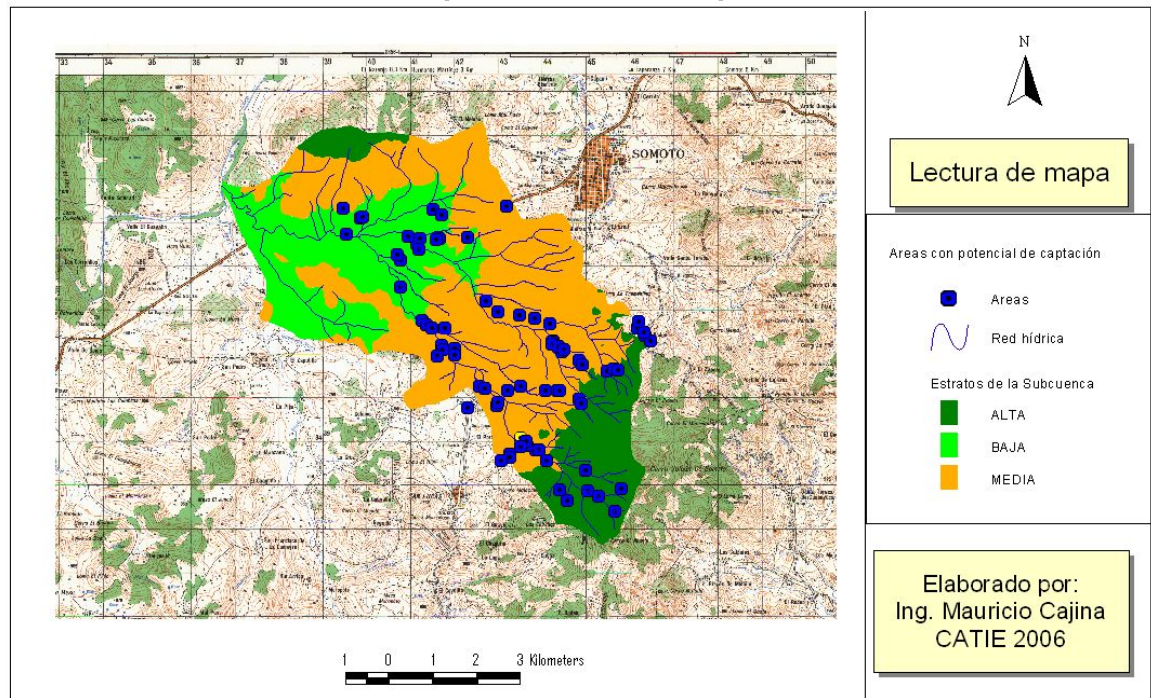


Figura 14. Mapa de ubicación de áreas identificadas y caracterizadas con potencial de captación en la subcuenca del río Aguas Calientes.

### 4.1.4 Síntesis de las áreas potenciales de captación de agua

- Los datos numéricos presentados sirven de referencia de la situación biofísica y socioeconómica de la subcuenca, de igual forma los cálculos realizados sobre potencial de precipitación y demanda hídrica deben servir como base para estudios futuros, de igual manera, para la orientación de programas y subprogramas que se implementen en la subcuenca.
- Las precipitaciones de los últimos 43 años muestran un promedio de 823 mm anuales, en el área de la subcuenca de 4.775 ha, por lo que el volumen potencial de captación se aproxima a **39.293.479** m<sup>3</sup> de agua, aunque este potencial de agua no es suficiente comparado a la demanda hídrica total, estimado para las necesidades óptimas de:

consumo humano, producción animal y vegetativo (agrícola, forestal), lo cual suman **46.291.344** m<sup>3</sup>/año, se confirma que existe potencial de captación de agua por escurrimiento superficial en 1.259 (54.137 m<sup>2</sup>) áreas identificadas para uso en consumo humano y en 80 áreas (11.796 m<sup>2</sup>) para uso productivo.

- El potencial de agua captada en las áreas identificadas es de **36.921** m<sup>3</sup> para consumo humano y de tamaño promedio de las áreas de captación es de 147,45 m<sup>2</sup> en las que se podría captar aproximadamente **5.825** m<sup>3</sup>. Este volumen de agua puede ser utilizado para riego complementario en cultivos de granos básicos, frutales, hortalizas u otros rubros de interés para el productor, principalmente para proveer agua a cultivo básicos (maíz y frijol) durante las etapas fenológicas crítica de floración y fructificación que generalmente coinciden con el periodo canicular entre los meses de julio a agosto y compensar la disminución de lluvias a finales del mes de noviembre.
- La distribución de las precipitaciones es irregular. El registro volumétrico de las precipitaciones puesto en coordenadas rectangulares y con gráfica de curva muestra que las lluvias se distribuyen de forma ondulatoria durante los meses de mayo a Noviembre, el resto del año no se presentan eventos lluviosos considerables. La intensidad de las lluvias es variable, a veces muy intensas otras veces de baja intensidad. por falta de registro no es posible confirmar su comportamiento con exactitud.
- Las pendientes en la parte baja y media son menores de 15% en las que se puede implementar cualquiera de las tecnologías seleccionadas, las áreas son de mayor tamaño, con probabilidad de mayor captación de agua, la longitud de pendientes más extendidas (mayor a 200 m) lo que disminuye los riesgos de fuertes escorrentías, que puedan dañar las obras con facilidad. En la parte alta las pendientes tienen como promedio 45%, la longitud de las pendientes son menores a 100 m y los tamaños de las áreas identificadas son las menores, sin embargo pueden implementarse tecnologías de captación idóneas a las características de las zonas. Se pueden hacer un mejor aprovechamiento de captación y derivación de las aguas en los manantiales encontrados en la parte alta, en la parte media y baja en las parcelas por escurrimiento.
- La textura de los suelos en los tres estratos mayoritariamente es arcilloso, una menor parte es limoso en los alrededores de los cauces de las quebradas y arenoso en zonas de la parte media, aunque la mayoría es arcilloso, la poca profundidad entre 30 a 60

centímetros y la falta de cobertura vegetal no permitirían el almacenamiento constante de agua en forma natural, es por esto que los suelos en el lugar de almacenamiento, deben revestirse para la implementación de las tecnologías de captación y uso eficiente de agua, con el fin de disminuir las pérdidas de agua por percolación. Por otro lado los suelos arcillosos en el área de captación, son importantes porque se saturan rápidamente y permiten un buen escurrimiento aprovechable para la captación de agua.

- La rugosidad y compactación en los tres estratos se observó en término medio, para las áreas de captación con mayor porcentaje (78%) en la parte media, esto favorece el escurrimiento superficial en el área de captación, ya que disminuye la infiltración proporcionando más escorrentía.
- El uso del suelo es una condición muy importante que tiene relevancia en el escurrimiento y en la infiltración del agua en las áreas de recarga subterránea. Sin embargo en la subcuenca se observa el deterioro ambiental y suelos erosionados debido al conflicto de uso que en adición a la génesis de los suelos muy permeables que no permiten almacenamiento de agua, lo que no favorece la retención de agua para el periodo seco, por lo tanto es necesario identificar áreas para captación de agua superficial.
- Los parámetros de La ubicación de las áreas identificadas, se realizó en base a: cercanía de las áreas a los lugares de aprovechamiento, accesibilidad al lugar, condiciones biofísicas, conocimiento local sobre escurrimiento, disponibilidad de la población beneficiada para la construcción de las obras.
- La accesibilidad a las áreas identificadas puede hacer por trocha y camino en la parte alta y media, el estado de estas es malo y regular, pero accesible de paso a pié, y en vehículo para trabajo de campo. En la parte baja el acceso es por medio de carretera y camino, en estado bueno y regular.
- En el aspecto socioeconómico y organizativo. En la subcuenca hay una presencia de 47 entes representantes de cuatro niveles de organizaciones e instituciones representantes de políticas al nivel nacional en programas: productivo, conservación ambiental, educación, salud y seguridad alimentaría, acciones de ONG nacionales y locales, gobiernos municipales y comité de cuenca con una red por comunidad, al nivel comunitario organizaciones de base y las familias de productores en cada comunidad.

La cogestión de todos estos actores, serán el motor para hacer aprovechable las áreas con potencial de captación de agua en esfuerzo conjunto con los comunitarios.

#### ***4.1.5 Limitantes para el aprovechamiento de las áreas potenciales***

- Falta de conocimiento de los pobladores en la implementación de tecnologías de captación de agua acorde a sus condiciones biofísicas y socioeconómicas del área.
- La captación y almacenamiento de agua dependen de la cantidad de precipitación anual.
- En el sistema SCAPT, al inicio requiere de cierta inversión que podría limitar a implementarlo por si solo a las familias.
- La mayoría de áreas identificadas están ubicadas en terrenos privados, lo que limita las acciones colectivas o comunitarias.
- No hay estudio de suelo para determinar con mayor precisión la caracterización de los suelos y su relación con las condiciones necesarias para implementar alternativas de captación.
- No existen registros de pluviosidad en el área, que permitan determinar con mayor precisión el potencial por cada uno de los estratos.
- El área de techo de las viviendas no tienen las dimensiones apropiadas a la relación de precipitación promedio anual y la demanda de los usuarios, para poder satisfacer dotación óptima en el ciclo anual.
- Falta cultura de uso y manejo eficiente del recurso hídrico, por lo tanto no hay valoración de uso social, económico y ambiental de este recurso.

## **4.2 Resultados y discusión de objetivo No. 2**

### ***4.2.1 Tecnologías alternativas propuestas para la captación y uso eficiente de agua***

A continuación se presentan 17 tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua (Cuadro 33), las cuales fueron identificadas de diferentes experiencias con condiciones biofísicas y socioeconómicas similares a las del área de estudio. Estas tecnologías se propusieron a los comunitarios para seleccionar las más idóneas y aceptables según las características biofísicas, socioeconómicas e intereses de usos del agua de los pobladores.

Cuadro 33. Listado de tecnologías propuestas como alternativas de captación de agua

No.	Tecnología propuesta	Información primaria	Información secundaria
1	Piletas de ladrillo de arcilla y concreto	Subcuenca, Las Sabanas, UNICAM	
2	Mini represas en cárcavas		TROPISEC, Matagalpa
3	Lagunetas con revestimiento de arcilla	Subcuenca, Las Sabanas	TROPISEC, Matagalpa, Experiencias para crecer Vol. 17 No. 3, Dic 2001
4	Lagunetas revestidas con plástico negro	Subcuenca, productor San Dionisio, Matagalpa	TROPISEC. Experiencias para crecer Vol. 17 No. 3, Dic 2001. CIAT, Nicaragua, 2005
5	Diques con sacos de arena y plástico en quebradas	San Dionisio, Matagalpa	CIAT, Nicaragua, 2005
6	Diques de piedra en quebradas y ojos de agua	Cusmapa, Las sabanas, UNICAM	
7	Pozos cisternas	Totogalpa, Cayantú	INPRHU, Somoto ANAFEA, Honduras
8	Zanjas de almacenamiento revestidas con plástico negro		Usos del plástico en la agricultura. FAO 1995
9	Aljibes revestidos con ladrillo de arcilla y concreto	Cusmapa, Totogalpa	INPRHU, Somoto, Un aljibe en Vila-real, Cadafal 1999, España
10	Aljibes revestidos con plástico negro y tapados con plástico		AIDES-WEF, Argentina, premio júnior del agua 2002
11	Captación en ojo de agua con barriles de plástico y derivación	Experiencia en la región de los Santos, Costa Rica	
12	Dique con gaviones y piedra	Somoto, Yalagüina, Nicaragua	
13	Terrazas individuales en árboles frutales o forestales		Manual de captación de agua de lluvia. Experiencias en América Latina. Santiago, Chile, 2000
14	Surcado pre plantación para cultivos básicos		Método de captación de agua de lluvia in situ, CPATSA, Brasil
15	Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techo SCAPT con cisternas mejoradas con malla y hierro	Experiencia local en la Subcuenca, Municipio de Totogalpa.	TROPISEC, INPRHU, somoto, UNATSABAR, Lima, Perú OMS
16	SCAPT con lagunetas o zanjas revestidas con plástico negro	Experiencia local en la subcuenca	Acuicultura y aprovechamiento de agua. INTERNACIONAL CENTER FOR AQUACULTURE
17	Anillos de captación en cerros		Programa agua para siempre, México INTA, Nicaragua

#### 4.2.1.1 Piletas de ladrillo de arcilla y concreto

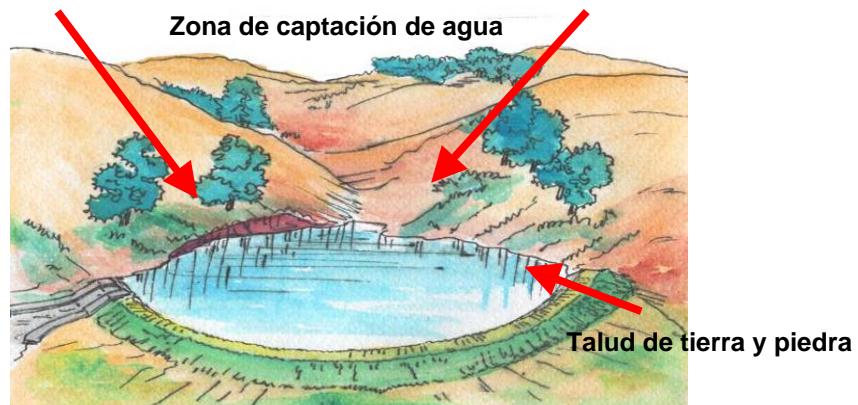
Es un estanque de almacenamiento rectangular o cuadrado con dimensiones de acuerdo a la necesidad del volumen de almacenamiento. Se construye sobre la superficie del suelo, con previa nivelación del suelo. En la base o cimientos tiene piedra sólida con mezcla de arena, cemento y agua. Las paredes se construyen con bloque de arcilla quemada con tamaños aproximados de 8 pulgadas de largo, 4 pulgadas de ancho y 3 pulgadas de alto, estos bloques se fijan uno a otro con mezcla de arena, cemento y agua. Finalizado el levantado de paredes, en el interior se cubren con una mezcla de arena fina y cemento de aproximadamente un 1 cm de grosor, posteriormente se aplica otra mezcla de cemento y agua, para sellar todos los poros y evitar la filtración. (Figura 15).



Figura 15. Piletas de concreto con bloque de arcilla quemado, vista interior

#### 4.2.1.2 Mini represas en cárcavas

Se trata de pequeños almacenadores de aguas de lluvia, contruidos utilizando la forma natural que toman las cárcavas durante su proceso erosivo. Se construyen con un dique de tierra o piedra, para esto se desea que los suelos sean impermeables. Si los suelo son muy permeables que facilitan la rápida infiltración, estos pueden impermeabilizarse, con material local. Se suavizan los taludes y se establece una cubierta vegetal para controlar la erosión. En sus alrededores deben plantarse árboles de sobra para disminuir los porcentajes de evaporación. Los tamaños están en dependencia del potencial de precipitación, característicos del área de captación y de la demanda de agua (Figura 16).



Fuente FRAG-TROPISEC

Figura 16. Mini represas en cárcavas

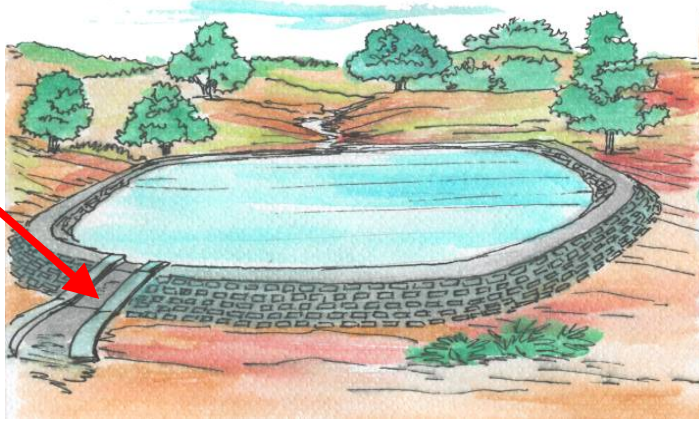
#### 4.2.1.3 Lagunetas con revestimiento de arcilla

Este diseño de captación requiere de suelos con pendientes menores del 5%; son embalses de diferentes tamaños y formas lo cual dependen de la cantidad de precipitación y de topografía del suelo, generalmente están ubicadas en la parte de menor pendiente de la zona con potencial de escurrimiento. Tiene una zona de entrada de agua y una zona de emisión, para el



caso en que rebasara la capacidad de almacenamiento del agua. Para almacenar agua, se interviene en la zona de menor altitud de la pendiente, construyendo un muro compacto a la altura estimada del caudal de diseño de captación. Los usos pueden ser diversos como labores domésticas, riego y abrevadero de ganadería. (Figura 17).

**Zona de salida de agua, por rebalse**



Fuente FRAG-TROPISEC

Figura 17. Laguneta con talud de piedra, arena y cemento

#### 4.2.1.4 Lagunetas revestidas con polietileno o plástico negro

El diseño y construcción son similares a las anteriores; se ubica en la zona más baja del terreno, en áreas con condiciones naturales o se realiza excavación y posteriormente se revisten con polietileno número 1000. Se construyen en suelos muy permeables o de poca profundidad. Puede usarse para el cultivo de peces. Este tipo de laguneta no puede usarse para abrevadero directo de ganado y debe protegerse en su alrededor con un cercado para evitar que el plástico sea perforado y provocar la pérdida de agua por la infiltración (Figura 18).

**Revestimiento con plástico**



Fuente: Stäuble 2005. Las Cuchillas, San Dionisio, Matagalpa

Figura 18. Laguneta revestida con polietileno para cultivo de peces

#### 4.2.1.5 Diques con sacos de arena y plástico en quebradas

Sacos llenos de arena se pueden ubicar a doble filas ubicando el polietileno entre las dos filas de sacos para retener el agua de las quebradas después de las lluvias. Se usan en pendientes de cauces de quebradas menores a 15% y en lugares donde otro tipo de material como piedra o madera es la limitante para construir diques. En donde las corrientes son muy fuertes se recomienda poner los diques en el periodo de las últimas lluvias con ubicación de diques en series (Figura 19).

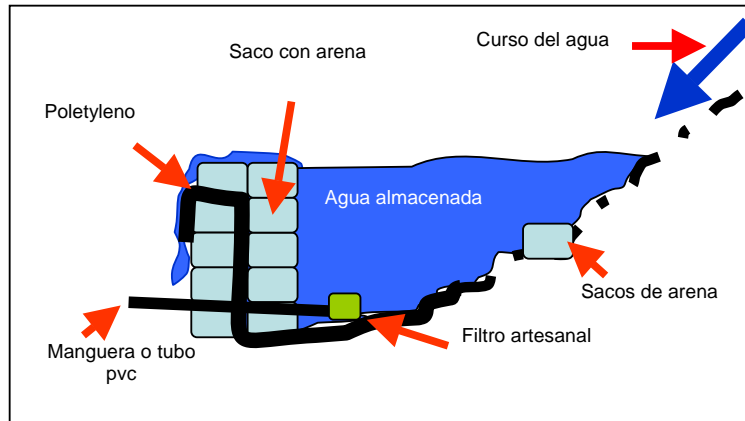


Figura 19. Vista lateral de un dique de sacos con arena y plástico

#### 4.2.1.6 Diques de piedra en quebradas

Son muros de piedra acomodada, una sobre otra, en sentido perpendicular a la pendiente de terreno o curso de las aguas. Para su construcción hay que considerar la selección de la zona con pendientes no mayores a 15 grados. Dependiendo de la longitud de la pendiente debe decidirse si se construirán uno o más diques. Los diques además de permitir la retención de agua, también controlan la pendiente o inclinación del fondo de la cárcava, por lo que se recomienda establecerlos de manera que la altura útil del dique más bajo, coincida con el inicio del dique situado aguas arriba (Figura 20).

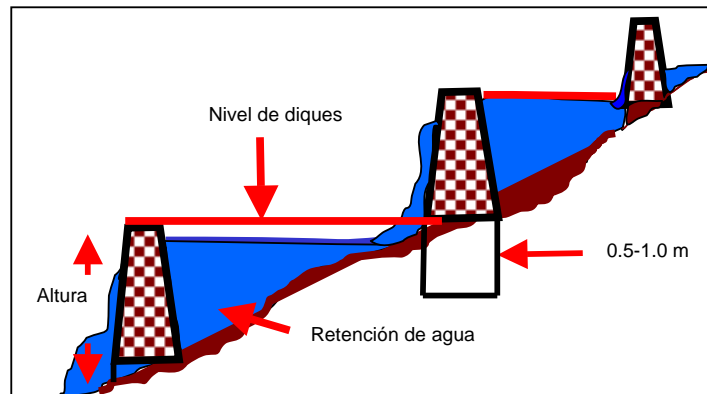


Figura 20. Vista lateral de diques de piedra ubicados según la pendiente



#### 4.2.1.7 Pozos cisternas

Este sistema consiste en un pozo que posee un sistema que minimiza la pérdida del agua por infiltración, puesto que está recubierto por paredes y el fondo del pozo con bloques de arcilla quemado (ladrillo), unido por una mezcla de arena, cemento y agua, una vez pegados los ladrillos se adiciona una capa sobre la parte interna de la pared redondeada una mezcla más fina de arena y cemento, con grosor aproximadamente de 1 cm. Se deja secar por un día y se agrega otra capa más fina solo de cemento, con el objetivo de sellar los poros de la pared y disminuir casi en su totalidad la filtración del agua. las profundidades y diámetro del pozo están en dependencia de la precipitación, área de captación y demanda hídrica para el uso necesario (Figura 21).



Fuente: INPRHU 2006. Cayantú, Totogalpa.

Figura 21. Pozo cisterna construido con bloque de arcilla quemada

#### 4.2.1.8 Zanjas de almacenamiento revestidas con plástico negro

Son excavaciones realizadas en curvas a nivel con profundidades no mayor a 1 m y con paredes en forma de talud, con ángulo de inclinación de 40% con respecto al fondo, con el fin de mejorar la estabilidad del suelo, principalmente en suelos arcillosos. La longitud varía según las necesidades de almacenamiento y tomando en consideración la estabilidad de los suelos. En las partes centrales de la longitud se dejan áreas de descargue con un filtro artesanal adherido a una manguera de polietileno para facilitar la salida de agua por gravedad hacia el área de aprovechamiento. Una vez construidas las zanjas se recubren con plástico preferiblemente de calibre 1000. Las zanjas de almacenamiento pueden taparse con el mismo material plástico o dependiendo del uso final, puede hacerse con material vegetal, lo que ayudaría a disminuir la pérdida de agua por evaporación (Figura 22 y 23).



Figura 22. Excavación de zanja



Figura 23. Zanja de almacenamiento revestida

#### 4.2.1.9 Aljibes revestidos con ladrillo de arcilla y concreto

La palabra aljibe es de origen árabe y significa pozo, consiste en cavar un hueco en el suelo generalmente en la parte más baja, que facilite el escurrimiento hacia el aljibe, las paredes con talud. El tamaño está en correspondencia a la cantidad de precipitación, el área de captación y demanda de agua. En suelos francos arenosos el fondo y las paredes se recubren con material impermeable como ladrillo o bloques de arcilla quemados, unidos con mezcla de arena, cemento y agua. Los aljibes puede tener tapa para mantener la calidad del agua almacenada.

En los aljibes puede almacenarse agua captada de techo de las viviendas, de arroyos, conducida por cañerías hasta el lugar de uso en donde se construye el aljibe. También puede captarse agua de cerros con pendientes pasando primero por desarenadores o sedimentadores para evitar la menor contaminación del agua y garantizar la protección del aljibe (Figura 24).



Fuente: Cadafal 1999, España.

Figura 24. Construcción de aljibe revestido con concreto

#### 4.2.1.10 Aljibes revestidos con polietileno o plástico negro

Es una excavación rectangular con las paredes en forma de talud, con profundidades entre 1,0 m y 1,5 m las dimensiones varían en relación a la cantidad de precipitación, área de captación y demanda de agua. Para los aljibes revestidos con polietileno el suelo debe ser compacto muy estable. La superficie del fondo debe de compactarse y al igual que las paredes no deben quedar madera o piedras que perforen el polietileno. Se debe proteger con un cercado en el entorno para evitar que el plástico sea perforado. Para evitar la pérdida por evaporación se pueden tapar con el mismo material plástico, aunque preferiblemente debe construirse cercano a la sombra de los árboles. (Figura 25 y 26).

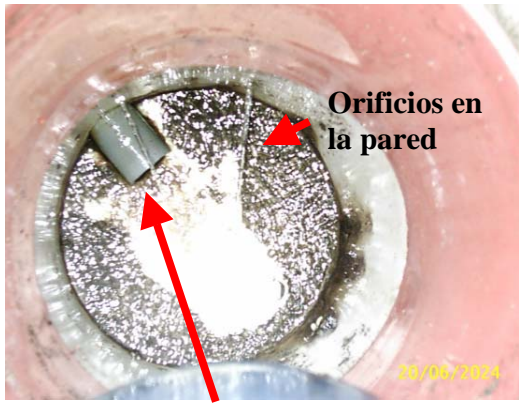


Figura 25. Excavación y base del aljibe      Figura 26. Aljibe revestido con polietileno

#### 4.2.1.11 Captación en manantiales con barriles de plástico

Los manantiales conocidos popularmente como ojos de agua, reventadero o nacientes. Una alternativa de la captación de esta agua mediante el uso de barriles plásticos. Esta tecnología consiste en realizar un pequeño dique de piedra que se unen con mezcla de cemento arena y agua, este dique podrá tener forma triangular, logrando que uno de los ángulos canalice el agua hacia el primer barril de aproximadamente 40 litros, o en dependencia del caudal de la fuente, este se entierra en el suelo a la altura que sea necesario para captar el agua a través de perforaciones realizadas en los laterales del barril. En la parte superior de este primer barril y en el lado opuesto a donde se hacen las perforaciones y un orificio para ubicar un tubo o manguera para la salida del agua hacia otro barril más pequeño de 20 litros, el cual también se entierra en el suelo. De este último barril, se conduce el agua por cañerías hacia donde deseamos derivar el agua. El primer barril tiene función de captación y de sedimentador; el segundo de distribución del agua. Los barriles pueden fijarse al suelo con mezcla de cemento, arena y agua (Figura 27).





Conducto de salida hacia el barril de distribución

Figura 27. Barril de captación



Barril plástico

Figura 28. Barril de distribución

#### 4.2.1.12 Dique con gaviones y piedra

Consisten en un dique construido con material metálico tejido en forma rectangular o de caja, Las presas de gaviones están armadas con una serie de cajones de malla de alambre galvanizado, rellenos de piedras, amarrados unos a otros por lo que tienen gran resistencia para enfrentar corrientes turbulentas. Este trabajo requiere de conocimientos técnicos de ingeniería. A los gaviones se les conoce como represas filtrantes que se establecen en lugares donde un dique de piedra simplemente acomodado puede ser derribado. La condición para construirlos de realizarlos es que halla suficiente piedra cerca al lugar de construcción (Figuras 29 y 30).

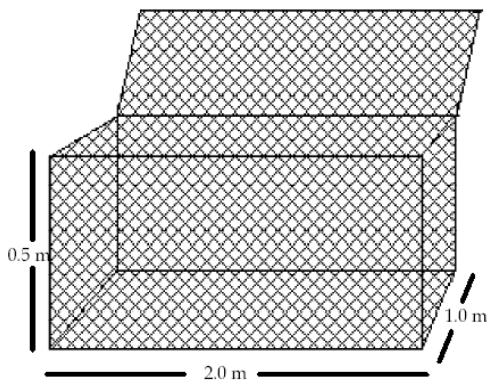


Figura 29. Caja de gavión metálico



Figura 30. Dique con gaviones en quebrada

#### 4.2.1.13 Terrazas individuales en árboles frutales o forestales

Las terrazas individuales en árboles frutales o forestales es uno de los métodos de captación *in situ* del agua de lluvia. Consisten en dedicar una parte del terreno a la escorrentía del agua y otra parte del terreno para almacenar el agua que previamente escurrió. Ambas áreas deben estar acondicionadas para cumplir el objetivo de captación, para lo cual es necesario información sobre algunos factores como la cantidad y distribución de la lluvia en el año, la

capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, las necesidades hídricas del cultivo o de la planta. Es una alternativa muy fácil y accesible a todos los niveles de los productores (Figura 31).



Figura 31. Terraza individual con borde de piedra

#### 4.2.1.14 Surcado preplantación para cultivos básicos

Es un método de captación de agua de lluvia *in situ*. La técnica de captación, a través del surcado en pre-plantación, consiste en una aradura del área y abrir surcos distanciados entre sí 0,75 m o en dependencia de las necesidades hídricas del cultivo. En este sistema, los surcos son realizados utilizando surcadores entre las líneas de siembra y complementadas con el auxilio de azadones manuales, entre las plantas de una misma línea. Esta tecnología se usa para cultivos anuales. La captación de agua de lluvia *in situ* es una técnica simple y accesible a todos los niveles de productores, en vista de que tradicionalmente algunos ya efectúan prácticas de preparación del suelo con arado. La función principal de esta técnica es de complemento de recurso hídrico en la captura del agua necesaria por unidad de planta (Figura 32).

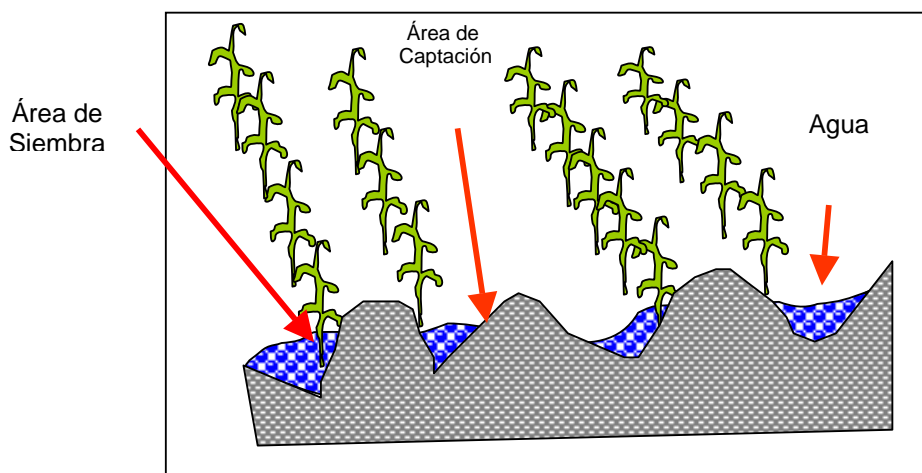


Figura 32. Captación de agua in situ para cultivos anuales

#### 4.2.1.15 SCAPT con cisternas mejoradas con malla y hierro

La captación de agua de lluvia, a través del Sistema SCAPT, es un medio para obtener agua para consumo humano. Este consiste de cuatro elementos;

**Captación;** está formada por el techo de la vivienda. Debe de tener pendientes adecuadas que faciliten el escurrimiento para la recolección del agua de lluvia.

**Recolección y conducción:** recolecta y conduce el agua hacia el estanque de almacenamiento. Está formado por canales de material metal o plástico; también se usan canales de bambú, Estos canales se ubican cercano a la parte baja del techo.

**Interceptor o filtro:** las aguas descargadas pasan primero por el interceptor para evitar el paso de impurezas del techo para minimizar la contaminación del agua almacenada.

**Almacenamiento:** el estanque de almacenamiento puede ser cisterna, pileta, zanja de almacenamiento y laguneta. Esta obra debe garantizar que el agua captada no se filtre y pueda minimizarse pérdidas por evaporación. Se llaman cisternas mejoradas porque en se le agrega en la construcción hierro, malla metálica. Para mantener la calidad del agua deben tener tapadera, principalmente si es para consumo humano. El tamaño del estanque depende de la precipitación, área de captación y demanda de agua por los usuarios de la vivienda (Figura 33).

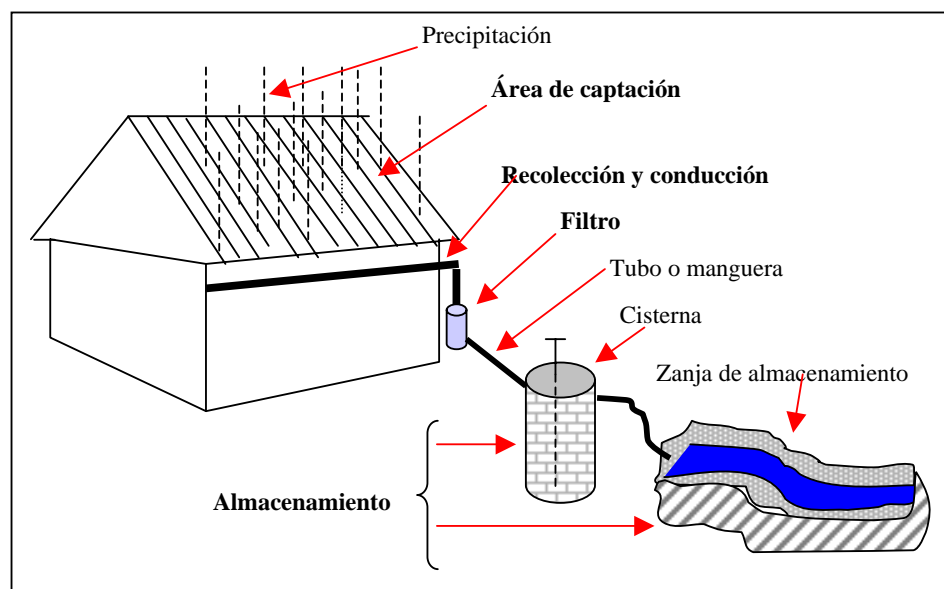


Figura 33. Elementos que componen el sistema SCAPT

#### 4.2.1.15.1 *Ventajas del sistema SCAPT*

- Se minimiza la contaminación del agua
- Alta calidad físico químico del agua
- Sistema independiente y por lo tanto ideal para comunidades dispersas y alejadas
- Empleo de mano de obra y/o materiales locales
- No requiere de energía para operación del sistema
- Fácil de dar mantenimiento
- Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección del agua de lluvia

#### 4.2.1.15.2 *Desventajas del sistema SCAPT*

Algunas desventajas son:

- Costos iniciales pueden impedir la puesta en práctica por familias de escasos recursos económicos
- Cantidad de agua captada depende de la precipitación del lugar y del área de captación
- En el sistema con cisternas es necesario el uso de bombas EMAS lo cual aumenta los costos

#### 4.2.1.16 SCAPT con lagunetas o zanjas revestidas con plástico

En este sistema es similar al anterior, lo que cambia es el elemento del almacenamiento; el agua captada puede para utilizarse para uso de pequeñas áreas de producción o para abrevadero de animales domésticos. Las lagunetas y/o zanjas se revisten con plástico negro. El tamaño depende de la oferta hídrica, el área de captación y las necesidades hídricas (Figura 34).

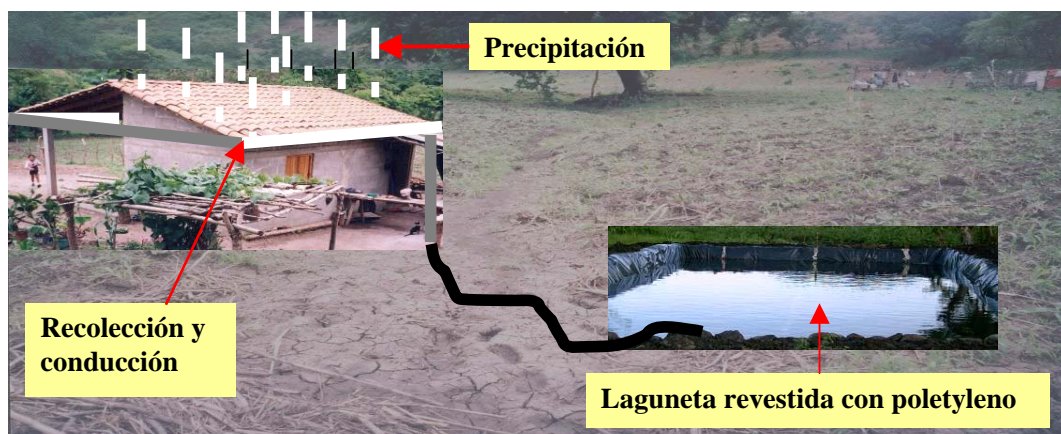


Figura 34. Sistema SCAPT con almacenamiento en laguneta revestidas con plástico



#### 4.2.1.17 Anillos de captación en cerros

Consisten en construir una zanja horizontal con una ligera pendiente bajo la curva de nivel para conducir el agua de lluvia obtenida hacia un punto determinado. La función de los anillos de captación es recoger el escurrimiento de agua de lluvia de los cerros que bordean una cuenca o están dentro de la cuenca. El agua captada en los anillos puede conducirse hasta pequeños embalses para usos productivos, de conservación y recuperación arbórea, también en uso de abrevaderos de animales.

