

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

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**REALIZADO EN RABINAL Y PURULHÁ, BAJA VERAPAZ Y CHISEC, ALTA VERAPAZ.**

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

**POR**

**MARÍA JOSÉ ORTEGA SUNUC**

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

**EN**

**RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADA**

**GUATEMALA, AGOSTO DE 2007.**

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

**RECTOR**

**LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**DECANO**

**Ing. Agr. Francisco Javier Vásquez Vásquez**

**VOCAL PRIMERO**

**Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes**

**VOCAL SEGUNDO**

**Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria**

**VOCAL TERCERO**

**Ing. Agr. Danilo Ernesto Dardón Ávila**

**VOCAL CUARTO**

**Br. Mirna Regina Valiente**

**VOCAL QUINTO**

**Br. Nery Boanerges Guzmán Aquino**

**SECRETARIO**

**Ing. Agr. Edwin Enrique Cano Morales**

**Guatemala, agosto de 2007.**

Guatemala, agosto de 2007.

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación titulado: **“Comparación de aspectos técnicos y socioeconómicos de cuatro sistemas de captación de agua de lluvia”**, como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciada.

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

Atentamente,

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

María José Ortega Sunuc.

## **ACTO QUE DEDICO**

**A:**

- Dios** Por haberme dado la oportunidad de llegar a realizar uno de mis sueños, porque sin tu ayuda incondicional no estaría aquí. Mil gracias por todo tu amor y por las bendiciones que me has dado a lo largo de toda mi vida, alabados seas por siempre Padre.
- Virgen María** Infinitas gracias madrecita por interceder siempre por mí ante tu hijo Jesús y ante mi Padre, gracias por ser ejemplo con tu vida y estar siempre a mi lado cuidándome y mostrándome el mejor camino.
- Mi madrecita** Liliana Jeannette Sunuc Barrios por haberme brindado su completo y total apoyo incondicional, amor, confianza y ejemplo. Te amo muchísimo mamita gracias por todos tus sacrificios a lo largo de mi vida, porque gracias a ello, yo ahora estoy aquí, y este éxito también es tuyo.
- Mi padre** Edwin Enrique Ortega Figueroa por esos momentos tan especiales que hemos vivido juntos, tu amor, respeto, confianza. Te amo mucho papito y espero ser tu orgullo siempre.
- Mis hermanas** María René e Ixabel Alejandra espero llegar a ser su ejemplo de superación, constancia y dedicación, ya que cuando existe fé en Dios, esfuerzo, sacrificio y confianza en sí misma se pueden lograr todos los sueños.
- Mi gran familia** Mi abuelitas: Gloria Nely Barrios Barillas y Consuelo Figueroa Villatoro; mis abuelitos: Pablo Alberto Sunuc García y Enrique

**Ortega Gómez;, mis tías: Vivian Regina, Patricia Teresa, Gloria Lucrecia y Claudia Priscila Sunuc Barrilas y, Clara Margarita Ortega Figueroa; a todos mis tíos; mis primas: Mónica Alejandra, Vivian Paola, Karla Gabriela, Jackeline Mishell, Paulina María, Claudia Argentina, Veraly Alexandra, Daphne, Denis y María Fernanda; mis primos: José Pablo, Edwin Alberto, Sergio Fernando, Bladimir y Renato por su amor, cariño, apoyo y confianza en mí durante mis estudios, miles de gracias.**

**Mi Ángel**

**Julio Eduardo Cuellar Segovia por estar conmigo desde hace un año demostrándome todo el inmenso y grande amor que me tiene, por su ayuda, confianza, paciencia, comprensión, apoyo incondicional y, tantos momentos especiales compartidos desde que estamos juntos. Te amo, sos el amor de mi vida.**

**Fam. Cuellar S.**

**Gracias por haberme abierto las puertas de su casa, darme la confianza suficiente, por el apoyo, cariño y por creer en mí. Muchas gracias a todos, esto también va por ustedes.**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A:**

**Mi casa de estudios superiores**      **La universidad de San Carlos de Guatemala**

**Mi segundo hogar**      **La Facultad de Agronomía por haberme abierto las puertas de sus aulas en donde aprendí lo que ahora voy a poner en práctica.**

**Mi supervisor**      **Ing. Agr. Guillermo Méndez por su supervisión, paciencia, conocimiento, orientación y comprensión durante el proceso de mi EPS y, aún después.**

**Mi asesor**      **Ing. MSc. Marvin Salguero por su amistad, por compartir sus conocimientos, su apoyo y su valioso tiempo en asesorar mi trabajo de investigación. Mil gracias y que Dios derrame bendiciones sobre usted y su familia.**

**Vecinos Mundiales Polochic**      **A todo el equipo de trabajo, por su apoyo logístico al realizar mis actividades dentro de los municipios de Purulhá y Rabinal, Baja Verapaz y, Chisec, Alta Verapaz. En especial al Bachiller en construcción Luis Flores, a la Bachiller en CC. y LL. Carla Caxaj y a todos los miembros que conforman el Programa de Producción de Alimentos y Semillas (PPAS).**

**Mis amigas, amigos, compañeras y compañeros**

**Por haber compartido conmigo su amistad y momentos especiales e inolvidables que juntos vivimos durante estos 6 años. Nunca los voy a olvidar.**

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	<b>vii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>ix</b>
<b>CAPITULO I. DIAGNÓSTICO GENERAL DE PACUX, RABINAL, B.V.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 PRESENTACIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE RABINAL, B.V.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.1 Rabinal, Baja Verapaz.....</b>	<b>3</b>
1.2.1.1 Ubicación y acceso.....	3
<b>1.2.2 Geografía y medio ambiente.....</b>	<b>4</b>
1.2.2.1 Pluviometría de la zona.....	5
<b>1.2.3 Aspectos socioeconómicos.....</b>	<b>9</b>
1.2.3.1 Demanda de agua para consumo humano.....	10
<b>1.2.4 Cultura y sociedad.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.5 Descripción general de Pacux, Rabinal, B.V.....</b>	<b>11</b>
1.2.5.1 Breves datos históricos de la comunidad.....	11
1.2.5.2 Ubicación geográfica.....	15
1.2.5.3 Límites.....	16
1.2.5.4 Vías de comunicaciones.....	16
1.2.5.5 Extensión territorial de rabinal y de Pacux.....	16
<b>1.2.6 Descripción biofísica de la comunidad de Pacux.....</b>	<b>17</b>
1.2.6.1 Relieve.....	17
1.2.6.2 Fisiografía.....	17
1.2.6.3 Suelos.....	18
1.2.6.4 Clima .....	18
1.2.6.5 Hidrología.....	19
1.2.6.6 Zona de vida.....	19
1.2.6.7 Flora y fauna.....	20
1.2.6.8 Animales domésticos y cultivos.....	21
<b>1.2.7 Aspectos socioeconómicos y culturales.....</b>	<b>22</b>
1.2.7.1 Economía.....	22
1.2.7.2 Empleo y migración.....	23
1.2.7.3 Educación.....	23
1.2.7.4 Vivienda, infraestructura y servicios.....	24
1.2.7.5 Salud.....	25
1.2.7.6 Tenencia de la tierra.....	25
1.2.7.7 Cultura y tradición.....	26
<b>1.3 OBJETIVOS.....</b>	<b>30</b>
<b>1.4 METODOLOGÍA Y RECURSOS.....</b>	<b>31</b>
1.4.1 Metodología.....	31
1.4.1.1 Fase de Gabinete.....	31
1.4.1.2 Fase de Campo.....	31

1.4.1.3 Fase Final de Gabinete.....	32
1.4.2 Recursos.....	32
<b>1.5 RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN.....</b>	<b>33</b>
<b>1.5.1 Problemas detectados en Pacux, Rabinal, B.V.....</b>	<b>33</b>
1.5.1.1 Acceso limitado del recurso hídrico.....	33
1.5.1.2 Calles y avenidas en mal estado y sin mantenimiento.....	33
1.5.1.3 Carencia de centros educativos de nivel medio.....	33
1.5.1.4 Suelos sobre utilizados y poco productivos.....	34
1.5.1.5 Condiciones de vivienda.....	34
1.5.1.6 Escasos servicios de salud y medicamentos.....	34
1.5.1.7 No hay certeza en la tenencia de la tierra.....	35
<b>1.2.5 Síntesis diagnóstica.....</b>	<b>35</b>
<b>1.6 CONCLUSIONES.....</b>	<b>38</b>
<b>1.7 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>1.8 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>41</b>
<b>1.9 ANEXOS.....</b>	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO II. INVESTIGACIÓN. COMPARACIÓN DE ASPECTOS TÉCNICOS Y SOCIOECONÓMICOS DE CUATRO SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN EL MUNICIPIO DE RABINAL, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ.....</b>	<b>44</b>
<b>2.1 PRESENTACIÓN.....</b>	<b>45</b>
<b>2.2 MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>47</b>
2.2.1 Distribución del agua en el mundo.....	47
2.2.2 Aljibe.....	48
2.2.3 Calidad del agua.....	50
<b>2.2.4 Parámetros que definen la calidad del agua potable.....</b>	<b>52</b>
2.2.4.1 Definiciones.....	52
2.2.4.2 Características y especificaciones físicas y químicas.....	54
A. Características físicas para agua potable.....	54
B. Características bacteriológicas.....	61
<b>2.2.5 SCAPT (Sistema de captación de agua pluvial en techos).....</b>	<b>61</b>
2.2.5.1 Ventajas.....	61
2.2.5.2 Desventajas.....	62
2.2.5.3 Factibilidad.....	62
D. Componentes del SCAPT.....	64
<b>2.2.6 Características de los tanques de almacenamiento.....</b>	<b>67</b>
2.2.6.1 Pozo artesanal.....	67
2.2.6.2 Ferrocemento.....	68
2.2.6.3 Tanques verticales cerrados.....	69
<b>2.2.7 Síntesis de trabajos similares.....</b>	<b>71</b>
2.2.7.1 Experiencias prácticas en Guatemala.....	71
<b>2.2.8 Papel clave de las mujeres en la economía del agua.....</b>	<b>74</b>
<b>2.3 OBJETIVOS.....</b>	<b>76</b>
<b>2.4 METODOLOGÍA.....</b>	<b>77</b>
<b>2.4.1 Fase de campo inicial.....</b>	<b>77</b>
2.4.1.1 Construcción e instalación de los sistemas captadores de agua.....	77

E. Limpieza de los sistemas captadores de agua de lluvia.....	85
<b>2.4.2 Fase de gabinete.....</b>	<b>85</b>
<b>2.4.3 Fase de campo final.....</b>	<b>86</b>
2.4.3.1 Toma de muestras.....	86
2.4.3.4 Parámetros técnicos evaluados en los sistemas captadores.....	87
2.4.3.5 Parámetros socioeconómicos evaluados en los sistemas.....	87
<b>2.4.4 Fase final de gabinete.....</b>	<b>88</b>
<b>2.5 RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN.....</b>	<b>89</b>
<b>2.5.1 Parámetros técnicos evaluados en los sistemas captadores de agua..</b>	<b>89</b>
2.5.1.1 Construcción.....	89
2.5.1.2 Durabilidad de los sistemas.....	92
2.5.1.3 Limpieza y mantenimiento de los sistemas.....	94
2.5.1.4 Calidad del agua almacenada en cada sistema para potabilidad....	95
<b>2.5.2 Parámetros socioeconómicos evaluados en los sistemas captadores.</b>	<b>111</b>
2.5.2.1 Costos unitarios y totales por construir cada sistema.....	111
2.5.2.2 Forma de almacenamiento del agua.....	118
2.5.2.3 Aceptabilidad de los sistemas.....	119
<b>2.5.3 Resumen de la boleta de encuesta.....</b>	<b>134</b>
2.5.3.1 Pozo artesanal.....	136
2.5.3.2 Pozo de llantas.....	136
2.5.3.3 Ferrocemento.....	137
2.5.3.4 Tanque de plástico vertical.....	138
<b>2.5.4 Aceptación del agua de lluvia recolectada vs agua envasada.....</b>	<b>139</b>
<b>2.6 CONCLUSIONES.....</b>	<b>142</b>
<b>2.7 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>143</b>
<b>2.8 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>144</b>
<b>2.9 ANEXOS.....</b>	<b>147</b>
<b>CAPÍTULO III. SERVICIOS REALIZADOS.....</b>	<b>165</b>
<b>3.1 PRESENTACIÓN.....</b>	<b>166</b>
<b>3.2 DESARROLLO DE UN TALLER DE CAPTACIÓN Y COSECHA DE AGUA DE LLUVIA Y FILTROS RECICLADORES DE AGUAS GRISES.....</b>	<b>167</b>
<b>3.2.1 OBJETIVOS.....</b>	<b>167</b>
<b>3.2.2 METODOLOGÍA.....</b>	<b>168</b>
<b>3.2.2.1 Fase de gabinete.....</b>	<b>168</b>
<b>3.2.2.2 Fase de campo.....</b>	<b>168</b>
A. Construcción de los pozos.....	168
B. Construcción de filtros de aguas grises.....	171
<b>3.2.2.3 Fase de gabinete final.....</b>	<b>175</b>
<b>3.2.3 RESULTADOS.....</b>	<b>176</b>
<b>3.2.4 EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>176</b>
3.2.4.1 Construcción de 2 pozos y/o tanques captadores agua de lluvia...	176
3.2.4.2 Construcción de 2 filtros recicladores de aguas grises.....	176
3.2.4.3 Monitoreo, toma de muestras, análisis ff-qq y bact de pozos.....	177
3.2.4.4 Creación de un banco de herramientas.....	177
3.2.4.5 Participación comunitaria .....	178

<b>3.3 ELABORACIÓN DE UN VIVERO FORESTAL DE CON LA ESPECIE <i>TECTONA GRANDIS</i> (TECA) CON FINES DE REFORESTACIÓN.....</b>	<b>179</b>
<b>3.3.1 OBJETIVOS.....</b>	<b>179</b>
<b>3.3.2 METODOLOGÍA.....</b>	<b>180</b>
3.3.2.1 Fase de gabinete.....	180
3.3.2.2 Fase de campo.....	184
3.3.2.3 Fase de gabinete final.....	187
<b>3.3.3 RESULTADOS.....</b>	<b>188</b>
<b>3.3.4 EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>188</b>
3.3.4.1 Establecimiento de un vivero forestal.....	188
3.3.4.2 Diversificación del vivero forestal.....	188
3.3.4.3 Participación comunitaria.....	189
<b>3.4 SERVICIOS NO PLANIFICADOS.....</b>	<b>190</b>
<b>3.4.1 OBJETIVOS.....</b>	<b>190</b>
<b>3.4.2 SERVICIOS INSTITUCIONALES Y OTROS.....</b>	<b>190</b>
<b>3.5 COMENTARIO GENERAL.....</b>	<b>192</b>
<b>3.6 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>193</b>
<b>3.7 ANEXOS.....</b>	<b>195</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
<b>Figura 1.1</b> Precipitaciones pluviales medias mensuales.....	6
<b>Figura 1.2</b> Precipitaciones pluviales medias anuales.....	7
<b>Figura 1.3</b> Climadiagrama de la estación de Cubulco, B.V.....	8
<b>Figura 1.4A</b> Mapa de ubicación de la comunidad de Pacux, Rabinal, B.V.....	43
<b>Figura 2.5</b> SCAPT - Sistema de captación de agua pluvial en techos.....	64
<b>Figura 2.6</b> pH de los cuatro sistemas de captación de agua de lluvia.....	97
<b>Figura 2.7</b> Conductividad de los cuatro sistemas de captación de agua de lluvia.....	98
<b>Figura 2.8</b> Turbidez de los cuatro sistemas de captación de agua de lluvia.....	100
<b>Figura 2.9</b> Sólidos Totales de los cuatro sistemas de captación de agua de lluvia.....	101
<b>Figura 2.10</b> Alcalinidad Total de los cuatro sistemas de captación de agua de lluvia.....	103
<b>Figura 2.11</b> Dureza Total de los cuatro sistemas de captación de agua de lluvia.....	104
<b>Figura 2.12</b> Sulfatos de los cuatro sistemas de captación de agua de lluvia.....	106
<b>Figura 2.13</b> Recuento de Bacterias de los sistemas de captación de agua de lluvia.....	107
<b>Figura 2.14</b> Coliformes Totales de los sistemas de captación de agua de lluvia.....	109
<b>Figura 2.15</b> Coliformes Fecales de los sistemas de captación de agua de lluvia.....	111
<b>Figura 2.16</b> Persona encargada de llevar el agua al hogar.....	120
<b>Figura 2.17</b> Fuentes de suministro de agua con que cuenta dentro de comunidad.....	121
<b>Figura 2.18</b> Distancia a que se encuentra la fuente de suministro de agua, de casa.....	123
<b>Figura 2.19</b> Tiempo requerido para acarrear el agua hacia el hogar.....	124
<b>Figura 2.20</b> Cantidad de agua acarreada al hogar.....	125
<b>Figura 2.21</b> Veces durante la semana que se acarrea agua al hogar.....	126
<b>Figura 2.22</b> La fuente de suministro, se encuentra con agua durante todo del año.....	128
<b>Figura 2.23</b> Usos que se le dan al agua.....	129
<b>Figura 2.24</b> Pozo más sencillo de construir y/o instalar.....	131
<b>Figura 2.25</b> Utilidad que se le da al agua recolectada de los sistemas captadores.....	132
<b>Figura 2.26</b> Comparación del agua recolectada con el agua envasada.....	134