En las pendientes escarpadas de los cerros se pueden iniciar las labores de regeneración ecológica utilizando zanjas trinchera, anillos de captación y reforestación con especies adecuadas con el objetivo de favorecer la formación de suelos mediante la reforestación, reducir la velocidad de escurrimiento de agua de lluvia, disminuir la erosión, propiciar la infiltración hacia el subsuelo, y conducir el agua retenida al lugar deseado dentro de la cuenca (Figura 35).



Fuente INTA. Somoto, Nicaragua

Figura 35. Anillo de captación en cerros

PASOLAC (2000), en la guía técnica de conservación de suelo y aguas (CSA), menciona que en la selección de tecnologías promisorias se deben tener en consideración tres criterios o filtros:

- Filtro uno; las condiciones agroecológicas
- Filtro dos; condiciones de producción en la finca
- Filtro tres; objetivo del productor

Estos criterios pueden ser retomados para la aplicación de tecnologías alternativas de captación de agua en su aplicación por cada finca.



### **Criterios tomados en cuenta para la selección de alternativas**

La identificación y selección de tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua se realizó mediante un proceso participativo en apoyo, colaboración y decisión de los Comité de Cuenca Comunales y con base en los criterios para este objetivo.

Estos criterios fueron concensuados con los mismos Comité, tomando en consideración que las tecnologías más adoptadas son las que permiten la participación efectiva en la toma de decisiones de los usuarios de éstas. Aunque este estudio no tiene como finalidad investigar sobre el proceso de adopción, la acción-investigación de las tecnologías alternativas, ya es parte del proceso por que son las iniciativas que ellos aceptan realizar.

### **4.2.2 Tecnologías identificadas y seleccionadas**

El ejercicio se realizó mediante la aplicación de la matriz de evaluación de soluciones adaptada a la identificación y selección de tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua. Para determinar la selección se realizó con base en la escala de calificación en puntajes y la relación de la condición de aceptación. El objetivo planteado trata de identificar y seleccionar mediante los puntajes obtenidos en relación al 50% superior de la escala de calificación. Esta escala muestra que las tecnologías que obtienen entre cero y ocho puntos no son aceptadas, las que obtienen entre 9 y 24 puntos si son aceptadas (escala 2 y 3) (Cuadro 34).

*Cuadro 34. Escala de calificación para la identificación y selección de tecnologías*

Calificación puntos	Escala	Condición de aceptación
0	0	No
1 a 8	1	No
9 a 16	2	Si
17 a 24	3	Si

Los resultados se obtuvieron del proceso de evaluación de cada tecnología por cada uno de los ocho criterios identificados con base en la escala de calificación. La valoración máxima alcanzó 22 puntos y la valoración mínima 12 puntos; esto indica que todas las tecnologías propuestas, se deben seleccionar a la vez son aceptadas.

La prioridad de orden se asignó en relación a los puntajes obtenidos. La tecnología que alcanzó el mayor puntaje le corresponde la prioridad uno (1) de manera decreciente a las tecnologías que alcanzaron el menor puntaje. Con este razonamiento se obtuvieron ocho órdenes de prioridad para las 17 tecnologías alternativas propuestas. La prioridad de orden indica la ubicación, según el puntaje que logró cada tecnología (Cuadro 35).

Cuadro 35. Resultados de la identificación y selección de tecnologías

No.	Tecnología Alternativa propuestas	Evaluación puntos	Prioridad de orden	Calificación de puntaje	Condición de aceptación
1	Terrazas individuales en árboles frutales o forestales	22	1	17 a 24	Si
2	Surcado preplantación para cultivos básicos	22	1	17 a 24	Si
3	Lagunetas revestidas con polietileno	21	2	17 a 24	Si
4	Piletas de bloque de arcilla quemada (ladrillo)	20	3	17 a 24	Si
5	Diques de piedra en quebradas y ojos de agua	20	3	17 a 24	Si
6	SCAPT con lagunetas o zanjas revestidas con polietileno	20	3	17 a 24	Si
7	Mini represas en cárcavas	20	3	17 a 24	Si
8	Aljibes revestidos con ladrillo de arcilla y concreto	18	4	17 a 24	Si
9	Diques con sacos de arena y plástico en quebradas	18	4	17 a 24	Si
10	SCAPT con cisternas mejoradas adicionando malla y hierro	17	5	17 a 24	Si
11	Zanjas de almacenamiento revestidas con polietileno	17	5	17 a 24	Si
12	Lagunetas con revestimiento de arcilla	16	6	9 a 16	Si
13	Anillos de captación en cerros	16	6	9 a 16	Si
14	Pozos cisternas revestidos	14	7	9 a 16	Si
15	Aljibes revestidos con polietileno y tapados	14	7	9 a 16	Si
16	Captación en manantial con barriles de plástico y derivación	14	7	9 a 16	Si
17	Dique con gaviones y piedra	12	8	9 a 16	Si

#### 4.2.2.1 Priorización de tecnologías alternativas

La identificación y selección de tecnologías alternativas se realizó con la aplicación de la matriz de priorización de tecnologías identificadas y seleccionadas, la cual es una matriz de doble entrada, por lo tanto facilita la comparación de cada tecnología con el resto de tecnologías seleccionadas. Debido a que todas las tecnologías fueron seleccionadas y aceptadas, para este procedimiento se tomaron únicamente las primeras diez tecnologías, correspondientes al rango de calificación comprendido en la escala tres de máxima calificación de puntaje. El resultado se presenta en el Cuadro 36, en la relación a la frecuencia y rango de medición que alcanzó cada tecnología.

Cuadro 36. Frecuencia y rango de priorización de tecnologías alternativas

No.	Tecnología alternativa	Frecuencia	Rango
1	Piletas de ladrillo	9	1
2	SCAPT con cisternas mejoradas	8	2
3	Surcado pre plantación para cultivos básicos	6	3
4	Terrazas individuales en árboles frutales o forestales	5	4
5	Diques de piedra en quebradas y ojos de agua	4	5
6	Aljibes revestidos con ladrillo y concreto	4	5
7	Lagunetas revestidas con polietileno	3	6
8	SCAPT con lagunetas, aljibes o zanjas de almacenamiento revestidas con polietileno.	3	6
9	Diques de sacos de arena y polietileno	2	7
10	Mini represas en cárcavas	1	8

Para el seguimiento y adopción de tecnologías de manejo sostenible de suelos y aguas, PASOLAC (2006) establece un índice de aceptabilidad en relación a la adopción de tecnologías de manejo sostenible de suelos y aguas. Menciona que este índice de aceptabilidad es una herramienta sencilla de seguimiento a las actividades de transferencias que permite conocer los efectos positivos y eventuales, desventajas de las prácticas y tecnologías promovidas mediante las diferentes actividades de transferencia, poco tiempo después de que el productor(a) conozca la tecnología. Así mismo establece que para saber el nivel de adopción de las tecnologías se requiere un proceso guiado por cuatro herramientas:

**Sondeo de índice de aceptabilidad:** se usa para conocer el interés de algunos productores para implementar las prácticas y se recomienda aplicar de 2-4 meses después de realizadas las capacitaciones sobre la tecnología.

**Estudio de aceptación:** sirve para conocer cuántos de los productores atendidos, establecen, mantienen o abandonaron la tecnología. Se recomienda aplicar este estudio durante el proceso de difusión de la tecnología luego de 1-2 años.

**Estudio de adopción:** sirve para conocer cuantos productores de una comunidad o una zona han integrado en su sistema de producción la o las tecnologías promovidas. Se recomienda aplicar este estudio 2-4 años después de haber iniciado el proceso de transferencia de la tecnología.

**Estudio de impacto y evaluación participativa por productores:** sirve para conocer los cambios significativos y sostenibles que se dan por la intervención de un proyecto en un territorio, además conocer la valoración de las diferentes tecnologías por parte de los productores. Se aplica en un periodo aproximado de 3-5 años después de haber iniciado el proceso de transferencia de la tecnología.

*Cuadro 37. Matriz de necesidades y disponibilidad de recursos*

<b>Recurso necesario</b>	<b>Aporte Comunitario</b>	<b>Aporte externo</b>	<b>Existe en el comercio local</b>
RECURSO HUMANO	si	si	
MATERIALES			
Piedra	si		
Arena	no	si	si
Madera	no	si	si
Agua	si		
Cemento	no	si	si
Hierro	no	si	si
Bloque de arcilla (ladrillo)	no	si	si
Poletileno	no	si	si
Botella plástica descartable	si		
Alambre de amarrar hierro	no	si	si
Canal plástico PVC	no	si	si
Tubo PVC	no	si	si
Manguera Poletileno	si	si	si
Bidón Plástico	si	si	si
Pega PVC	no	si	si
Epoximil	no	si	si
Sacos sintético	no	si	si
Manila nylon o de henequén	si	si	si
Malla gavión	no	si	no
Malla metálica delgada	no	si	si
Lámina metálica	no	si	si
Clavos	si	si	si
Grapas metálicas		si	si
HERRAMIENTAS NECESARIAS			
Piocha	si		
Pala	si		
Barra	si		
Martillo	si		
Cinta métrica	si	si	si
Nivel (aparato "A")	si		
Machete	si		
Lienzo (cuerda de nivelación)	si	si	si
Sierra para metal y plástico	si	si	si
Cuchara de albañil	si		
Grifa	si		
Arado	si		
Azadón	si		
Compactador manual	si	si	

### ***4.2.3 Recursos necesarios para la implementación de tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua***

Los recursos materiales necesarios a utilizar deben ser fáciles de encontrar en el mercado local, y en la comunidad o lugar de implementación de las tecnologías de captación y uso eficiente de agua. El aporte de materiales debe unir esfuerzos de usuarios y entes locales que promuevan la cultura de captación de agua, como elemento de hacer sostenible el proceso, a la vez de socializar esfuerzos compartidos con los recursos necesarios Cuadro 37.

### ***4.2.4 Síntesis de la identificación y selección de tecnologías alternativas de captación de agua***

- Se identificaron 17 tecnologías alternativas establecidas en territorios con condiciones biofísicas (suelos semiáridos) y socioeconómicas (pobreza, inseguridad alimentaria) similares a las del área de estudio. Estas tecnologías se presentaron a los Comités Comunales de Cuenca como una propuesta para seleccionar las más idóneas.
- El resultado del proceso fue la selección y aceptación de las 17 tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua. De las tecnologías seleccionadas se realizó una priorización de 10 tecnologías, consideradas las primeras en implementar teniendo en consideración los usos de agua para consumo humano, uso productivo agropecuario y forestal.
- El criterio de aceptación en este estudio está dado en el concepto aprobar cada tecnología con base en el conocimiento local y la relación próxima sobre las áreas de captación identificadas.
- Para el seguimiento de la implementación de las tecnologías de captación de agua desde la aceptación a la adopción debe considerarse como un proceso constante de monitoreo por parte del comité de cuenca en el que puede aplicarse como guía lo establecido por PASOLAC (2006) el cual es un proceso guiado por cuatro herramientas: sondeo de índice de aceptabilidad aplicado entre 2 a 4 meses, estudio de aceptación aplicado entre 1 a 2 años, estudio de adopción aplicado entre 2 a 4 años y Estudio de impacto y evaluación participativa por productores aplicado en un periodo aproximado entre 3 a 5 años.

### **4.3 Resultados y discusión de objetivo No 3.**

#### ***4.3.1 Modelo de un sistema hídrico natural en la subcuenca del río aguas calientes***

Para asociar saberes en forma conjunta con productores, técnicos y comunidades sobre diseños adaptados a métodos de captación y uso eficiente de agua, es necesario comprender de manera integral el comportamiento del agua en un sistema hídrico natural y en el ciclo hidrológico, en relación a las necesidades de agua en la finca y la subcuenca.

##### **4.3.1.1 Definición de sistema hídrico**

El sistema hídrico es un producto social y como tal contiene objetivos concretos que cada sociedad se propone respecto a su relación con la naturaleza y a la de los hombres entre sí. Con la introducción de los objetivos que establece la comunidad, se logra una definición más completa de sistema hídrico: es aquel que está constituido por un conjunto de elementos, partes o componentes que cumplen diversas funciones, en forma simultánea o sucesiva, cuyo resultado final es la obtención del objetivo de adecuación y distribución del agua para posibilitar la vida y la producción de las plantas, los animales y las familias (Morín 1997).

Por ser el sistema hídrico un producto social se hace necesario que los usuarios del recurso hídrico sean conscientes de que la planificación en una cuenca rural donde las actividades socioeconómicas dependen de la disponibilidad de agua, es fundamental la integración de los mismos usuarios en la mejor gestión del recurso, al nivel de finca y de Subcuenca.

##### **4.3.1.2 Ciclo hidrológico**

Se denomina ciclo hidrológico al conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido, gaseoso), como en su forma (agua superficial, agua subterránea entre otras). El ciclo hidrológico es completamente irregular, y es precisamente contra estas irregularidades es que lucha el ser humano, una muestra de ello son los periodos de satisfacción con los requerimientos para diferentes actividades, periodos de sequías y otros de inundaciones (Villón 2004).

Para el caso del área de estudio la irregularidad del ciclo hidrológico está marcada con periodos de sequías, lo cual limita el mejor desempeño de las actividades agropecuarias y la disponibilidad de agua para consumo humano. Sin embargo es importante considerar el

conocimiento de la población sobre esta situación y como se muestra esta dinámica del ciclo hidrológico a nivel de subcuenca y de finca, para diseñar las mejores alternativas de captación de agua en conjunto con los usuarios.

### 4.3.2 Dinámica del ciclo hidrológico en la subcuenca

En el sistema hidrológico en la subcuenca es un paisaje que posee una montaña, manantiales, u ojos de agua, que bajan de ella hacia una quebrada o riachuelo que a su vez en periodo de lluvia es afluente de otro quebrada, hasta llegar el agua a un río más grande, llamado río Coco.

También en este entorno están las nubes, la lluvia y el sol. Cuando llueve sobre esta unidad hidrológica, una parte del agua escurre superficialmente hacia las cárcavas, quebradas y lagunas. Otra parte se infiltra, humedeciendo los suelos o recargando los acuíferos.

Por efecto del sol y de la fisiología de las plantas el agua vuelve a la atmósfera, por evaporación desde la superficie del suelo y espejos de agua, o por la evapotranspiración desde las plantas (Figura 36).

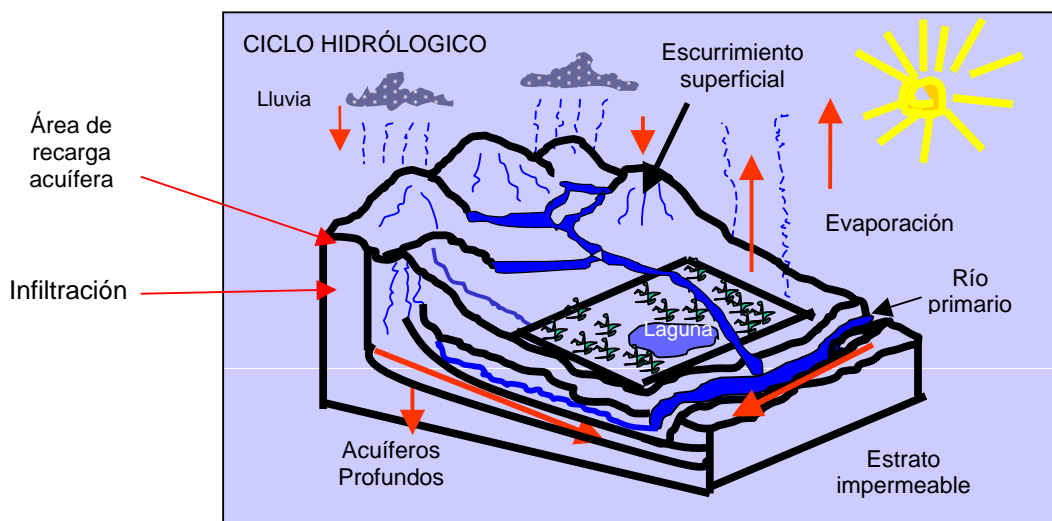


Figura 36. Modelo de un sistema hídrico natural en la subcuenca Aguas calientes

#### 4.3.2.1 Identificación del ciclo hidrológico de la subcuenca

Primero se estableció los límites del modelo que en representación gráfica se ha tomado una parte del paisaje en superficie rectangular con vista tridimensional. La profundidad que es como el piso del nivel freático. También se incluyen los acuíferos profundos como otro elemento que aporta agua en la subcuenca.

Ahora veremos las entradas y salidas de agua del modelo delimitado:

**Entradas:**

- Agua de lluvia que cae sobre el rectángulo representativo de la subcuenca.
- Escurrimiento superficial que baja de las laderas de los cerros.
- Red hídrica de nivel primario, secundarios y terciarios
- Agua subterránea que ingresa por las perforaciones tanto en los mantos acuíferos superficiales y los profundos.

**Salidas:**

- La red hídrica de nivel secundario y terciario que son afluentes de la quebrada o río principal que en la subcuenca es la quebrada de Aguas Calientes, que actúa como colector principal de las aguas de la subcuenca.
- La evaporación desde las quebradas, lagunas y desde los suelos desnudos.
- La evapotranspiración desde los suelos con vegetación.
- El escurrimiento de agua subterránea que sale fuera de la subcuenca.

Para comprender de forma más específica el sistema hídrico se ha representado a nivel de finca en dos tipos o modelos de finca que existen en la subcuenca, una que producen solo con agua de lluvia y otra que tienen opción de riego.

### ***4.3.3 Sistema hídrico modelo de una finca que producen únicamente con agua de lluvia***

Esta es un tipo de finca en donde su único aporte de agua para producción es la lluvia, para esto se representa en modelo gráfico de los distintos espacios que comúnmente se encuentran. En el gráfico se muestran los distintos espacios utilizados con cultivos, pastos naturales, tierras labradas, suelos desnudos, corrales y vivienda.

De igual manera se han marcado los lugares de ingreso del escurrimiento superficial, el curso que siguen estas aguas y hacia donde drenan. Se representa un estanque, una cisterna que acumula el agua del techo de la vivienda y la letrina.

También se representa el agua subterránea del acuífero freático por que en algunas fincas hay pozos y es utilizada para labores domésticas. A la vez por ser una oferta hídrica natural que



puede ser aprovechada en ciertas zonas de la subcuenca. En profundidad el límite está dado, como en el caso anterior, por el estrato impermeable que hace de piso del acuífero (Figura 37).

Entradas y salidas de agua en este modelo de sistema hídrico:

**Entradas:**

- Agua de lluvia.
- Esguerrimiento superficial proveniente de otras fincas
- Agua subterránea que circula dentro del acuífero

**Salidas:**

- Esguerrimiento superficial de las aguas de lluvia, que pueden estar provocando erosión
- Evaporación y evapotranspiración desde el estanque y los suelos con vegetación
- Esguerrimiento subterráneo

Para representar el modelo del sistema hídrico se ha utilizado la misma forma que en el sistema natural, se agrega que el destino principal del agua:

- Para la familia;
- Para los animales; y
- Para los vegetales, sean cultivos o pastos naturales.

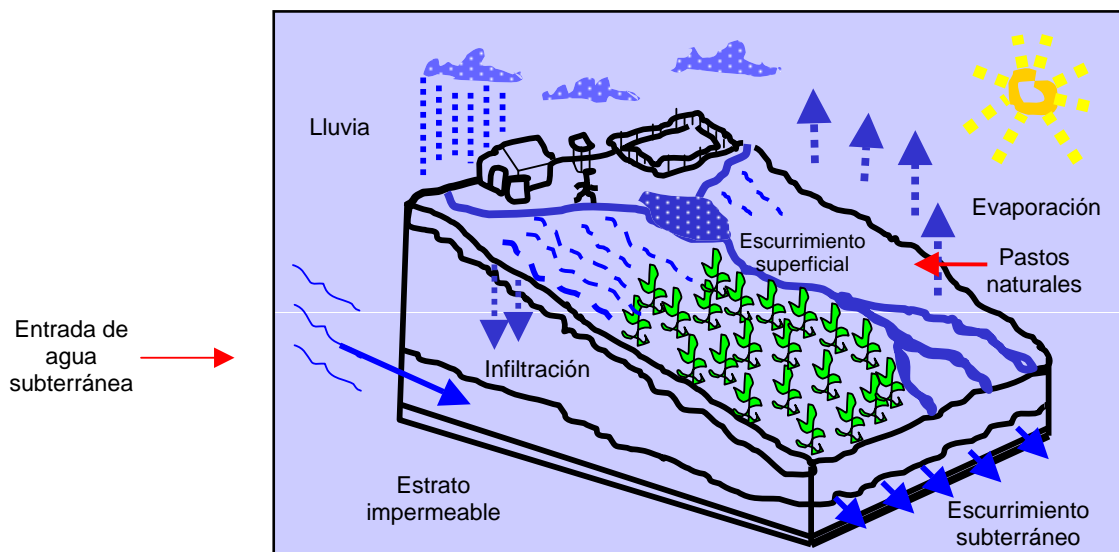


Figura 37. Modelo de sistema hídrico en una finca con cultivos de lluvia

#### **4.3.4 Modelo de sistema hídrico en finca con producción de riego**

Representación de una finca que además del agua de lluvia en periodo lluvioso, también tiene sistema de riego para producir. Aunque las lluvias son muy escasas para satisfacer las

necesidades de crecimiento de los cultivos, se puede realizar riegos complementarios para mejorar las cosechas. Otra oportunidad es cultivar en periodo seco con sistemas de riego pleno.

Para satisfacer las necesidades de la familia, los animales y los cultivos, se aprovecha el agua subterránea con el uso de pozo con riego en canales por gravedad Figura 38.

#### Entradas:

- Agua de lluvia, escasa (sólo permite el crecimiento de cierto periodo de los cultivos)
- Agua de escorrentía superficial que proviene de otras fincas de las partes más altas
- Agua superficial que proviene de quebradas y se usa para micro riego
- Agua subterránea de acuífero freático

#### Salidas:

- Evaporación desde los suelos desnudos o charcos de agua
- Evapotranspiración de las plantas
- Escurrimiento superficial, en el momento de las lluvias
- Escurrimiento por exceso de las aguas de riego por gravedad
- Escurrimiento subterráneo

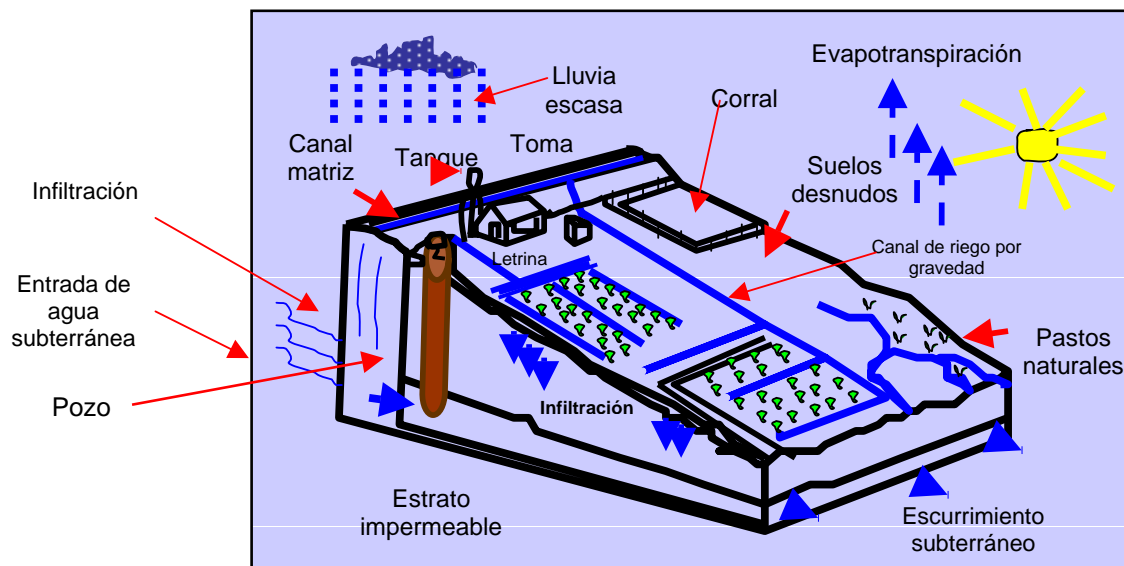


Figura 38. Modelo de sistema hídrico en una finca con sistema de riego

#### 4.3.5 Gestión del agua de las familias en la subcuenca

Las familias resuelven sus necesidades de agua con tres alternativas:

- Se obtiene el 0,83% de agua de lluvia captado en los techos de la vivienda y almacenada en cisternas y pilas de concreto
- Transportan agua en forma manual, desde puestos públicos (pozos o redes potables) comunitarios que se abastecen de acuíferos subterráneos
- Trasladan agua desde manantiales a sus viviendas por medio de redes privadas, para esto hacen uso de mangueras de polietileno para trasladar el agua hasta con distancias de 800 y 1000 metros (únicamente en la parte alta de la subcuenca)

#### ***4.3.6 Dinámica del comportamiento de la evaporación en la subcuenca del río aguas calientes***

**Evaporación:** es uno de los factores importantes en el ciclo hidrológico. Villón (2004), indica que es una etapa permanente del ciclo, hay evaporación en todo momento y en toda superficie húmeda. Se considera un fenómeno meramente físico, así la evaporación es el paso del agua del estado líquido al estado gaseoso.

**Transpiración:** es otra evaporación provocada por la actividad de las plantas. Junto con esta se forma la evaporación total que es igual a evapotranspiración está constituida por las pérdidas totales, de la evaporación de la superficies evaporante del suelo y el agua más la transpiración de las plantas (Villón 2004).

El término de **evapotranspiración potencial** fue introducido por Thornthwaite, se define como la pérdida de total de agua que ocurriría si en ningún momento existiera deficiencia de agua en el suelo para el uso de la vegetación.

La evaporación en la subcuenca se ha calculado con el método de Thornthwaite; este método requiere los datos de temperatura medias mensuales y se realizó con la ayuda del programa Hydroesta; con el que se obtuvieron los siguientes resultados:

La evaporación real en el sistema hídrico de la subcuenca es de **1.123 mm/año**. El mes con mayor evaporación es el mes de mayo con 133 mm/mes lo cual coincide con el periodo de inicio de las lluvias. El Cuadro 38, se muestra los datos mensuales de evapotranspiración.

Cuadro 38. Resultados de estimación de evapotranspiración para la subcuenca del río Aguas Calientes

Método de Thornthwaite:

Mes	Temperatura	Índice	ETo	Factor f	ETr mensual	ETr diaria (mm)
Ene	22,0	9,42	78,6	0,97	<b>76,3</b>	2,46
Feb	23,0	10,07	89,6	0,91	<b>81,5</b>	2,91
Mar	25,0	11,43	114,4	1,03	<b>117,9</b>	3,80
Abr	26,0	12,13	128,4	1,04	<b>133,5</b>	4,45
May	26,0	12,13	128,4	1,11	<b>142,5</b>	4,60
Jun	24,0	10,75	101,5	1,08	<b>109,6</b>	3,66
Jul	24,0	10,75	101,5	1,12	<b>113,7</b>	3,67
Ago	24,0	10,75	101,5	1,08	<b>109,6</b>	3,54
Set	24,0	10,75	101,5	1,02	<b>103,5</b>	3,45
Oct	23,0	10,07	89,6	1,01	<b>90,5</b>	2,92
Nov	23,0	10,07	89,6	0,95	<b>85,1</b>	2,84
Dic	22,0	9,42	78,6	0,97	<b>76,3</b>	2,46

Índice térmico anual (I) = 127,7864

Exponente (a) = 2,93204

En la Figura 39 se observa el comportamiento de la gráfica de evapotranspiración real de forma ascendente en los primeros cinco meses del año, cuando las precipitaciones son menores, hasta alcanzar sus máximos valores en el mes de mayo. Desciende en el mes de mayor precipitación promedio que es junio, y de manera gradual, durante el periodo de lluvia descende hasta los niveles iniciales del mismo año, es decir el mes de enero y diciembre tienen iguales niveles de incidencia en el ciclo hidrológico.

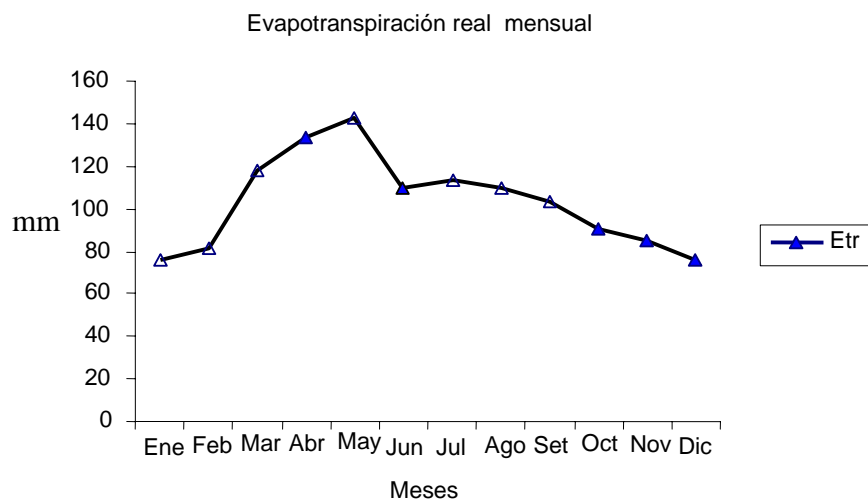


Figura 39. Evapotranspiración real en la subcuenca del río Aguas Calientes

### 4.3.7 Balance hídrico climático en la subcuenca del río Aguas Calientes.

Conocer sobre el balance hídrico en una cuenca es muy importante para saber sobre el potencial de recurso hídrico que se dispone para las actividades agropecuarias y forestales, característico de la subcuenca en estudio.

El balance hídrico calculado por el método de Thornthwaite, toma como elemento principal las temperaturas medias mensuales en relación a la aproximación de latitud de ubicación del área de estudio, la evapotranspiración y la precipitación, en base a estos elementos se muestra los datos en el Cuadro 39. Únicamente en los meses de junio, septiembre y octubre son los meses con suficiencia de agua con una acumulación anual de 147,19 mm/año lo cual muestra que en estos meses es cuando existe potencialmente mayor disponibilidad de agua para el sistema ecológico de la subcuenca. Además son los meses de mayor potencial de captación de agua superficial y de almacenamiento, aunque en relación al periodo lluvioso, y la captación de agua se da entre los meses de mayo a noviembre.

Castellón (2004) encontró que los meses enero, febrero, marzo y abril presentan déficit o sequía con el presente estudio se muestra que a este déficit se agrega el mes de mayo, aunque con una diferencia mínima de -0,54 mm/mes. De manera que el periodo crítico en donde no se satisface la evapotranspiración y por ende las reservas de agua bajan su nivel se presenta en los primeros cinco meses del año (enero a mayo).

Cuadro 39. Resultado del cálculo del balance hídrico, método de Thornthwaite

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
T (°C)	22,0	23,0	25,0	26,0	26,0	24,0	24,0	24,0	24,0	23,0	23,0	22,0
i	9,423	10,079	11,435	12,135	12,135	10,75	10,75	10,75	10,75	10,079	10,079	9,423
ETosc (mm)	78,6	89,6	114,4	128,4	128,4	101,5	101,5	101,5	101,5	89,6	89,6	78,6
Fac. Corrección	0,97	0,91	1,03	1,04	1,11	1,08	1,12	1,08	1,02	1,01	0,95	0,97
<b>ETr (mm)</b>	<b>76,3</b>	<b>81,5</b>	<b>117,9</b>	<b>133,5</b>	<b>142,5</b>	<b>109,6</b>	<b>113,7</b>	<b>109,6</b>	<b>103,5</b>	<b>90,5</b>	<b>85,1</b>	<b>76,3</b>
P (mm)	3,0	3,0	11,0	25,0	142,0	166,0	90,0	92,0	147,0	138,0	33,0	9,0
<b>P-e (mm)</b>	<b>-73,3</b>	<b>-78,5</b>	<b>-106,9</b>	<b>-108,5</b>	<b>-0,5</b>	<b>56,3</b>	<b>-23,7</b>	<b>-17,6</b>	<b>43,4</b>	<b>47,4</b>	<b>-52,1</b>	<b>-67,3</b>

Exponente (a) = 2,93204

Índice de calor anual (I) = 127,79

En la Figura 40 se observa la curva del balance hídrico con una dinámica ondulante sobre la línea horizontal del cero, esta contiene resultados positivos y negativos. El resultado de la curva del balance hídrico es la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración. La curva muestra que los meses de julio y agosto existe un periodo con déficit hídrico de -41 mm acumulados en los dos meses, Gómez (2003) expresa que este periodo denominado de canícula o periodo seco coincide con los periodos fenológicos de floración y fructificación en los cultivos granos básicos. Por lo tanto se trata de que el agua captada desde inicio del mes de mayo hasta inicios de julio (potencialmente 398 mm que se pueden captar) se puedan usar para completar las necesidades de agua en estos cultivos o en los de interés del productor, con la aplicación de riegos complementarios. Así mismo el caso de el periodo a finales del mes de noviembre, con las precipitaciones acumuladas de los meses de finales de agosto hasta noviembre (potencialmente 358 mm) pueden ser usados con riegos complementarios en la etapa de fructificación de algunos cultivos.

Para el caso de cultivos frutales, se puede captar agua desde el mes de mayo hasta el mes de noviembre e iniciar los riegos complementarios y completos este mismo mes, según el comportamiento de la precipitación. Por lo tanto los datos demuestran que la subcuenca del río Aguas Calientes es un territorio con alto déficit hídrico, con sequías continuas, lo cual induce a que el sistema ecológico se deteriora cada año, volviendo más vulnerable a la población asentada en la zona. Es por esto la necesidad de encontrar alternativas que permitan mejorar la disponibilidad de agua y hacer un uso eficiente del recurso.