<b>Figura 2.27A</b> Diseño y estructura del pozo artesanal.....	147
<b>Figura 2.28A</b> Diseño y estructura del pozo de llantas.....	148
<b>Figura 2.29A</b> Diseño y estructura del ferrocemento.....	149
<b>Figura 2.30A</b> Diseño y estructura del tanque de plástico vertical.....	150
<b>Figura 2.31A</b> Trazo, excavación y extracción de tierra de la base del pozo artesanal....	151
<b>Figura 2.32A</b> Colocación de los tres anillos de hierro en las paredes del pozo.....	151
<b>Figura 2.33A</b> Colocación de la malla alrededor de las paredes.....	152
<b>Figura 2.34A</b> Repello de las paredes y fundición del piso del pozo artesanal.....	152
<b>Figura 2.35A</b> Pozo artesanal concluido con el repello fino en las paredes y el piso.....	153
<b>Figura 2.36A</b> Todas las llantas se cortan por la parte de en medio por un lado.....	154
<b>Figura 2.37A</b> Se colocan las llantas apiladas para coserlas posteriormente.....	154
<b>Figura 2.38A</b> Se amarran las llantas con alambre por la parte de adentro.....	155
<b>Figura 2.30A</b> Se funde la llanta, luego se colocan las otras encima.....	155
<b>Figura 2.40A</b> Finalmente se le echan dos capas de pegamento por afuera de llantas....	156
<b>Figura 2.41A</b> El pozo de llantas terminado para captar el agua de la lluvia.....	156
<b>Figura 2.42A</b> Medición y trazo del área de circunferencia de la base del ferrocemento..	157
<b>Figura 2.43A</b> Instalación de malla para gallinero para elaboración de estructura base...	157
<b>Figura 2.44A</b> Colocación la base del ferrocemento en campo definitivo y repello.....	158
<b>Figura 2.45A</b> Colocación de la tapadera de la estructura base y repello de la misma.....	158
<b>Figura 2.46A</b> Se colocó el tanque de plástico sobre un lugar estable debajo del techo...	159
<b>Figura 2.47A</b> Colocación del canal cuadrado en la entrada del tanque de plástico.....	159
<b>Figura 2.48A</b> El tanque de plástico vertical se encuentra listo para su uso.....	160
<b>Figura 3.49A</b> Mapa de ubicación de la finca Sahomax, Chisec, Alta Verapaz.....	195

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>Cuadro 1.1</b> Población total de la comunidad de Pacux, Rabinal, B.V.....	17
<b>Cuadro 1.2</b> Especies indicadoras de flora de la zona de vida de Pacux, Rabinal, B.V...20	20
<b>Cuadro 1.3</b> Animales domésticos y cultivos que poseen las familias de Pacux.....21	21
<b>Cuadro 1.4</b> Número de alumnos que cursan en las escuelas de Pacux, Rabinal, B.V....23	23
<b>Cuadro 1.5</b> Número y tipo de material de las viviendas en Pacux, Rabinal, B.V. ....24	24
<b>Cuadro 1.6</b> Instituciones sociales presentes en Pacux, Rabinal, B.V.....28	28
<b>Cuadro 1.7</b> Matriz de priorización de problemas detectados en Pacux, Rabinal, B.V.....36	36
<b>Cuadro 1.8</b> Orden prioritario de problemas, sus frecuencias y rangos.....37	37
<b>Cuadro 2.9</b> Características sensoriales, LMA y LMP que debe tener el agua potable...54	54
<b>Cuadro 2.10</b> Sustancias químicas con sus LMA y LMP.....55	55
<b>Cuadro 2.11</b> Relación de sustancias inorgánicas su significado para la salud y LMP....57	57
<b>Cuadro 2.12</b> Límites máximos permisibles de las sustancias biocidas.....57	57
<b>Cuadro 2.13</b> Sustancias no deseadas, LMA y LMP.....60	60
<b>Cuadro 2.14</b> Sustancias orgánicas con significado para la salud y su LMP.....60	60
<b>Cuadro 2.15</b> Comparación de tamaño, volumen, tiempo y mano de obra.....92	92
<b>Cuadro 2.16</b> Análisis de costos para la construcción de un pozo artesanal.....114	114
<b>Cuadro 2.17</b> Análisis de costos para la construcción de un pozo de llantas.....115	115
<b>Cuadro 2.18</b> Análisis de costos para la construcción de un ferrocemento.....116	116

**Cuadro 2.19** Análisis de costos para la construcción del tanque de plástico vertical...117

**Cuadro 2.20A** Datos pluviométricos de la estación metereológica de Cubulco, B.V...161

## **TRABAJO DE GRADUACIÓN**

### **COMPARACIÓN DE ASPECTOS TÉCNICOS Y SOCIOECONÓMICOS DE CUATRO SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN EL MUNICIPIO DE RABINAL, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ.**

### **COMPARISON OF TECHNICAL AND SOCIOECONOMIC ASPECTS OF FOUR RAINWATER SYSTEMS OF COLLECTING IN RABINAL, BAJA VERAPAZ.**

#### **RESUMEN**

Vecinos Mundiales Guatemala (VMG) es una Organización No Gubernamental (ONG), cuya finalidad es apoyar el fortalecimiento y desarrollo de las capacidades de las comunidades rurales, mediante sus conocimientos y valores tradicionales, así mismo ayudar a analizar y resolver sus propios problemas a través de los recursos con los que cuentan, para así implementar nuevos proyectos en el área. Vecinos Mundiales Polochic, ha estado presente en distintas comunidades del Municipio de Rabinal, Baja Verapaz, madurando y consolidando diversos programas de intervención alrededor de una actividad concreta, tomando en cuenta los aspectos culturales de la región.

Actualmente Vecinos Mundiales se encuentra trabajando directamente en varias comunidades de Rabinal, entre las que se puede mencionar Pacux, de la cual se elaboró un diagnóstico general para conocer tanto sus necesidades básicas como sus problemas actuales, así mismo priorizarlos y darles una solución pronta. La comunidad de Pacux, se encuentra formada por 172 familias para un total de la población de 877 habitantes de los cuales el 75% de las familias son pobres, además los suelos son poco profundos y mal drenados por los que les es muy difícil producir sus cultivos agregando que únicamente llueve en los meses de junio a octubre.

Con lo que respecta a la investigación se realizó una comparación de aspectos técnicos y socioeconómicos de cuatro sistemas diferentes de captación de agua de lluvia a de los cuales se tomaron unas muestras de agua y se les realizaron los análisis físico-químicos y bacteriológicos correspondientes para evaluar su procedencia y, los resultados en todos los

sistemas se encontraron por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP) de la Norma COGUANOR 29 001 de agua para consumo humano.

En cuanto a los aspectos socioeconómicos, la mayoría de las personas de la comunidad de Pacux, se inclinaron por el pozo artesanal ya que era el de mayor tamaño y capacidad de almacenamiento captando 11,500 litros de agua de lluvia además, de ser el más económico en cuanto a mano de obra, volumen y materiales se refiere comparado con los otros sistemas captadores de agua de lluvia.

Así también, como actividades del Ejercicio Profesional Supervisado uno de los servicios planificados que se llevó a cabo consistió en el desarrollo, capacitación y seguimiento de talleres de captación y cosecha de aguas de lluvia y de filtros recicladores de aguas grises; así mismo el desarrollo de diversos talleres sobre el establecimiento de un vivero forestal comunal con la especie de Teca (*Tectona grandis* L. f.) con fines de reforestación en la finca Sahomax, Chisec, Alta Verapaz.

**CAPITULO I. DIAGNÓSTICO GENERAL DE LA COMUNIDAD DE PACUX,  
MUNICIPIO DE RABINAL, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ**

## 1.1 PRESENTACIÓN

Vecinos Mundiales Guatemala (VMG) es una organización no gubernamental, cuya finalidad es apoyar el fortalecimiento y desarrollo de las capacidades de las comunidades rurales, mediante sus conocimientos y valores tradicionales, así mismo ayudar a analizar y resolver sus propios problemas a través de los recursos con los que cuentan, para así implementar nuevos proyectos en el área.

Actualmente Vecinos Mundiales se encuentra trabajando directamente en varias comunidades de Rabinal, entre las que se puede mencionar Pacux. Anteriormente, los miembros de esta colonia pertenecieron a otra comunidad llamada Río Negro, comunidad que estuvo asentada en la riveras de este río, pero un 13 de marzo de 1982 fueron desplazadas, desalojadas y masacradas familias completas por el Ejército de Guatemala y soldados patrulleros de Xococ, esto debido a que se pretendía construir la Hidroeléctrica Chixoy sobre este río (Osorio, 2006).

Para la comunidad de Pacux, la construcción de la Hidroeléctrica Chixoy efectuada por el Instituto Nacional de Electrificación (INDE) en 1982 sobre el Río Negro, provocó un desplazamiento de la comunidad hacia el área suburbana, ahora reubicada en una planicie al Noroeste de la cabecera municipal de Rabinal, Baja Verapaz., trayendo con ello un acceso pobre o nulo (en época de verano principalmente) al servicio de agua potable y al espacio físico para la siembra y cosecha de sus cultivos tradicionales, siendo éstas las mayores dificultades por las que atraviesa la comunidad de Pacux, debido a que los limita en cuanto a la producción de alimentos tanto agrícolas como pecuarios. Anteriormente la producción agrícola era la principal actividad a la que se dedicaban todos los miembros de la comunidad, pero actualmente la falta de espacio físico y de agua para riego los restringe aún más, y a pesar de ello, la agricultura continúa siendo la única forma que tienen los habitantes de Pacux de sobrevivir a todas sus necesidades básicas.

Mediante la elaboración del diagnóstico realizado de febrero a noviembre de 2006, se investigaron y conocieron los aspectos sociales, culturales, históricos, económicos, agrícolas, y ambientales, presentes en la comunidad de Pacux, a través de los cuales se identificaron y priorizaron los problemas que afectan a dicha comunidad, proponiendo soluciones a los mismos.