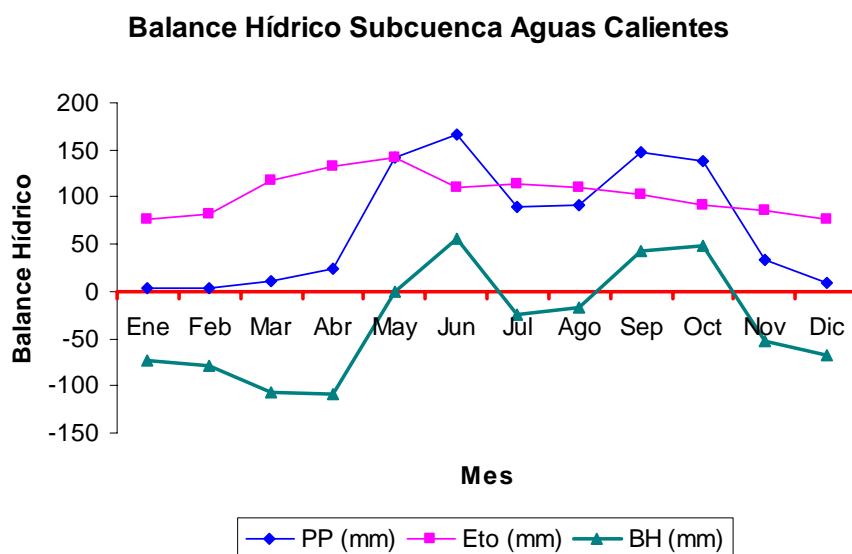


Figura 40. Gráfica del Balance hídrico de la subcuenca Aguas Calientes

### **4.3.8 Clasificación de los sistemas hídricos**

Según Morín (1997); cada sociedad establece una relación singular con la naturaleza y entre sus integrantes. Hay ambientes más o menos propicios al desenvolvimiento de la vida, la producción y reproducción de las comunidades. Esto permite una clasificación de los sistemas hídricos que se generan socialmente y en consecuencia culturalmente para convivir en los distintos ambientes que ocupa el hombre. Siguiendo este razonamiento se perciben tres tipos de sistemas hídricos:

#### **- Sistemas hídricos de adaptación de la demanda o de uso directo**

Son sistemas en que no se requiere mayor intervención del hombre, para modificar el ciclo natural del agua. La demanda de agua está ajustada a la oferta natural existente. En esta adaptación puede ocurrir por un amplio conocimiento de la oferta y sus características o porque los requerimientos son ampliamente satisfechos por la naturaleza. El modo de vida y producción de la sociedad está adaptado a la oferta natural. Aquí hay un ajuste de la demanda a la oferta natural. Por ejemplo: cultivos de lluvia, abrevadero de animal en las propias fuentes, recolección de frutos naturales, caza y pesca.

#### **- Sistemas hídricos de adaptación de la oferta o de producción de agua**

En estos sistemas, existe una acción específica del hombre sobre el ciclo natural del agua que permite transformar el recurso en un "insumo" productivo o vital. Esta acción mejora, modifica o complementa la oferta hídrica natural para posibilitar el desenvolvimiento de la vida y la producción de la comunidad. Por ejemplo: canales para riego de cultivos, piscicultura, acueductos y plantas de tratamiento para agua potable. La intervención del ser humano se dirige principalmente a modificar la oferta natural. La demanda social de regulación del ciclo del agua es significativa.

#### **- Sistemas hídricos de adaptación de la demanda y la oferta**

Son sistemas donde existen conjuntos de acciones específicas del hombre que modifican tanto las ofertas como las demandas. Las intervenciones de la población son significativas, tanto en la modificación de las ofertas naturales, como en la modificación de las demandas. La demanda social de regulación requiere modificar ambos términos demanda y oferta con el fin de lograr el ajuste. Requieren mayor complejidad para la aplicación de técnicas físicas, biológicas y organizativas.

La comparación de las características del sistema hídrico de la subcuenca del río Aguas Calientes, a los criterios de estos tres grandes grupos presentados, encontramos que se

asemeja a los criterios del tipo de sistema hídricos de adaptación de la demanda y la oferta. La similitud se da debido, a que la demanda de agua de índole humano, vegetal y animal, debe ajustarse al déficit hídrico presentado en el balance hídrico, a la vez de hacer ajustes en la oferta para un uso más eficiente de agua. Esto no será posible sin el involucramiento de todos los entes usuarios y los que promueven el bienestar comunitario en el territorio de la subcuenca y sus alrededores, con la aplicación de estrategias de tecnologías de captación de agua.

#### **4.3.9 Criterios de diseño de tecnologías de captación de agua**

Cada una de las diez tecnologías alternativas seleccionadas se pasó a prueba de los criterios planteados como base de condición para la determinación y elaboración de los diseños para cada tecnología identificada y seleccionada, así se realizó con cada una de las siguientes:

##### **4.3.9.1 Piletas de ladrillo de arcilla y concreto**

Las piletas se construyen usando mampostería de hierro en los cimientos, pilares y viga de corona, sin embargo para dimensiones de tres metros de largo, 2 m de ancho y 1 m de profundidad, y el lugar de construcción del terreno muy firme, no será necesario el uso de hierro únicamente los ladrillos o bloques de arcilla quemada con concreto (mezcla de cemento, arena y agua). Se recomienda que si este tipo de estanque es para uso de consumo humano debe tener una cubierta superior para evitar la contaminación del agua, a la vez que disminuye los efectos de la evaporación.

Entre los elementos básicos de la estructura para la construcción son: tubo de entrada de agua, el revestimiento fino por dentro para evitar las filtraciones de agua, el tubo de descargue o salida del agua, la cubierta superior con ventana de mantenimiento para la limpieza y reparaciones a la pileta (Figura 41).

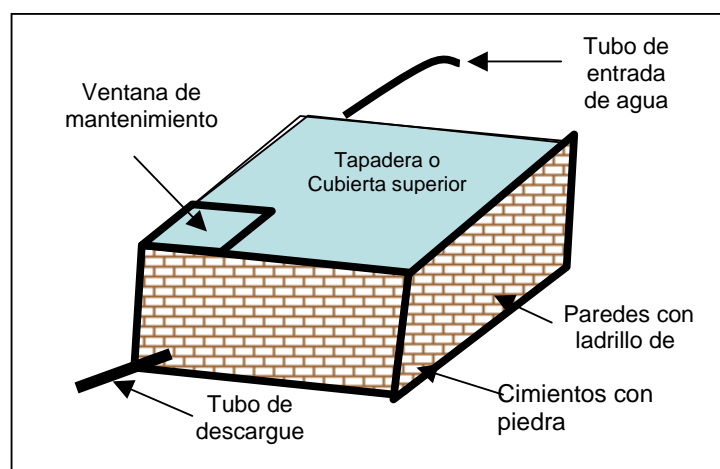


Figura 41. Partes principales de pila de almacenamiento de agua



#### 4.3.9.2 SCAPT con cisterna mejorada

**Área de captación en el techo de la vivienda:** debe tener un ángulo de inclinación sin ondulaciones intermedias, que permita el escurrimiento de agua hacia los extremos más bajo del techo. En la subcuenca los dos tipos de materiales usados para techo: teja de barro y metálico, tienen costos similares en proporción de uso de materiales. El material metálico facilita el escurrimiento y los extremos del techo permiten una mejor captación. El techo de teja de barro es más pesada y muchas veces los extremos más bajos del techo quedan desuniformes, lo que permite pérdida de agua, pero es más fácil de reparar.

**Área de recolección y conducción:** consisten en canaletas que se ubica en los extremos más bajos del techo y se adhieren con varilla metálica, grapas y alambre. Debe quedar firme, que soporte el volumen de agua captada, evitar las pérdidas de agua en los empalmes de los canales (Figura 43). Los materiales usados deben livianos, duraderos, comúnmente los más usados son; metálicos y plásticos (Figura 42). Los costos entre estos dos tipos de materiales son similares. Los canales de plástico (PVC) tienen mayor capacidad, uniformidad y garantiza menores pérdidas de agua. Además no contiene sustancias contaminantes, que pudieran ocurrir con el metal al corroerse. Las uniones de los extremos de los canales se ajustan fácilmente lo que no permite pérdidas de agua, no así en el caso del canal metálico.



Figura 42. Canaleta plástico instalado

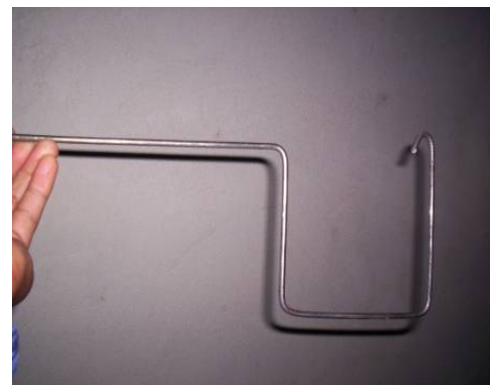


Figura 43. Soporte de canaleta metálico

**Filtro:** regularmente el filtro se ha construido de cemento y metal, en una técnica denominada ferro-cemento (experiencia TROPISSEC). Por razones económicas y por facilidad de traslado el material a las comunidades se considera que puede realizarse con bidón plástico, con capacidad de 20 litros. El filtro debe tener una capacidad de un litro por cada metro cuadrado de captación en techo. Si el área de captación del techo es de 40 m<sup>2</sup> a 50 m<sup>2</sup> se unen en forma vertical dos bidones de 20 litros. En el fondo del bidón, un tubo de dos pulgadas atraviesa el

fondo interno del bidón; la parte interna se agujerea con diámetro de cinco milímetros, se ubica un tapón plástico PVC de dos pulgadas en el extremo dentro del bidón porque el otro extremo de este tubo es la salida del agua filtrada hacia la cisterna (Figura 44).



Figura 44. Filtro agujereado



Figura 45. Filtro instalado

**Almacenamiento:** con el uso de las cisternas integradas al sistema SCAPT, se deben tomar en consideración la estabilidad de suelo ya que la experiencia en la subcuenca es que filtran agua a través de aberturas, debido a la expansión de la arcilla o por derrumbes en suelos de poca estabilidad, como suelos arenosos.

Por lo tanto la orientación es construir cisternas mejoradas, que consiste en cavar un hueco en forma de cono para darle más estabilidad a las paredes con forma de talud. Las paredes de este hueco se adhieren una estructura metálica con malla ciclón y varilla de hierro de un cuarto de pulgada, la cual se adhiere a las paredes del hueco cavado con grapas metálicas de las mismas varillas. Posteriormente se realiza la aplicación de la mezcla de cemento con arena y agua (Figura 46). La bomba EMA (técnica propuesta en la zona por TROPISSEC) sirve para la extracción del agua de la cisterna. Si el agua captada es para consumo humano es necesario hacer un tratamiento de calidad con las proporciones de cloro más apropiadas para la salud humana, según las recomendaciones del Ministerio de Salud.

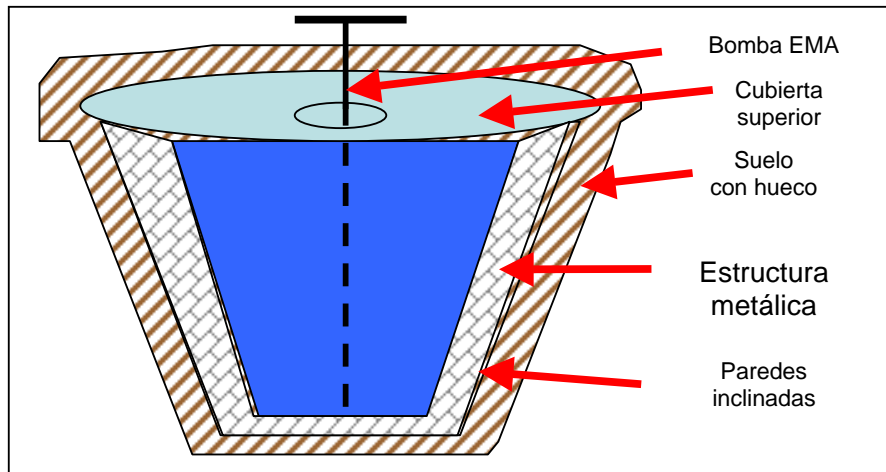


Figura 46. Estructura de una cisterna mejorada

El gráfico siguiente muestra todo el sistema SCAPT con todos sus elementos Figura 47.

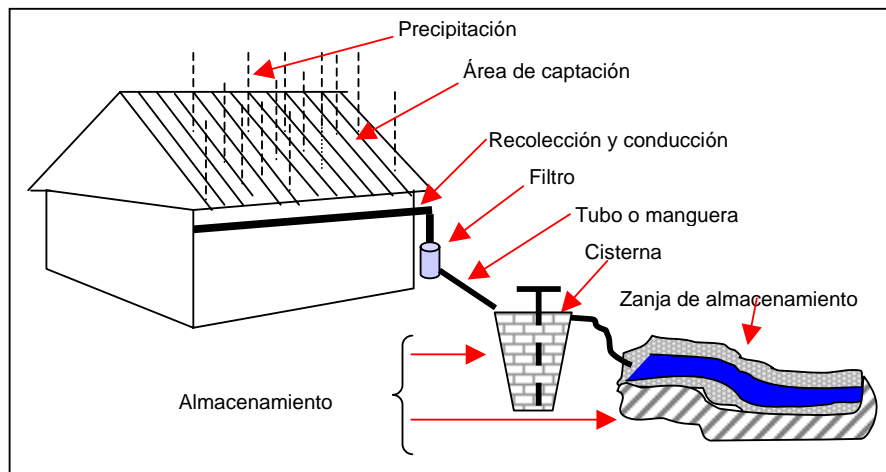


Figura 47. SCAPT con cisternas mejoradas y zanja de almacenamiento

#### 4.3.9.3 Surcado pre plantación para cultivos básicos

Es una tecnología de captación de agua *in situ*, aplicada para cultivos anuales. Es muy económico por que no se invierte en trasladar el agua del área de captación al almacenamiento, sino que está en el mismo lugar. La función principal es hacer proporcional el área de captación a las necesidades hídricas del cultivo (Figura 48).

Esta tecnología se aplica en terrenos planos, y trata de orientarse a formar dos áreas, una área de captación que es la misma que de almacenamiento y la otra de siembra. El suelo se laborea en curvas a nivel, con el mismo implemento de arar y con tracción animal; las áreas de captación pueden moldearse con azadón (Anaya et ál 1994).

Según Veenhuizen (1998), la micro captación *in situ* del agua de lluvia se diferencia de la captación general, básicamente en tres aspectos:

- Porque el sistema de captación se realiza exclusivamente para emplearlo en cultivos básicos, forrajeros, industriales, vegetación nativa, árboles, arbustos y frutales.
- Porque el área de escorrentía, está formada por micro captaciones que aportan cantidades adicionales de agua y no tienen que conducirla a grandes distancias, ya que dicha área está adyacente al área destinada al almacenamiento.
- Porque el área de almacenamiento incluye el mismo suelo, en el cual se desarrollan las raíces de los cultivos.

Con estas consideraciones, es importante buscar la manera como:

- Aumentar la eficiencia en la escorrentía del área de escurrimiento, es decir, que escurra más agua para que aumente el volumen que llega al área de almacenamiento.
- Aumentar la capacidad de retención de humedad del suelo, para que almacene mayor cantidad de agua aprovechable en la zona de raíces.
- Reducir las pérdidas del agua aprovechable que ha sido almacenada en el suelo, sean éstas, pérdidas por evaporación del propio suelo o por transpiración de plantas indeseables.

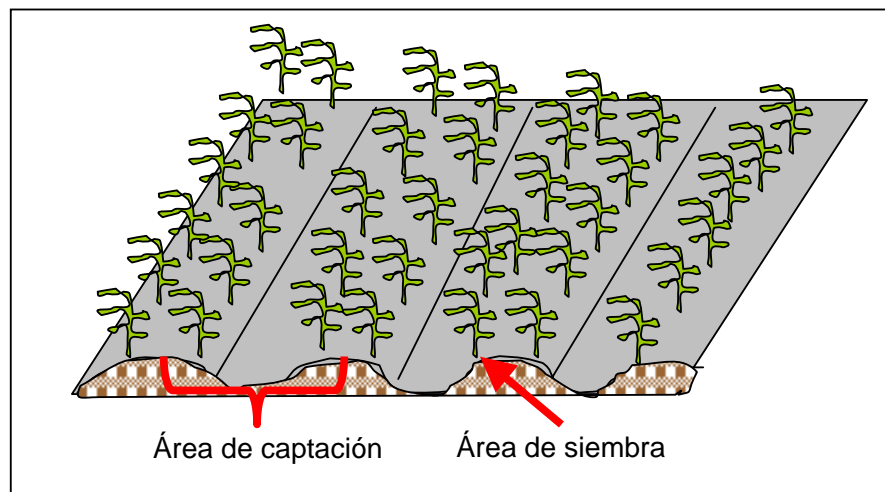


Figura 48. Surcado preplantación para cultivos anuales

#### 4.3.9.4 Terrazas individuales en árboles frutales o forestales

Es una técnica de captación de agua *in situ* usada para cultivos perennes. En esta se construyen dos áreas una de captación y la otra de siembra. El área de captación debe tener desnivel desde el borde externo hacia el área de siembra. Las dimensiones del área de

captación dependen de las necesidades hídricas de cada planta y la relación de la precipitación (Anaya et ál 1994). No requiere mayores inversiones y se realizan con el material local, puede ser solo con tierra y con piedra en los bordes exteriores (Figura 49).

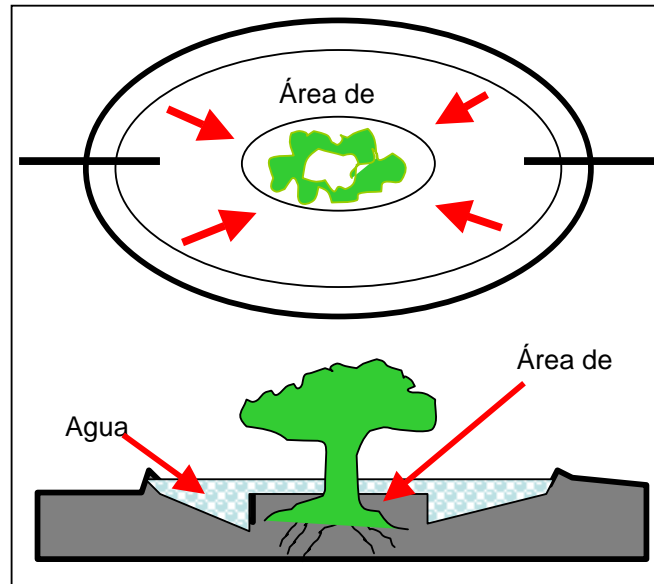


Figura 49. Terraza individual en cultivos perennes

#### 4.3.9.5 Diques de piedra en quebradas y cárcavas

En el diseño de los diques se tendrá en cuenta la pendiente, la que no debe ser mayor a 15%. En terrenos muy inclinados se corre el riesgo de que los diques sean arrastrados por las corrientes. Cuando se realizan en quebradas en serie, la distancia se saca con el nivel del último dique construido, iniciando la construcción de abajo hacia arriba. Es una forma práctica de disminuir la fuerza del agua sobre cada dique, de manera que la parte superior del primer dique debe coincidir en nivel con el inicio del siguiente, ubicado en la parte arriba (Figura 50).

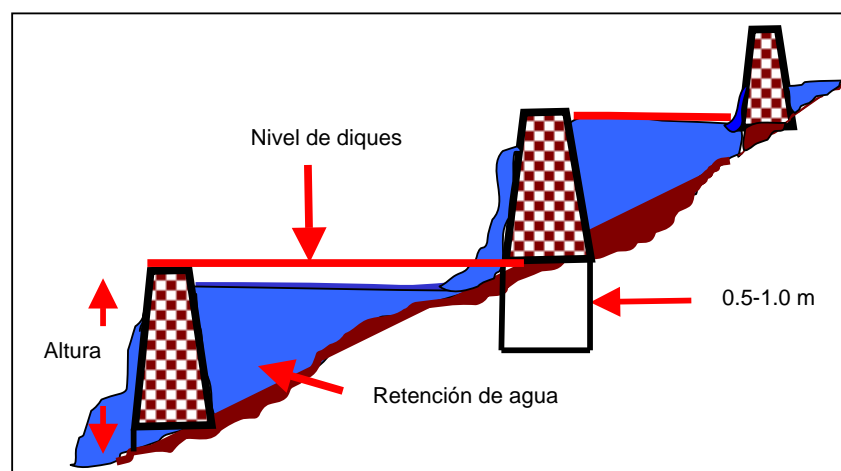


Figura 50. Diques de piedra en serie en quebradas o cárcavas

Cada dique construido solo con piedra sobrepuesta, tendrá un máximo de altura de hasta 1,0 m. La base de cada dique se profundiza entre 0,5 m y 1,0 m. Los diques tendrán en la parte superior un vertedero para que pueda salir el agua de rebase hacia el dique siguiente, en el sentido de arriba hacia abajo (Figura 51).

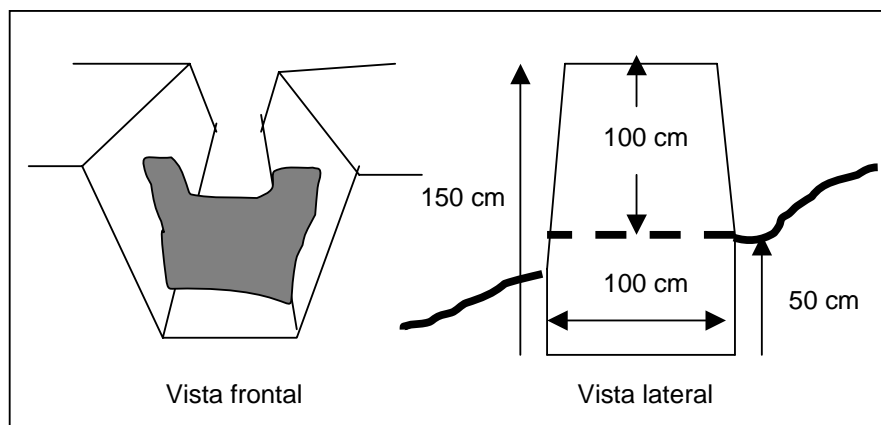


Figura 51. Vista frontal y lateral de dique de piedra con dimensiones proporcionales

La función principal de estos diques es de retención de agua, de esta manera estos disminuyen la velocidad de escurrimiento para mantener el mayor tiempo posible el agua que pasa por la quebrada o cárcava. Esta agua puede ser aprovechable para abrevadero o para riego en algunos cultivos.

#### 4.3.9.6 Aljibes revestidos con ladrillo de arcilla y concreto

Para construir aljibes debe considerarse la estabilidad de los suelos; para fortalecer esa estabilidad, se realiza la excavación construyendo paredes en forma de talud con 45° de inclinación por los cuatro lados. La profundidad máxima es de 2.0 m para facilitar las labores de mantenimiento y limpieza; el ancho y largo dependen de la demanda de agua y el uso. Antes de iniciar el revestimiento se compacta el fondo, posteriormente se recubren los cuatro lados de las paredes y el fondo con ladrillo o bloque de arcilla quemada. El bloque se puede colocar de forma vertical (decanto) por el lateral, éstos se unen con mezcla de cemento, arena y agua, posteriormente las paredes se afinan con mezcla de arena y cemento con un capa de 1,0 cm y por último otra capa de 0,5 cm a las paredes de solo cemento, esto para cerrar la porosidad de las paredes y evitar la fuga de agua. Según el uso del agua almacenada puede construirse con cubierta en la parte superior, esta cubierta puede ser de madera con teja de metálica, de solo madera o de plástico con madera.

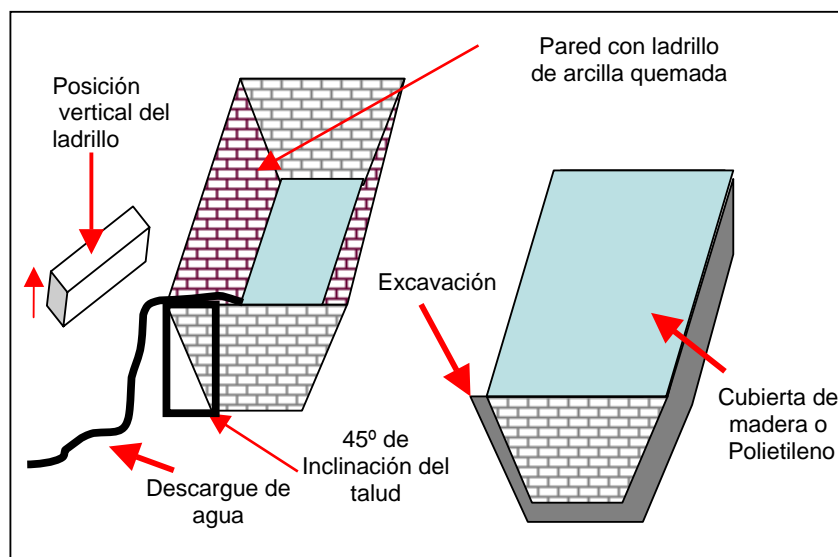


Figura 52. Aljibe revestido con ladrillo o bloque de arcilla quemada

#### 4.3.9.7 Lagunetas revestidas con polietileno

Este tipo de tecnología se ubica en los suelos más bajos con mayor posibilidad de escurrimiento superficial del suelo. En suelos con pendientes menores al 7%, para evitar desbordes de los taludes, la excavación se realiza a una profundidad máxima de 1,0 m para evitar derrumbes de la parte alta de las paredes, las cuales que se construyen con talud de 45° de inclinación. En suelos arcillosos donde hay posibilidades de piedra las paredes pueden reforzarse con un enchapado de piedra y pegadas con la misma arcilla; posteriormente se compacta el fondo de la laguneta.

Las dimensiones de la laguneta dependen de las demanda de agua y uso que se le destinado y según el tamaño así se realiza la preparación del polietileno calibre 1000 micrones. Debido a que la lámina de polietileno es de 98 pulgadas por lo ancho, es necesario pegar las láminas. En la experiencia del estudio resultó muy económico adherir las láminas con calor, las cuales se unen como si fuera una sola lámina.

En los extremos superiores de los cuatro lados de la laguneta se realizan bordes de tierra, para que el polietileno pase por encima de estos y el extremo quede más bajo que el borde. El objetivo de eso es evitar que entre agua a la laguneta por la parte no deseada debido a que puede levantar el polietileno y erosionar las paredes de la laguneta. Posteriormente se instala el polietileno, el cual debe quedar muy uniforme con 1,0 m en los bordes. Las orillas del polietileno se cubren con tierra para sujetarlo, sobre esta tierra puede sembrarse grama, para evitar que la

tierra pueda deslizarse con el tiempo hacia dentro de la laguneta (Figura 53). Al rededor de la laguneta es importante sembrar árboles, para evitar los efectos de la evaporación, también tiene que protegerse con cerco, más aún si hay animales domésticos que pueda dañar el material de revestimiento.

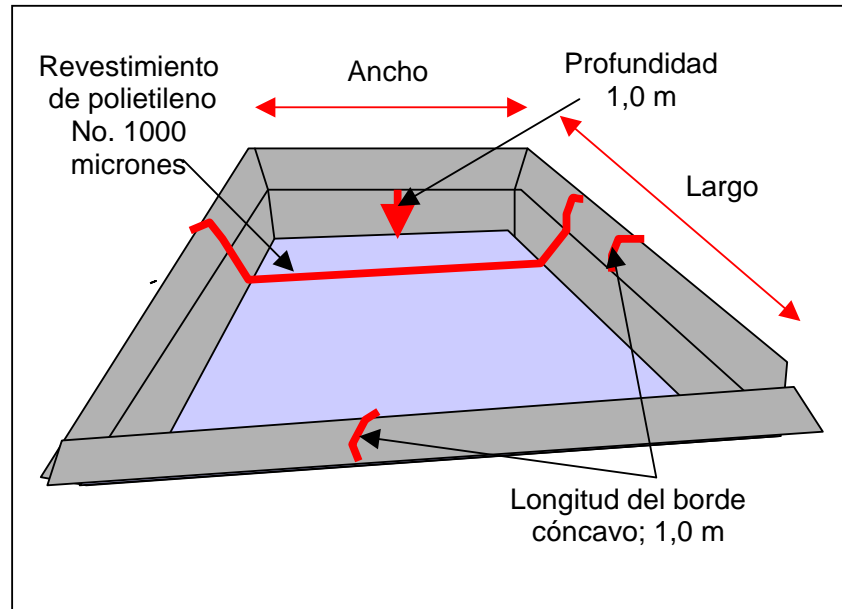


Figura 53. Laguneta revestida con polietileno

#### 4.3.9.8 SCAPT con laguneta o zanja de almacenamiento.

Este sistema de captación se caracteriza por que el almacenamiento puede ser laguneta o zanja de almacenamiento que está revestido con polietileno calibre 1000 micrones. Si el uso del agua es para riego u otro tipo de uso productivo, no se construye con filtro. Para iniciar la construcción del sistema, primero debe de identificarse el lugar en donde se construirá la zanja o la laguneta, preferiblemente que el suelo sea consistente, que hayan árboles cerca que permitan disminuir el efecto de la evaporación, escoger el lugar alto del terreno que permita la profundidad de 1,0 m y que el agua pueda salir por gravedad hacia el lugar de uso, sea para riego abrevadero u otro uso.

La zanja o la laguneta se construirán con las recomendaciones anteriores, agregándole que cada una de éstas tendrá un área de descargue en donde se ubica un filtro de botella descartable agujereado, acoplado a una manguera por donde saldrá el agua por gravedad. Este sistema es muy fácil de instalar y reparar; el volumen de agua captado hace económico el sistema (Figura 54).



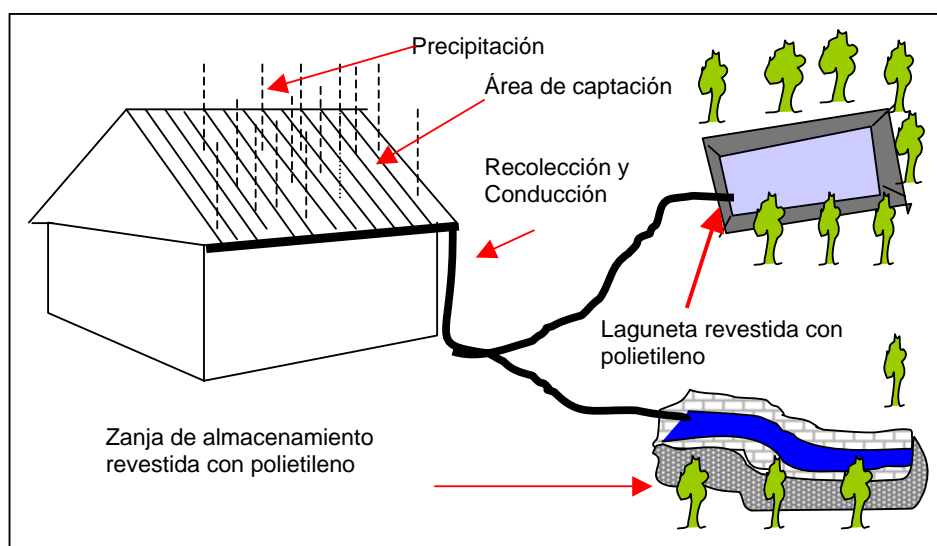


Figura 54. SCAPT con laguneta y zanja de almacenamiento revestido con polietileno

#### 4.3.9.9 Dique con sacos de arena y polietileno

Esta tecnología puede implementarse en cárcavas y quebradas con pendientes no mayores al 4%, y donde las corrientes no son tan fuertes y permiten el almacenamiento de agua. Generalmente estos diques se construyen en las últimas lluvias de la época lluviosa, el objetivo es retener agua en pequeñas micropresas. Para disminuir la intensidad de la corriente pueden construirse en serie. El saco utilizado es el sintético de nylon, con capacidad de 45 kg (100 libras), este es más fácil de manejar por el peso. Para la construcción primero se ubica el lugar más adecuado y cercano al uso del agua, luego se llenan los sacos con arena y si no es suficiente la arena, se mezcla con tierra.

En el lugar de ubicación los sacos se profundizan 50 cm y se ubican uno sobre otro en dos columnas, con el plástico entre las dos columnas; en la parte baja, por en medio de los sacos, se ubica un tubo plástico o manguera de polietileno para la salida del agua retenida. En la parte superior del dique se deja un vertedero por el centro, igual que en diques de piedra para que pueda salir el reboso del agua.

En el extremo del polietileno que está sobre la superficie del suelo se realiza una zanja o excavación perpendicular a la dirección de la corriente, con dimensiones de 40 cm de ancho por 40 cm de fondo. Se ubica el plástico sobre esta excavación y encima se colocan sacos con arena a lo largo de la zanja; estos sacos deben quedar al nivel de la superficie del suelo; su función es prensar el plástico. Si el caudal es suficiente los diques pueden colocarse cada 50 m tomando en cuenta las condiciones de pendiente y la intensidad de la corriente (Figura 55).

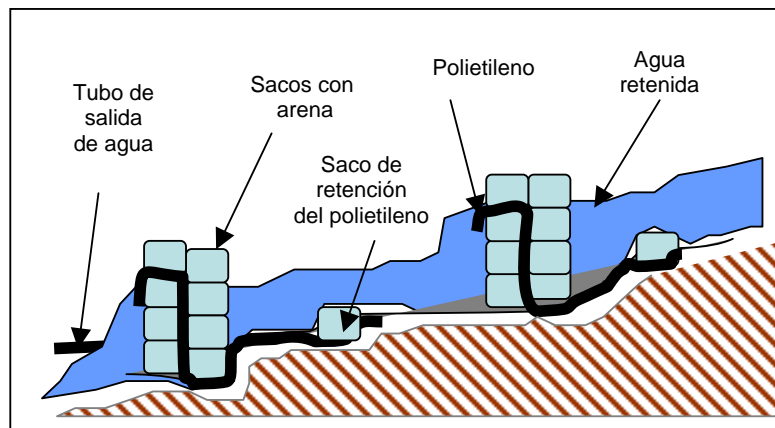


Figura 55. Diques de sacos con arena en quebrada o cárcavas

#### 4.3.9.10 Minirepresas en la parte baja de laderas

Es una tecnología utilizada comúnmente para abrevadero de animales en producción. También puede ser usada para riego agrícola o implementación de viveros forestales. Las características de suelo son muy especiales para su realización, según experiencias de productores, se deben considerar pendientes no mayores a 30%. Las pendientes deben orientarse de forma concéntrica de forma natural hacia un punto en común. Si en las laderas de las pendientes no hay mucha vegetación se favorece el escurrimiento del agua hacia la minirepresa, sin embargo acarrea muchos sedimentos.

En la construcción de la obra puede excavarse para darle forma adecuada, a la vez de utilizar la misma tierra o piedra para la realización del talud. Este debe quedar firme, bien compacto. Sobre el talud se deja un vertedero para dejar salida al agua que sobrepasa el nivel de captación de la minirepresa. El talud también puede reforzarse con sacos llenos de tierra y con polietileno alrededor del talud. Una vez construido la obra, es conveniente sembrar árboles alrededor y sobre el talud especies gramíneas de porte bajo, para evitar el desmoronamiento del talud. Las dimensiones de la obra están en relación a la precipitación, área de captación y demanda de agua según el uso (Figura 56).

La aplicación de los diseños debe responder a las condiciones de cada finca y de los objetivos de producción, según sea el uso del agua y el potencial de captación en la finca.

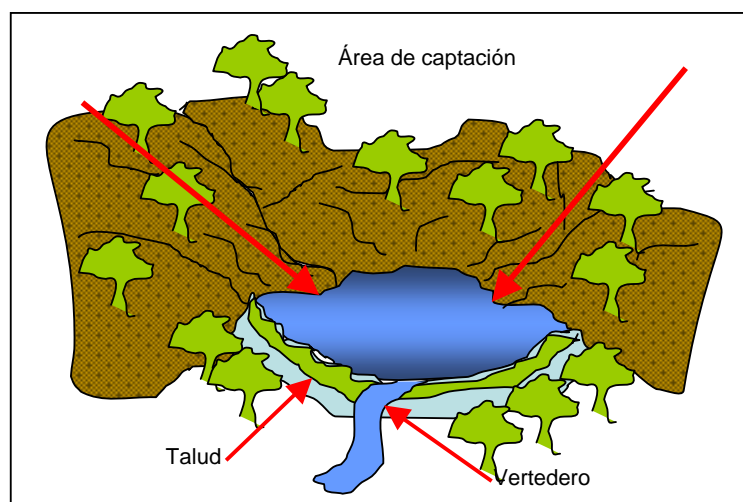


Figura 56. Mini represa en la parte baja de laderas

#### ***4.3.10 Características de los materiales a usar en las tecnologías de captación y uso eficiente de agua***

##### **Ladrillo o bloque de arcilla quemado**

Se realizan con tierra de arcilla, limo y paja, se amasan y depositan en moldes de madera y luego se cuecen con leña quemada en hornos artesanales. FAO (1990) dice que las temperaturas oscilan de 900 °C a 1000 °C, se endurecen y se transforman en excelentes materiales de construcción de obras de almacenamiento de agua, riego y otros usos. Se consideran de buena calidad si el sonido es metálico y claro, que mantengan la uniformidad en las medidas (comúnmente son de 10 cm de ancho por 20 cm de largo por 6 cm de alto) y que sus bordes no estén deformados. Antes de pegarlos conviene sumergirlos en agua, pues deben estar húmedos para que el agua del mortero no se pase al ladrillo y se dañe la adherencia.

Es conveniente que después de pegar cinco a siete hileras de ladrillo dejar endurecer la mezcla antes de continuar, debido a que los ladrillos pesan y puede crear desnivel, quedando debilitada la obra.

##### **Mortero**

Se conoce como mortero a la mezcla de cemento, arena y agua. El proceso de hidratación y endurecimiento puede durar hasta un mes, aunque pareciera que muy rápido se endurece, este es un aspecto importante, para no usar las obras inmediatamente después de finalizadas sino

hasta que hay alcanzado el mortero la solidez apropiada (FAO 1990). El uso del mortero con materiales como piedra y ladrillo proporciona gran resistencia y firmeza mucho mayor que la de otros materiales de construcción. Es fácil de preparar en el lugar de uso y transportarlo. Se moldea a la temperatura ambiente que haya en el lugar para elaborarlo y secado. Resiste al fuego, no se deteriora fácilmente y no le afectan el ataque de agentes vivos, como roedores, insectos y otros.

### **Los componentes del mortero**

**El cemento** debe ser de buena calidad; este se compone de arcillas especiales y de material calizos, que han sido calentados a temperaturas muy altas aproximadamente cerca de los 1500 °C, es un polvo color grisáceo, formado de cristales muy pequeñitos y secos. Para su uso debe estar en buen estado físico (FAO 1990).

**El agua** debe estar limpia no debe contener sustancias de sales o aguas jabonosas. La proporción de esta en las mezclas debe aplicarse de forma gradual; si se aplica mucha agua, la mezcla se cae y si está muy seca, se puede perder por endurecimiento rápido.

**La arena** no debe estar sucia o contener impurezas como sales, pedazos de madera y tierra, el tamaño considerado como arena no debe ser mayor a 5 mm en su parte más ancha, para esto se utilizan zarandas metálicas con estas dimensiones. Durante el periodo de endurecimiento debe mantenerse húmedo, este periodo no debería ser menor de 7 días (FAO 1990).

### **Espesor del mortero**

El espesor de la capa usada entre ladrillos es de 2 a 3 cm. Las dosis o proporciones en los morteros generalmente son de uno a cuatro (1:4), esto quiere decir que lleva una parte de cemento y cuatro parte de arena, sin embargo para pegar ladrillos de arcilla piedra y revestimiento en cisternas, en obras de almacenamiento de agua, la proporción será de 1:3, o sea una parte de cemento y tres partes de arena (FAO 1990).

Comercialmente el cemento viene en bolsas de 42 kg esto equivale a 35 litros, se hace la conversión para dosificar bien la mezcla con la arena y el agua. Así mismo, un saco de arena del mismo tamaño de 42 kg equivale a 35 litros, de manera que la proporción será de 35 litros de cemento, 115 litros de arena y 50 litros de agua; el agua se regula gradualmente (FAO 1990).

## **Pasta**

Es una mezcla compuesta de agua y cemento que se usa para afinar las paredes internas en las obras de almacenamiento de agua o de riego para sellar los poros. Se elabora en pequeñas porciones debido a su rápido secado, la cantidad de agua debe ser graduada para que facilite el deslizamiento sobre la superficie, pero no debe quedar con mucha humedad, debido a que se cae la pasta.

## **Plásticos en las obras de captación y almacenamiento de agua**

Los plásticos tienen una gran diversidad de usos en la agricultura, son fáciles de trabajarlos, moldearlos, transportarlos y muy económicos para la plasticultura. Aunque los plásticos no pueden reemplazar a otros materiales si son una alternativa de material que facilita hacer obras muy prácticas.

## **Ventajas del plástico en la agricultura**

- Son de bajo costo, fácil y rápida instalación, de larga duración y mantenimiento sencilla.
- Son de mejor calidad y productividad que otros materiales
- Se instalan y manejan sin dificultades. Se fraccionan y cortan con facilidad
- Fácil de transportar de un lugar a otro
- Tienen gran resistencia en comparación con otros materiales; además, no necesitan armazones o grandes estructuras
- Son elásticos
- Se adaptan a las formas deseadas para el uso en obras de captación y almacenamiento
- No se pudren y tienen alta resistencia al ataque de insectos, larvas, gusanos y otros microorganismos que hay en el suelo.
- No se oxidan, ni corroen, no son tóxicos, por lo tanto no transmiten el sabor, el olor, ni color al agua
- Son resistentes a los cambios climáticos
- Es poco probable, que en los plásticos prosperen algunos tipos de algas o malezas, como ocurre en construcciones con cemento
- Son difícilmente alterables con algunos compuestos químicos de uso frecuente en el campo (fertilizantes, pesticidas, abonos) (FAO 1990)

## **Nombres de los plásticos**

En la agricultura los más usados son los llamados poliolefinas, conocidos como plásticos agrícolas. En este grupo tenemos los poli-etilenos o polipropilenos. El polietileno de baja densidad (PBD), sirven para fabricar láminas o mangas de gran extensión destinados a

invernaderos, túneles de plástico, recubrimiento de tanques, acequias, canales, pozos, y otros. El polietileno de alta densidad (PAD), sirve para fabricar tejidos para mallas cortavientos, también se usa como láminas de gran extensión en sombreados de cultivos (FAO 1990).

El cloruro de polivinilo (PVC), es uno de los plásticos del grupo de baja densidad, por lo cual es liviano y fácil de manipular. Un tubo de PVC es más liviano que uno del mismo tamaño, pero de metal. Hay dos tipos de PVC. El PVC; plastificado que sirve para fabricar láminas o películas muy usadas en invernaderos en canales y acequias, entre otros. El PVC rígido (sin plastificante), se usa para cañerías, tuberías, para riegos tecnificados modernos. El polipropileno o PP se usa para preparar tejidos que permitan fabricar mallas, como por ejemplo sacos de yute artificial o sintético (FAO 1990).

Las dimensiones de los plásticos en el grosor o espesor dependen del clima, del cultivo, del lugar y la obra donde se usará. El espesor más frecuente de la lámina o película de plástico varían entre 0,03 mm y 0,2 mm. Hay láminas más finas aún o más gruesas similares a 0,3 mm. Los anchos habituales de las láminas son de 0,6 m hasta 1,50 m. La comercialización se hace por kilos. En el caso de las tuberías de PVC, se venden por tubos de 6,0 m de longitud; los diámetros varían de 20 mm a 200 mm. (FAO 1990).

#### **4.3.11 Síntesis de diseños conjuntos con productores, técnicos y comunitarios**

- En conclusión se definieron conceptos para comprender la aplicación de los criterios establecidos para el estudio, considerando el análisis de comportamiento del ciclo hidrológico al nivel de subcuenca, y de dos modelos de finca, el primero con posibilidades de sistemas de riego, uso de agua subterránea y el segundo en una finca que cultiva únicamente con agua de precipitación.
- Analizando el balance hídrico por el método de Thornthwaite, se obtuvo que la suficiencia de agua se da únicamente en tres meses del año (junio, septiembre y octubre), acumulando 147 mm/año, lo que demuestra la deficiencia de recurso hídrico en los sistemas ecológicos de la subcuenca. Esto justifica la razón de la captación de agua de lluvia, las que se pueden cosechar y almacenar desde mayo hasta noviembre.
- Según la clasificación de Morin (1997) de los sistemas hídricos en tres grandes grupos; el sistema hídrico de la subcuenca en estudio, se asemeja al tipo de sistema hídrico de

adaptación de la demanda y la oferta, en donde la demanda de agua comunitaria requiere la modificación a más disponibilidad la oferta de agua y a más eficiencia de uso del agua, lo cual requiere de esfuerzos conjuntos de todos los actores locales, directos e indirectos, en colaboración al desarrollo comunitario del área de estudio.

- Tomando en consideración los modelos hidrológicos, el balance hídrico, la clasificación de los sistemas hídrico y con base en los criterios utilizados como filtros para el diseño de tecnologías alternativas, se obtuvo como resultado el diseño de las diez tecnologías de captación de agua seleccionadas, realizado en conjunto con productores, técnicos y miembros de los comités de cuencas comunales. Estos diseños de tecnologías son un paso en la construcción de una cultura de captación manejo y uso eficiente de agua y deben servir como base para la implementación y mejorarlos con la experiencia y la evaluación de los mismos como parte del proceso de acción-investigación y participación.

#### **4.4 Resultado y discusión de objetivo No. 4**

##### **Beneficio socioeconómico y ambiental con la selección de alternativas de captación y uso eficiente**

Con este objetivo se trata de proyectar los resultados que potencialmente se podrían obtener con las tecnologías alternativas identificadas y seleccionadas, de forma que la implementación de éstas genere beneficios socioeconómicos y ambientales para la población.

Benegas (2006), en su estudio de adaptación al cambio climático, menciona que los pobladores de la subcuenca son conscientes de los cambios percibidos en la temperatura del ambiente, menor producción, sequía, profundización de las aguas, agrega que el cambio más sentido por más del 50% de la población principalmente mujeres es la falta de agua.

De manera que con la escasez del agua, la población está expuesta a mayor vulnerabilidad de no tomar alternativas que creen beneficios o resiliencia a las adversidades de los fenómenos de sequía, la situación podría llegar a ser tan crítica imposible de realizar cambios positivos.

La vulnerabilidad socioeconómica tiene un rango entre las comunidades de 43% a 63% con calificación de muy alta, únicamente dos comunidades con vulnerabilidad media (El Porcal y Santa Rosa). Uno de los factores que influyen en este porcentaje de vulnerabilidad tiene sus indicadores en la densidad de población, ingresos económicos, desempleo y falta de

estructuras, principalmente para almacenar y conservar agua de buena calidad, como base de la gestión de alimentos y salud (Gómez 2003).

INEC (2004), hace referencia a la FAO, la que conceptualmente establece que la vulnerabilidad; se refiere a toda la gama de factores que hacen que las personas queden expuestas a inseguridad alimentaria.

Así mismo conceptualiza que la inseguridad alimentaria, según la referencia INEC (2004), se presenta cuando las personas están desnutridas a causa de la indisponibilidad material de alimentos, su falta de acceso social o económico y/o un consumo insuficiente de alimentos. Las personas expuestas a la inseguridad alimentaria son aquellas cuya ingestión de alimentos está por debajo de sus necesidades calóricas (energéticas) mínimas, equivalentes a 2.226 kilocalorías por persona, por día.

Según el informe INTA Somoto (2005), sobre Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN), en un muestreo realizado por comunidad, expresa que el número de alimentos del patrón alimentario está en el rango de 10 a 12 alimentos. El máximo de alimentos se muestra en la parte alta y en la baja en la comunidad de Aguas Calientes, es posible que esto tenga alguna relación con la disponibilidad de recurso hídrico y su aprovechamiento agregado. Por el contrario es en las comunidades de la parte media y dos de la parte baja, que la cantidad de alimentos es menor.

En relación a las calorías adquiridas en los alimentos, cuatro comunidades están en condición aceptable, tres comunidades en condición deficiente y tres en condición suficiente, estas últimas ubicadas en la parte alta de la subcuenca.

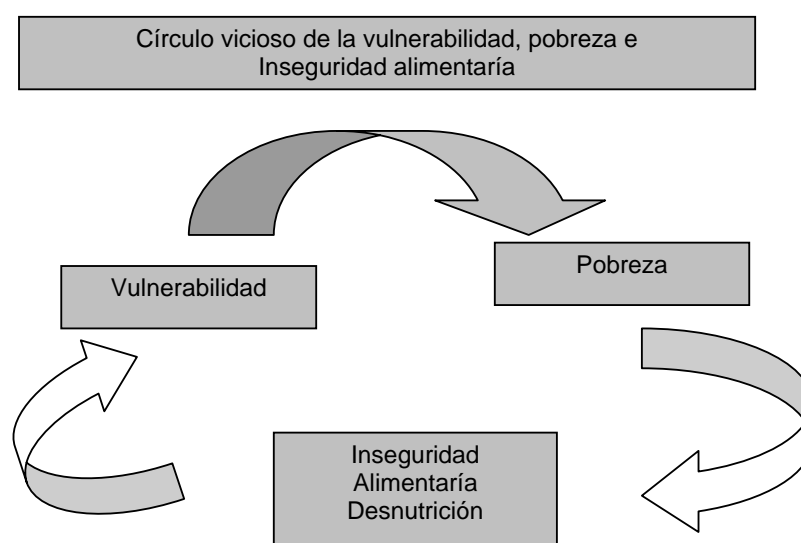
Las proporciones del balance alimentario, mostrado en el Cuadro 40, no tienen correspondencias nutritivas a las necesidades principalmente de niños y mujeres, lo que pone en riesgo la salud de estos.



Cuadro 40. Balance alimentario aplicado en la subcuenca del río Aguas Calientes

Tipos de Alimentos	Balance alimentario	Aplicados en la
Básicos	40%	50% a 58%
Formadores	40%	17% a 20%
Protectores	20%	17% a 25%

Todo ello demuestra una situación de desnutrición, la que no es solo un síntoma de la pobreza, sino una de sus causas, acompañada de otros elementos que inciden en ésta. Lo cual, se forma en círculo vicioso entre la pobreza inseguridad alimentaría y vulnerabilidad como se muestra en la Figura 57.



Fuente: INEC 2004

Figura 57. Círculo vicioso de aplicación en la subcuenca del río Aguas Calientes

#### 4.4.1 Seguridad alimentaría y nutricional (SAN)

Como estrategia para romper este círculo vicioso, INEC (2004) menciona que la SAN se apoya en cuatro pilares fundamentales como condición para que exista seguridad alimentaria:

- **Acceso físico y económico;** la población debe tener accesibilidad en todo momento a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimentarias y así llevar una vida activa y sana. Esto tiene relación a empleo y sus ingresos.
- **Disponibilidad:** debe haber disponibilidad de adquirir alimentos sean con sus propios ingresos o en momentos de emergencia facilitados a las familias. También disponibilidad en cualquier lugar de producción.

- **Aceptabilidad y consumo:** los alimentos proporcionados o a disponibilidad deben ser los más aceptados por las familias y formar hábitos de consumo. Para esto es necesario la inducción de conocimientos hacia los tipos de alimentos a consumir, en sus proporciones de acuerdo a los grupos de alimentos: formadores (40%) protectores (40%) y energéticos (20%).

**Aprovechamiento biológico:** el mismo estado de salud es muy importado para el mejor aprovechamiento de los nutrientes de los alimentos una persona enferma no asimila todos los nutrientes y no se alimenta lo necesario.

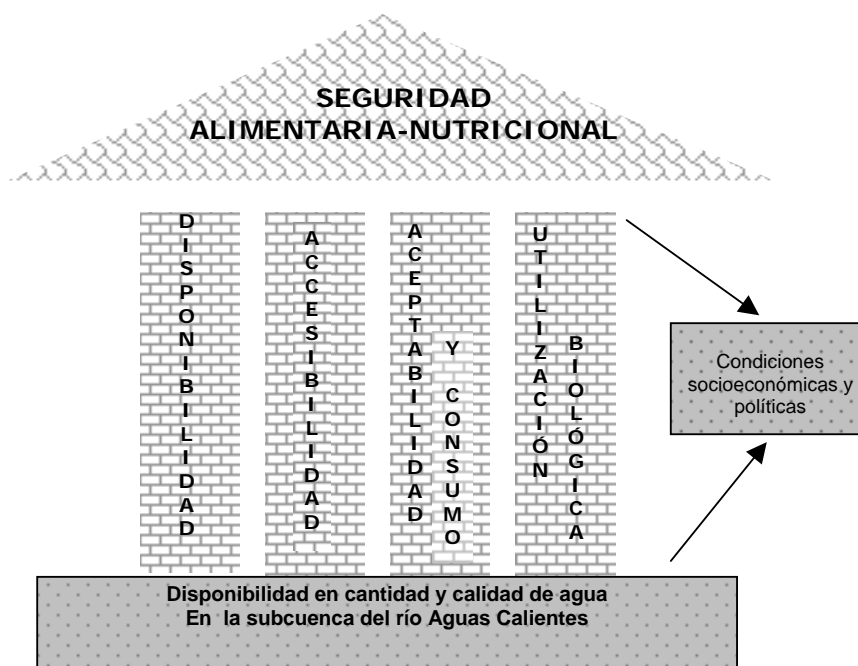


Figura 58. Parámetros de la seguridad alimentaria nutricional en la subcuenca del río Aguas Calientes

Aunque se considera que la base de estos pilares es el entorno socioeconómico y político, para la situación de la subcuenca Aguas Calientes debería considerarse como base primordial y práctica, la disponibilidad de agua en cantidad y calidad para lograr de manera gradual y sostenible los mejores resultados de las iniciativas ejecutada en el territorio para beneficio de las mejores condiciones de vida de las familias (Figura 58).

Según la FAO (2004), la limitación de los recursos hídricos representa ya un obstáculo al desarrollo en muchas partes del mundo. De acuerdo a las estrategias de la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH), y la relación del agua con la SAN, se considera que el agua es esencial para la vida por la higiene y abastecimiento de agua potable. Es básica para la

producción de alimentos y la disponibilidad de los mismos a la población. El agua por exceso o defecto causa inseguridad alimentaria, afectando la disponibilidad y acceso. Las limitaciones de agua por calidad causan enfermedades graves a las personas, y la escasez o lejanía del agua causa gasto de energía de mujeres y niños en el traslado del agua.

Para enfrentar esta situación de vulnerabilidad, pobreza e inseguridad alimentaria en las comunidades de la subcuenca, se implementan diferentes estrategias de vida, unas por iniciativas de las familias otras por orientaciones de instituciones y organizaciones. Sin embargo muchas de estas alternativas de solución para mejorar las condiciones de vida, demandan más agua de la que existe disponible normalmente en cantidad y calidad durante el año en la subcuenca, de manera que para obtener mejores resultados con los programas en bienestar para la población, debe considerarse el uso del agua para no establecer una competencia por agua entre la iniciativa a desarrollar y las necesidades mismas de agua o de alimento de la población.

#### **4.4.2 Estrategias de vida y disponibilidad de agua**

Para conocer de las estrategias de vida que tiene la población en la subcuenca y tener como parámetro la importancia en la creación de beneficios con las tecnologías de captación, se aplicó la herramienta metodológica de uso participativo conocida como “estrategias de vida” (Gielffus 2002). Los criterios aplicados para determinar las estrategias fueron inicialmente por tenencia de tierra, las actividades durante la época seca y lluviosa como base de la actividad agropecuaria. En la Figura 59 se muestra el esquema utilizado para determinar las estrategias y que cada grupo identificó las actividades en relación con el uso de agua en la subcuenca.

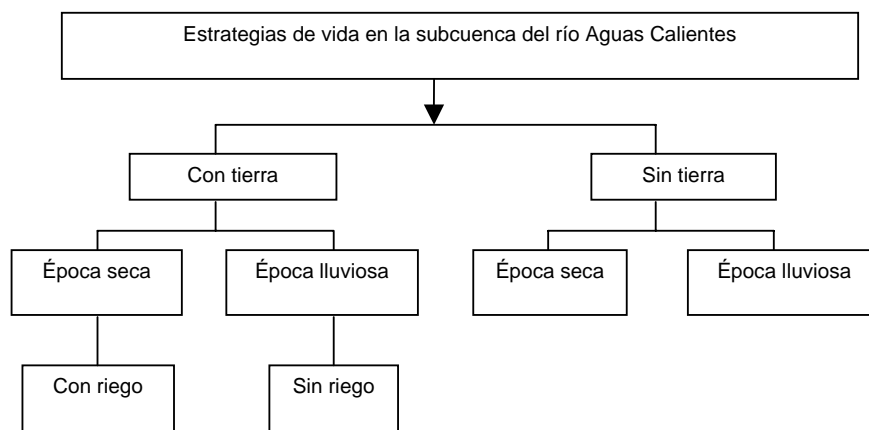


Figura 59. Estructura del esquema y criterios para determinar estrategias de vida en la subcuenca del río Aguas Calientes.

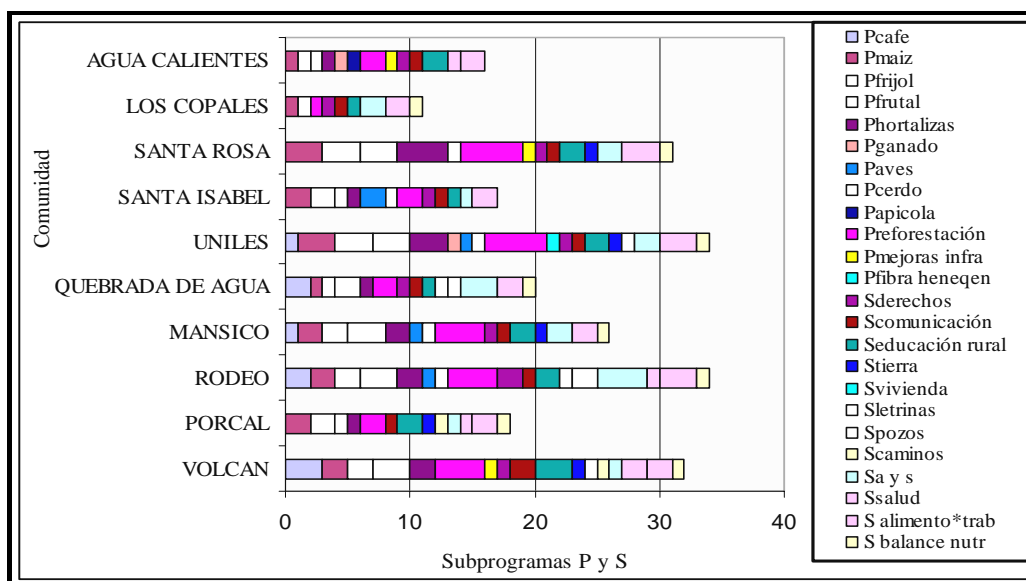
Los que tienen tierras y condiciones para implementación de micro riegos tienen ventajas de mejores estrategias de vida durante todo el año, no así los que no poseen tierra. En término medio de disponibilidad de condiciones de aplicación de estrategias se encuentran los que tienen tierra y cultivan solo en periodo de lluvia.

Los que tienen tierra con condiciones de agua para implementar micro riegos durante la época seca tiene 18 actividades como estrategias de vida. Los que tienen tierra, sin potencialidad de riego y cultivan solo durante la época lluviosa realizan 16 actividades. Los que no tienen tierra durante la época seca únicamente tienen como estrategia de vida 11 actividades. Estos mismos durante la época lluviosa solo realizan 10 actividades. En total se realizan 24 actividades y únicamente cuatro actividades no tienen relación directa al uso del agua, por lo que el 83,33% de las estrategias de vida que tiene la población son dependientes directas de la disponibilidad del agua. Ver anexo 16.

La diferencia únicamente entre los estratos de la subcuenca son: en la parte alta es el cultivo de café, en la parte media la estrategia en época seca más relevante es el rubro de henequén y en la parte baja es la producción de hortalizas con micro riegos. La siembra de granos básicos en los tres estratos es una actividad de subsistencia. Otras actividades como ventas de productos básicos, son pequeños negocios que también dependen de las actividades agropecuarias de la subcuenca y de las remesas de los emigrantes a sus familias.

Según Pérez (2006), existen 18 actores entre organizaciones e instituciones que están implementan programas tanto sociales como productivos en la subcuenca utilizando diferentes mecanismos de acercamiento e influencia, esto indica que es un territorio con mucha colaboración.

Entre las acciones se destacan los subprogramas de reforestación, seguridad alimentaria (alimento por trabajo), frutales (huertos caseros), granos básicos (maíz, frijoles), agua y saneamiento y el de educación rural (Pérez 2006), de manera, que cuatro de las seis iniciativas que se promueven tiene relación directa al uso de agua. Si se trabaja en la prioridad de gestión para una mayor disponibilidad de agua en cantidad y calidad, se podrían obtener mejores resultados en estos mismos programas. Observando la Figura 60 los subprogramas implementados 17 de 24 equivalentes al 71% de éstos tienen, relación directa al agua. Por lo tanto estos actores, se consideran otra estrategia de vida mediante las iniciativas organizativas, trabajos comunitarios que sostiene la realización de actividades en el área.



Fuente: Pérez 2006.

Figura 60. Subprogramas implementados por diferentes actores en la subcuenca del río Aguas Calientes

#### 4.4.3 Beneficios socioeconómicos y ambientales

En el marco de contribuir en disminuir la vulnerabilidad, pobreza e inseguridad alimentaria, lo cual tiene como eje la baja disponibilidad de agua, y comprobando que las estrategias de vida de la población así como los programas y subprogramas, mediante iniciativas implementadas tienen que ver en más del 80% con la disponibilidad de agua, pero debido a que ésta es limitada no se obtienen los mejores logros. Los pilares de la seguridad alimentaria serán más eficientes si primero existe más disponibilidad de agua en cantidad y calidad, sin embargo no se ha implementado de forma conjunta una estrategia integral de gestión del recurso hídrico, por lo tanto se puede inducir que todas las iniciativas están compitiendo por la disponibilidad de agua entre las iniciativas y con la población misma por la necesidad de consumo humano a veces. Por lo tanto mejorar la disponibilidad de agua creará beneficios directos en uso de consumo humano y uso en la producción vegetal y animal, conservación ambiental, pero a la vez tendrá beneficios de valor agregado a la mayoría de estrategias de vida de la población, a los más del 77% de programas y subprogramas implementados con resultados de más y mejores logros.

La disponibilidad de agua en cantidad y calidad es el elemento es la clave del desarrollo en las comunidades de la subcuenca, sus limitaciones serán el obstáculo para desarrollar otras iniciativas de bienestar a estas comunidades, debido a que estamos en un territorio en donde la prioridad es agua es así que los impactos con más disponibilidad de este recurso serán mayor.

Es por esto que antes de realizar cualquier otra actividad deberíamos primero pensar en la disponibilidad del agua integrada de manera holística en los programas productivos y sociales en la subcuenca o considerarlo como una clave de eje transversal para contribuir a la cultura de captación, uso y manejo eficiente del agua.

En el ejercicio participativo se determinó la proyección de los beneficios socioeconómicos y ambientales en la subcuenca, agrupando en cuatro grupos de posibilidades Anexo 17.

**Producción:** si hay más producción se proyectará en más disponibilidad de alimento al nivel familiar, lo que es un elemento importante en la seguridad alimentaria y nutricional, a la vez permitirá diversificar la producción y con esto, tener más productos disponibles para la nutrición. Si la producción es suficiente se mejoran los ingresos económicos para cubrir otras necesidades básicas en la familia.

**Micro economía:** con una mejor disponibilidad económica en mano de las familias, se generan otras dinámicas de ingresos a familias dedicadas a ofertar al nivel comunitario, productos básicos para la población. Además es un elemento primordial en el desarrollo humano comunitario, que permite mejores condiciones de habitación, contribuye en la educación de los hijos y puede extenderse a tener fuentes de empleo.

**Salud:** la salud es el mejor signo de bienestar personal, una buena salud proporciona un mejor crecimiento en los niños y en los adultos, el fortalecimiento para tener una mejor disponibilidad para el trabajo, a la vez de mejor rendimiento laboral. Si la población tiene buena salud las gestiones comunitarias y las relacionadas al agua y conservación ambiental tendrán mejores logros. También con mejor salud se mejora la asimilación de conocimientos.

**Ambiente:** la disponibilidad del agua como elemento primordial para la conservación de otros recursos naturales como flora, fauna y regeneración natural, mejora el ambiente escénico, el clima es más saludable, lo que a la vez hace que las tierras ubicadas en estas condiciones adquieran un mejor valor. En el aspecto agronómico se considera que en mejores condiciones ambientales, hay menos daños de plagas a los cultivos.

#### ***4.4.4 Dificultades con la implementación de las tecnologías***

Algunas de las posibilidades riesgosas de inestabilidad comunitaria con la implementación de las obras demostrativas fueron discutidas y analizadas para mostrar en estos resultados, estas son:

**Conflictos:** se considera que al haber conflictos se tendrá como consecuencia negativa el no aprovechamiento de la inversión realizada, principalmente en obras colectivas o comunitarias, lo que hará que las obras de captación no sean sostenibles. Esto se puede evitar si la implementación de las obras se realiza de forma participativa con los CCC. También estableciendo, normas de proporcionalidad, uso equitativo, esfuerzos compartidos, vigilancia y evaluación participativa en el proceso desde el índice de aceptabilidad hasta la adopción de las obras, considerando un manejo adaptativo que permita el análisis y la reflexión conjunta.

**Mantenimiento:** esto traerá como aspecto negativo el rápido deterioro de las obras, lo cual podrá crear un aspecto de que no son funcionales y que no cubre las expectativas, esto a la vez podría desmotivar al Comité de Cuenca y productores a hacer que las tecnologías sean replicables. Esto se puede evitar con la formación de promotores locales, miembros de los CCC y el apoyo de los técnicos de los diferentes actores locales, con un seguimiento planificado para realizar actividades necesarias de mantenimiento antes, durante y después del periodo seco y lluvioso.

**Accesibilidad:** es importante estar conscientes antes de promover las tecnologías alternativas que habrán familias que no tienen las condiciones en recursos necesarios, otros por que no tienen tierras, para la implementación de las obras y que estas alternativas no son una solución de resolver por si solas todas las necesidades de la población, por que esto puede generar inconformidad en ciertas familias. Para evitar esta situación se debe planificar la implementación de estas de forma escalona con metas de realización por año e identificando cada área potencial en correspondencia a la tecnología más idónea, aceptada y de acuerdo a los objetivos de las familias. Los que no tienen tierra pero tienen un lugar donde vivir ahí mismo en el techo se puede realizar una práctica de captación así todos tendrán una posibilidad.

**Manejo:** se ha previsto que un aspecto negativo sea el mal uso de las obras, permitiendo consecuencias peligrosas a las condiciones de vida, por que podría captarse agua contaminada, si no hacemos un breve estudio del lugar implementación, a la vez ser motivo de enfermedades y riesgos accidentales que se pueden tener al no proteger convenientemente estas obras. Para evitar esta situación se debe tener siempre presente el manejo con enfoque integrado de cuenca, realizar actividades conjuntas y en donde cada actor realice actividades en base a sus funciones y especialidad, es decir los promotores y técnicos para el mantenimiento, los aspectos de contaminación y brote de enfermedades con el ministerio de

salud, la protección y cuidado de la obra con la familia. Todas las consecuencias positivas y riesgos se resumen en el Cuadro 41.

*Cuadro 41. Tecnologías alternativas y sus impactos de beneficios y dificultades*

<b>Consecuencia positiva</b>			
<b>Producción</b>	<b>Micro economía</b>	<b>Salud</b>	<b>Ambiente</b>
Más ingresos	Mejor venta de productos básicos	Mejor crecimiento	Fincas obtienen más valor
Tener otros servicios básicos	Mejor infraestructuras de viviendas	Disponibilidad laboral	Más flora y fauna
Mejorar la vivienda	Más vestimenta	Rendimiento laboral	Más regeneración natural
Más alimentación	Desarrollo comunitario	Mejor gestión hídrica	Menos daños por plagas
Diversidad de Producción	Retención escolar	Mejor nivel de aprendizaje	Se mejora el suelo
	Empleo local	Más conservación ambiental	Más oxígeno
<b>Riesgos</b>			
<b>Conflictos</b>	<b>Mantenimiento</b>	<b>Accesibilidad</b>	<b>Manejo</b>
Inversión no aprovechable	Rápido deterioro de las obras	Inconformidad de familias sin condiciones biofísicas o disponibilidad	Captación de agua contaminada
No sostenible	Desmotivación de replica de obras por CC		Enfermedades
			Riesgos accidentales

#### **4.4.5 Demanda de agua y capacidad potencial**

Para establecer reflexión se retoman algunos resultados sobre las necesidades de agua al nivel de la subcuenca y lo que permitiría mejorar la disponibilidad de agua en beneficios para la población. En este sentido la demanda de consumo humano, producción animal, producción agrícola y forestal, es de **46.115.705 m<sup>3</sup>/año** para tener condiciones óptimas. El potencial de precipitación es de **39.293.475 m<sup>3</sup>/año** por lo que se estima un déficit para el sistema ecológico de **6.622.030 m<sup>3</sup>/año**.

La precipitación efectiva se calculó con el uso de la ecuación:



$$P_e = 0.8PP - 25 \text{ si } PP > 75\text{mm} / \text{mes}$$

$$P_e = 0.6PP - 10 \text{ si } PP < 75\text{mm} / \text{mes}$$

donde:

$P_e$  = Precipitación efectiva

$PP$  = precipitación

La precipitación efectiva es de **22.240.040** m<sup>3</sup>/año, comparado con la demanda hídrica vegetal de **45.915.505** m<sup>3</sup>/año, de manera que el potencial efectivo de precipitación solo provee el 48% de las necesidades hídricas vegetal (Cuadro 41), si pensamos en condiciones óptimas del ecosistema para producción considerando el agua como el principal elemento del ecosistema para generación de alimento. Esto nos induce a entender mejor los bajos rendimientos en los cultivos y la urgencia por crear alternativas de captación y uso eficiente de agua. Sin embargo, es la categoría de pastos y matorrales que demandan mayor cantidad de agua con **32.558.176** m<sup>3</sup>/año, el resto de los cultivos es de **13.357.329** m<sup>3</sup>/año.

Además de las limitantes de agua se agudiza la escasez de la misma debido a la deficiencia de los suelos por sus características de formación de origen volcánico con alta porosidad, poca profundidad y agregando la degradación de los mismos, no permiten almacenar la mejor cantidad de agua, por la rapidez de percolación y escurrimiento superficial.

ENACAL (2003) concluye en su estudio hidrogeológico y geofísico, diciendo que de acuerdo a la geología regional el municipio de Somoto y el área de estudio, predominan materiales rocosos del grupo coyol, que es la que aflora en la mayor parte en el área de estudio, lo cual no representa ningún interés hídrico para el almacenamiento de agua subterránea. Esto es debido a su textura masiva, presentando interés solo si se encuentran fracturadas, diaclazadas, agrietadas o meteorizadas.

La precipitación no efectiva se calculó por diferencia mediante la ecuación:

$$P_{ne} = PP - P_e$$

donde

$P_{ne}$ : precipitación no efectiva

$PP$ : precipitación

$P_e$ : precipitación efectiva

El resultado de la precipitación no efectiva se estimó en **17.053.435 m<sup>3</sup>/año**; en ésta se consideran las pérdidas por evaporación, escurrimiento superficial y subterráneo y percolación, (por lo que es en esta parte) donde se podrá aprovechar el escurrimiento potencial para la complementariedad de agua en los cultivos (Figura 42).