## **1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE RABINAL, BAJA VERAPAZ**

### **1.2.1 Rabinal, Baja Verapaz**

#### **1.2.1.1 Ubicación y acceso**

Rodríguez (2003), indican que el municipio de Rabinal, pertenece al departamento de Baja Verapaz, con un área de aproximadamente 504 km<sup>2</sup> lo que corresponde a un poco más del 16% del total del departamento; colinda la Norte con el municipio de Uspantán, El Quiché, al Este con San Miguel Chicaj y Salamá; al Oeste con Cubulco y al Sur con Santa Cruz El Chol, Salamá y Granados del mismo departamento. Está ubicada dentro de la micro cuenca del río Chicruz de la sub-cuenca del río Negro o Chixoy. Al Sur se encuentra la Sierra de Chuacús y al Norte el río Negro. El principal valle que es de importancia para el cultivo de granos básicos es el Valle de Urram, en donde drenan dos importantes ríos: el río de Rabinal y el río Chiac que forman el río Chicruz.

La cabecera del municipio de Rabinal se encuentra altitudinalmente a 978 metros sobre el nivel del mar, y geográficamente a 15°05'6.6" latitud Norte y 90°29'31.2" longitud Oeste.

Existen dos formas comunes de llegar al municipio. La primera es entrando por el Este. El recorrido empieza tomando la ruta al Atlántico. La llegar a El Rancho hay que desviarse hacia Cobán, Alta Verapaz. A la altura de la Cumbre de Santa Elena es necesario realizar otro desvío hacia Salamá, Baja Verapaz, que finalmente llega a Rabinal. La distancia entre la capital y Rabinal por esta vía es de 177 kms, dicha carretera es totalmente asfaltada.

La segunda forma de llegar a Rabinal es por el Sur a través de la carretera que pasa por los municipios de San Pedro y San Juan Sacatepéquez, Granados y El Chol, la distancia que hay desde la capital hasta Rabinal, por ésta vía es de 114 Km, dicha carretera es asfaltada hasta el desvío hacia el municipio de Pachalum del departamento de El Quiché.

### **1.2.2 Geografía y medio ambiente**

Mosquera (2001), indican que el municipio está constituido por una parte montañosa que se encuentra al Norte y al Sur, y otra plana que se encuentra aproximadamente en el área central. La zona plana es conocida como el valle de Rabinal, el cual corresponde a una depresión de la Sierra de Chaucús, que atraviesa el municipio de Rabinal de Este a Oeste.

El sistema de clasificación del clima de Thorthwaite (1986) muestra a Rabinal con un clima semi-cálido, con un invierno benigno y seco, con vegetación natural característica de pastizal.

Los suelos del departamento de Baja Verapaz son de dos tipos. Los que tienen un origen aluvial y forman pequeñas terrazas que presentan profundidades entre los 30 y 40 centímetros y los formados por arcillas esquistas que son de 15 centímetros de profundidad, de modo que las tierras del departamento un 56.5% no sea apto para el uso agrícola y un 23% los sea, solo bajo condiciones muy severas de manejo.

La textura de los suelos del valle de Rabinal va de franco arenoso a franco arcillo arenoso y su topografía va de plana a ligeramente ondulada, además, reconoce que el agua es escasa y que todas las fuentes, excepto las de mayor caudal tienden a agotarse durante la época seca. Con respecto a la precipitación total anual se encuentra alrededor de los 983 mm, teniendo un total de 118 días de lluvia, siendo los meses de junio, julio, agosto y septiembre los más lluviosos del año.

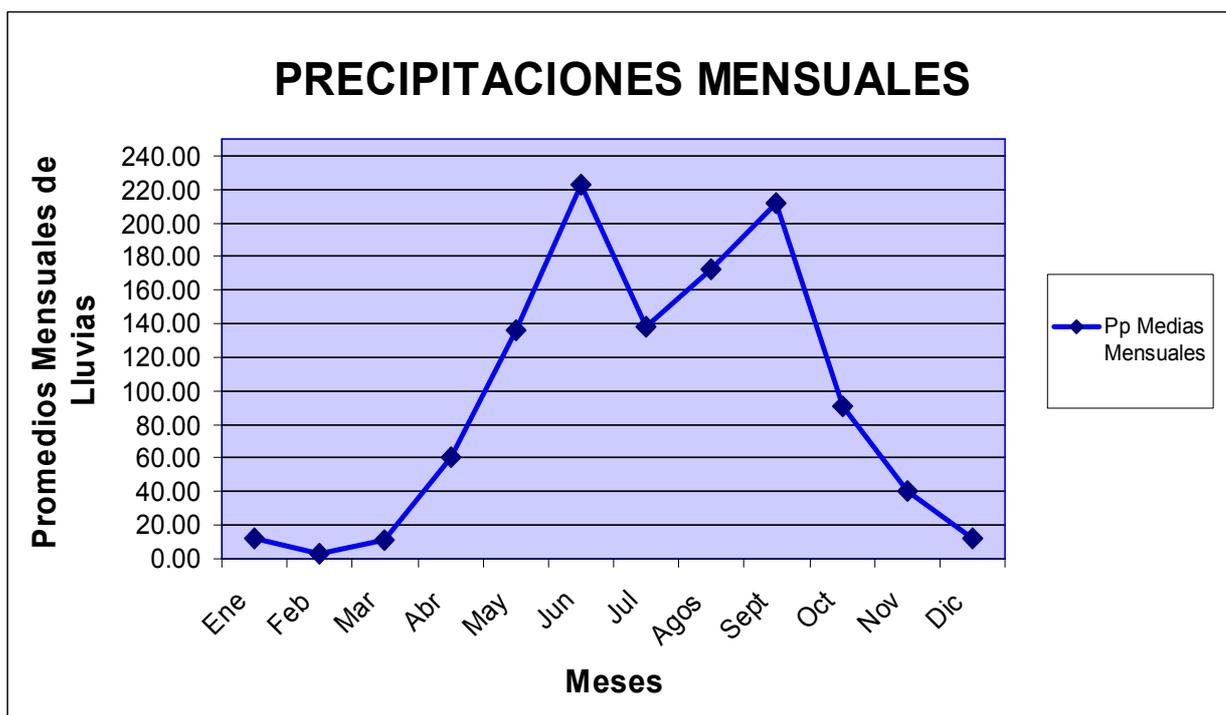
La temperatura máxima promedio anual es de 30.2 °C, la mínima promedio anual es de 22.4 °C, siendo los meses más fríos, enero y febrero y los meses más cálidos marzo y abril. Si se toman en cuenta los factores de suelo, temperatura, precipitación, topografía y demás factores ambientales, es posible que bajo condiciones eficientes de riego, se pueda desarrollar la agricultura intensiva en la parte oriental del valle de Rabinal.

### **1.2.2.1 Pluviometría de la zona**

Como se puede observar en la figura 2, el valor más alto de las precipitaciones medias mensuales, se encuentra registrado en el mes de junio con un valor de 222.79 mm, siguiéndole el mes de septiembre con el segundo valor más alto de 211.85 mm, agosto con 172.84 mm, julio con 138.48 mm y finalmente mayo con 136.23mm (Ver Cuadro 2.20 en anexo 2.9.2). Por los valores antes descritos, se observan dos puntos altos correspondientes a los meses de junio y septiembre, y un punto en bajo en medio de estos dos meses (el mes de julio), formando con ello la letra “M”, esto demuestra un comportamiento bimodal, al igual que en la mayoría de estaciones del país.

Las precipitaciones medias mensuales más bajas se registran para los meses de febrero, marzo, enero y diciembre con valores de 2.83 mm, (el valor más bajo), 10.88 mm, 11.64 mm y 12.44 mm respectivamente (Figura 1.1).

En el municipio de Rabinal, domina la época seca que va de noviembre a mayo, dejando solamente cinco meses para la época de lluvia con precipitaciones pluviales mensuales mínimas de 2.83 mm, medias de 92.64 mm y máximas de 222.79 mm (Ver cuadro 2.20 en anexo 2.9.2), registradas durante los meses de enero a diciembre a partir del año de 1990 al 2004, exceptuando los registros de los años de 1998 y 2005, por la inexistencia de datos a lo largo de los doce meses del año en la estación de Cubulco, Baja Verapaz.