Cuadro 42. Demanda de agua y su capacidad potencial por precipitación

Demanda agua	Volumen	Capacidad Potencial	PP efectiva	PP no efectiva
	m3/año	m3/año	m3/año	m3/año
Consumo humano	289.262,50	0	0	0
Agrícola y forestal	45.915.505,00	0	0	0
Prod. Animal	86.578,00	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>46.291.345,50</b>	<b>39.293.475</b>	<b>22.240.040,00</b>	<b>17.053.435,00</b>

### Distribución del agua de lluvia potencial y demanda de agua

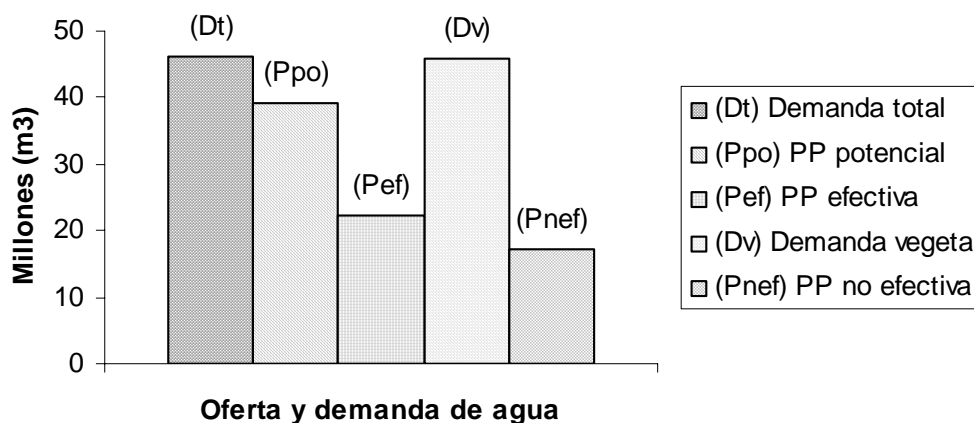


Figura 61. Comparación del potencial y demanda de agua

#### 4.4.6 Indicadores propuestos para valorar beneficios

Con el propósito de valorar la implementación de las tecnologías alternativas en función de los beneficios socioeconómicos y ambientales en forma participativa, se establecen como

propuesta indicadores que podrían servir de guía para el seguimiento adaptativo por el Comité de Cuenca (Cuadro 43).

*Cuadro 43. Indicadores socioeconómicos y ambientales para la evaluación de beneficios*

No.	TIPO DE INDICADOR	INDICADOR PROPUESTO	Escala de valoración
1	SOCIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menos enfermedades</li> <li>• Más agua disponible</li> <li>• Menos conflictos por el agua</li> <li>• Proyección de empleos</li> <li>• Retención escolar</li> </ul>	0= no aplica 1= deficiente 2= regular 3=bueno 4=muy bueno 5=excelente
2	ECONÓMICOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejor rendimiento en granos básicos</li> <li>• Más ingresos económicos familiares</li> <li>• Más alimentación</li> <li>• Más producción agropecuaria</li> <li>• Más venta de productos básicos</li> </ul>	0= no aplica 1= deficiente 2= regular 3=bueno 4=muy bueno 5=excelente
3	ORGANIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reglamento del uso del agua en práctica</li> <li>• Comités comunales de cuenca se plantean metas en la gestión hídrica pluvial</li> <li>• Comité de agua conocen de la calidad y cantidad de agua disponible por comunidad</li> <li>• Comités comunales ponen en práctica plan de realización de obras de captación de agua.</li> <li>• Trabajos de sensibilización para uso eficiente del agua</li> </ul>	0= no aplica 1= deficiente 2= regular 3=bueno 4=muy bueno 5=excelente
4	AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Más permanencia de agua en las quebradas después del periodo lluvioso</li> <li>• Educación ambiental permanente</li> <li>• Más diversidad de especies animales presentes en la subcuenca</li> <li>• Más áreas en regeneración natural</li> </ul>	0= no aplica 1= deficiente 2= regular 3=bueno 4=muy bueno 5=excelente
5	INSTITUCIONAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esfuerzos conjuntos en unión de intereses comunes</li> <li>• Cogestión en la ejecución de planes único, sobre recurso hídrico</li> <li>• Gestión de recursos y acompañamiento de actividades en la subcuenca para captación de agua.</li> <li>• Comités Comunales promueven alternativas de captación de agua de uso familiar, colectivo y comunitario.</li> </ul>	0= no aplica 1= deficiente 2= regular 3=bueno 4=muy bueno 5=excelente

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se promueve el proceso adaptativo, con enfoque integral, participativo y multidisciplinario.</li> </ul>	
--	--	--	--

#### ***4.4.7 Cogestión para el logro de beneficios socioeconómicos y ambientales con la captación de agua***

##### **4.4.7.1 Estructuras organizativas**

El logro de los beneficios socioeconómicos y ambientales no está únicamente en identificar las tecnologías en un proceso participativo, sino también en implementarlas de igual manera, en la continuidad del proceso de acción-investigación y manejo adaptativo. Para esto son fundamentales las estructuras organizativas como base del acompañamiento por parte de los actores tomadores de decisiones socio-políticas, ambientales y económicas, que tienen incidencia en las comunidades de la subcuenca y que tienen visión de realizar acciones conjuntas con hombres y mujeres, adultos, jóvenes y niños.

Aunque la acción colectiva organizada es primordial, ésta es difícil de lograr, muchas veces se predica, pero no se practica. Al nivel de actores ejecutores y coejecutores de recursos económicos, la dificultad es romper con los celos institucionales y el protagonismo de acciones. Al nivel comunitario los elementos que dificultan son a veces la falta de solidaridad entre vecinos, porque no se sabe entre colectivos si los esfuerzos son equitativos o proporcionales para tener un bienestar similar. También las diferencias entre vecinos convierten la comunicación en actividades complicadas, en donde unos se aíslan y otros se apropian de círculos comunitarios selectivos, formando nuevas estructuras, lo que no contribuye a la aplicación de planes conjuntos, por esto debe tomarse con voluntad, disposición empeño, el trabajo conjunto de la población con la población para bienestar mutuo.

##### **4.4.7.2 Participación institucional**

Todo lo anterior tiene incidencia en la aplicación de iniciativas de conservación y mejoramiento de los recursos naturales, principalmente el agua como elemento de bienestar común. Por lo tanto, se hace necesario el fortalecimiento de los procesos institucionales, con los elementos de voluntad política, disposición de voluntad personal, identificar el costo y beneficio de participar en la coincidencia de intereses comunes, para facilitar la aplicación de actividades y obtener resultados positivos para todos, en este sentido la participación institucional en la gestión de recurso hídrico y las tecnologías como estrategias podrían ser el eje de punto de encuentro como interés común de multipósitos y multilogros.

#### **4.4.7.3 Tecnologías alternativas**

Las tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua, producto del proceso participativo y propuestas como herramientas para crear bienestar socioeconómico y ambiental, no sirve de mucho sino hay acción colectiva en su implementación. Esto implica la planificación, implementación, seguimiento, evaluación de forma conjunta, por lo que la sostenibilidad de estas iniciativas no está solo en la comunidad, sino en la interacción de los actores externos facilitadores de procesos y los comunitarios.

Siempre va a ser un pilar de mejores resultados la conjugación de saberes entre el conocimiento local, técnico y el conocimiento sociopolítico, lo que permite la creación de ideas, la innovación, la concertación de intereses y toma de decisiones conjuntas para el bien comunitario. Es por esto que no se puede disminuir la vulnerabilidad socioeconómica y biofísica si hay vulnerabilidad institucional, insostenibilidad organizativa y participativa; es así que los procesos de desarrollo comunitario necesitan facilitadores y no agentes obstaculizadores de sus mismas acciones colectivas, además de un enfoque con propósitos integrales, colectivos, multidisciplinarios que no podrán ejecutarse de forma individualizada o personalizada.

Por lo tanto, la gestión del recurso hídrico es la combinación efectiva de la tecnología, la organización y la institucionalización (governabilidad), con la base de participación efectiva en cada uno de ellos para lograr la construcción de los beneficios proyectados.

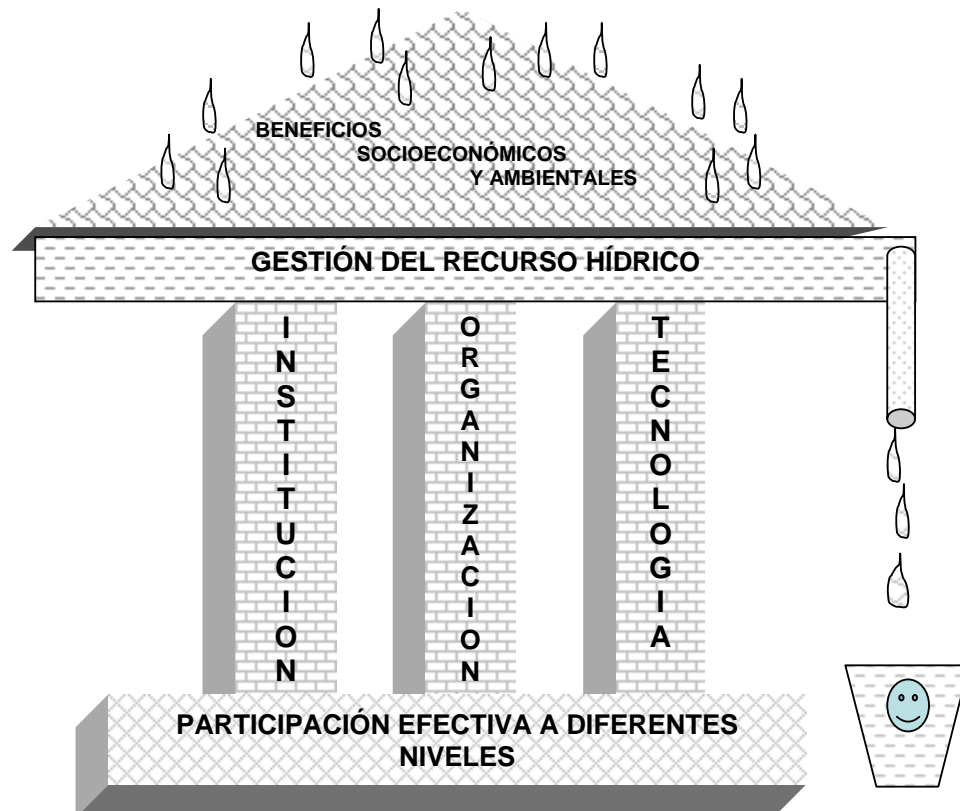


Figura 62. Diagrama para la cogestión del recurso hídrico en la subcuenca del río Aguas Calientes

#### 4.4.8 Síntesis de beneficios con la implementación de tecnologías

- Concluyendo la disponibilidad de agua en cantidad y calidad creará beneficios socioeconómicos y ambientales, al tomarse como la base principal para la realización de estrategias de Seguridad Alimentaria Nutricional, debido a que en las condiciones de limitación de recurso hídrico no será sostenible ninguna otra estrategia sino es primero la de gestión del recurso hídrico en forma participativa en este propósito las tecnologías de captación serán las herramientas y eje de convergencia para en la gestión hídrica para obtener mejores resultados en los programas y subprogramas a implementar.
- Para tener más producción, mejor alimentación y salud es necesario disponer de la cantidad y calidad de agua acorde a las necesidades de la población. Así mismo, La reducción de la vulnerabilidad socioeconómica y ambiental será posible iniciando con mejorar la disponibilidad de agua, para diversificar las estrategias de vida o hacer las que existen más eficientes.
- Las estimaciones matemáticas tomados como referencia indican que el potencial de agua de lluvia no satisface en condiciones optimas las necesidades hídrica en la cuenca, sin embargo se han identificado áreas de captación de agua para consumo humano y

consumo productivo, forestal, en las que se tiene como propósito mejorar la disponibilidad de agua en cantidad y calidad, para hacer esto posible debe haber un acompañamiento de la cogestión de actores locales con intereses comunes por el recurso hídrico, en la cual los pilares de organización, institucionalización y la tecnología son el medio para construir beneficios socioeconómicos y ambientales, estos a la vez deberán tener como eje transversal en todos los niveles la participación efectiva.

### **Participación efectiva en diferentes niveles**

Es muy importante destacar la participación de las mujeres, tanto por la gestión del agua para la familia, su conciencia de no contaminación y su representatividad en las estructuras comunitarias que velan por el uso del agua. Así como quedó reflejado en este estudio que la participación de la mujer fue muy importante en la toma de decisiones por sus conocimientos de uso y manejo de agua principalmente para consumo humano. En la toma de decisiones las mujeres aportaron ideas sobre diseño de tecnologías que más les convenían según sus actividades diarias y facilidad de manejo de las mismas. Por lo que son la punta de lanza cuando se habla de mejorar la disponibilidad de agua en cantidad y calidad para la familia. De esta manera ellas se apropian de la participación efectiva, por otro lado la mayoría de hombres tiene sus aportes muy importantes sobre agua para producción y conservación. La participación a la vez es el ejercicio de cultivar el conocimiento local en combinación con el saber técnico y socio político de los facilitadores de desarrollo (organizaciones e instituciones).

A nivel comunitario hombres y mujeres en un solo esfuerzo, han demostrado que la investigación participativa, la que se hace con los usuarios del recurso limitado y la acción colectiva, son elementos para proponer alternativas más acordes a sus mismas necesidades, a la vez lograr de concretizar con uso de tiempo y recurso más eficiente como se ha logrado realizar las obras demostrativas en este micro proceso de acción investigación y participación.

## **4.5 Obras demostrativas de captación y uso eficiente de agua**

Para afianzar el primer paso del proceso de acción-investigación, se realizaron seis obras demostrativas de las tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua ubicada en los tres estratos de la subcuenca, en la parte alta en las comunidades de El Volcán, El Porcal, El Rodeo II, en la parte media en la comunidad de Uniles; sector La Grama, El Mancico y en la parte media en la comunidad de Aguas Calientes. En la Figura 63 se muestran la ubicación de las obras por estratos.

## Ubicación de obras demostrativas

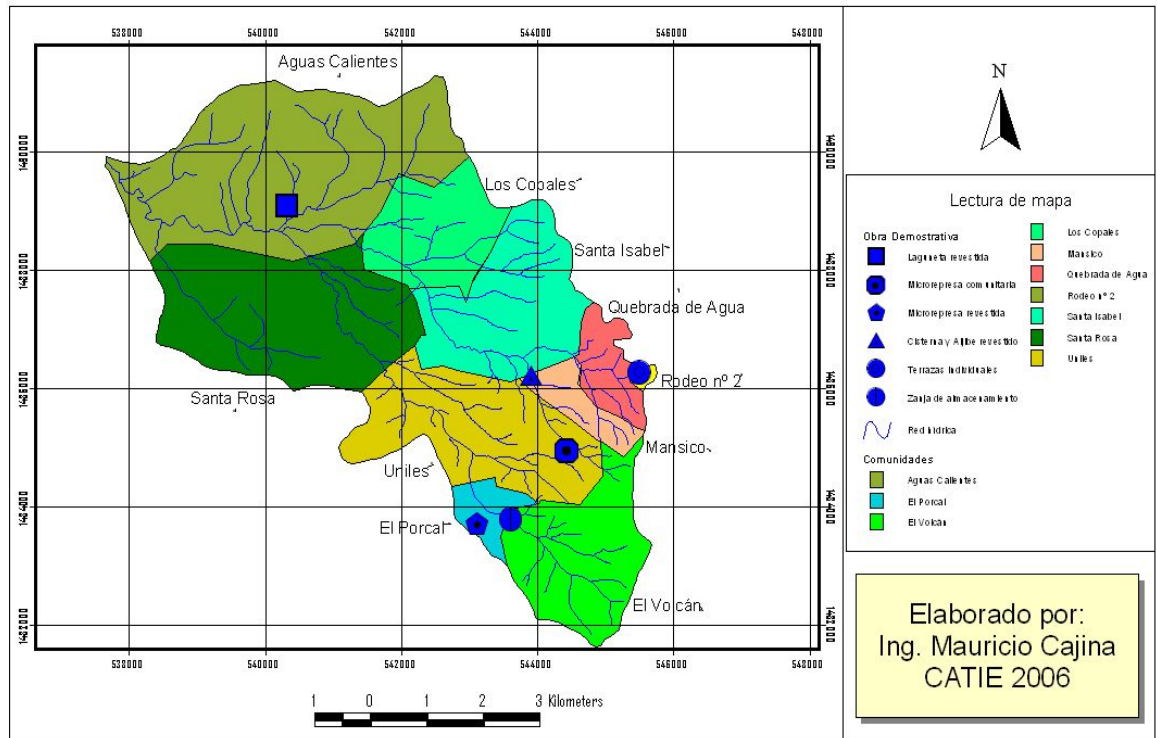


Figura 63. Ubicación de obras demostrativas de las tecnologías alternativas

### 4.5.1 SCAPT con zanja de almacenamiento revestida con polietileno

Datos generales		Datos técnicos	
Ubicación:	Longitud: 543862 Latitud: 1483802	Área de captación:	145,80 m <sup>2</sup> .
Comunidad:	El Volcán, San Lucas	Capacidad potencial De almacenamiento:	78,10 m <sup>3</sup>
Tipo de servicio:	Familiar	Capacidad de zanja:	33,00 m <sup>3</sup>
Productor:	Luis Estrada	Área de cultivo: (frutales)	1750 m <sup>2</sup>
<p align="center"><b>Procedimiento de realización</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación y selección del área de captación más apropiada a las condiciones del productor y manejo de la finca</li> <li>Selección de la tecnología en conjunto con el productor, de acuerdo a sus intereses de producción y conservación</li> <li>Toma de medidas en el terreno para determinar diseño de la obra</li> <li>Realización de cálculos de hidrología y necesidad de materiales</li> <li>Realización de la obra considerando las normas técnicas para este tipo de obra y las condiciones de suelo (excavación)</li> <li>Adquisición de materiales y traslado al lugar de la obra</li> <li>Preparación de materiales; pegado de láminas de polietileno con calor de plancha</li> <li>Conformación, instalación de canales, drenaje y revestimiento con polietileno de la zanja de almacenamiento y uso eficiente de agua</li> </ul>		Uso del agua:	riego
		Costo total:	U.S.\$ 230,65 (Anexo 7)
<p align="center"><b>Descripción de la estructura y técnica</b></p> <p><b>Área de captación:</b> compuesta por la estructura superficial del techo de la vivienda.</p> <p><b>Recolección y conducción:</b> compuesto por los canales ubicados en los extremos bajos del techo y los tubos de conducción</p> <p><b>Estanque de almacenamiento:</b> consiste en una excavación en forma de canal en el suelo, con las paredes en forma de talud revestido con láminas de polietileno. La función del polietileno es no dejar que halla pérdidas de agua por percolación hacia el suelo.</p> <p>Este canal tiene un área de cargue por donde llega el</p>			



### Recomendaciones

- Las tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua deben realizarse de acuerdo a los intereses del productor para el manejo de su finca.
- Preparar el material de la zanja al final la excavación en el terreno para tomar las medidas correspondientes y evitar equivocaciones de corte en e material.
- Construir la obra en lugar que este bajo sombra, para disminuir el efecto de pérdida por evaporación, sino hay sembrar plantas de sombra permanente.
- Si el plástico sufre accidentalmente perforaciones, hacer las reparaciones de forma inmediata para evitar mayor deterioro.
- Después de cada periodo de aprovechamiento total del agua y antes de la entrada del nuevo periodo de lluvias se deben hacer revisión de la obra y sus pertinentes reparaciones.
- Proteger la obra con cerco para evitar daños por animales domésticos y accidentales con los niños.
- Las profundidades recomendables máximo deben ser hasta 1,20 m para facilitar la salida del agua por gravedad y evitar derrumbes de las paredes.

### Zanja de almacenamiento



**Tesis:** Alternativa de captación de agua para uso humano y productivo en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua.  
CATIE-ASDI-FOCUENCAS

Ing. Mauricio Cajina  
2006

### Proceso de construcción de obra demostrativa



Figura 64. Trazado de curva a nivel



Figura 65. Conformación de zanja con talud



Figura 66. Área de captación y canal plástico



Figura 67. Área de descarga y filtro



Figura 68. Zanja de almacenamiento funcionando

#### 4.5.2 Microrepresa en cárcava revestida con polietileno

Datos generales		Datos técnicos	
Ubicación:	Longitud: 543261 Latitud: 1483713	Área de captación:	425 m <sup>2</sup> .
Comunidad:	El Porcal, San Lucas	Capacidad potencial De almacenamiento:	271 m <sup>3</sup>
Tipo de servicio:	Familiar	Capacidad de zanja:	44 m <sup>3</sup>
Productor:	Manuel Sánchez Hernández	Área de cultivo: (frutales)	1750 m <sup>2</sup>
<b>Procedimiento de realización</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación y selección del área de captación más apropiada a las condiciones del productor y manejo de la finca</li> <li>Selección de la tecnología en conjunto con el productor, de acuerdo a sus intereses de producción y conservación</li> <li>Toma de medidas en el terreno para determinar diseño de la obra</li> <li>Realización de cálculos de hidrología y necesidad de materiales</li> </ul>		Uso del agua:	Riego
		Costo total:	U.S.\$ 151,35 (Anexo 7)
		<b>Descripción de la estructura y técnica</b> <b>Área de captación por precipitación inducida:</b> compuesta por la superficie del suelo con orientación de las escorrentías hacia el cauce de la cárcava. <b>Área de Captación por precipitación recogida:</b>	

### tipo de servicio

Esta obra es para servicio familiar, con aprovechamiento para riego complementario en cultivo de frutales.

### Dimensiones y capacidad

El área de captación es de 425 m<sup>2</sup>, tiene un potencial de captación de agua de 270,93 l/s; la capacidad de captación acumulada es de 209,32 m<sup>3</sup>; esto nos indica, que esta debe ser la capacidad de almacenamiento del estanque.

#### Recomendaciones

- Las tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua, siempre deben realizarse de acuerdo a los intereses del productor para el manejo de su finca.
- Preparar el material de la microrepresa al final de la conformación del terreno para evitar equivocaciones de corte en el material.
- Construir la obra en lugar que este bajo sombra, para disminuir el efecto de pérdida por evaporación, sino hay plantar árboles.
- Si el polietileno sufre accidentalmente perforaciones, de deben hacer las reparaciones de forma inmediata.
- Después de cada periodo de aprovechamiento total del agua y antes de la entrada del nuevo periodo de lluvias, se deben hacer revisión de la obra y sus pertinentes reparaciones.
- Proteger la obra con cerco para evitar daños por animales domésticos y accidentales con los niños.
- Las profundidades recomendables son 1,20 m para facilitar la salida del agua y evitar derrumbes de las paredes.
- Si el almacenamiento es cero, el polietileno puede protegerse con material vegetal, para evitar el calentamiento del sol.
- Limpieza constante del sedimentador para evitar que lleguen sedimentos a la microrepresa y dañen el polietileno.

#### Microrepresa en cárcava



**Tesis:** Alternativa de captación de agua para uso humano y productivo en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua.  
CATIE-ASDI-FOCUENCAS

Ing. Mauricio Cajina  
2006

### Proceso de construcción de obra demostrativa





Figura 69. Conformación del terreno



Figura 70. Llenado de sacos con tierra



Figura 71. Prensado con grapa metálica



Figura 72. Descargue de agua



Figura 73. Microrepresa revestida con polietileno funcionando

### 4.5.3 Microrepresa en quebrada revestida con polietileno

Datos generales	Datos técnicos
<p>Ubicación: Longitud: 544853 Latitud: 1484953</p> <p>Comunidad: La Grama, Uniles, San Lucas</p> <p>Tipo de servicio: Comunitaria</p> <p>Promotoras: Gloria Muñoz, Auxiliadora López</p>	<p>Área de captación: 500 m<sup>2</sup>.</p> <p>Capacidad potencial De almacenamiento: 58 m<sup>3</sup></p> <p>Capacidad de Almacenamiento: 13 m<sup>3</sup></p> <p>Familias beneficiadas: 5 (35 personas)</p> <p>Uso del agua: lavar y bañar</p> <p>Costo total: U.S.\$ 58,36 (Anexo 7)</p>
<p style="text-align: center;"><b>Procedimiento de realización</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación y selección del área de captación más apropiada a las condiciones de cercanía, cuidado protección y de captación</li> <li>• Selección de la tecnología en conjunto con la comunidad, de acuerdo a sus intereses de uso del agua</li> <li>• Toma de medidas en el terreno para determinar diseño de la obra</li> <li>• Realización de cálculos correspondientes a potencialidad de agua, oferta y demanda, en correspondencia a las necesidades de materiales</li> <li>• Construcción de la obra considerando las normas técnicas para este tipo de tecnología y las condiciones de suelo (excavación)</li> <li>• Adquisición de materiales y traslado al lugar de la obra</li> <li>• Preparación de materiales, pegado de láminas de polietileno con calor de plancha, llenado de sacos</li> <li>• Conformación de terreno y dique con piedra, sacos de tierra y arena, instalación de revestimiento de polietileno, descargue con filtro artesanal.</li> <li>• Almacenamiento de agua.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Descripción de la estructura y técnica</b></p> <p><b>Área de captación por precipitación inducida:</b> compuesta por la superficie del suelo con orientación de las escorrentía hacia el cauce de la cárcava.</p> <p><b>Área de Captación por precipitación recogida:</b> es la cantidad de agua captada directamente en proporción al área superior del estanque.</p> <p><b>Estanque de almacenamiento:</b> consiste en una excavación mínima, nivelación, conformación de taludes y construcción del dique en dirección transversal a la dirección del agua con altura aproximada de 1 metro, se ubica el polietileno. En los laterales de la microrepresa el dique se prensa con sacos sintéticos llenos de tierra y arena. En la zona de entrada de agua se construye un sedimentador.</p> <p><b>Área de descargue:</b> consiste en dejar entre el dique, una manguera adherida a un filtro de botella plástica.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Recomendaciones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua siempre deben realizarse de acuerdo a los intereses de la comunidad y planificar con ellos la mano de obra.</li> <li>• Preparar el material de la microrepresa al final de la conformación del terreno, para evitar equivocaciones de corte en el material.</li> <li>• Construir la obra en lugar bajo sombra, si la hay, para disminuir el efecto de pérdida por evaporación, sino hay plantar árboles.</li> <li>• Si el polietileno sufre accidentalmente perforaciones, se deben hacer las reparaciones de forma inmediata.</li> <li>• Después de cada periodo de aprovechamiento total del agua y antes de la entrada del nuevo periodo de lluvias, se deben hacer revisión de la obra y sus pertinentes reparaciones.</li> <li>• Proteger la obra con cerco para evitar daños por animales domésticos y accidentales con los niños.</li> <li>• Si el almacenamiento llega a ser cero, el polietileno puede protegerse con material vegetal, para evitar el calentamiento.</li> <li>• Limpieza constante del sedimentador para evitar que lleguen menos sedimentos a la microrepresa y dañen el polietileno.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Microrepresa en quebrada</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>Tesis:</b> Alternativa de captación de agua para uso humano y productivo en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua. CATIE-ASDI-FOCUENCAS</p> <p style="text-align: center;">Ing. Mauricio Cajina 2006</p>



### Proceso de construcción de obras demostrativas



Figura 74. Identificación del área de captación



Figura 75. Construcción de dique con piedra



Figura 76. Revestimiento con polietileno



Figura 77. Llenado de sacos con tierra



Figura 78. Finalización de micro represa comunitaria

#### 4.5.4 SCAPT con Cisterna y Aljibe revestido con polietileno

Datos generales	Datos técnicos
<p>Ubicación: Longitud: 544227 Latitud: 1486215</p> <p>Comunidad: El Mancico, Somoto</p> <p>Tipo de servicio: Familiar</p> <p>Productor: Luís Figueroa Álvarez</p>	<p>Área de captación: 69 m<sup>2</sup>.</p> <p>Capacidad potencial De almacenamiento: 71 m<sup>3</sup></p> <p>Capacidad de Almacenamiento: 17 m<sup>3</sup> en aljibe 2,5 m<sup>3</sup> en cisterna</p> <p>Área de cultivo: 1250 m<sup>2</sup> (frutales)</p> <p>Uso del agua: lavar y bañar, riego</p> <p>Costo total: U.S.\$ 171,12 (Anexo 7)</p>
<p style="text-align: center;"><b>Procedimiento de realización</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación y selección del área de captación más apropiada a las condiciones de la finca y del productor</li> <li>• Selección de la tecnología en conjunto con el productor, de acuerdo a sus intereses de uso del agua</li> <li>• Medidas en el terreno para determinar diseño de la obra</li> <li>• Realización de cálculos correspondientes para determinar el uso de materiales</li> <li>• Construcción de la obra, considerando las normas técnicas y las condiciones de suelo</li> <li>• Adquisición de materiales y traslado al lugar de la obra</li> <li>• Preparación de materiales; pegado de láminas de polietileno con calor de plancha, llenado de sacos con tierra</li> <li>• Conformación de terreno, llenado de sacos de tierra, instalación de revestimiento con polietileno, descargue con filtro artesanal adherido a manguera de plástico</li> <li>• Almacenamiento de agua</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Descripción de la estructura y técnica</b></p> <p><b>Área de captación:</b> compuesta por la estructura superficial del techo de la vivienda.</p> <p><b>Recolección y conducción:</b> compuesto por los canales ubicados en los extremos bajo del techo y los tubos de. Además de recolección directa en el aljibe.</p> <p><b>Filtro:</b> el filtro es una innovación realizada con un recipiente plástico con capacidad de 20 litros.</p> <p><b>Almacenamiento en cisterna:</b> consiste en una excavación en forma cilíndrica, revestida con mezcla de cemento, arena y agua, para consumo humano y el aljibe es una excavación rectangular con las paredes en forma de talud. Las paredes y el fondo del aljibe están revestidas con polietileno.</p> <p>Cuando la cisterna llega a su capacidad máxima de almacenamiento, rebalsa el agua hacia el aljibe. El aljibe tiene un área de cargue y descargue con un filtro artesanal de plástico.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Recomendaciones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua deben realizarse de acuerdo a los intereses de la familia.</li> <li>• Preparar el material del sistema SCAPT y del estanque, al final de la conformación del terreno.</li> <li>• Construir la obra en lugar que este bajo sombra, para disminuir el efecto de pérdida por evaporación; sino hay plantar árboles.</li> <li>• Si el polietileno se perfora, deben hacer las reparaciones de forma inmediata para evitar mayor deterioro.</li> <li>• Después de cada periodo de aprovechamiento total del agua y antes de la entrada del nuevo periodo de lluvias se deben hacer revisión de la obra y sus pertinentes reparaciones.</li> <li>• Proteger la obra con cerco para evitar daños por animales domésticos y accidentales con los niños.</li> <li>• Si el almacenamiento llega a ser cero, el polietileno se protege con material vegetal, poniéndolo encima para evitar el calentamiento por el sol.</li> <li>• Antes de cada lluvia se deben limpiar los canales de recolección para evitar el atascamiento de suciedad en el filtro.</li> <li>• Si el agua de la cisterna se usa para tomar o preparar alimentos, dar tratamiento de descontaminación con cloro.</li> <li>• Reparar la cisterna antes del inicio de cada periodo lluvioso.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Aljibe revestido con polietileno</b></p>  <p><b>Tesis:</b> Alternativa de captación de agua para uso humano y productivo en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua. CATIE-ASDI-FOCUENCAS</p> <p style="text-align: right;">Ing. Mauricio Cajina 2006</p>



### Proceso de construcción de obras demostrativas



Figura 79. Identificación de área



Figura 80. Conformación de aljibe



Figura 81. Revestimiento con polietileno



Figura 82. Área de descargue con filtro



Figura 83. Instalación de filtro plástico y cisterna



## 4.5.5 Terrazas individuales en árboles frutales sistema de captación in situ

Datos generales	Datos técnicos
<p>Ubicación: Longitud: 546135 Latitud: 1489280</p> <p>Comunidad: El Rodeo II, Somoto</p> <p>Tipo de servicio: Familiar</p> <p>Productor: Martín Sánchez Carrasco</p>	<p>Área de captación: <math>29 \text{ m}^2 = 3,05 \text{ diámetro}</math></p> <p>Capacidad potencial De almacenamiento: <math>23 \text{ m}^3</math></p> <p>Demanda hídrica Por árbol: <math>0,40-0,56 \text{ m}^3</math></p> <p>Área de cultivo: <math>875 \text{ m}^2</math> ( 40 árboles frutales)</p> <p>Uso del agua: riego directo</p> <p>Costo total: U.S.\$ 23,61</p>
<p><b>Procedimiento de realización</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación y selección del lugar de plantación en la finca</li> <li>Selección de la tecnología en conjunto con el productor, de acuerdo a sus potencialidades de agua e intereses de uso productivo</li> <li>Toma de medidas en el terreno para determinar diseño de la obra</li> <li>Realización de cálculos correspondientes a la demanda hídrica y necesidades hídricas del cultivo de frutales</li> <li>Realización de la obra considerando las normas técnicas correspondientes y los materiales disponibles, en la finca.</li> <li>Recolecta y traslado de material disponible (piedra) para usarlo en el terrazo por árbol</li> <li>Conformación de terreno, nivelación del área de captación y el área de siembra para el mejor almacenamiento de agua <ul style="list-style-type: none"> <li>Almacenamiento de agua</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Descripción de la estructura y técnica</b></p> <p>Las terrazas individuales consisten en la determinación y diferenciación de dos áreas: un área de captación y otra área de siembra; esta última funciona como almacenamiento.</p> <p><b>Área de captación:</b> las dimensiones se calculan en relación a las necesidades hídricas del cultivo. El radio del área circular se mide de la base del árbol en su entorno y se nivela con el propósito de facilitar el escurrimiento del agua hacia la base del árbol. En el entorno de esta área se pueden ubicar piedras o madera para darles estabilidad los bordes externos de la terraza.</p> <p><b>Área de almacenamiento:</b> es el lugar más cercano a la base del árbol que permite el almacenamiento del agua y la proporciona en la necesidad de la planta.</p>
<p><b>Recomendaciones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Las tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua deben realizarse de acuerdo a los intereses de la familia.</li> <li>Preparar el material del sistema SCAPT y del estanque, al final de la conformación del terreno.</li> <li>Construir la obra en lugar que este bajo sombra, para disminuir el efecto de pérdida por evaporación; sino hay plantar árboles.</li> <li>Si el polietileno se perfora, deben hacer las reparaciones de forma inmediata para evitar mayor deterioro.</li> <li>Después de cada periodo de aprovechamiento total del agua y antes de la entrada del nuevo periodo de lluvias se deben hacer revisión de la obra y sus pertinentes reparaciones.</li> <li>Proteger la obra con cerco para evitar daños por animales domésticos y accidentales con los niños.</li> <li>Si el almacenamiento llega a ser cero, el polietileno se protege con material vegetal, poniéndolo encima para evitar el calentamiento por el sol.</li> <li>Antes de cada lluvia se deben limpiar los canales de recolección para evitar el atascamiento de suciedad en el filtro.</li> <li>Si el agua de la cisterna se usa para tomar o preparar alimentos, dar tratamiento de descontaminación con cloro.</li> <li>Reparar la cisterna antes del inicio de cada periodo lluvioso.</li> </ul>	<p><b>Terraza individual en árboles frutales</b></p>  <p><b>Tesis:</b> Alternativa de captación de agua para uso humano y productivo en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua. CATIE-ASDI-FOCUENCAS</p> <p>Ing. Mauricio Cajina 2006</p>

## Proceso de construcción de obras demostrativas



Figura 84. Combinación con riego por goteo



Figura 85. Borde de piedra en terraza individual

#### 4.5.6 SCAPT con laguneta revestida con polietileno

<p style="text-align: center;"><b>Datos generales</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Datos técnicos</b></p>
<p>Ubicación: Longitud: 539879 Latitud: 1489084</p> <p>Comunidad: Aguas Calientes, Somoto</p> <p>Tipo de servicio: Familiar</p> <p>Productor: Denis Carazo</p>	<p>Área de captación: 103 m<sup>2</sup>.</p> <p>Capacidad potencial De almacenamiento: 150 m<sup>3</sup></p> <p>Capacidad de zanja: 71 m<sup>3</sup></p> <p>Área de cultivo: 1.500 m<sup>2</sup> (frutales)</p> <p>Uso del agua: riego y peces</p> <p>Costo total: U.S.\$ 236,45 (Anexo 7)</p>
<p style="text-align: center;"><b>Procedimiento de realización</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación y selección del área de captación más apropiada a las condiciones del productor y manejo de la finca</li> <li>• Selección de la tecnología en conjunto con el productor, de acuerdo a sus intereses de producción y conservación</li> <li>• Toma de medidas en el terreno para determinar diseño de la obra</li> <li>• Realización de cálculos de hidrología y necesidad de materiales</li> <li>• Realización de la obra considerando las normas técnicas para este tipo de obra y las condiciones de suelo (excavación)</li> <li>• Adquisición de materiales y traslado al lugar de la obra</li> <li>• Preparación de materiales; pegado de láminas de polietileno con calor de plancha</li> <li>• Conformación, instalación de canales, drenaje y revestimiento con polietileno de la laguneta</li> <li>• Almacenamiento de agua</li> <li>• Hacer uso eficiente de agua</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Recomendaciones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua deben realizarse de acuerdo a los intereses del productor para el manejo de su finca.</li> <li>• Preparar el material de la zanja al final la excavación en el terreno para tomar las medidas correspondientes y evitar equivocaciones de corte en e material.</li> <li>• Construir la obra en lugar que este bajo sombra, para disminuir el efecto de pérdida por evaporación, sino hay sembrar plantas de sombra permanente.</li> <li>• Si el plástico sufre accidentalmente perforaciones, hacer las reparaciones de forma inmediata para evitar mayor deterioro.</li> <li>• Después de cada periodo de aprovechamiento total del agua y antes de la entrada del nuevo periodo de lluvias se deben hacer revisión de la obra y sus pertinentes reparaciones.</li> <li>• Proteger la obra con cerco para evitar daños por animales domésticos y accidentales con los niños.</li> <li>• Las profundidades recomendables máximo deben ser hasta 1,20 m para facilitar la salida del agua por gravedad y evitar derrumbes de las paredes.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Descripción de la estructura y técnica</b></p> <p><b>Área de captación:</b> compuesta por la estructura superficial del techo de la vivienda.</p> <p><b>Recolección y conducción:</b> compuesto por los canales ubicados en los extremos bajos del techo y los tubos de conducción.</p> <p><b>Estanque de almacenamiento:</b> consiste en una excavación rectangular con paredes rectas, fortalecidas con piedra. Las paredes y el fondo de la laguneta están revestidos con lámina de polietileno. La laguneta tiene un área de cargue por donde llega el agua trasladada por fuerza de gravedad para almacenarse en la laguneta. En los bordes superiores del entorno de la laguneta, el polietileno se prensó con tierra de la misma excavación. Para evitar el deslizamiento del suelo hacia la laguneta se planta grama para que retenga el suelo.</p> <p style="text-align: center;"><b>SCAPT con laguneta</b></p>  <p><b>Tesis:</b> Alternativa de captación de agua para uso humano y productivo en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua. CATIE-ASDI-FOCUENCAS</p> <p style="text-align: right;">Ing. Mauricio Cajina 2006</p>



**Proceso de construcción de obras demostrativas.**



Figura 86. Ubicación de canal plástico



Figura 87. Filtro de plástico



Figura 88. Pegado de láminas de polietileno



Figura 89. Conformación de terreno



Figura 90. Laguneta funcionando con almacenamiento de agua y crianza de peces

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- El cálculo de referencia realizado sobre las precipitaciones de los últimos 43 años muestran un promedio de 823 mm anuales con precipitaciones irregulares, de manera que en el área de la subcuenca de 4.775 ha, el volumen potencial de captación se aproxima a **39.293.479** m<sup>3</sup> de agua, aunque este potencial de agua no es suficiente comparado a la demanda hídrica total, estimado para las necesidades óptimas de: consumo humano, producción animal y vegetativo (agrícola, forestal), lo cual suman **46.291.344** m<sup>3</sup>/año, se confirma que existe potencial de captación de agua por escurrimiento superficial en 1.259 (54.137 m<sup>2</sup>) áreas identificadas para uso en consumo humano y en 80 áreas (11.796 m<sup>2</sup>) para uso productivo.
- La oferta de potencial de precipitación efectiva únicamente satisface el 48% de las necesidades hídricas de producción agrícola y forestal, lo cual indica los bajos rendimientos en los cultivos, principalmente los granos básicos, base de la alimentación en la población.
- El potencial de agua captada en las áreas identificadas es de **36.921** m<sup>3</sup> para consumo humano y aproximadamente **5.825** m<sup>3</sup> en las parcelas para uso netamente productivo. Este volumen de agua puede ser utilizado para riego complementario en cultivos de granos básicos, frutales, hortalizas u otros rubros de interés para el productor, principalmente para proveer agua a cultivo básicos (maíz y frijol) durante las etapas fonológicas críticas de floración y fructificación que generalmente coinciden con el periodo canicular entre los meses de julio a agosto, así mismo compensar la disminución de lluvias a finales del mes de noviembre, lo que contribuiría en mejorar los rendimientos en los cultivos.
- La dotación de agua con 39,28 l/pers./día como promedio en la población de la subcuenca en comparación con la norma de la Organización Mundial de la Salud de 100 l/pers./día, muestra tendencia de afectación a la salud, considerando que de la disponibilidad y accesibilidad de este recurso depende el efecto en la salud. Si ha esto se agrega la contaminación de la mayoría de los pozos (57%), son factores que ponen en detrimento la salud por el riesgo ha enfermedades por aguas contaminadas.

- La relevancia de captación de agua por el método SCAPT, (36.921 m<sup>3</sup>), como estimación de referencia, se aproxima satisfacer las necesidades de agua de los pobladores durante 118 días con la dotación limitada (39,28 l/pers./día). Con la norma de 100 l/pers./día se podría proveer agua para 47 días del periodo seco. Por lo tanto la disponibilidad de esta agua permitirá la recuperación del nivel freático en las fuentes que han sido las únicas de las cuales se abastece la población, por lo que estas fuentes podrán ampliar el servicio durante el periodo seco.
- El área potencial de captación por el método SCAPT, corresponde 1.259 viviendas con un promedio de área de techo de 43 m<sup>2</sup> equivalente a 54.137 m<sup>2</sup> lo que hace un potencial de captación de 36.916 m<sup>3</sup>/año, con la dotación limitada de 39 l/pers./día podría abastecer 118 días del periodo seco. Actualmente se capta únicamente el 0,83% del potencial.
- La verificación de las características biofísicas y ambientales en las áreas identificadas por cada estrato ecológico se encontró que las pendientes y su la longitud de pendiente favorecen la captación de agua por escurrimiento superficial en la parte media y baja. En relación a la textura, profundidad de los suelos cobertura vegetal y génesis de suelo, no permiten el agua el almacenamiento natural del agua por lo que las áreas de almacenamiento deben revestirse con material impermeable para evitar perdidas de agua por percolación.
- La rugosidad, compactación en termino medio en los tres estratos favorece el escurrimiento superficial en el área de captación, debido a que disminuye la infiltración en combinación con el uso de suelo el deterioro ambiental y suelos erosionados por conflicto de uso no permiten el almacenamiento de agua por lo que es necesario implementar iniciativas de captación y uso eficiente de agua.
- La acción colectiva facilita la identificación y selección de alternativas más idóneas a las necesidades de los usuarios de estas alternativas. Este proceso facilitó la identificación y selección de 17 tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua, sin embargo de estas se priorizaron 10 tecnologías las más idóneas a las características biofísicas de la cuenca y socioeconómicas de los comunitarios sobre todo las más aceptadas por los mismos. Con estas tecnologías se elaboraron diseños en forma conjunta con productores hombres y mujeres, técnicos y miembros de los comités de cuenca comunales.

- La implementación de los diseños de tecnologías de captación y uso eficiente de agua son un paso en la construcción de una cultura de captación, manejo y uso eficiente de agua, a la vez servirán de base para mejorarlos con las experiencias de implementación, y evaluación como parte del proceso de acción-investigación y participación.
- Las estrategias de vida de los pobladores de la subcuenca, a la vez los programas y subprogramas implementados por los actores locales en la misma, tendrá mejores resultados con el aumento de la disponibilidad de agua en cantidad y calidad como base de la seguridad alimentaria y nutricional. La gestión conjunta del recurso hídrico con las tecnologías como herramientas que permitan la convergencia de intereses, garantizará la implementación y logros de otras estrategias socioeconómicas.
- La disponibilidad en cantidad y Calidad de agua es el eje para contrarrestar el círculo vicioso de la pobreza, vulnerabilidad e inseguridad alimentaria y nutricional, Para hacer esto posible es fundamental la cogestión de actores locales coincidentes en intereses comunes por el recurso hídrico, trabajando por el fortaleciendo los pilares de organización, institucionalización (gobernabilidad) y la tecnología como medio para crear beneficios socioeconómicos y ambientales, teniendo como eje transversal en todos los niveles la participación efectiva de todos los usuarios del recursos hídrico.

## **5.2 Recomendaciones**

- Los Comité Comunales de Cuenca realicen seguimiento de acompañamiento al desempeño y aprovechamiento de las tecnologías implementadas en la generación de beneficios socioeconómicos y ambientales en continuidad de la metodologías de acción-investigación, participativa.
- Los meses para realizar trabajos de implementación de tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua, deben iniciarse en diciembre y estar listas las obras en abril del año correspondiente al periodo lluvioso.
- Realizar estudio de escurrimiento, infiltración, análisis de suelo, buen registro de precipitación de la subcuenca para tener información de índices de suelo para los

próximos estudios, que permita realizar una mejor aproximación en los cálculos de captación de agua por escorrentía superficial.

- El Comité de Cuenca promueva el proceso de acción-investigación, participativa como parte del aprendizaje local en la toma de decisiones e implementación de iniciativas que mejoren las condiciones de vida de los pobladores de la subcuenca.
- Para regular el uso y manejo del agua se hace necesario la elaboración y aplicación participativa de un reglamento de gestión, uso y manejo del agua, con el sano espíritu de ordenar actividades (letrización, manejo de desechos) y normar acciones que atenten contra la disponibilidad en cantidad y calidad del recurso hídrico.
- La información de los estudios realizados, debe retomarse para las planificaciones de acciones en la subcuenca y de esta manera orientar el enfoque de cuenca a mejor provecho de estos recursos de información para la planificación conjunta de actores.
- Es recomendable realizar un estudio por finca sobre los recursos naturales útiles para la realización de obras de captación y uso eficiente de agua.
- La eficiencia del uso del agua puede mejorarse con la selección de especies productivas más resistentes a los efectos de la sequía, disminuyendo las pérdidas por fugas en los traslados del agua, uso de técnicas de riego que permitan mejor rendimiento y menos usos de agua, conocimiento de las demandas de agua en la producción, formación de cultura sobre el manejo y uso eficiente del recurso hídrico.
- El comportamiento adaptativo de los productores agropecuarios a los periodos de sequías, debe fortalecerse con iniciativas que contribuyan en mejorar la disponibilidad de agua durante el periodo seco, planificándose metas de implementación de iniciativas por año, de las que mejor convengan a los intereses de las familias.
- La captación de agua superficial se promueve en cada uno de los programas y subprogramas como un elemento requisito para la implementación de los mismos, hasta lograr que cada familia ponga en práctica al menos una tecnología de captación de agua.



## 6 BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía municipal de Somoto. 2000. Plan Rector de Producción y Conservación (PRPC) de la subcuenca Aguas Calientes. Somoto, NI. 1 disco compacto. 8 mm.
- Anaya M. 1977. Optimización del aprovechamiento del agua de lluvia para la producción agrícola bajo condiciones de temporal deficiente. Chapingo, MX. Hernández, E. ed. 45p.
- Anaya, M et ál. 1977. Manual de Conservación del Suelo y del Agua. Colegio de Postgraduados. Chapingo, MX. 46p.
- Anaya, M. 2000. Microcaptación, cultivos anuales y perennes, México. Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Naturales. Montecillo, MX. 19p.
- Astorga, Y. 2005. Gestión integrada del recurso hídrico. Apuntes del curso de maestría. Turrialba, CR. CATIE. 62p.
- Azqueta, D. 2001. El valor económico del agua y el plan hidrológico nacional. Revista del Instituto de Estudios Económicos. No. 4. 8p.
- Barzed, R. s.f. Estudio de valoración económica de la oferta y demanda hídrica del bosque en que nace la fuente del Río Chiquito (Finca El Cacao, Achuapa) implementación de Mecanismos de pagos por servicios hídricos. Achuapa, León, NI. PASOLAC. 17p.
- Benejas, L. 2006. Propuesta metodológica para evaluar la adaptación de los productores a la variabilidad climática, principalmente a la sequía, en cuencas hidrográficas en América Central. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba. CR. 145p.
- Botha, J.J; Kundhlande, G. Y Sanewe A.J. 2000. Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia, experiencias en América Latina. Requisitos biofísicos y aceptación socioeconómica de la captación y conservación de agua de lluvia en el campo en la región semiárida central de Sudáfrica. Santiago, CL. Oficina regional de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). FOODAGRI SANTIAGO. 224p.
- CARE, (Care Internacional en Nicaragua). 2003. Informe perforación de pozos en el municipio de San Lucas y Somoto. Departamento de Madriz. Managua, NI. 66 p.
- Castellón, N. 2004. Análisis socioambiental del uso y manejo del agua en la subcuenca del Río Aguas Calientes, Somoto, Nicaragua. Tesis de Mag. Sc. CATIE. Turrialba. CR. 174p.
- Comité Cuencas. 2005. Plan de cogestión de la subcuenca del Río Aguas Calientes, en los municipios de Somoto y San Lucas, Madriz. Somoto, NI (en revisión). ed. Benavides, D; López, N y Laguna, R. Comité de cuencas. 117p.
- Comité de Cuenca. 2006. Informe sobre los análisis de bacteriológico de la calidad del agua en la Sub cuenca del Río Aguas Calientes, somoto, Nicaragua. Presentación Power point. 17 láminas.
- Comité de Cuencas. 2004. Reglamento de organización y funcionamiento del comité de cuencas Aguas Calientes. Resolución municipal. Somoto, NI. 13p.

- Cubero, D. 2001. Clave de bolsillo para determinar la capacidad de uso de las tierras. San José, Costa Rica. MAG, ARAUCARIA. 19p.
- ENACAL (Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados). 2003. Situación de los recursos hídricos en Nicaragua. (en línea). Turrialba, CR. Consultado 13 nov. 2005. disponible en [www.cepis.ops](http://www.cepis.ops).
- ENACAL (Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados, NI). Gerencia de perforaciones. Departamento de investigación de fuentes. 2003. Estudio hidrogeológico – geofísico de sitios para perforación de pozos en Somoto, Madriz. Managua, NI. 42p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1986. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio de riego y drenaje 33. Roma, IT. 212p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2002. El agua y cultivos. Logrando el uso óptimo del agua en la agricultura. Roma, IT. s.e. 22p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, IT). Oficina regional para América Latina y el Caribe. 1990. Manual de auto instrucción de materiales de construcción para obras de riego. Santiago de CL. 313p.
- Faustino, J. 2005. Manejo integrado de cuencas hidrográficas. Manejo, gestión y cogestión de cuencas. CATIE, Turrialba, CR. 165p.
- Galeno, R. 2005. Vida y sanidad animal. Calidad de vida, capítulo 10, número 811 (en línea). Consultado el 19 de Ago. 2006. disponible en <http://www.mailxmail.com/curso/vida/sanidadanimal.htm>
- Geilfus, F. 2002. 80 herramientas para el desarrollo participativo, diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación. IICA. San Salvador, SV. Sexta edición. 208p.
- Gobierno de Nicaragua. 1999. “Evolución y situación actual de la pobreza en Nicaragua”, Managua, NI. 175p.
- Gobierno de Nicaragua. 2005. Estrategia sectorial de agua potable y saneamiento 2005-2015. Comisión nacional de agua potable y saneamiento (CONAPASA), Banco interamericano de desarrollo (BID). Managua, NI. 164p.
- Gobierno de Nicaragua. Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. 2005. Ley general de aguas nacionales. Managua, NI. 50p.
- Gómez, S. 2003. Análisis de vulnerabilidad con énfasis en sequía en la subcuenca del Río Aguas Calientes, Somoto, Nicaragua. Tesis de Maestría. CATIE. Turrialba. CR. 91p.
- Gurovich, L. 1985. Fundamentos y diseño de sistemas de riego. San José, Costa Rica. IICA. 433p.
- GWP (Global Water Partnership). 2005. Estimulando el cambio: un manual para el desarrollo de estrategias de gestión integrada de recursos hídricos (GIRH) y de optimización del agua. Secretaría de GWP. Elanders. Stockholm, SE. 47p.

- Gleick, P. 1999. The human right to water. Pacific institute for studies in development, environment, and security. Oakland, US.15p.
- Hernández, R; Herrerías, G. sf. Experiencias locales de lucha contra la desertificación en zonas rurales pobres de América Latina y el Caribe. Programa de agua para siempre. Tehuacan, MX. se. 5p.
- Howard, G; Bartram, J. 2003. Domestic water quantity, service, level and health (en línea). Geneva, CH. World Health Organization (OMS). Consultado el 15 nov. 2006. disponible en [http://www.who.int/water sanitation health/ diseases/wsh0302/es/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/wsh0302/es/index.html)
- INEC (Instituto Nicaragüense de Estadística y Censos, NI). 2002. Mediciones y resultados de la pobreza (diapositivas). Managua, NI. 73 diapositivas.
- INEC (Instituto Nicaragüense de Estadística y Censos, NI). 2004. Análisis de la pobreza y la seguridad alimentaria nutricional en Nicaragua. Managua, NI. MECOVI. 89p.
- INIFOM (Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal). 2000. Diagnóstico Sociodemográfico del Municipio de San Lucas. FNUAP (Fondo de Población de las Naciones Unidas). Somoto, NI. FNUAP-UNIFOM. 45 p.
- INIFOM (Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal). 1999. Diagnóstico Sociodemográfico del Municipio de Somoto. FNUAP (Fondo de Población de las Naciones Unidas). Somoto, NI. FNUAP-UNIFOM. 75 p.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 2004a. Descripción taxonómica de los suelos a nivel de orden a nivel nacional. Managua, NI, s.e. 12p.
- \_\_\_\_\_.2004b. Atlas climático de Nicaragua. 1 disco compacto 8mm.
- Jiménez, F. 2005a. Manejo integrado de cuencas hidrográficas. Conceptos básicos, caracterización, línea base, diagnóstico y plan de acción. CATIE, Turrialba, CR. 86p.
- Jiménez, F. 2005b. Manejo de desastres naturales. Sequías. Apuntes de clases del curso. CATIE, Turrialba, CR. 284p.
- Junker, M.2000. Método RAS, método para determinar la recarga acuífera subterránea. San Salvador, El SV. FORGAES. 40p.
- Lirio, A. 2004. Procesos organizativos, regulación y tecnologías para el manejo y conservación del recurso hídrico y mitigación de la sequía, subcuenca del Río Aguas Calientes, Nicaragua. Tesis de MSc. CATIE. Turrialba. CR. 165p.
- MAGFOR (Ministerio de Agricultura, ganadería y Forestal). 2000. Estudio de Ordenamiento de Cuencas Hidrográficas de la Región de Las Segovias (Estelí, Madriz y Nueva Segovia). Managua NI. Resumen ejecutivo. 22p.
- MARENA (Ministerio de Recursos Naturales y Ambiente). 2003. Programa de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía. Managua, NI. 50p.

- MARENA (Ministerio de Recursos Naturales y del Ambiente). 2004. Estado del ambiente en Nicaragua, segundo informe GEO (Global Environmental Outlook). Ed. T Zúñiga. Managua, NI. Impreso en La prensa. 164p.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud). 1993. Consideraciones sobre el programa Medio y Salud en el Istmo Centroamericano Costa Rica. 50 p.
- PASOLAC (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central, HN).2006. Guía para elaboración de estudios de adopción de tecnologías de manejo sostenible de suelos y agua. Tegucigalpa, HN. López. 40p.
- PASOLAC (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central, SV). 2000. Guía técnica para la conservación de suelos y agua. San Salvador, SV. New Graphic, S.A. de C.V. 30p.
- Perea, E. 2005. Agua de lluvia para vivir y producir, artículo No. 52 (en línea). Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia (CIDECALLI) y Colegio de Posgraduados (COLPOS). Consultado el 10 dic. 2005. disponible en <http://www.teorema.com.mx/articulos>.
- Pearson, C. J; Ison, R. L. 1987. Agronomy of grassland systems. New York, US. Cambridge University Press. 169p.
- Pérez, R. 2006. Análisis del proceso hacia la cogestión en la Subcuenca del Río Aguas Calientes, Somoto y San Lucas, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, CR. 150p.
- Prins, C et ál. 2005a. Procesos de innovación rural en América Central: reflexiones y aprendizajes. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 244p.
- \_\_\_\_\_ 2005b. Acción – investigación y sistematización de experiencias (diapositivas). CATIE. Turrialba, Costa Rica. 16 diapositivas.
- \_\_\_\_\_ 2005c. Desarrollo y creación de institucionalidad rural. Interface, transacción y gestión concertada. Apuntes de clases del curso. CATIE, Turrialba, CR. 76p.
- Quirós Viquez, A.2005. Situación del agua en Nicaragua. Cambios legales en el marco de privatización. Managua, NI. Pan para el Mundo. Brot für die welt. 23p.
- Salinas, I. (1991). Zonificación agro ecológica para el cultivo de café (Coffea arabica L.) en Nicaragua. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, CR. 90p.
- SICA (Sistema de Integración Centro Americana). 1999. Plan de acción para el manejo integrado del agua en el Istmo Centroamericano. Secretaría general. s.e. 65p.
- Stäuble, M. 2005. Investigación en la captación de agua y su uso productivo en la Subcuenca Río Cállico, Matagalpa, NI. Informe de práctica. CIAT. Nicaragua. 32p.
- UNATSABAR (Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural). 2001. Guía de diseño para captación del agua de lluvia. Lima, PE. CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente); OPS (Organización Panamericana de la Salud). 18p.

Veenhuizen, RV; Prieto-Celi, M. 2000. Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia, experiencias en América Latina. Santiago, CL. Oficina regional de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). FOODAGRI SANTIAGO. 224p.

Velásquez, S. 2005. Sistema de Información Geográfica Aplicados al Manejo de Cuencas Hidrográficas. Planes de ordenamiento territorial. Guía de tutoriales ArcView 3.3. CATIE. Turrialba, CR, se. 38p

Villón Bejar, M. 2004. Hidrología. Cartago, CR. Tecnológica de Costa Rica. 474p.

## **ANEXOS**

Anexo 1. Ubicación con levantamiento GPS, GARMIN, en la subcuenca Aguas Calientes.

No.	Comunidad	propietario	ubicación	longitud	latitud
1	El Volcán	Chichicaste, coop. Uniles	Parte alta	545798	1482908
2	El Volcán	Chiquero s No. 4	Parte alta	544983	1483334
3	El Volcán	La guitarra (Jesús Mercado)	Parte alta	545644	1482386
4	El Volcán	Santos Rivas	Parte alta	545045	1482853
5	El Volcán	El Chaguite S No. 2 pila sellada	Parte alta	544572	1482632
6	El Volcán	Santos Rivas (el popoyon)	Parte alta	544408	1482888
7	El Volcán	El Volcán	Parte alta	544116	1483551
8	El Volcán	El Guillén (Santos Rivas Mercado)	Parte alta	545282	1482744
9	El Volcán	Luis Estrada	Parte Media	543862	1483802
10	El Volcán	María Vicenta Gómez	Parte Media	543923	1483810
1	El Porcal	Luís Emilio Bográn	Parte Media	543661	1483901
2	El Porcal	Enrique Obando	Parte Media	543509	1484068
3	El Porcal	Rosa Isabel Miranda	Parte Media	543625	1483999
4	El Porcal	Ervin Obando Mejía	Parte Media	543522	1483873
5	El Porcal	Manuel Sánchez Hernández	Parte Media	543261	1483713
6	El Porcal	Santos Crecencio Gutiérrez	Parte Media	543265	1483634
7	El Porcal	Pedro Báez Estrada	Parte Media	543067	1483560
8	El Porcal	Manuel Bertrán	Parte Media	542310	1484766
1	Rodeo II	Martín Sánchez Carrasco	Parte alta	546135	1489280
2	Rodeo II	Miguel Ángel Sánchez garcía	Parte alta	546179	1486587
3	Rodeo II	Roberto Sánchez Sánchez	Parte alta	546351	1486404
4	Rodeo II	Juan Francisco Sánchez	Parte alta	546474	1486281
5	Rodeo II	Paulino Martínez	Parte alta	546317	1486475
6	Rodeo II	Salvador Hernández	Parte Media	546202	1486723
1	Quebrada de agua	La livoria	Parte alta	545486	1485596
2	Quebrada de agua	Salvador Hernández	Parte alta	545633	1485652
3	Quebrada de agua	Salvador Hernández	Parte alta	545735	1485628
4	Quebrada de agua	Salvador Hernández	Parte alta	547065	1485812
1	Mancico	Santos Teodoro Figueroa	Parte Media	544243	1486299
2	Mancico	Paulo Antonio Hernández G.	Parte Media	544852	1485848
3	Mancico	Santos Gutiérrez Hernández	Parte Media	544925	1485742
4	Mancico	Modesto López Gutiérrez	Parte Media	544447	1486050
5	Mancico	Vilma de Jesús Hernández	Parte Media	544378	1486148
6	Mancico	Luís Figueroa Álvarez	Parte Media	544218	1486273
7	Mancico	Luís Figueroa Álvarez	Parte Media	544227	1486215
8	Mancico	Vilma de Jesús Hernández	Parte Media	544377	1486171
9	Mancico	Ángel Antonio Hernández	Parte Media	544506	1486098
10	Mancico	José Antonio Rivera Guzmán	Parte Media	541786	1486572
1	Uniles centro	José Esteban Moreno Ramírez	Parte Media	542576	1485260
2	Uniles centro	Justo Pastor Moreno	Parte Media	542693	1485197
3	Uniles centro	Mercedes López Gómez	Parte Media	542977	1484822

4	Uniles centro	Santos Cruz Jiménez	Parte Media	542996	1484890
5	Uniles centro	Quebrada la Ceiba	Parte Media	543220	1485167
6	Uniles centro	Puente el peligro Clemente Gutiérrez	Parte Media	543511	1485246
7	Uniles centro	Marvín Rivas	Parte Media	54311	1485685
8	Uniles (La Grama)	Santiago Hernández	Parte Media	544082	1485148
9	Uniles (La Grama)	Santiago Hernández	Parte Media	544361	1485152
10	Uniles (La Grama)	Celestino López	Parte Media	544396	1485165
11	uniles (La Balona)	María Auxiliadora López	Parte alta	544853	1484953
12	Uniles (La Grama)	Pedro Rafael Gutiérrez	Parte alta	544888	1484869
1	Santa Isabel	Manuel Hernández	Parte Media	543843	1486796
2	Santa Isabel	Pedro Gutiérrez (el portalito)	Parte Media	544175	1486689
3	Santa Isabel	Germán Vásquez (San Sebastián)	Parte Media	543479	1486874
4	Santa Isabel	José Dolores Vásquez	Parte Media	543003	1486942
5	Santa Isabel	Puente Apatule	Parte Media	542719	1487201
1	Santa Rosa	Finca de Rosa Pineda	Parte baja	530229	1488021
2	Santa Rosa	Finca de Elvin Pineda	Parte baja	540781	1488147
3	Santa Rosa	Finca de Elvin Pineda	Parte baja	540716	1488263
4	Santa Rosa	Santos Rodríguez	Parte Media	541275	1486764
5	Santa Rosa	La Susuba (quebrada permanente)	Parte Media	540773	1487526
6	Santa Rosa	Adonis Moncada	Parte Media	539478	1489321
7	Santa Rosa	El Salamar (Frente a José A Díaz)	Parte Media	541976	1486088
8	Santa Rosa	José Adrián Rodríguez	Parte Media	542005	1486105
9	Santa Rosa	María Matilde Gutiérrez	Parte Media	541377	1486654
10	Santa Rosa	Fabián García Gutiérrez	Parte Media	541489	1486578
11	Santa Rosa	Wilfredo Ríos Ramírez	Parte Media	541714	1486194
12	Santa Rosa	Wilfredo Ríos Ramírez	Parte Media	541751	1486090
13	Santa Rosa	El Salamar (sobre la quebrada)	Parte Media	542014	1485978
1	Los Copales	Finca Miguel Tercero	Parte Media	543198	1489361
2	Los Copales	José Ramón Miranda Díaz	Parte Media	541519	1489289
3	Los Copales	Timoteo Miranda	Parte baja	541717	1489177
4	Los Copales	Manuel de Jesús Godoy	Parte baja	541152	1488496
5	Los Copales	José Santos Tercero	Parte Media	542309	1488657
6	Los Copales	Pablo Godoy	Parte baja	541226	1488626
7	Los Copales	Pedro Rafael González	Parte baja	540952	1488674
8	Los Copales	José Ernesto López Herrera	Parte Media	541195	1488381
9	Los Copales	Daniel Torres Espinoza	Parte Media	541614	1485955
10	Los Copales	Francisco Rivera	Parte baja	541675	1488628
11	Los Copales	Orlando Rivera	Parte baja	541590	1488600
1	Agua Caliente	Armando Herrera	Parte baja	539915	1489116
2	Agua Caliente	Finca de Denis Carazo	Parte baja	539879	1489084
3	Agua Caliente	Finca de Denis Carazo	Parte baja	539915	1489113
4	Agua Caliente	Finca de Manuel Bellorín	Parte baja	539544	1488728



Anexo 2. Resumen metereológico pluviométrico anual

Estación: Somoto

Registro: 1950 – 2006

Latitud: 13° 28' 30" N

Longitud: 86° 35' 06" W

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1962	-	-	-	-	-	-	77.1	80.8	145.4	162.4	24.4	3.7	493.8
1963	14.5	7.5	5.3	45.4	41.2	106.9	61.9	53.8	124.5	146.3	71.4	3.6	682.3
1964	0.0	2.6	0.5	11.7	87.5	236.1	122.1	75.3	72.2	255.8	4.4	1.3	869.5
1965	0.0	0.0	0.0	0.0	124.6	126.2	107.8	52.1	189.6	54.1	31.3	7.5	693.2
1966	2.1	1.7	5.4	17.7	234.0	328.6	139.1	128.5	127.4	267.2	15.2	0.0	1266.9
1967	3.0	6.8	6.7	79.2	3.5	139.8	113.1	27.7	242.7	55.9	17.0	15.8	711.2
1968	4.4	0.0	0.0	1.3	249.4	237.1	78.0	89.3	297.1	177.3	23.6	8.9	1166.4
1969	2.6	1.8	41.3	51.8	152.9	311.3	77.1	228.4	237.1	281.4	61.3	1.9	1448.9
1970	15.6	0.0	4.3	59.4	229.1	87.6	138.3	156.4	178.1	61.5	48.9	14.7	993.9
1971	7.6	1.3	0.6	0.0	128.5	59.2	63.9	133.5	102.5	150.4	5.8	14.6	667.9
1972	0.0	5.3	3.1	3.1	101.8	324.4	28.7	42.8	32.8	72.0	17.8	3.0	634.8
1973	3.2	1.9	3.2	22.5	60.9	134.8	95.2	123.4	230.6	206.9	11.3	0.5	894.4
1974	2.6	0.0	0.0	3.6	423.2	72.7	64.0	13.7	229.5	231.1	4.5	16.0	1060.9
1975	9.5	0.0	0.0	0.0	104.5	160.2	99.4	66.9	243.4	169.5	117.9	0.0	971.3
1976	0.0	0.0	0.0	9.7	72.9	189.1	42.1	39.9	53.3	137.6	27.6	9.2	581.4
1977	0.4	0.0	0.0	2.7	330.1	200.7	203.6	52.2	181.0	133.8	152.3	133.0	1389.8
1978	2.7	8.1	50.5	7.0	104.9	102.6	114.2	45.7	103.7	77.2	5.2	4.9	626.7
1979	1.6	0.0	0.8	121.7	32.5	231.0	75.4	101.2	212.2	207.5	34.8	12.4	1031.1
1980	0.0	0.0	0.0	9.8	284.4	185.1	149.2	131.1	200.3	310.4	19.1	0.0	1289.4
1981	3.5	1.0	57.1	10.0	214.1	328.2	49.6	183.6	77.2	306.5	16.0	24.6	1271.4
1982	2.6	2.7	0.0	19.5	263.7	164.7	52.2	26.1	141.3	53.1	29.5	9.8	765.2
1983	0.0	2.4	0.0	16.9	77.2	204.9	49.2	133.1	89.7	48.9	77.2	7.2	706.7
1984	2.5	0.8	18.7	40.3	15.1	133.7	157.0	138.0	193.9	93.1	5.7	5.6	804.4
1985	0.0	4.5	0.0	45.7	108.6	75.2	147.6	114.5	74.1	123.5	11.4	4.9	710.0
1986	0.0	1.9	0.0	0.0	145.4	131.2	77.4	84.0	70.6	44.8	23.9	2.3	581.5
1987	0.0	4.5	0.0	45.7	-	-	-	-	-	-	-	-	50.2
1991	-	-	-	-	-	-	-	12.3	26.3	8.6	74.0	4.6	125.8
1992	30.8	50.7	0.0	0.0	215.2	165.6	290.8	69.7	125.2	62.7	2.0	12.5	1025.2
1993	6.3	0.0	40.9	55.8	248.4	196.6	75.6	150.0	289.3	80.1	4.4	6.3	1153.7
1994	0.0	0.0	0.0	92.5	145.2	144.6	17.9	57.0	132.5	125.7	32.1	1.0	748.5
1995	0.0	0.0	56.8	97.7	37.7	103.9	60.0	350.3	127.9	121.0	6.3	18.7	980.3
1996	0.7	0.0	0.0	8.7	119.9	28.0	77.7	142.6	99.8	204.1	74.4	0.0	755.9
1997	8.2	0.4	37.8	1.9	25.9	97.1	65.1	44.5	85.5	206.4	40.9	0.0	613.7
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	1.7	12.0	18.2	40.3	77.9	101.2	135.6	54.8	252.9	176.0	67.7	0.0	938.3
2000	6.6	2.4	0.0	0.0	122.1	62.6	41.8	87.4	191.5	103.0	10.7	7.0	635.1
2001	1.1	0.0	22.9	0.0	163.3	32.7	29.2	107.4	153.5	77.6	10.7	0.0	598.4
2002	0.7	8.3	0.0	3.1	198.2	143.8	81.0	33.5	156.2	175.3	5.5	2.4	808.0
2003	4.5	0.8	34.3	7.3	120.2	292.9	67.9	59.7	122.3	52.0	58.4	0.0	820.3
2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	-	-	-	-	73.8	365.8	22.8	7.8	8.0	49.6	-	-	527.8
2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma	139.0	129.4	408.4	932.0	5137.8	6006.1	3348.6	3499.0	5621.1	5270.3	1244.6	357.9	32094.2
Media	3.9	3.6	11.3	25.9	142.7	166.8	90.5	92.1	147.9	138.7	33.6	9.7	822.9
Máximo	30.8	50.7	57.1	121.7	423.2	365.8	290.8	350.3	297.1	310.4	152.3	133.0	1448.9
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	28.0	17.9	7.8	8.0	8.6	2.0	0.0	0.0

Anexo 3.Consolidado de información de encuestas por estratos en la subcuenca del río Aguas Calientes

No.	Criterio	Variables	Ubicación por estrato		
			Parte alta	Parte media	Parte baja
<b>1</b>	<b>Áreas con potencial de captación de agua</b>				
1.1	Áreas con potencial de captación en la comunidad	Parcelas	X	80%	89%
		Quebradas	X	57%	X
		Techo de vivienda	X	63%	85%
1.2	Áreas con potencial de captación por finca	Techo de vivienda	92%	95%	95%
		Parcela	X	59%	79%
<b>2</b>	<b>Tecnologías alternativas de captación de agua en la comunidad.</b>				
2.1	Estanques que almacenan agua actualmente en las comunidades	Bidón	X	85%	88%
		Barril	X	X	57%
		Cisterna	X	98%	88%
		Pila	X	98%	95%
2.2	Alternativas de captación de agua que conoce la población	Cisterna	92%	72%	X
2.3	Participación de actores en la implementación de alternativas de captación de agua.	Familia	92%	73%	55%
		Comunidad	62%	59%	55%
		Organización Instituciones	54%	X	X
2.4	Demandas de la población al Comité de Cuenca para implementar alternativas de capt.	Organización (gestión)	X	77%	61
2.5	Aporte de familias en implementación de alternativas de captación	Material local	85%	X	95%
		Mano de obra local	X	95%	X