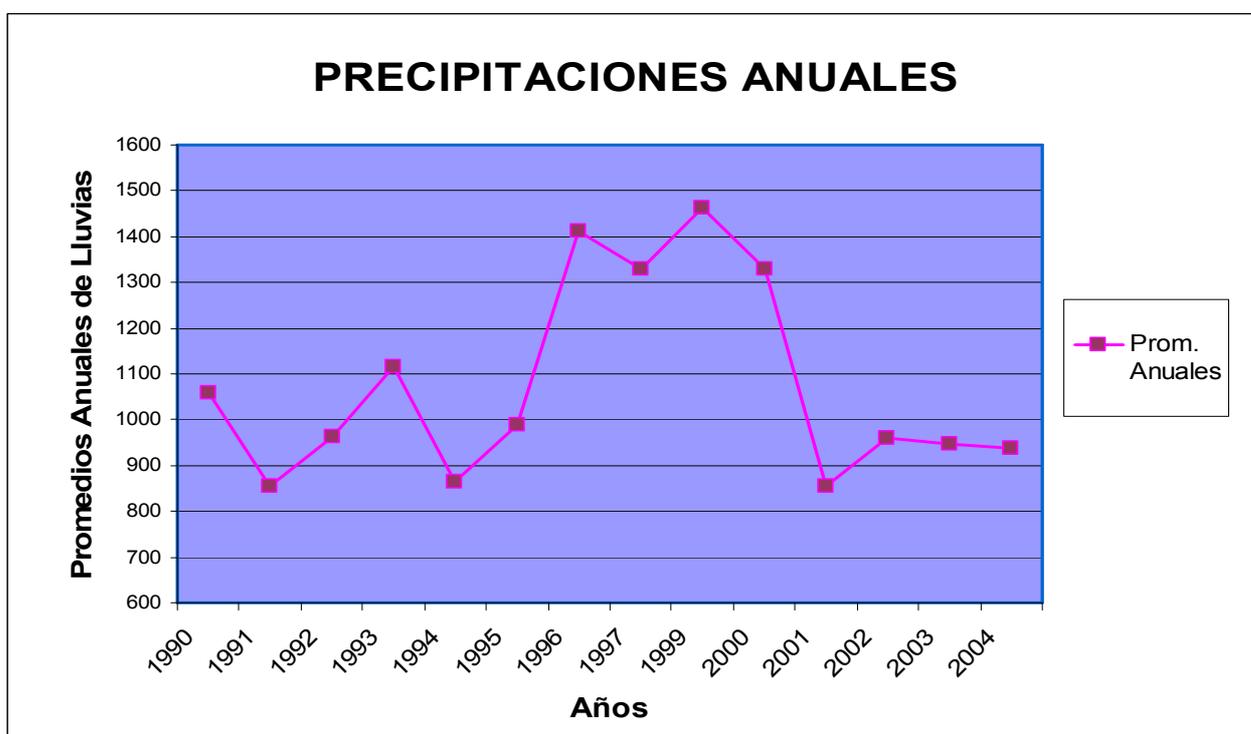
**Figura 1.1** Precipitaciones pluviales medias mensuales, registradas en la estación de Cubulco, Baja Verapaz.

Las precipitaciones pluviales medias anuales a partir del año de 1990 al 2004 oscilaron entre los 1,077.47 mm anuales en promedio. Registrándose los valores más altos para los años de 1999 con un valor de 1,463.70 mm (valor más alto registrado), para 1996 un valor de 1,412.40 mm, para el 2000 de 1,330.20 mm, para el año de 1997 un valor de 1,329.90 mm, para 1993 un valor de 1,115.30 mm y finalmente para el año de 1990 un valor promedio de 1,059.20 mm (Ver cuadro 2.20 en anexo 2.9.2).

Durante los años de 1991 y 2001, se registran los valores promedios anuales más bajos, con 856.10 mm y 854.70 mm respectivamente para cada año (Ver cuadro 2.20 en anexo 2.9.2). Dichos valores son el reflejo de los años de las épocas más secas registradas durante estos últimos catorce años, dañando y/o perjudicando a las familias del área de Rabinal (comunidad de Pacux) en cuanto a su trabajo, es decir, la falta de agua de lluvia causa un déficit en la siembra, cosecha y comercialización de sus productos agrícolas, por otro lado, la escasez de agua limita su desarrollo individual y familiar,

implica un esfuerzo físico doble para las mujeres al ir a recoger el agua a las fuentes naturales, restringe su higiene personal, recreativa, familiar y, un aspecto muy importante de consumo propio (agua para beber y cocinar).

La precipitación pluvial media anual mínima es de 854.70 mm y la máxima de 1,463.70 mm (Ver figura 2.2) registrados durante los años de 1990 al 2004, exceptuando los años de 1998 y 2005 por no encontrarse registros en los pluviómetros de la estación de Cubulco, Baja Verapaz.



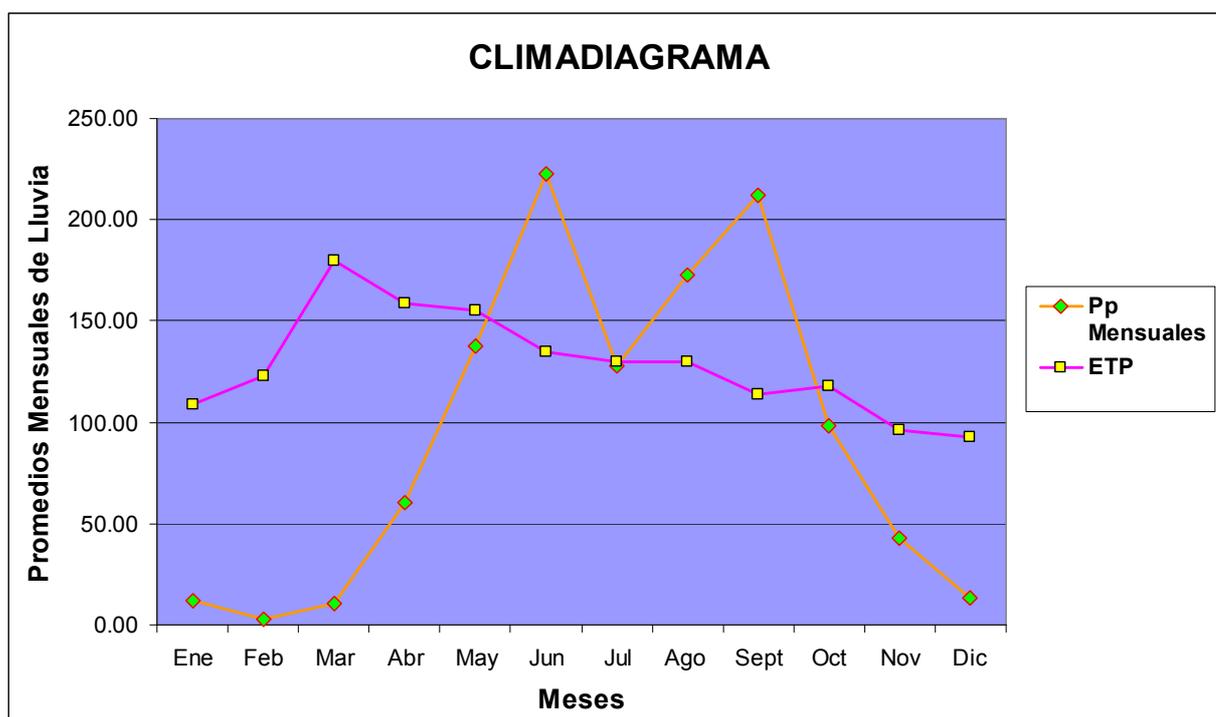
**Figura 1.2** Precipitaciones pluviales medias anuales, registradas en la estación de Cubulco, Baja Verapaz.

En el climadiagrama (Ver figura 1.3), se observan los valores de las precipitaciones pluviales mensuales y los valores de la evapotranspiración. Los valores de precipitación pluvial de los meses de junio con 222.79 mm, agosto con 172.84 mm y septiembre con 211.85 mm (Ver cuadro 2.20 en anexo 2.9.2), son los únicos valores que se encuentran por encima de los valores de la evapotranspiración, reflejando el período de la época lluviosa durante estos meses por lo que se ven elevados los valores de la precipitación,

contrario a los meses restantes en donde se observan que todos los valores de la evapotranspiración sobrepasan a los de la precipitación, coincidiendo en la época seca, en donde se registran las temperaturas más altas.

La evapotranspiración más alta se observa en el mes marzo con un valor de 179.80, (Ver cuadro 2.20 en anexo 2.9.2), debido a la evaporación del agua en el suelo por las altas temperaturas que se registran para este mes, ya que es uno de los meses más acalorados por encontrarse dentro de la época seca. Al igual que para los meses de abril y mayo se registraron valores altos con 159.00 y 155.00 respectivamente (Ver cuadro 2.20 en anexo 2.9.2).

En general, la evapotranspiración se mantuvo constante para la época lluviosa la cual corresponde a los meses de junio a octubre, los cuales se encontraron por debajo de las precipitaciones características de la estación lluviosa.



**Figura 1.3** Climadiagrama de la estación de Cubulco, Baja Verapaz.

### **1.2.3 Aspectos socioeconómicos**

El Instituto Nacional de Estadística (2003), indica que el municipio de Rabinal cuenta con 31,168 habitantes y con 8,546 viviendas. La población urbana es de 9,446 y la población rural de 21,722 así la población urbana representa el 30.31% y la rural el 69.69%. La población indígena es de 25,500 y la población no indígena de 5,665 así la población indígena representa el 81.81% y la no indígena el 18.19%. Estos datos reflejan que el municipio de Rabinal es eminentemente rural e indígena; y sus habitantes se encuentran en estado de pobreza con un 68.85% y un 27.57% en estado de extrema pobreza.

La economía del municipio de Rabinal está basada principalmente en la agricultura de granos básicos para la subsistencia (maíz, frijol) y otros cultivos menores como la manía, la caña de azúcar, naranjas, el loroco, la cebolla, el limón, el café y las hierbas comestibles (macuyes, pacayas, flor de güicoy, etc.).