Continuación anexo 3

No.	Criterio	Variables	Ubicación por estrato		
			Parte alta	Parte media	Parte baja
<b>3</b>	<b>Beneficio Socioeconómico con mayor disponibilidad de agua.</b>				
3.1	Uso del agua que se capte	Lavar	85%	85%	91%
		Bañar	54%	73%	77%
		Riego Hortalizas	X	52%	X
		Riego Huertos		51%	
3.2	Ventajas socioeconómicas de las alternativas de captación	Más Alimento	92%	81%	68%
		Más Ingresos	92%	X	X
		Mas Producción	X	75%	70%
<b>4</b>	<b>Beneficio Ambiental con más disponibilidad de agua.</b>				
4.1	Contribución ambiental de las alternativas de captación y uso eficiente de agua.	Agua para Plantas	54%	50%	X
<b>5</b>	<b>Situación socioeconómica del encuestado.</b>				
5.1	Rubros que cultiva	Maíz	59%	93%	84%
		Frijol	77%	93%	84%
5.2	Tenencia de propiedad	Vivienda Propia	X	95%	95%
		Tierra Propia	X	79%	80%
5.3	Estrategia de vida en verano	Emigran	69%	51%	X

Anexo 4. Información resumen de variables cuantitativas aplicadas por estratos

No.	Variable	Unidad	División por estrato.			Media
			Parte alta	Parte media	Parte baja	General
1	Área de siembra por productor	Ha	1,52	1,55	1,43	<b>1,5</b>
2	Tenencia de tierra por familia	Ha	2,00	1,45	1,13	<b>1,53</b>
3	Capacidad de inversión en tecnologías de captación	C\$	300,00	371,25	398,15	<b>356,47</b>
4	Tamaño de techo por vivienda	M <sup>2</sup>	37,23	44,53	49,39	<b>43,72</b>
5	Personas que habitan por vivienda	Ind/viv.	6,45	7,51	6,98	<b>6,98</b>
6	Demanda de agua por familia	l/día	258,57	222,22	224,00	<b>234,93</b>

Anexo 5.Evapotranspiración Potencial EVPo. Según Isidro Salinas (1991). Municipio Somoto

Mes	Deciles	mm	Promedio Mensual	Promedio anual	EVPo Anual (mm)
	1	43,3			
Ene	2	44,4	45,87		
	3	49,9			
	1	49,6			
Feb	2	51,4	50,07		
	3	49,2			
	1	57,2			
Mar	2	59,1	55,17		
	3	63			
	1	60,6			
Abril	2	59,4	58,13		
	3	54,4			
	1	56,1			
May	2	55,2	53,87		
	3	50,3			
	1	43			
Jun	2	44,2	43,93		
	3	44,6			
	1	44			
Jul	2	46	46,43		
	3	49,3		<b>47,78</b>	<b>1743 mm/año</b>
	1	45,7			
Ago	2	47,6	47,43		
	3	49			
	1	45			
Sep	2	43,9	44,23		
	3	43,8			
	1	42,8			
Oct	2	43,7	43,87		
	3	45,1			
	1	41,1			
Nov	2	41,4	41,47		
	3	41,9			
	1	42			
Dic	2	42,3	42,9		
	3	44,4			
			<b>573,37</b>		

Anexo 6. Proyección del crecimiento de la población y la demanda de agua a 20 años

<b>Año</b>	<b>Población</b>	<b>l/día/pers</b>	<b>año</b>	<b>conversión</b>	<b>m<sup>3</sup>/año</b>
2006	7925	39,28	365	1000	113.622
2007	8106	39,28	365	1000	116.217
2008	8292	39,28	365	1000	118.884
2009	8482	39,28	365	1000	121.608
2010	8676	39,28	365	1000	124.389
2011	8875	39,28	365	1000	127.242
2012	9078	39,28	365	1000	130.153
2013	9286	39,28	365	1000	133.135
2014	9499	39,28	365	1000	136.189
2015	9717	39,28	365	1000	139.314
2016	9940	39,28	365	1000	142.511
2017	10168	39,28	365	1000	145.780
2018	10401	39,28	365	1000	149.121
2019	10639	39,28	365	1000	152.533
2020	10883	39,28	365	1000	156.031
2021	11132	39,28	365	1000	159.601
2022	11387	39,28	365	1000	163.257
2023	11648	39,28	365	1000	166.999
2024	11915	39,28	365	1000	170.827
2025	12188	39,28	365	1000	174.741
2026	12467	39,28	365	1000	178.741

Anexo 7. Presupuesto de obra demostrativa

**Tecnología: Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techo (SCAPT) con laguneta revestida con polietileno**

**Comunidad: Aguas Calientes**

Capacidad de almacenamiento de estanque: 72.96 m<sup>3</sup> (16,00 \* 5,70 \* 0,80)

No	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO		Tasa de cambio C\$* US \$ 1.00	COSTO DÓLAR \$
				UNITARIO	TOTAL C\$		
<b>MATERIALES</b>							
1	Poletileno industrial 48*1000	69,6	metro	21,87	1.522,00	17,79	85,56
2	Canal plástico colonial pvc 6m	2	UNIDAD	390,00	780,00	17,79	43,84
3	Bajantes de canal plástico pvc	1	UNIDAD	60,00	60,00	17,79	3,37
4	Tapaderas de canal Plástico pvc	2	UNIDAD	35,00	70,00	17,79	3,93
5	Uniones de canal pvc	2	UNIDAD	25,00	50,00	17,79	2,81
6	Pega de pvc tubo 1/16	1	UNIDAD	40,00	40,00	17,79	2,25
7	Tubo pvc sanitario de tres pulgadas 6m	0,5	UNIDAD	190,00	95,00	17,79	5,34
8	tubo pvc DRR 64" de dos pulgadas 6m	0,25	UNIDAD	129,00	32,00	17,79	1,81
9	Codos pvc de dos pulgadas	2	UNIDAD	14,00	28,00	17,79	1,57
10	Bidón (recipiente) plástico de 20 litros	1	UNIDAD	40,00	40,00	17,79	2,25
11	Tapón pvc de dos pulgadas	1	UNIDAD	14,00	14,00	17,79	0,79
12	Manguera de poletileno de dos pulgadas	100	metro	2,90	290,00	17,79	16,30
13	Energía para pegar polietileno 1 kwh	11,23	horas	2,05	23,00	17,79	1,29
14	Varilla de hierro mm 1/4 * 6m	2	UNIDAD	15,00	30,00	17,79	1,69
15	Papel periódico	3	libra	5,00	15,00	17,79	0,84
16	Pega de epoximil	1	tubo	32,00	32,00	17,79	1,80
<b>MANO DE OBRA</b>							
1	Excavación de pileta 16 * 6m	15	d/h	35,00	525,00	17,79	29,51
2	Pegado de poletileno	4	d/h	50,00	200,00	17,79	11,24
3	Conformación de pileta	2	d/h	40,00	80,00	17,79	4,50
4	Instalación de sistema SCAPT	2	d/h	60,00	120,00	17,79	6,75
5	Elaboración de estribos metálicos para canal	20	UNIDAD	3,00	60,00	17,79	3,37
<b>TRANSPORTE DE MATERIAL</b>							
1	Acarreo	1	viaje	100,00	100,00	17,79	5,62
<b>TOTAL</b>					<b>4.206</b>	<b>17,79</b>	<b>236,45</b>

Tecnología: Terrazas individuales en árboles frutales

Comunidad: El Rodeo II

Capacidad de área de captación de agua: Proporcional de 1:1 a 1:3

No	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	Tasa de cambio	COSTO
					TOTAL C\$	C\$* US \$ 1.00	DÓLAR \$
<b>MANO DE OBRA</b>							
1	Recogida de piedras	3	d/h	50,00	150	17,79	8,43
2	Acarreo del material local (piedras)	2	d/h	35,00	70	17,79	3,93
3	Conformación de área de captación por árbol	5	d/h	40,00	200	17,79	11,24
<b>TOTAL</b>							
					<b>420</b>	<b>17,79</b>	<b>23,61</b>



Tecnología: Micro represa en quebrada

Comunidad: Uniles, Sector La Grama

Capacidad de almacenamiento de estanque: 13,26 m3

No	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	COSTO	Tasa de cambio C\$* US \$ 1.00	COSTO
				UNITARIO	TOTAL C\$		DÓLAR \$
<b>MATERIALES</b>							
1	Poletileno industrial 48*1000	16	metro	21,87	349	17,79	19,67
2	Sacos nylon de 100 libras	26	UNIDAD	4,00	104,00	17,79	5,85
3	Cuerda nylon	1	UNIDAD	3,00	3,00	17,79	0,17
4	Energía para pegar poletileno 1 kwh	2,96	horas	2,05	6,07	17,79	0,34
5	Papel periódico	1	Libra	5,00	5,00	17,79	0,28
6	Manguera Poletileno de 1/2"	6	metro	1,20	7,20	17,79	0,40
7	Botella PEP descartable	1	UNIDAD	4,00	4,00	17,79	0,22
8	Botella PEP descartable	1	UNIDAD	4,00	4,00	17,79	0,22
<b>MANO DE OBRA</b>							
1	Pegado de poletileno	0,5	d/h	50,00	25,00	17,79	1,41
2	Recogida de piedras	2	d/h	35,00	70,00	17,79	3,93
3	Conformación de área de captación en quebrada	6	d/h	40,00	240,00	17,79	13,49
4	Instalación de Poletileno y sacos	2	d/h	60,00	120,00	17,79	6,75
<b>TRANSPORTE DE MATERIAL</b>							
1	Acarreo	1	viaje	100,00	100,00	17,79	5,62
					-		
					-		
					-		
<b>TOTAL</b>					<b>1.038</b>	<b>17,79</b>	<b>58,36</b>

Tecnología: Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techo (SCAPT) Con zanja de Almacenamiento Revestida con Polietileno

Comunidad: El Volcán

Capacidad de almacenamiento de estanque: 33,00 m3

No	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	COSTO	Tasa de cambio	COSTO
				UNITARIO	TOTAL C\$	C\$* US \$ 1.00	DÓLAR \$
<b>MATERIALES</b>							
1	Poletileno industrial 48*1000	63	metro	21,87	1.377,81	17,79	77,45
2	Canal plástico colonial pvc 6m	2	UNIDAD	390,00	780,00	17,79	43,84
3	Bajantes de canal plástico pvc	1	UNIDAD	60,00	60,00	17,79	3,37
4	Tapaderas de canal Plástico pvc	2	UNIDAD	35,00	70,00	17,79	3,93
5	Uniones de canal pvc	2	UNIDAD	25,00	50,00	17,79	2,81
6	Pega de pvc tubo 1/16	1	UNIDAD	40,00	40,00	17,79	2,25
7	Tubo pvc sanitario de tres pulgadas 6m	1	UNIDAD	190,00	190,00	17,79	10,68
8	Codo de tres pulgadas	1	UNIDAD	50,00	50,00	17,79	2,81
9	Reductor de tres por dos pulgadas	1	UNIDAD	25,00	25,00	17,79	1,41
10	Reductor de dos por una pulgada	1	UNIDAD	20,00	20,00	17,79	1,12
11	Manguera de poletileno de una pulgada	100	metro	1,90	190,00	17,79	10,68
12	Energía para pegar poletileno 1 kwh	10	horas	2,05	20,50	17,79	1,15
13	Varilla de hierro mm 1/4 * 6m	2	UNIDAD	15,00	30,00	17,79	1,69
14	Grapas metálica	1	libra	10,00	10,00	17,79	0,56
15	Papel periódico	3	libra	5,00	15,00	17,79	0,84
<b>MANO DE OBRA</b>							
1	Excavación de Zanja de almacenamiento 30 * 1.3*1	12	d/h	35,00	420,00	17,79	23,61
2	Área de descargue	1	d/h	35,00	35,00	17,79	1,97
3	Pegado de poletileno	4	d/h	50,00	200,00	17,79	11,24
4	Conformación de zanja	2	d/h	35,00	70,00	17,79	3,93
5	Instalación de sistema SCAPT	4	d/h	60,00	240,00	17,79	13,49
6	Elaboración de estribos metálicos para canal	20	UNIDAD	3,00	60,00	17,79	3,37
<b>TRANSPORTE DE MATERIAL</b>							
1	Acarreo	1	viaje	150,00	150,00	17,79	8,43
<b>TOTAL</b>					<b>4.103</b>	<b>17,79</b>	<b>230,65</b>

Tecnología: Micro represa en cárcava con dique de piedra, saco con arena y revestida con polietileno.

Comunidad: El Porcal

Capacidad de almacenamiento de estanque: 43,84 m3

No	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	COSTO	Tasa de cambio	COSTO
				UNITARIO	TOTAL C\$	C\$* US \$ 1.00	DÓLAR \$
<b>MATERIALES</b>							
1	Poletileno industrial 48*1000	48	metro	21,87	1.049,76	17,79	59,01
2	Sacos nylon de 100 libras	95	UNIDAD	4,00	380,00	17,79	21,36
3	Cuerda nylon	3	UNIDAD	3,00	9,00	17,79	0,51
4	Energía para pegar poletileno 1 kwh	7,35	horas	2,05	15,07	17,79	0,85
5	Varilla de hierro mm 1/4 * 6m	1	UNIDAD	15,00	15,00	17,79	0,84
6	Papel periódico	2	Libra	5,00	10,00	17,79	0,56
7	Manguera Poletileno de 1/2"	6	metro	1,20	7,20	17,79	0,40
8	Botella PEP descartable	1	UNIDAD	4,00	4,00	17,79	0,22
<b>MANO DE OBRA</b>							
1	Pegado de poletileno	4	d/h	50,00	200,00	17,79	11,24
2	Recogida de piedras	2	d/h	35,00	70,00	17,79	3,93
3	Construcción de dique	1	d/h	35,00	35,00	17,79	1,97
4	Conformación de área de captación en quebrada	9	d/h	40,00	360,00	17,79	20,24
5	Instalación de Poletileno y sacos	7	d/h	60,00	420,00	17,79	23,61
6	Elaboración de grapas metálicas para sostén	0,5	UNIDAD	35,00	17,50	17,79	0,98
<b>TRANSPORTE DE MATERIAL</b>							
1	Acarreo	1	viaje	100,00	100,00	17,79	5,62
<b>TOTAL</b>					<b>2.692</b>	<b>17,79</b>	<b>151,35</b>

Anexo 8. Cálculo técnico de obras demostrativas implementadas

**Micro represa en cárcava con dique de piedra y revestida con polietileno**

Comunidad: El Porcal

Área de captación: 425,00 m<sup>2</sup> (170,00 \* 2,5 m)

Ce: 0,6 (terreno cultivado; pendiente entre 5 – 10%)

Área de cultivo: 1.750 m<sup>2</sup>

Capacidad de almacenamiento de microrepresa: 43,84 m<sup>3</sup>

Área de captación recogida: 57,60 m<sup>2</sup> (7,20\*8,00)

Cultivo: Frutales

Captación de agua por escorrentía inducida

Mes	Precipitación mm	Área de captación (m2)	Ce	Captación de agua		Captación de agua	
				Parcial (litros)	Acumulado (litros)	Parcial (m3)	Acumulado (m3)
JUN	166,80	425,00	0,60	42.534,00	42.534,00	42,53	42,53
JUL	90,50	425,00	0,60	23.077,50	65.611,50	23,08	65,61
AGO	92,10	425,00	0,60	23.485,50	89.097,00	23,49	89,10
SEP	147,90	425,00	0,60	37.714,50	126.811,50	37,71	126,81
OCT	138,70	425,00	0,60	35.368,50	162.180,00	35,37	162,18
NOV	33,60	425,00	0,60	8.568,00	170.748,00	8,57	170,75
DIC	9,70	425,00	0,60	2.473,50	173.221,50	2,47	173,22
ENE	3,90	425,00	0,60	994,50	174.216,00	0,99	174,22
FEB	3,60	425,00	0,60	918,00	175.134,00	0,92	175,13
MAR	11,30	425,00	0,60	2.881,50	178.015,50	2,88	178,02
ABR	25,90	425,00	0,60	6.604,50	184.620,00	6,60	184,62
MAY	142,70	425,00	0,60	36.388,50	221.008,50	36,39	221,01

Captación de agua recogida

Mes	Precipitación mm	Área de siembra m2	Captación de agua		Captación de agua	
			Parcial (litros)	Acumulado (litros)	Parcial (m3)	Acumulado (m3)
JUN	166,80	57,60	9.607,68	9.607,68	9,61	9,61
JUL	90,50	57,60	5.212,80	14.820,48	5,21	14,82
AGO	92,10	57,60	5.304,96	20.125,44	5,30	20,13
SEP	147,90	57,60	8.519,04	28.644,48	8,52	28,64
OCT	138,70	57,60	7.989,12	36.633,60	7,99	36,63
NOV	33,60	57,60	1.935,36	38.568,96	1,94	38,57
DIC	9,70	57,60	558,72	39.127,68	0,56	39,13
ENE	3,90	57,60	224,64	39.352,32	0,22	39,35
FEB	3,60	57,60	207,36	39.559,68	0,21	39,56
MAR	11,30	57,60	650,88	40.210,56	0,65	40,21
ABR	25,90	57,60	1.491,84	41.702,40	1,49	41,70
MAY	142,70	57,60	8.219,52	49.921,92	8,22	49,92

### Captación total de agua de lluvia anualmente

Mes	Captación de agua inducida (pp)		Captación de agua recogida (pp)		captación de agua total (m3)	
	Parcial (m3)	Acumulado (m3)	Parcial (m3)	Acumulado (m3)	Parcial total	Acumulado total
JUN	42,53	42,53	9,61	9,61	52,14	52,14
JUL	23,08	65,61	5,21	14,82	28,29	80,43
AGO	23,49	89,10	5,30	20,13	28,79	109,22
SEP	37,71	126,81	8,52	28,64	46,23	155,46
OCT	35,37	162,18	7,99	36,63	43,36	198,81
NOV	8,57	170,75	1,94	38,57	10,50	209,32
DIC	2,47	173,22	0,56	39,13	3,03	212,35
ENE	0,99	174,22	0,22	39,35	1,22	213,57
FEB	0,92	175,13	0,21	39,56	1,13	214,69
MAR	2,88	178,02	0,65	40,21	3,53	218,23
ABR	6,60	184,62	1,49	41,70	8,10	226,32
MAY	36,39	221,01	8,22	49,92	44,61	270,93

### Demanda hídrica en cultivo de frutales

Mes	No. días/mes	Coeficiente	Área de frutales	Kc		Demanda hídrica
				EVTo	Frutales	
			m2	Frutales	Frutales (m3)/mes	
JUN	30,00	4,39	1.750,00	0,65		46,10
JUL	31,00	4,64	1.750,00	0,65		50,34
AGO	31,00	4,74	1.750,00	0,65		51,43
SEP	30,00	4,42	1.750,00	0,65		46,41
OCT	31,00	4,38	1.750,00	0,65		47,52
NOV	30,00	4,14	1.750,00	0,65		43,47
DIC	31,00	4,29	1.750,00	0,65		46,55
ENE	31,00	4,58	1.750,00	0,65		49,69
FEB	28,00	5,00	1.750,00	0,65		49,00
MAR	31,00	5,17	1.750,00	0,65		56,09
ABR	30,00	5,81	1.750,00	0,65		61,01
MAY	31,00	5,38	1.750,00	0,65		58,37

### Oferta hídrica mensual

Mes	Precipitación	PP efectiva	Área de frutales	Oferta hídrica
	mm	m3/mes		m2
JUN	166,80	108,44	1.750,00	189,77
JUL	90,50	47,40	1.750,00	82,95
AGO	92,10	48,68	1.750,00	85,19
SEP	147,90	93,32	1.750,00	163,31
OCT	138,70	85,96	1.750,00	150,43
NOV	33,60	10,16	1.750,00	17,78
DIC	9,70	-4,18	1.750,00	-7,32
ENE	3,90	-7,66	1.750,00	-13,41
FEB	3,60	-7,84	1.750,00	-13,72
MAR	11,30	-3,22	1.750,00	-5,64
ABR	25,90	5,54	1.750,00	9,70
MAY	142,70	98,16	1.750,00	171,78

Estimación de la diferencia entre la oferta y la demanda hídrica

Mes	Oferta hídrica	Demanda hídrica	Diferencia hídrica
	m3/mes	Frutales (m3)/mes	m3/mes
JUN	189,77	46,10	143,68
JUL	82,95	50,34	32,61
AGO	85,19	51,43	33,76
SEP	163,31	46,41	116,90
OCT	150,43	47,52	102,91
NOV	17,78	43,47	-25,69
DIC	0,00	46,55	-46,55
ENE	0,00	49,69	-49,69
FEB	0,00	49,00	-49,00
MAR	0,00	56,09	-56,09
ABR	9,70	61,01	-51,31
MAY	171,78	58,37	113,41

Necesidad de riego complementario

Mes	Diferencia hídrica	Riego	Captación de agua total (m3)		Déficit de riego
	m3/mes	Complementario (m3)	Parcial total	Acumulado total	m3
JUN	143,68			52,14	-
JUL	32,61			80,43	-
AGO	33,76			109,22	-
SEP	116,90			155,46	-
OCT	102,91			198,81	-
NOV	-25,69	25,69	10,50	<b>209,32</b>	-
DIC	-46,55	46,55	3,03	194,13	-
ENE	-49,69	49,69	1,22	150,62	-
FEB	-49,00	49,00	1,13	102,14	-
MAR	-56,09	56,09	3,53	54,27	-
ABR	-51,31	51,31	8,10	1,71	-
MAY	113,41		44,61		-

**Sistema SCAPT con zanja de almacenamiento revestida con polietileno.**

Comunidad: El Volcán

Área de captación en techo: 145,80 m<sup>2</sup> (13,50 \* 10,80 m)

Ce: 0,8 (techo de teja de barro)

Área de cultivo: 1.750,00 m<sup>2</sup>

Capacidad de almacenamiento de microrepresa: 33,00 m<sup>3</sup>

Cultivo: Frutales

### Abastecimiento mensual de agua

Mes	Precipitación	Área de captación techo (m2)	Ce	Abastecimiento SCAPT (m3)	
	mm			Parcial	Total
JUN	166,80	145,80	0,80	19,46	19,46
JUL	90,50	145,80	0,80	10,56	30,01
AGO	92,10	145,80	0,80	10,74	40,75
SEP	147,90	145,80	0,80	17,25	58,01
OCT	138,70	145,80	0,80	16,18	74,18
NOV	33,60	145,80	0,80	3,92	78,10
DIC	9,70	145,80	0,80	1,13	79,23
ENE	3,90	145,80	0,80	0,45	79,69
FEB	3,60	145,80	0,80	0,42	80,11
MAR	11,30	145,80	0,80	1,32	81,43
ABR	25,90	145,80	0,80	3,02	84,45
MAY	142,70	145,80	0,80	16,64	101,09

### Demanda hídrica de cultivo

Mes	No. Días/mes	Coefficiente mensual	Área de frutales m2	Kc	Demanda hídrica
		EVT <sub>o</sub>		Frutales	Frutales (m3)/mes
JUN	30,00	4,39	1.750,00	0,65	46,10
JUL	31,00	4,64	1.750,00	0,65	50,34
AGO	31,00	4,74	1.750,00	0,65	51,43
SEP	30,00	4,42	1.750,00	0,65	46,41
OCT	31,00	4,38	1.750,00	0,65	47,52
NOV	30,00	4,14	1.750,00	0,65	43,47
DIC	31,00	4,29	1.750,00	0,65	46,55
ENE	31,00	4,58	1.750,00	0,65	49,69
FEB	28,00	5,00	1.750,00	0,65	49,00
MAR	31,00	5,17	1.750,00	0,65	56,09
ABR	30,00	5,81	1.750,00	0,65	61,01
MAY	31,00	5,38	1.750,00	0,65	58,37

### Oferta hídrica en área de cultivo

Mes	Precipitación	PP efectiva	Área de frutales	Oferta hídrica
	mm	m3/mes	m2	m3/mes
JUN	166,80	108,44	1.750,00	189,77
JUL	90,50	47,40	1.750,00	82,95
AGO	92,10	48,68	1.750,00	85,19
SEP	147,90	93,32	1.750,00	163,31
OCT	138,70	85,96	1.750,00	150,43
NOV	33,60	10,16	1.750,00	17,78
DIC	9,70	-4,18	1.750,00	-7,32
ENE	3,90	-7,66	1.750,00	-13,41
FEB	3,60	-7,84	1.750,00	-13,72
MAR	11,30	-3,22	1.750,00	-5,64
ABR	25,90	5,54	1.750,00	9,70
MAY	142,70	98,16	1.750,00	171,78

Estimación de la diferencia de la oferta y la demanda hídrica

Mes	Oferta hídrica m3/mes	Demanda hídrica Frutales (m3)/mes	Diferencia hídrica m3/mes
JUN	189,77	46,10	143,68
JUL	82,95	50,34	32,61
AGO	85,19	51,43	33,76
SEP	163,31	46,41	116,90
OCT	150,43	47,52	102,91
NOV	17,78	43,47	-25,69
DIC	-7,32	46,55	-53,86
ENE	-13,41	49,69	-63,10
FEB	-13,72	49,00	-62,72
MAR	-5,64	56,09	-61,73
ABR	9,70	61,01	-51,31
MAY	171,78	58,37	113,41

Necesidades de riego complementario

Mes	Diferencia hídrica	Riego	Abastecimiento SCAPT (m3)		Déficit de riego m3
	m3/mes	Complementario (m3)	Parcial	Total	
JUN	143,68			19,46	
JUL	32,61			30,01	
AGO	33,76			40,75	
SEP	116,90			58,01	
OCT	102,91			74,18	
NOV	-25,69	25,69	3,92	<b>78,10</b>	
DIC	-53,86	53,86	1,13	<b>56,33</b>	
ENE	-63,10	63,10	0,45	<b>3,60</b>	-59,04
FEB	-62,72	62,72	0,42		-62,30
MAR	-61,73	61,73	1,32		-60,41
ABR	-51,31	51,31	3,02		-48,29
MAY	113,41		16,64	16,64	

Terrazas individuales en árboles frutales. Sistema de captación de agua *in situ*

Comunidad: El Rodeo II

Área de captación en techo: 145,80 m<sup>2</sup> (13,50 \* 10,80 m)

Ce: 0,3

Área de cultivo: 875,00 m<sup>2</sup>

Capacidad de almacenamiento de micro represa: 33,00 m<sup>3</sup>

Área de captación recogida: proporcional 1:1 a 1:3

Cultivo: Frutales



### Demanda hídrica en cultivo

Mes	No. días/mes	Coeficiente	Área de frutales m <sup>2</sup>	Kc.	Demanda hídrica
				Frutales	Frutales (m <sup>3</sup> )/mes
		EVT <sub>o</sub>			
JUN	30,00	4,39	16,00	0,65	0,42
JUL	31,00	4,64	16,00	0,65	0,46
AGO	31,00	4,74	16,00	0,65	0,47
SEP	30,00	4,42	16,00	0,65	0,42
OCT	31,00	4,38	16,00	0,65	0,43
NOV	30,00	4,14	16,00	0,65	0,40
DIC	31,00	4,29	16,00	0,65	0,43
ENE	31,00	4,58	16,00	0,65	0,45
FEB	28,00	5,00	16,00	0,65	0,45
MAR	31,00	5,17	16,00	0,65	0,51
ABR	30,00	5,81	16,00	0,65	0,56
MAY	31,00	5,38	16,00	0,65	0,53

### Tamaño de la micro captación por árbol (r = 3,05m)

Mes	Precipitación	PP con 50% prob.	Área de siembra m <sup>2</sup>	Coeficiente de Es	Demanda hídrica
	mm	m <sup>3</sup> /mes		en AC	Frutales (m <sup>3</sup> )/mes
JUN	166,80	83,40	16	0,30	0,42
JUL	90,50	45,25	16	0,30	0,46
AGO	92,10	46,05	16	0,30	0,47
SEP	147,90	73,95	16	0,30	0,42
OCT	138,70	69,35	16	0,30	0,43
NOV	33,60	16,80	16	0,30	0,40
DIC	9,70	4,85	16	0,30	0,43
ENE	3,90	1,95	16	0,30	0,45
FEB	3,60	1,80	16	0,30	0,45
MAR	11,30	5,65	16	0,30	0,51
ABR	25,90	12,95	16	0,30	0,56
MAY	142,70	71,35	16	0,30	0,53

### Micro represa en cárcava con diques de piedra revestida con polietileno

Comunidad: Uniles (sector La Grama)

Área de captación en cauce: 500,00 m<sup>2</sup> (200,00 \* 2,50 m)

Ce: 0,35 (terreno forestal; pendiente 5 – 10%)

Demanda de agua: 42,62 m<sup>3</sup>/mes

Número de usuarios: 5 familias (35 personas)

Capacidad de almacenamiento de micro represa: 13,26 m<sup>3</sup>

Área de captación recogida: 15,60 m<sup>2</sup> (6,24\*2,50)

Uso del agua: consumo humano (lavar, bañar)

Captación por escorrentía inducida

Mes	Precipitación mm	Área de captación techo (m2)	Ce	Captación de agua		Capt. Agua
				Parcial (litros)	Acumulado (litros)	Acumulado (m3)
JUN	166,80	500,00	0,35	29.190,00	29.190,00	29,19
JUL	90,50	500,00	0,35	15.837,50	45.027,50	45,03
AGO	92,10	500,00	0,35	16.117,50	61.145,00	61,15
SEP	147,90	500,00	0,35	25.882,50	87.027,50	87,03
OCT	138,70	500,00	0,35	24.272,50	111.300,00	111,30
NOV	33,60	500,00	0,35	5.880,00	117.180,00	117,18
DIC	9,70	500,00	0,35	1.697,50	118.877,50	118,88
ENE	3,90	500,00	0,35	682,50	119.560,00	119,56
FEB	3,60	500,00	0,35	630,00	120.190,00	120,19
MAR	11,30	500,00	0,35	1.977,50	122.167,50	122,17
ABR	25,90	500,00	0,35	4.532,50	126.700,00	126,70
MAY	142,70	500,00	0,35	24.972,50	151.672,50	151,67

Captación por precipitación recogida

Mes	Precipitación mm	Área de Estanque m2	Captación de agua		Capt. Agua
			Parcial (litros)	Acumulado (litros)	Acumulado (m3)
JUN	166,80	15,60	2.602,08	2.602,08	2,60
JUL	90,50	15,60	1.411,80	4.013,88	4,01
AGO	92,10	15,60	1.436,76	5.450,64	5,45
SEP	147,90	15,60	2.307,24	7.757,88	7,76
OCT	138,70	15,60	2.163,72	9.921,60	9,92
NOV	33,60	15,60	524,16	10.445,76	10,45
DIC	9,70	15,60	151,32	10.597,08	10,60
ENE	3,90	15,60	60,84	10.657,92	10,66
FEB	3,60	15,60	56,16	10.714,08	10,71
MAR	11,30	15,60	176,28	10.890,36	10,89
ABR	25,90	15,60	404,04	11.294,40	11,29
MAY	142,70	15,60	2.226,12	13.520,52	13,52

Captación de agua total

Mes	Capt. Escorrentía Acumulado (m3)	Capt. pp. recogida Acumulado (m3)	Capt. De Agua Total (m3)
JUN	29,19	2,60	31,79
JUL	45,03	4,01	49,04
AGO	61,15	5,45	66,60
SEP	87,03	7,76	94,79
OCT	111,30	9,92	121,22
NOV	117,18	10,45	127,63
DIC	118,88	10,60	129,47
ENE	119,56	10,66	130,22
FEB	120,19	10,71	130,90
MAR	122,17	10,89	133,06
ABR	126,70	11,29	137,99
MAY	151,67	13,52	165,19

### Demanda de consumo por persona por mes

Mes	No. días/mes	Dotación	No. Personas	Demanda de agua	Demanda de agua
		litros/pers./día		litros/mes	acumulada (m3)
JUN	30,00	11,75	35,00	12,34	12,34
JUL	31,00	11,75	35,00	12,75	25,09
AGO	31,00	11,75	35,00	12,75	37,84
SEP	30,00	11,75	35,00	12,34	50,17
OCT	31,00	11,75	35,00	12,75	62,92
NOV	30,00	11,75	35,00	12,34	75,26
DIC	31,00	11,75	35,00	12,75	88,01
ENE	31,00	11,75	35,00	12,75	100,76
FEB	28,00	11,75	35,00	11,52	112,27
MAR	31,00	11,75	35,00	12,75	125,02
ABR	30,00	11,75	35,00	12,34	137,36
MAY	31,00	11,75	35,00	12,75	150,11

### Estimación de la diferencia entre la captación total y la demanda de consumo

Mes	Capt. Agua total	Demanda de	Diferencia de uso
	m3/mes	Consumo (m3)/mes	m3/mes
JUN	31,79	12,34	19,45
JUL	49,04	25,09	23,96
AGO	66,60	37,84	28,76
SEP	94,79	50,17	44,61
OCT	121,22	62,92	<b>58,30</b>
NOV	127,63	75,26	52,37
DIC	129,47	88,01	41,47
ENE	130,22	100,76	29,46
FEB	130,90	112,27	18,63
MAR	133,06	125,02	8,04
ABR	137,99	137,36	0,64
MAY	165,19	150,11	15,09

### Sistema SCAPT con cisterna y aljibe revestido con polietileno

Comunidad: Mancico

Área de captación en techo: 69,16 m<sup>2</sup> (7,60 \* 9,10 m)

Ce: 0,8 (techo de teja de barro)

Usuarios: 6 personas

Área de cultivo: 875,00 m<sup>2</sup> (frutales)

Capacidad de almacenamiento de cisterna: 2,45 m<sup>3</sup>

Capacidad de almacenamiento de aljibe: 17,70 m<sup>3</sup>

Área de captación recogida: 26,62 m<sup>2</sup> (6,05\*4.4 m)

Dotación por familia por día para consumo humano: 20 litros/día

Abastecimiento de agua en área de techo

Mes	Precipitación	Área de captación techo (m2)	Ce	Abastecimiento (m3)	
	mm			Parcial	Acumulado
JUN	166,80	69,16	0,80	9,23	9,23
JUL	90,50	69,16	0,80	5,01	14,24
AGO	92,10	69,16	0,80	5,10	19,33
SEP	147,90	69,16	0,80	8,18	27,51
OCT	138,70	69,16	0,80	7,67	35,19
NOV	33,60	69,16	0,80	1,86	37,05
DIC	9,70	69,16	0,80	0,54	37,58
ENE	3,90	69,16	0,80	0,22	37,80
FEB	3,60	69,16	0,80	0,20	38,00
MAR	11,30	69,16	0,80	0,63	38,62
ABR	25,90	69,16	0,80	1,43	40,06
MAY	142,70	69,16	0,80	7,90	47,95

Demanda de agua mensual

Mes	No. Usuarios	No. días/mes	Dotación	Demanda (m3/mes)	
	Pers/día		litros/día	Parcial	Acumulado
JUN	6,00	30,00	20,00	3,60	3,60
JUL	6,00	31,00	20,00	3,72	7,32
AGO	6,00	31,00	20,00	3,72	11,04
SEP	6,00	30,00	20,00	3,60	14,64
OCT	6,00	31,00	20,00	3,72	18,36
NOV	6,00	30,00	20,00	3,60	21,96
DIC	6,00	31,00	20,00	3,72	25,68
ENE	6,00	31,00	20,00	3,72	29,40
FEB	6,00	28,00	20,00	3,36	32,76
MAR	6,00	31,00	20,00	3,72	36,48
ABR	6,00	30,00	20,00	3,60	40,08
MAY	6,00	31,00	20,00	3,72	43,80