La producción agrícola no provee lo suficiente para abastecer a la familia, ni tampoco los animales de corral que tienen (gallinas, chompipes, cerdos, etc.) por lo que, cuando cesan las actividades relacionadas con el maíz, los agricultores migran temporalmente a trabajar a otras regiones como jornaleros, pues el volumen de trabajo que hay por los alrededores no los puede absorber.

Además existe otra diversidad de actividades productivas que se desarrollan en el municipio, como la elaboración de panela, aguardiente, guacales, jícaras y cerámica diversa que se constituyen en una fuente importante de ingresos para el municipio.

Por otro lado es importante considerar que el municipio recibe ingresos generados fuera, ya que debido al alto desempleo, la población tiende a migrar temporal o permanentemente a diferentes lugares como la capital, Salamá, Cobán, la Costa Sur e inclusive Estados Unidos.

Los días de mercado son jueves y domingo, y su feria titular se realiza del 19 al 25 de enero de cada año y es en honor al Patrón San Pablo. Los municipios con los que mantiene sus mayores relaciones comerciales son: la capital, Salamá, Cobán y Cubulco.

### **1.2.3.1 Demanda de agua para consumo humano**

#### **A. Área de captación de agua de lluvia**

El área de captación del agua de lluvia para los sistemas domiciliarios es de 30 m<sup>2</sup> en promedio. Además, en promedio, seis personas son las que integran cada familia en las comunidades rurales, tomando en cuenta que cada miembro de la familia consumo al día veinte litros diarios por persona, los cuales suman un total de ciento veinte litros diarios por familia, que al año se traduce en 43,800 litros por año por familia.

Como se observan, los valores para consumo humano (beber, cocinar alimentos, principalmente), son muy elevados para una sola familia, utilizando el agua recolectada únicamente para potabilidad, sin tomar en cuenta las actividades agrícolas, pecuarias, y/o domésticas con las cuales se incrementa enormemente la demanda de agua en todos los niveles.

Al aplicar el factor de pérdida (20%) por captación de agua de lluvia a los 43,800 litros por año por familia, este en realidad aumenta a los 52,560 litros (52.56 m<sup>3</sup>) por año por familia.

Con el área de captación actual de 30 m<sup>2</sup>, y tomando el cuenta que se podrían captar un máximo de 1.055 m de agua proveniente de la precipitación en el área, al final se podría disponer de 31.65 m<sup>3</sup>.

Por lo anterior, se calcula que se tiene un déficit de 20.91 m<sup>3</sup>, para lo cual se hace necesario aumentar el área de captación a 49.82 m<sup>2</sup>, para poder cubrir con las demandas mínimas de consumo humano de las familias. Con el anterior área se logra cubrir el 60.21% del consumo para fines domésticos requerido por cada familia.

### **1.2.4 Cultura y sociedad**

Mosquera (2001), indican que aunque la influencia genética por parte de España fue casi inexistente, en el municipio de Rabinal conviven dos etnias: la indígena o achí, llamada también k'iché-achí, y la ladina. La etnia achí se encuentra distribuida en todo el Municipio de Rabinal y corresponde al 81.86% de la población, mientras que la ladina corresponde al 18.14%, concentrándose en cinco lugares: La cabecera municipal y en las aldeas San Luis, Chirrum, Pichec, Raxjut y Concul.

La conformación social de la familia achí se caracteriza en su descendencia patrilineal y residencia patrilocal. Una familia se constituye por una pareja de edad media, con sus hijos varones casados y las respectivas familias de éstos, así como los hijos solteros; practicándose la familia extendida. Los padres heredan a los hijos varones los bienes de producción principales, como: la tierra, ganado mayor o cualquier otra forma de capital; mientras que las mujeres reciben bienes menores, como terrenos pequeños, muebles, trastos, etc. Esta situación condena a las mujeres a una situación de dependencia, ya que el varón se constituye en el proveedor casi exclusivo del hogar.

### **1.2.5 Descripción general de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz.**

#### **1.2.5.1 Breves datos históricos de la comunidad**

##### **A. Masacre y eliminación de la comunidad de Río Negro (Pacux)**

##### **A.1 Antecedentes: El proyecto hidroeléctrico Pueblo Viejo-Quixal y la resistencia de los miembros de la comunidad de río negro a ser desalojados de sus tierras**

EAFG (1995), indica que la comunidad de Río Negro, asentada a las orillas del río Chixoy, en el municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz, vivía de la agricultura, la pesca y el intercambio de productos con la comunidad vecina de Xococ. En los años setenta, Río Negro tenía una población de aproximadamente 800 personas, indígenas achís.

La vida de los habitantes de Río Negro, y de los pueblos que vivían en las riveras del río Chixoy, cambió a partir de la construcción de la hidroeléctrica Pueblo Viejo-Quixal.

En 1975 el Instituto Nacional de Electrificación (INDE) presentó el proyecto de construcción de la hidroeléctrica en la cuenca del río Chixoy, "la obra más grande del hombre en Centroamérica", para solucionar el problema de energía eléctrica del país, bajo el auspicio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) y del Banco Mundial. "El plan contempló la inundación de más de 50 kilómetros a lo largo del río y algunos afluentes, lo cual afectaría a cerca de 3,445 personas de las comunidades asentadas en los márgenes". Las comunidades afectadas debían desplazarse y reasentarse en otro lugar. En junio de 1978 el Gobierno declaró el área en emergencia nacional, debido a que se inundaría por la construcción del embalse. El INDE se comprometió a buscar y entregar a los desplazados iguales o mejores tierras que las que iban a ser inundadas. La comunidad de Río Negro no aceptó las propuestas del Estado.

Las autoridades pretendieron asentar a los pobladores de Río Negro en Pacux, un lugar árido, y en casas que rompían su esquema cultural de vida. Los campesinos se resistieron a dejar sus tierras. Un declarante manifiesta que Río Negro *"era la comunidad modelo del área, con la mejor organización, era la más próspera de la región; esa fue una de las razones por las cuales esa comunidad no fue tan fácil de engañar como todas las demás"*. En 1978 mucha gente de la comunidad mudó sus casas para situarlas en terrenos altos que no serían inundados por las aguas.

Ante esta situación el INDE reconoció que "los problemas que sucedieron en el reasentamiento fueron: a) la incompreensión de la población afectada acerca de la necesidad de la construcción del proyecto, b) el apego a su región y a la tierra que tenían los pobladores afectados y c) la dificultad en obtener tierras en la región necesarias para los reasentamientos que se efectuaron".

El "apego a su región" al que se refiere el INDE, se debe a que el área del río Chixoy estuvo habitado desde el período maya clásico (330 años AC a 900 años DC) por poblaciones indígenas y, además, existían en el lugar varios centros religiosos ceremoniales. El INDE constató la existencia de 50 sitios arqueológicos distribuidos a lo largo del valle que, por estar situados sobre las terrazas bajas y sobre las primeras pendientes que bordean el río, en su mayoría resultaron inundados.

En 1979 el Ejército Guerrillero de los Pobres (EGP) llegó a Río Negro, mantuvo encuentros con los líderes de la comunidad vinculados con el CUC y les habló de la revolución. Un declarante comenta: *"Ellos decían que hay que hacer una lucha para botar al Gobierno y al Ejército porque ellos están gobernando, hay que hacer la lucha con machetes, con agua caliente, y vamos a tomar las fincas si logramos la revolución"*. Los miembros del EGP vivían en las montañas y visitaban cada cierto tiempo la comunidad.

En 1980 el proyecto hidroeléctrico seguía vigente y los pobladores de Río Negro continuaban resistiéndose a abandonar sus tierras.

## **A.2 Los hechos: Las masacres y la eliminación de la comunidad**

El boletín de Prensa militar afirmaba: EAFG (1995), indica que "desde algún tiempo la población de la aldea Río Negro se ha tornado conflictiva por la influencia de elementos subversivos, que han aprovechado los problemas de tierras, suscitados con motivo de que sus terrenos serán afectados por la inundación que se provocará por la presa Chixoy, a diferencia de otros pobladores que voluntariamente han aceptado el traslado a lugares más seguros y donde les deparan mejores expectativas de vida".

En 1981 habrían tenido lugar las primeras desapariciones selectivas de los líderes comunitarios. Ante estas circunstancias, y con la finalidad de evitar la represión del Ejército, representantes de la comunidad se dirigieron a la zona militar de Cobán y al destacamento militar de Rabinal a disculparse por lo ocurrido. La reacción de los militares fue acusarlos de guerrilleros y amenazarlos de muerte. Un testigo presencial afirma que el

capitán les dijo: *"Nosotros [los campesinos de Río Negro] estábamos entrenados ya por la guerrilla. Nos dijeron que entreguemos las armas porque si no, iban a hacer ceniza a Río Negro"*. Los militares nunca encontraron las armas que buscaban.

Mientras esto sucedía en Río Negro, la comunidad de Xococ estaba también siendo víctima de la represión militar.

En el mes de febrero de 1982 un grupo de hombres armados, presumiblemente guerrilleros, quemaron el mercado de Xococ y mataron a cinco personas. A consecuencia de que el Ejército identificó este hecho con la guerrilla y con los campesinos de Río Negro, los pobladores de Xococ rompieron las relaciones comerciales que mantenían con Río Negro y se declararon sus enemigos. Así afirma un habitante de Xococ: *"Cuando comenzó la guerra, se perdió la amistad"*. La comunidad de Xococ solicitó al Ejército que organizara las Patrullas de Autodefensa Civil (PAC). *"El padre Melchor [párroco de Rabinal y conocedor de la situación de las aldeas] decía que en Xococ se dispusieron a colaborar en todo a condición que no les sigan matando"*.

La comunidad de Río Negro fue calificada como guerrillera. Los patrulleros de Xococ, armados, adiestrados y guiados por el Ejército, estuvieron enfrentados, desde entonces, con los habitantes de Río Negro.

El 13 de marzo de 1982, a las seis de la mañana, 12 miembros del Ejército acompañados por 15 patrulleros de la aldea Xococ, entraron en la comunidad de Río Negro. Casa por casa fueron preguntando por los hombres, pero éstos no estaban en sus hogares pues pernoctaban en el monte invocando razones de seguridad. Los soldados afirmaban que era seguro que estaban con la guerrilla. Luego, exigieron a las personas que salieran de sus casas para participar en una reunión.

Luego reunieron a las mujeres. Pusieron música de marimba y las obligaron a bailar, al decir de los soldados, como bailaban con los guerrilleros. A varias mujeres jóvenes las llevaron aparte y las violaron.

Después, obligaron a las personas reunidas a caminar unos tres kilómetros montaña arriba. *"Durante toda la caminata a las mujeres les pegaban mucho, les decían que eran vacas, las trataban como si fueran vacas de cambiar de potrero. A los niños los pegaban mucho porque son hijos de guerrilleros"*. Al llegar a la cumbre del cerro Pacoxom, un miembro del Ejército dijo, según manifiesta un declarante, que *"ahorita no me cuesta matar unos cuantos guerrilleros"*. Así, procedieron a torturar y matar a las víctimas inermes. A unas las colgaron de los árboles, a otras las mataron a machetazos y a otras les dispararon. *"A los niños lactantes los agarraban de los pelos y le daban contra las piedras"*. En una fosa que cavaron iban tirando los cadáveres. *"A uno que estaba agonizando todavía los dejaron ahí jateado como leña; unos sobre otros, no los dejaron ordenados porque los tiraron ahí"*. La fosa fue cubierta con piedras y con ramas. Sobre las cinco de la tarde concluyó la masacre y se dirigieron hacia Xococ. Dieciocho niños sobrevivientes fueron llevados por los agresores hacia dicha comunidad.

Los testimonios coinciden en que 177 personas -70 mujeres y 107 niños- población civil e indefensa de la comunidad de Río Negro, fueron muertos en esta acción. La diligencia de exhumación de cadáveres, practicada 12 años más tarde, estableció la existencia, en tres fosas, de 143 osamentas, de las cuales 85 pertenecían a niñas y niños, y el resto a mujeres.

#### **1.2.5.2 Ubicación geográfica**

El Instituto Geográfico Nacional (1996), indica que la comunidad de Pacux, se encuentra situada en el municipio de Rabinal, Departamento de Baja Verapaz, sobre una planicie y se ubica al Noroccidente de la cabecera municipal, se encuentra altitudinalmente a 978 msnm, y geográficamente a 15°05'6.6" latitud Norte y 90°29'31.2" longitud Oeste.

La distancia aproximada es de 1.5 Km de la cabecera municipal de Rabinal, Baja Verapaz. Los habitantes fueron ingresando en el año de 1983 a la comunidad de Pacux todos los pobladores eran provenientes de Río Negro. (Ver mapa en Anexo1.9)

### **1.2.5.3 Límites**

La colindancia de la colonia Pacux está de la siguiente manera:

Al Sur colinda con el Caserío de Pantulul, al Norte colinda con San Isidro, Nimacabaj y Kay yup, al Oriente con la Zona 3 de Rabinal y al Occidente con el Caserío de Pachicá. (Ver mapa en Anexo 1.9)

### **1.2.5.4 Vías de comunicaciones**

Sis (2005), indica que existen dos formas comunes de llegar a la comunidad de Pacux. La primera es entrando por el Este. El recorrido inicia tomando la ruta hacia el Atlántico. Al llegar a El Rancho hay que desviarse hacia la izquierda ruta a Cobán. A la altura de la Cumbre de Santa Elena es necesario realizar otro desvío también hacia la izquierda ruta a Salamá, para llegar a Rabinal y finalmente hacia el noroccidente de la cabecera municipal se encuentre la comunidad de Pacux. La distancia entre la capital y la comunidad de Pacux por ésta vía es de 178.5 kilómetros, dicha carretera es totalmente asfaltada. La segunda es por el Sur a través de la carretera que pasa por los municipios de San Pedro y San Juan Sacatepéquez, Granados y El Chol, la distancia que hay desde la capital hasta Rabinal, por ésta vía es de 115.5 kilómetros y la mayor parte de la carretera es de tercería y se encuentra en mal estado.

### **1.2.5.5 Extensión territorial de municipio de rabinal y de la comunidad de Pacux**

Osorio (2006), indica que la extensión territorial de Rabinal es de 504 kilómetros cuadrados, los cuales están divididos en área urbana, rural, aldeas, asentamiento y colonias.

El municipio está conformado por un casco urbano, 27 aldeas, y 50 caseríos.

La comunidad de Pacux, está formada por 172 familias, siendo su población total de 877 habitantes, entre los que se encuentran mujeres, hombres, niñas y niños.

**Cuadro 1.1** Población total de la comunidad de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz.

<b>Edades (Años)</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Total Parcial</b>
0-1	18	19	37
1-4	55	67	122
5-14	145	136	281
15-49	185	191	375
50-100	28	33	61
<b>TOTAL</b>	<b>431</b>	<b>446</b>	<b>877</b>

**Fuente:** Elaboración propia con datos proporcionados por los habitantes de la comunidad de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz, 2006.

## **1.2.6 Descripción biofísica de la comunidad de Pacux**

### **1.2.6.1 Relieve**

Fernández (1978), indica que la superficie que ocupa la comunidad de Pacux tiene pendientes muy suaves alrededor de un 5%. La región que ocupa la comunidad está constituida por una parte montañosa que se encuentra al Norte y al Sur, y otra plana que se encuentra aproximadamente en el área central. La zona plana es conocida como el valle de Rabinal. El valle de Rabinal corresponde a una depresión de la Sierra de Chaucús, que atraviesa el municipio de Rabinal de Este a Oeste.

### **1.2.6.2 Fisiografía**

El Instituto Geográfico Nacional et al (1996), indica que la comunidad de Pacux esta comprendida en la región fisiográfica de las Tierras altas Cristalinas, forma parte de la micro cuenca Río Chicruz y son suelos con susceptibilidad a la erosión muy alta. Geológicamente esta formado por rocas metamórficas sin dividir, filitas, esquisto cloriticos, gneisses de cuarzo, mica feldespato y mármol.

### **1.2.6.3 Suelos**

Simmons et al (1956), indica que los suelos de Pacux, son suelos de la series de Chicaj (Chj), los cuales se caracterizan por ser de poca profundidad, mal drenados, desarrollados en un clima seco, sobre ceniza volcánica cementada de grano fino. Estos suelos se dilatan cuando están húmedos y se agrietan cuando están secos. Son comúnmente usados para pastoreo.

Estos suelos, según el análisis químico demuestra que tienen un pH de 5.4 a 7.8 de textura arcillosa y en muy pocas ocasiones se presenta como franco arcillo arenoso, las cantidades de materia orgánica se encuentran en 0.8 a 1.5%, el Calcio y Magnesio aparece en 4.6 y 2.1 meq/100 grs, respectivamente, Fósforo 5.7 y 180 ppm, con una profundidad de 18 a 30 cms.

Los suelos de la serie Salamá, poseen características de poco profundos, excesivamente drenados, desarrollados sobre cenizas volcánicas pomáceas cementadas, en un clima seco a húmedo seco. Está altamente asociado con los suelos Chicaj y Tempisque, la vegetación existente e importante consiste en los arbustos. Estos suelos se encuentran en los Departamentos de Baja Verapaz, Zacapa, Quiché, El Progreso y Huehuetenango, siendo un total de 15,043 ha, representando el 0.138% del área total de la República de Guatemala.

### **1.2.6.4 Clima**

El Instituto Geográfico Nacional (1986), indica que la zona en la que se ubica la comunidad de Pacux, muestra un clima semi-cálido, con un invierno benigno y seco con vegetación natural característica de pastizal y matorrales densos y bajos. El hecho de que Thorthwaite considere que la vegetación natural esté constituida por pastizales, refleja que los bosques del área fueron depredados desde hace mucho tiempo y por lo tanto ya no son parte de la vegetación. La vegetación natural ha sido alterada, como producto de su explotación ha adoptado la apariencia de su entorno, pudiéndose reflejar esto en la época

seca, cuando la vegetación se torna en una tonalidad grisáceo-plomizo. La situación anterior muestra que el área tiene una fuerte tendencia hacia la desertificación.