Volumen del tanque de abastecimiento

Mes	Abastecimiento (m3)		Demanda (m3/mes)		Diferencia de oferta y demanda (m3/mes)
	Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
JUN	9,23	9,23	3,60	3,60	5,63
JUL	5,01	14,24	3,72	7,32	6,92
AGO	5,10	19,33	3,72	11,04	8,29
SEP	8,18	27,51	3,60	14,64	12,87
OCT	7,67	35,19	3,72	18,36	<b>16,83</b>
NOV	1,86	37,05	3,60	21,96	15,09
DIC	0,54	37,58	3,72	25,68	11,90
ENE	0,22	37,80	3,72	29,40	8,40
FEB	0,20	38,00	3,36	32,76	5,24
MAR	0,63	38,62	3,72	36,48	2,14
ABR	1,43	40,06	3,60	40,08	-0,02
MAY	7,90	47,95	3,72	43,80	4,15

Demanda hídrica en cultivo de frutales

Mes	No. días/mes	Coeficiente	Área de frutales	Kc.	Demanda hídrica
		EVTo	m2	Frutales	Frutales (m3)/mes
JUN	30,00	4,39	875,00	0,65	23,05
JUL	31,00	4,64	875,00	0,65	25,17
AGO	31,00	4,74	875,00	0,65	25,71
SEP	30,00	4,42	875,00	0,65	23,21
OCT	31,00	4,38	875,00	0,65	23,76
NOV	30,00	4,14	875,00	0,65	21,74
DIC	31,00	4,29	875,00	0,65	23,27
ENE	31,00	4,58	875,00	0,65	24,85
FEB	28,00	5,00	875,00	0,65	24,50
MAR	31,00	5,17	875,00	0,65	28,05
ABR	30,00	5,81	875,00	0,65	30,50
MAY	31,00	5,38	875,00	0,65	29,19

Oferta hídrica mensual en el área de cultivo

Mes	Precipitación	PP efectiva	Área de frutales	Oferta hídrica
	mm	m3/mes	m2	m3/mes
JUN	166,80	108,44	875,00	94,89
JUL	90,50	47,40	875,00	41,48
AGO	92,10	48,68	875,00	42,60
SEP	147,90	93,32	875,00	81,66
OCT	138,70	85,96	875,00	75,22
NOV	33,60	10,16	875,00	8,89
DIC	9,70	-4,18	875,00	-3,66
ENE	3,90	-7,66	875,00	-6,70
FEB	3,60	-7,84	875,00	-6,86
MAR	11,30	-3,22	875,00	-2,82
ABR	25,90	5,54	875,00	4,85
MAY	142,70	98,16	875,00	85,89

Estimación de la diferencia entre la oferta y la demanda para el cultivo

Mes	Oferta hídrica	Demanda hídrica	Diferencia hídrica
	m3/mes	Frutales (m3)/mes	m3/mes
JUN	94,89	23,05	71,84
JUL	41,48	25,17	16,30
AGO	42,60	25,71	16,88
SEP	81,66	23,21	58,45
OCT	75,22	23,76	51,45
NOV	8,89	21,74	-12,85
DIC	0,00	23,27	-23,27
ENE	0,00	24,85	-24,85
FEB	0,00	24,50	-24,50
MAR	0,00	28,05	-28,05
ABR	4,85	30,50	-25,66
MAY	85,89	29,19	56,70

Captación de agua recogida en el aljibe

Mes	Precipitación mm	Área de Captación directa PP (m2)	Almacenamiento directo	
			Parcial	Acumulado
JUN	166,80	26,62	4,44	4,44
JUL	90,50	26,62	2,41	6,85
AGO	92,10	26,62	2,45	9,30
SEP	147,90	26,62	3,94	13,24
OCT	138,70	26,62	3,69	16,93
NOV	33,60	26,62	0,89	17,82
DIC	9,70	26,62	0,26	18,08
ENE	3,90	26,62	0,10	18,19
FEB	3,60	26,62	0,10	18,28
MAR	11,30	26,62	0,30	18,58
ABR	25,90	26,62	0,69	19,27
MAY	142,70	26,62	3,80	23,07

Abastecimiento acumulado total

Mes	Abastecimiento SCAPT (m3)		Almacenamiento directo por PP		Abastecimiento Total por escorrentía	
	Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	Parcial total (m3)	Acumulado Total (m3)
JUN	9,23	9,23	4,44	4,44	13,67	13,67
JUL	5,01	14,24	2,41	6,85	7,42	21,09
AGO	5,10	19,33	2,45	9,30	7,55	28,63
SEP	8,18	27,51	3,94	13,24	12,12	40,75
OCT	7,67	35,19	3,69	16,93	11,37	52,12
NOV	1,86	37,05	0,89	17,82	2,75	<b>54,87</b>
DIC	0,54	37,58	0,26	18,08	0,79	55,67
ENE	0,22	37,80	0,10	18,19	0,32	55,99
FEB	0,20	38,00	0,10	18,28	0,30	56,28
MAR	0,63	38,62	0,30	18,58	0,93	57,21
ABR	1,43	40,06	0,69	19,27	2,12	59,33
MAY	7,90	47,95	3,80	23,07	11,69	71,02

Agua disponible para consumo productivo

Mes	Abastecimiento Acumulado Total (m3)	Consumo humano Diferencia de oferta y demanda (m3/mes)	Disponible para uso productivo m3
JUN	13,67	5,63	8,04
JUL	21,09	6,92	14,17
AGO	28,63	8,29	20,34
SEP	40,75	12,87	27,88
OCT	52,12	16,83	35,29
NOV	54,87	15,09	<b>39,78</b>
DIC	55,67	11,90	43,76
ENE	55,99	8,40	47,59
FEB	56,28	5,24	51,04
MAR	57,21	2,14	55,06
ABR	59,33	-0,02	59,35
MAY	71,02	4,15	66,87

Riego complementario en periodos críticos

Mes	Diferencia hídrica	Riego	productivo	Déficit de riego
	m3/mes	Complementario (m3)	m3	m3
JUN	71,84		8,04	
JUL	16,30		14,17	
AGO	16,88		20,34	
SEP	58,45		27,88	
OCT	51,45		35,29	
NOV	-12,85	12,85	<b>39,78</b>	
DIC	-23,27	23,27	26,93	
ENE	-24,85	24,85	3,66	-21,19
FEB	-24,50	24,50		-24,50
MAR	-28,05	28,05		-28,05
ABR	-25,66	25,66		-25,66
MAY	56,70			

Sistema SCAPT con laguneta revestida de polietileno

Comunidad: Aguas Calientes

Área de captación en techo: 102,96 m<sup>2</sup> (7,80 \* 13,20 m)

Ce: 0,8 (techo de teja de barro)

Área de cultivo: 1.500,00 m<sup>2</sup>

Capacidad de almacenamiento de micro represa: 72,96 m<sup>3</sup>

Área de captación recogida: 91,20 m<sup>2</sup> (16,00 \* 5,70 m)

Cultivo: Frutales

Abastecimiento por captación de agua en techo

Mes	Precipitación	Área de captación techo (m2)	Ce	Abastecimiento SCAPT (m3)	
	mm			Parcial	Total
JUN	166,80	102,96	0,80	13,74	13,74
JUL	90,50	102,96	0,80	7,45	21,19
AGO	92,10	102,96	0,80	7,59	28,78
SEP	147,90	102,96	0,80	12,18	40,96
OCT	138,70	102,96	0,80	11,42	52,39
NOV	33,60	102,96	0,80	2,77	55,15
DIC	9,70	102,96	0,80	0,80	55,95
ENE	3,90	102,96	0,80	0,32	56,27
FEB	3,60	102,96	0,80	0,30	56,57
MAR	11,30	102,96	0,80	0,93	57,50
ABR	25,90	102,96	0,80	2,13	59,63
MAY	142,70	102,96	0,80	11,75	71,39

Captación de agua recogida

Mes	Precipitación	Área de captación directa PP (m2)	Almacenamiento recogido PP	
	mm		Parcial	Acumulado
JUN	166,80	91,20	15,21	15,21
JUL	90,50	91,20	8,25	23,47
AGO	92,10	91,20	8,40	31,87
SEP	147,90	91,20	13,49	45,35
OCT	138,70	91,20	12,65	58,00
NOV	33,60	91,20	3,06	61,07
DIC	9,70	91,20	0,88	61,95
ENE	3,90	91,20	0,36	62,31
FEB	3,60	91,20	0,33	62,64
MAR	11,30	91,20	1,03	63,67
ABR	25,90	91,20	2,36	66,03
MAY	142,70	91,20	13,01	79,04

Abastecimiento acumulado total

Mes	Abastecimiento SCAPT (m3)		Almacenamiento recogido por PP		Abastecimiento Acumulado Total (m3)	
	Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	Parcial (total)	Acumulado (total)
JUN	13,74	13,74	15,21	15,21	28,95	28,95
JUL	7,45	21,19	8,25	23,47	15,71	44,66
AGO	7,59	28,78	8,40	31,87	15,99	60,64
SEP	12,18	40,96	13,49	45,35	25,67	86,32
OCT	11,42	52,39	12,65	58,00	24,07	110,39
NOV	2,77	55,15	3,06	61,07	5,83	<b>116,22</b>
DIC	0,80	55,95	0,88	61,95	1,68	117,90
ENE	0,32	56,27	0,36	62,31	0,68	118,58
FEB	0,30	56,57	0,33	62,64	0,62	119,21
MAR	0,93	57,50	1,03	63,67	1,96	121,17
ABR	2,13	59,63	2,36	66,03	4,50	125,66
MAY	11,75	71,39	13,01	79,04	24,77	150,43

Demanda hídrica en cultivos de frutales

Mes	No. días/mes	Coeficiente	Área de frutales	Kc.	Demanda hídrica
		EVTo	m2		Frutales (m3)/mes
JUN	30,00	4,39	1.500,00	0,65	39,51
JUL	31,00	4,64	1.500,00	0,65	43,15
AGO	31,00	4,74	1.500,00	0,65	44,08
SEP	30,00	4,42	1.500,00	0,65	39,78
OCT	31,00	4,38	1.500,00	0,65	40,73
NOV	30,00	4,14	1.500,00	0,65	37,26
DIC	31,00	4,29	1.500,00	0,65	39,90
ENE	31,00	4,58	1.500,00	0,65	42,59
FEB	28,00	5,00	1.500,00	0,65	42,00
MAR	31,00	5,17	1.500,00	0,65	48,08
ABR	30,00	5,81	1.500,00	0,65	52,29
MAY	31,00	5,38	1.500,00	0,65	50,03



Oferta hídrica en el área de cultivo por mes

Mes	Precipitación mm	PP efectiva m3/mes	Área de frutales m2	Oferta hídrica m3/mes
JUN	166,80	108,44	1.500,00	162,66
JUL	90,50	47,40	1.500,00	71,10
AGO	92,10	48,68	1.500,00	73,02
SEP	147,90	93,32	1.500,00	139,98
OCT	138,70	85,96	1.500,00	128,94
NOV	33,60	10,16	1.500,00	15,24
DIC	9,70	-4,18	1.500,00	-6,27
ENE	3,90	-7,66	1.500,00	-11,49
FEB	3,60	-7,84	1.500,00	-11,76
MAR	11,30	-3,22	1.500,00	-4,83
ABR	25,90	5,54	1.500,00	8,31
MAY	142,70	98,16	1.500,00	147,24

Estimación de la diferencia de oferta y demanda hídrica

Mes	Oferta hídrica m3/mes	Demanda hídrica Frutales (m3)/mes	Diferencia hídrica m3/mes
JUN	162,66	39,51	123,15
JUL	71,10	43,15	27,95
AGO	73,02	44,08	28,94
SEP	139,98	39,78	100,20
OCT	128,94	40,73	88,21
NOV	15,24	37,26	-22,02
DIC	-6,27	39,90	-46,17
ENE	-11,49	42,59	-54,08
FEB	-11,76	42,00	-53,76
MAR	-4,83	48,08	-52,91
ABR	8,31	52,29	-43,98
MAY	147,24	50,03	97,21

Necesidad de riego complementario en cultivo

Mes	Diferencia hídrica m3/mes	Riego		Abastecimiento SCAPT (m3)		Déficit de riego m3
		Complementario (m3)	Parcial	Acumulado		
JUN	123,15		28,95	28,95		
JUL	27,95		15,71	44,66		
AGO	28,94		15,99	60,64		
SEP	100,20		25,67	86,32		
OCT	88,21		24,07	110,39		
NOV	-22,02	22,02	5,83	<b>116,22</b>		
DIC	-46,17	46,17	1,68	100,03		
ENE	-54,08	54,08	0,68	55,54		
FEB	-53,76	53,76	0,62	2,14	-51,00	
MAR	-52,91	52,91	1,96		-50,95	
ABR	-43,98	43,98	4,50		-39,48	
MAY	97,21		24,77	24,77		

Anexo 9. Valores del coeficiente de escorrentía.

Tipo de vegetación	Pendiente (%)	Textura		
		Franco arenosa	Franco- arcillolimosa Franco limosa	Arcillosa
Forestal	0 – 5	0,10	0,30	0,40
	5 – 10	0,25	0,35	0,50
	10 - 30	0,30	0,50	0,60
Praderas	0 – 5	0,10	0,30	0,40
	5 – 10	0,15	0,35	0,55
	10 - 30	0,20	0,40	0,60
Terrenos cultivados	0 – 5	0,30	0,50	0,60
	5 – 10	0,40	0,60	0,70
	10 - 30	0,50	0,70	0,80

Fuente: Manual de conservación de suelo y del agua, Chapingo, México, 1977.

Anexo 10. Formato de encuesta

Estimad@ señ@r: estamos realizando una investigación con el objetivo de encontrar alternativas de captación y uso eficiente de agua más apropiadas a las condiciones de vida y situación ambiental familias de la Subcuenca del Río Aguas calientes y sus alrededores, es decir alternativas que sean factiblemente económicas, fácil de construir y dar mantenimiento, que sean durables y eficientes para el uso que deseamos darle. Para esto necesitamos de sus aportes en ideas y sus opiniones contestando nuestras preguntas.

**Datos generales**

Comunidad: \_\_\_\_\_ Ubicación: parte (alta \_\_ media \_\_ baja \_\_)

**Identificación de áreas con potencial de captación de agua de lluvia**

Marque con una (X) en el espacio en blanco de la propuesta mencionada

- ¿Cuáles podrían ser las áreas o lugares con potencial de captación de agua de lluvia en la comunidad para uso productivo y conservación ambiental:

Quebradas \_\_ Ojo de agua \_\_ arados \_\_ en la parcela \_\_ potrero \_\_ otros \_\_\_\_\_

- ¿Tiene áreas con potencial de captación de agua de lluvia? Si \_\_ No \_\_

- ¿Qué tipo de área es? Quebradas \_\_ Ojo de agua \_\_ arados \_\_ en la parcela \_\_ potrero \_\_ techo de vivienda \_\_ otro \_\_\_\_\_

**Tecnologías alternativas de captación de agua en la comunidad**

- ¿En qué almacenan agua actualmente? (escribir el tamaño en el espacio en blanco)

cisterna \_\_\_\_\_ pila \_\_\_\_\_ barril \_\_\_\_\_ represa \_\_\_\_\_ zanjas \_\_\_\_\_  
laguneta \_\_\_\_\_ bidón \_\_\_\_\_ o tienen \_\_\_\_\_ otro \_\_\_\_\_

2. ¿Cuáles son las tecnologías de captación de agua de lluvia que conoce aquí o fuera de la comunidad?  
 Cisterna \_\_\_ pila \_\_\_ lagunas \_\_\_ represa \_\_\_ reservorios \_\_\_ otro \_\_\_\_\_
3. ¿Qué puede hacer para evitar la contaminación del agua en su casa o en la fuente?  
 Limpiar recipientes \_\_\_ Tapar los recipientes \_\_\_ Clorar el agua \_\_\_ participar en la limpieza de los pozos \_\_\_ no tirar basura cerca de las fuentes \_\_\_ evitar letrinas cerca de la fuente \_\_\_ ninguno \_\_\_ otro \_\_\_\_\_
4. ¿Qué puede hacer para evitar las pérdidas de agua por escurrimiento o se profundice?  
 Reforestar \_\_\_ uso racional del agua \_\_\_ mantenimiento y reparación a las captaciones \_\_\_ obras de CCSS y agua \_\_\_ ninguno \_\_\_ otro \_\_\_\_\_
5. ¿Qué dificultades se han tenido con algunas captaciones de agua realizadas en la comunidad?  
 Cisterna \_\_\_\_\_ pila \_\_\_\_\_  
 Reservorios \_\_\_\_\_ dique \_\_\_\_\_  
 Lagunas \_\_\_\_\_ represas \_\_\_\_\_  
 Otro \_\_\_\_\_
6. ¿Quiénes deben participar en la realización de las alternativas de captación? Familia \_\_\_ comunidad \_\_\_ líderes \_\_\_ promotores \_\_\_ instituciones \_\_\_ alcaldías \_\_\_ organizaciones \_\_\_ Otros \_\_\_\_\_ (marcar varias opciones)
7. ¿Qué se necesita como apoyo de las instituciones y organizaciones?  
 Proyectos \_\_\_ materiales externos a la comunidad \_\_\_ gestión de recursos \_\_\_  
 Financiamiento \_\_\_ fondos revolventes \_\_\_ otro \_\_\_\_\_ (marcar varias opciones)
8. ¿Cuál puede ser la participación y función de los comité de cuenca comunales en la realización de las alternativas de captación y uso eficiente del agua?  
 \_\_\_\_\_
9. ¿Qué puede aportar para la realización de las alternativas de captación de agua para su familia y la comunidad?  
 \_\_\_\_\_

## Beneficio socioeconómico y ambiental de la disponibilidad de agua

1. ¿Qué uso le daría al agua que captaría?  
 Consumo humano (tomar \_\_\_ lavar ropa \_\_\_ lavar trastes de cocina \_\_\_ bañar \_\_\_  
 Otro \_\_\_\_\_ )  
 Productivo; (ganadería \_\_\_ granos básicos \_\_\_ hortalizas \_\_\_ peces \_\_\_ Viveros  
 frutales y forestales \_\_\_ otro \_\_\_\_\_ )  
 Conservación ambiental; (reforestación \_\_\_ viveros \_\_\_ limpiar la casa \_\_\_ para uso  
 de especies silvestres \_\_\_ otro \_\_\_\_\_ )
2. ¿Qué cantidad de agua necesita para las labores domesticas diarias? \_\_\_\_\_
3. ¿Qué cantidad de agua necesita para producir? Invierno \_\_\_\_\_ verano \_\_\_\_\_
4. ¿Considera que las alternativas de captación y uso eficiente de agua propuestas mejoraría sus condiciones de vida? Si \_\_\_ no \_\_\_ ¿Por qué?  
 \_\_\_\_\_
5. ¿Considera necesario que en la comunidad haya un reglamento que regule la captación y uso eficiente del agua? Si \_\_\_ No \_\_\_ ¿por qué?  
 \_\_\_\_\_
6. ¿Qué ventajas económicas y sociales se obtendrán al realizar las alternativas de captación y uso eficiente de agua?

Más ingresos \_\_\_ más empleo \_\_\_ más producción \_\_\_ más alimento \_\_\_ mejor nutrición \_\_\_ otro

---

7. ¿Considera que las alternativas de captación y uso eficiente de agua contribuiría en la conservación ambiental? Si \_\_\_ no \_\_\_ ¿Por qué?

---

8. ¿Qué especies animales habían en la comunidad hace 30 años que no hay ahora?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

9. ¿Por qué cree que estos animales han desaparecido?

---

10. ¿Cuál es el beneficio para las personas de la existencia de los animales silvestres?

---

### Situación socioeconómica del encuestado

1. vivienda propia si \_\_\_ no \_\_\_ tipo de techo \_\_\_\_\_ tamaño del techo (m) \_\_\_\_\_

2. ¿Tiene tierra propia? Si \_\_\_ no \_\_\_ Área (ha): \_\_\_\_\_ alquila tierra si \_ no \_

3. ¿Cuánta área trabaja? \_\_\_\_\_ ¿Qué rubros trabaja? \_\_\_\_\_

4. ¿Cuál es su ocupación de la familia en verano y que hace para vivir?

Emigran a buscar trabajo \_\_\_ venta de productos básicos \_\_\_ venta de comida \_\_\_

Venta de pan \_\_\_ otros \_\_\_\_\_

5. ¿Cuál es su ocupación en el invierno y que hace para vivir?

---

6. ¿Hasta cuánto estaría dispuesto a invertir para implementar una alternativa de captación y uso eficiente de agua si la hiciera con sus propios recursos? \_\_\_\_\_

7. ¿Qué alternativa de captación le gustaría realizar? \_\_\_\_\_

8. ¿Cuántas personas habitan en la casa donde vive? \_\_\_\_\_

9. ¿Cuántas personas por familia son? \_\_\_\_\_

Muchas gracias por su contribución.

Fecha: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Encuestador

\_\_\_\_\_  
Encuestad@

Anexo 11. Listado de asistentes en los talleres participativos

<b>No.</b>	<b>Nombre y Apellidos</b>	<b>Comunidad</b>	<b>Organización</b>
1	Maritza Rivera	El Volcán	Secretaria del CCC
2	Lázaro Vázquez González	El Volcán	Vice coordinador CCC
3	Luís Estrada Antonio Estrada	El Volcán	Coordinador CCC
4	Santos Emilio Mercado Muñoz	El Volcán	Apoyo CCC
5	Doris Báez Moreno	El Volcán	Apoyo CCC
6	Teresa Bográn Rivas	El Porcal	CCC
7	Enrique Obando	El Porcal	Productor
8	Diego Manuel Sánchez H.	El Porcal	Apoyo CCC
9	Miguel Ángel Rivera	El Porcal	Coordinador CCC
10	Miguel Ángel Gutiérrez	El Porcal	Productor
11	Celestino Báez Pérez	El Porcal	Productor
12	Santos Catalino Mercado Moreno	Quebrada de Agua	Coordinador CCC
13	Maximina Gutiérrez Muñoz	Quebrada de Agua	Vice coordinadora CCC
14	Anastasia del Carmen Sánchez	Quebrada de Agua	Apoyo CCC
15	Miguel Ángel Gutiérrez	Quebrada de Agua	Apoyo CCC
16	Leoncio Mercado Moreno	Quebrada de Agua	Apoyo CCC
17	Timotea Moreno	Quebrada de Agua	Apoyo CCC
18	Julio Ordóñez	Quebrada de Agua	Apoyo CCC
19	Marcos Muñoz Guzmán	Quebrada de Agua	Apoyo CCC
20	Reynerio Sánchez Carrasco	El Rodeo II	Secretario CCC
21	Marvin Sánchez Carrasco	El Rodeo II	Tesorero CCC
22	Isidoro Sánchez García	El Rodeo II	Apoyo CCC
23	Cipriano Sánchez Gonzáles	El Rodeo II	Apoyo CCC
24	Santos Teodoro Guzmán	El Rodeo II	Apoyo CCC
25	Juan de Dios Carrasco	El Rodeo II	Vice coordinador CCC
26	Aurelio Hernández Pérez	Mancico	Coordinador CCC
27	Pastora del Carmen Sánchez	Mancico	CCC
28	Santos Hipólito Gutiérrez	Mancico	CCC
29	Santos Lucio Báez	Mancico	Apoyo CCC
30	Boris Yelsin Sánchez	Mancico	Apoyo CCC
31	Luís Francisco Figueroa	Mancico	Apoyo CCC
32	Alba Azucena González	Uniles	Vice coordinadora CCC
33	Clemente Gutiérrez	Uniles	CCC
34	Ballardo López	Uniles	Productor
35	Mercedes López	Uniles	CCC
36	Gloria Estela Muñoz	Uniles	Apoyo CCC
37	María Sara López	Uniles	Apoyo CCC
38	María Auxiliadora López	Uniles	Apoyo CCC
39	Urania Gómez	Uniles	Apoyo CCC
40	Mercedes López	Uniles	Apoyo CCC
41	Santiago Rivera	Uniles	Productor
42	Nicolás Moreno Ramírez	Uniles	Productor
43	Santos Sáenz Gutiérrez	Santa Isabel	Vice coordinador CCC
44	William Guillén Baez	Santa Isabel	CCC
45	Modesto Heriberto Baez	Santa Isabel	Apoyo CCC
46	José Leonidas Cárcamo	Santa Isabel	Apoyo CCC
47	Luz Marina Rivas	Santa Isabel	Apoyo CCC
48	Carlos Alberto Huete	Santa Rosa	Coordinador CCC
49	José Leonidas Rivera Reyes	Santa Rosa	Vice coordinador CCC
50	Luz Marina Acevedo	Santa Rosa	Fiscal CCC
51	Edgar Huete Acevedo	Santa Rosa	Fiscal CCC
52	María Matilde Gutiérrez	Santa Rosa	Apoyo CCC
53	Emmanuel Rivera Morales	Santa Rosa	Fiscal CCC

Continuación de anexo 11.

<b>No.</b>	<b>Nombre y Apellidos</b>	<b>Comunidad</b>	<b>Organización</b>
54	Pedro Díaz Pérez	Santa Rosa	Apoyo CCC
55	José Reyes Rivera	Santa Rosa	CCC
56	Marcial Pérez Miranda	Santa Rosa	Vocal
57	Lázaro Vásquez González	Santa Rosa	Apoyo CCC
58	Lea Isabel Báez Alvarenga	Los Copales	Apoyo CCC
59	Nicanor Díaz	Los Copales	Secretario CCC
60	Abel Rivera Guzmán	Los Copales	Fiscal CCC
61	Lucrecia Corrales Alvarenga	Los Copales	Apoyo CCC
62	Jacqueline Muñoz Martínez	Aguas Calientes	Coordinadora CCC
63	Santos Agapito Pérez	Aguas Calientes	Apoyo CCC
64	Gregorio Gutiérrez Díaz	Aguas Calientes	Vocal
65	Néstor López	Comité de Cuenca	Técnico del CCC
66	Franklin Fanor Martínez Talavera	UNAG	Técnico PCAP
67	Sonia Gómez	Coordinadora	FOCUENCAS II
68	Jairo Izaguirre	Técnico	Alcaldía- Somoto
69	Saúl Carrasco	Técnico	Cides
70	Luis Adolfo Balladares	Técnico	Cides
71	Juan Carlos Espinoza	Técnico	INPRHU
72	Simón López	Técnico	UNICAM

Anexo 12. Instituciones entrevistadas y que facilitaron información directa para el estudio

<b>No.</b>	<b>Siglas</b>	<b>Institución</b>
1	Alcaldía de Somoto	Alcaldía de Somoto
2	CIDES	Centro de Iniciativas para el Desarrollo de Somoto
3	AMMA	Asociación de Municipios de Madriz
4	UNICAM, Somoto	Universidad Campesina
5	INPRHU, Somoto	Instituto de Promoción Humana
6	INTA, Somoto	Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria
7	MAGFOR Somoto	Ministerio de Agricultura, Ganadería y forestal.
8	Programa FOCUENCAS II	
9	MINSA	Ministerio de Salud
10	UNAG	Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos
11	INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
12	MARENA	Ministerio de Recursos Naturales

Anexo 13. Matriz de evaluación de soluciones adaptada a la identificación y selección de alternativas de captación de agua

No.	Tecnología alternativa	Fácil de realizar	Fácil de dar mantenimiento	No necesita mano de obra calificada	Factible económicamente (costos)	Volumen de almacenamiento	Acorde a las necesidades de la población	Uso de material local	aceptable	puntaje	Prioridad de orden
1	Piletas de ladrillo	3	3	2	2	3	3	1	3	20	3
2	Mini represas en cárcavas	2	3	2	2	3	3	2	3	20	3
3	Lagunetas	1	1	1	1	3	3	3	3	16	7
4	Lagunetas revestidas con plástico negro	3	2	3	2	3	3	2	3	21	2
5	Diques con sacos de arena y plástico en quebradas	3	2	3	2	2	2	2	2	18	5
6	Diques de piedra en quebradas y ojos de agua	3	3	3	2	2	2	3	2	20	3
7	Pozos cisternas	1	2	1	1	3	3	1	2	14	8
8	Zanjas de almacenamiento revestidas con plástico negro	2	3	2	2	2	1	2	3	17	6
9	Aljibes revestidos con ladrillo de arcilla y concreto	2	2	2	2	3	2	2	3	18	5
10	Aljibes revestidos con plástico negro y tapados con plástico	1	2	1	1	3	2	1	3	14	8
11	Captación en ojo de agua con barriles de plástico y derivación	1	1	2	2	2	2	2	2	14	8
12	Dique con gaviones y piedra	1	1	2	1	1	2	2	2	12	9
13	Terrazas individuales en árboles frutales o forestales	3	3	3	3	1	3	3	3	22	1
14	Surcado preplantación para cultivos básicos	3	3	3	2	2	3	3	3	22	1
15	Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techo SCAPT con cisternas mejoradas adicionando malla y hierro	2	2	2	1	3	3	1	3	17	6
16	SCAPT con lagunetas o zanjas revestidas con plástico negro.	2	3	3	2	3	2	2	3	20	3
17	Anillos de captación en cerros	1	1	2	1	3	3	2	3	16	7

Anexo 14. Matriz de priorización de problemas adaptada para la priorización de tecnologías seleccionadas

Tecnología alternativa	Terrazas individuales en árboles frutales o forestales	Surcado pre plantación para cultivos básicos	Lagunetas revestidas con plástico negro	SCAPT con cisternas mejoradas	Diques de piedra en quebradas y ojos de agua	Mini represas en cárcavas	Piletas de ladrillo	SCAPT con lagunetas o zanjas de almacenamiento revestidas con plástico negro.	Diques de sacos de arena y plástico	Aljibes revestidos con ladrillo y concreto
Terrazas individuales en árboles frutales o forestales	XXXXXX	Surcado	Terrazas individuales	SCAPT con cisternas mejoradas	Terrazas individuales	Terrazas individuales	Piletas de ladrillo	SCAPT con lagunetas o zanjas	Terrazas individuales	Terrazas individuales
Surcado pre plantación para cultivos básicos	XXXXXX	XXXXXX	Surcado	SCAPT con cisternas mejoradas	Surcado	Surcado	Piletas de ladrillo	SCAPT con lagunetas o zanjas	Surcado	Surcado
Lagunetas revestidas con plástico negro	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	SCAPT con cisternas mejoradas	Diques de piedra	Lagunetas revestidas	Piletas de ladrillo	Lagunetas revestidas	Diques de sacos de arena	Lagunetas revestidas
SCAPT con cisternas mejoradas	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	SCAPT con cisternas mejoradas	SCAPT con cisternas mejoradas	Piletas de ladrillo	SCAPT con cisternas mejoradas	SCAPT con cisternas mejoradas	SCAPT con cisternas mejoradas
Diques de piedra en quebradas y ojos de agua	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	Diques de piedra	Piletas de ladrillo	Diques de piedra	Diques de piedra	Aljibes revestidos
Mini represas en cárcavas	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXX	Piletas de ladrillo	SCAPT con lagunetas o zanjas	Mini represas en cárcavas	Aljibes revestidos
Piletas de ladrillo	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXX	XXXX	Piletas de ladrillo	Piletas	Piletas de ladrillo
SCAPT con lagunetas, aljibe o zanjas de almacenamiento revestidas con plástico negro.	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXX	XXXX	XXXXXXXXXX	Diques de sacos de arena y plástico	Aljibes revestidos
Diques de sacos de arena y plástico	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXX	XXXX	XXXXXXXXXX	XXXX	Aljibes revestidos con ladrillo y concreto
Aljibes revestidos con ladrillo y concreto	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXX	XXXX	XXXXXXXXXX	XXXX	XXXXXXXXXX



Anexo 15. Estrategias de vida en la subcuenca del río Aguas Calientes bloque dos (parte alta)

No.	LOS QUE TENEMOS TIERRA			LOS QUE NO TENEMOS TIERRA	
	Época seca		Época lluviosa	Época seca	Época lluviosa
	Con riego	Sin riego			
	VIVIMOS DE:	VIVIMOS DE:	VIVIMOS DE:	VIVIMOS DE:	VIVIMOS DE:
1	Hortalizas y frutales		Hortalizas		
2	Granos básicos		Agricultura de granos básicos (maíz, frijoles, sorgo)		
3		Comercialización de productos básicos.		Comercialización de productos básicos	
4	Viveros ornamentales, forestales y frutales		Viveros ornamentales, forestales y frutales		
5		Emigran a cortes de café, en Nicaragua, como jornaleros a El Salvador y Honduras.		Emigran a cortes de café, en Nicaragua, como jornaleros a El Salvador y Honduras.	Emigran a cortes de café, en Nicaragua, como jornaleros a El Salvador y Honduras.
6		Henequén			
7		Elaboración de materiales de construcción; tejas, adobe, ladrillos.			
8	Alquilan tierras para cultivar hortalizas	Alquilan tierras para pastoreo de ganado	Alquilan tierras para cultivar granos básicos		Prestan tierras para cultivar granos básicos
9		Artesanía de henequén, petates.			
10		Ganadería de leche y doble propósito	Ganadería de leche y doble propósito		
11		Crianza de aves de corral	Crianza de aves de corral	Crianza de aves de corral	
12		Crianza de cerdos	Crianza de cerdos		
13		Ganadería de cabros	Ganadería de cabros		
14			Trabajos jornaleros	Trabajos jornaleros	Trabajos de jornaleros
15		Sastres	Sastres	Sastres	Sastres
16		Profesoras	Profesoras	Profesoras	Profesoras
17		Trabajos domésticos en la zona urbana		Trabajos domésticos en la zona urbana	Trabajos domésticos en la zona urbana
18			Huertos familiares	Huertos familiares	Huertos familiares
19				Elaboración de comidas y dulces	Elaboración de comidas y dulces
20				Elaboración de pan	Elaboración de pan
21		Albañilería y carpintería		Albañilería y carpintería	
22					Siembras a medias
23			Alquilan bueyes para arar		

Anexo 16. Estrategias de vida en la subcuenca del río Aguas Calientes bloque uno (parte media y baja)

No.	LOS QUE TENEMOS TIERRA			LOS QUE NO TENEMOS TIERRA	
	Época seca		Época lluviosa	Época seca	Época lluviosa
	Con riego	Sin riego			
	VIVIMOS DE:	VIVIMOS DE:	VIVIMOS DE:	VIVIMOS DE:	VIVIMOS DE:
1	Hortalizas		Hortalizas		
2	Granos básicos		Agricultura de granos básicos (maíz, frijoles, sorgo)		
3	Frutales musáceos		Frutales; musáceos		
4		Café	Café		
5		Comercialización de productos básicos.	Comercialización de productos básicos	Comercialización de productos básicos	
6	Viveros ornamentales, forestales y frutales		Viveros de café, forestales y frutales		
7		Emigran a cortes de café, en Nicaragua, como jornaleros a El Salvador y Honduras.		Emigran a cortes de café, en Nicaragua, como jornaleros a El Salvador y Honduras.	Emigran a cortes de café, en Nicaragua, como jornaleros a El Salvador y Honduras.
8		Henequén			
9			Alquilan bueyes para arar		
10		Alquilan tierras para pastoreo de ganado	Alquilan tierras para cultivar granos básicos		Prestan tierras para cultivar granos básicos
11					
12		Ganadería de leche y doble propósito	Ganadería de leche y doble propósito		
13		Crianza de aves de corral	Crianza de aves de corral	Crianza de aves de corral	
14		Crianza de cerdos	Crianza de cerdos		
15		Ganadería de cabros	Ganadería de cabros		
16			Trabajos de jornaleros	Trabajos jornaleros	Trabajos de jornaleros
17		Costureras	Costureras	Costureras	Costureras
18		Profesoras	Profesoras	Profesoras	Profesoras
19		Trabajos domésticos en la zona urbana		Trabajos domésticos en la zona urbana	Trabajos domésticos en la zona urbana
20			Huertos familiares	Huertos familiares	Huertos familiares
21		Elaboración de comidas y dulces		Elaboración de comidas y dulces	Elaboración de comidas y dulces
22				Elaboración de pan	Elaboración de pan
23		Albañilería y carpintería		Albañilería y carpintería	
24					Siembras a medias

Anexo 17. Diagrama de impactos, aplicado a tecnologías alternativas de captación y uso eficiente de agua