La temperatura máxima promedio anual es de 30.2°C, la mínima promedio anual es de 22.4°C, siendo los meses fríos, enero y febrero, y los meses más cálidos marzo y abril. Por otro lado, debido a que la cubierta vegetal es escasa las temperaturas varían considerablemente entre el día y la noche siendo las noches extremadamente frías y extremadamente cálidas, situación característica de los desiertos.

Respecto a la precipitación total anual es de 1077.47 mm, teniendo un total de 118 días de lluvia, siendo los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre los más lluviosos del año.

#### **1.2.6.5 Hidrología**

Rodríguez (2003), indica que los principales ríos de Rabinal Son el Río Chiac y Río Rabinal que forman el Río Chicruz que es tributario del Río Chixoy o Negro. Siendo escasa el agua en todas las fuentes durante todo el verano tendiendo a agotarse durante la época seca, exceptuando las fuentes de mayor caudal (Río Chiac y Río Rabinal).

#### **1.2.6.6 Zona de vida**

Holdridge (1978), indica que a lo largo del municipio se localizan tres zonas ecológicas: hacia el Sur el Bosque Muy Húmedo Subtropical Frío. En la parte central y desplazándose por el oriente el Bosque Húmedo Subtropical Templado. En la parte central y desplazándose hacia el poniente el Bosque Seco Subtropical Cálido.

La comunidad de Pacux, según Holdridge, se encuentra ubicada en la zona de vida denominada Bosque Seco Subtropical Cálido. La superficie total de esta zona de vida es de 3,964 Km<sup>2</sup>, siendo el 3.64% de la superficie del país.

### 1.2.6.7 Flora y fauna

El Instituto Nacional de Bosques (2003), indica que la flora principalmente, depende de la zona de vida, siendo para este caso, las especies indicadoras de la zona de vida las siguientes:

**Cuadro 1.2** Especies indicadoras de flora de la zona de vida: Bosque Seco Subtropical Cálido dentro de la comunidad de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz.

<b>C</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>
1	Pataxte o Patascoba	<i>Luehea speciosa</i>
2	Matilisguate de cerro	<i>Tabebuia especie</i>
3	Palo de pito	<i>Eritrina especie</i>
4	Caulote	<i>Guazuma ulmifolia</i>
5	Piñón	<i>Jatropha curcas</i>
6	Jocote	<i>Spondias especie</i>
7	Matazano	<i>Casimiroa edulis</i>
8	Anona	<i>Anona especie</i>
9	Nance	<i>Byrsonima crassifolia</i>
10	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>
11	Palo de jote	<i>Bursera simaruba</i>
12	Flor amarilla	<i>Tecoma stans</i>
13	Izote	<i>Yuca elephantipes</i>
14	* Casuarina	<i>Casuarina equisetifolia</i>
15	* Eucalipto	<i>Eucalisptus especie</i>
16	* Mango	<i>Manguifera indica</i>
17	* Paraíso	<i>Melia azederach</i>
18	* Aripín	<i>Caesalpinea especie</i>
19	Costa Rica	
20	Madrecacao	<i>Gliricidia sepium</i>
21	Tamarindo	

22	Limón	<i>Citrus limon</i>
23	Bervena	
24	Llantén	
25	Sábila	
26	Ruda	

**\* Plantas introducidas.**

**Fuente:** Elaboración propia con datos proporcionados por los habitantes de la comunidad de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz, 2006.

En cuanto a la fauna doméstica que se encuentra dentro de la comunidad de Pacux, se pueden citar: los gatos de monte, conejos, tacuazines, codornices, palomas cantoras, culebras, lagartijas, cutetes, ratones, pijuy, sinsonte, mapaches, zorrillos, armadillos, ranas, sapos, además de vacas, caballos, cerdos, cabras, gatos, perros, gallinas, gallos, chuntos, entre otros.

1.2.6.8 Animales domésticos y cultivos

**Cuadro 1.3** Animales domésticos y cultivos que poseen las familias en su totalidad dentro de la comunidad de Pacux.

	<b>Número de familias</b>
Vacas	26
Caballos	4
Cerdos	100
Cabras	2
Gatos	40
Conejos	10

Perros	110
Patos	50
Gallinas	La mayoría
Chuntos (pavos comunes)	15
Leña	111
Naranja	50
Jocotes	50
Flores	5
Jamaica	13
Maíz	La mayoría
Frijol	5

**Fuente:** Elaboración propia con datos proporcionados por los habitantes de la comunidad de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz, 2006.

## 1.2.7 Aspecto socioeconómicos y culturales

### 1.2.7.1 Economía

La economía de la comunidad de Pacux, está basada principalmente en la agricultura y en la comercialización de sus mismos productos. Entre los principales cultivos que producen los señores de la comunidad se encuentra: el maíz, el frijol, hortalizas, la manía, la rosa de jamaica, el maicillo, entre otros, siendo el área de siembra de 15 x 30 m todos los terrenos. Las mujeres son pieza importante en la economía de sus hogares, ya que en la mayoría de casos son ellas quienes se encargan de vender las hortalizas familiares en la plaza, otras limpian la pepita de ayote, siendo común ver a las mujeres en as reuniones con el canasto y teniendo entre los dedos la pepitoria para limpiarla.

Por otro lado, la mayoría de los habitantes de la comunidad de Pacux, cuentan con animales domésticos tales como: aves de corral, cerdos, vacas, caballos, chuntos (pavos comunes), los cuales son criados desde que los animales son pequeños por ellos mismos

para luego ser vendidos en los días de mercado que son jueves y domingo, y con ello obtener otra fuente de ingresos que les permita cubrir sus necesidades básicas.

La comunidad de Pacux cuenta con talleres artesanales y no artesanales: sastre, corte y confección, carpintería, herrería, de cortes típicos, güipiles, fajas, bordados y servilletas, entre otros, dedicándose a la fabricación de éstas para su posterior venta.

### 1.2.7.2 Empleo y migración

Por otro lado las familias buscan otras formas de conseguir recursos económicos, debido al alto desempleo, la población tiende a migrar temporal o permanentemente, en búsqueda de trabajo y se ha convertido en el segundo recurso de ingreso familiar. Y esto se hace evidente durante las épocas de cosecha de cultivos comerciales (caña de azúcar, cardamomo, café), realizado en el período de diciembre a marzo, alrededor de un 25-30% de los jefes de familia emigran hacia la Capital, Costa Sur, Alta Verapaz, Salamá, Petén, al Oriente del país y a Estados Unidos.

### 1.2.7.3 Educación

Dentro de la comunidad existen dos centros educativos, los cuales son: La Escuela Nacional para Párvulos y la Escuela Oficial Rural Mixta de Primaria.

**Cuadro 1.4** Número de alumnos con sus respectivas profesoras (es) y grados que cursan en las escuelas de párvulos y primaria que se encuentran en la comunidad de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz.

Personal docente	Grado que cursan los alumnos	Número de alumnos por grado
Teresa Xitumul Ismalei Morales	Párvulos	38
Ana Victoria Tecú Caibon	Párvulos	28

Mercedes Xitumul Canahui	Primero "A"	23
Juana Colocha Tecú	Primero "B"	22
German Raxcacó Gómez	Segundo	51
Ilda María Pirir Coloch	Tercero	35
Josefina Pangan Alvarado	Cuarto	24
Hidalgo Horacio de Paz	Quinto "A"	14
Rita Dolores Alvarado Reyes	Quinto "B"	16
Rita Dolores Alvarado Reyes	Sexto	13
<b>TOTAL DE ALUMNOS</b>		<b>264</b>

**Fuente:** Elaboración propia con datos proporcionados por los habitantes de la comunidad de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz, 2006.

#### 1.2.7.4 Vivienda, infraestructura y servicios

Los tipos de vivienda que existen en la comunidad de Pacux son los siguientes:

**Cuadro 1.5** Número y tipo de material del que se encuentran hechas las viviendas en la comunidad de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz.

<b>Tipo de material de las viviendas</b>	<b>Número de casas</b>
Tablas con techo de duralita	150
Cemento con techo de teja	28
Block con piso y techo de lámina	20
Block con piso y techo de terraza	3

**Fuente:** Elaboración propia con datos proporcionados por los habitantes de la comunidad de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz, 2006.

La comunidad de Pacux, cuenta con los siguientes servicios: energía eléctrica, agua de pozo sacada por medio de una bomba de motor y energía eléctrica, un centro comunal (salón de usos múltiples), así mismo con 7 calles públicas balastradas, una iglesia católica y dos evangélicas, una escuela de párvulos y una escuela de nivel primario, un puesto de salud local, 8 negocios de tiendas y 2 negocios de molino de Nixtamal, siendo una manual y la otra de energía eléctrica.

#### **1.2.7.5 Salud**

La comunidad de Pacux cuenta con un puesto de salud, pero no se encuentra en buen estado y tampoco existe personal capacitado que atienda enfermedades comunes y maternidad, por lo que muchos de los habitantes de la comunidad acuden al centro de salud municipal de Rabinal. Dicho puesto de salud sólo funciona cuando se realizan jornadas médicas, como las de vacunación. Las enfermedades que con mas frecuencia se observan y se determinan en la comunidad, según personal del centro de salud municipal son las siguientes: enfermedades diarréicas, parasitarias (amebas), desnutrición, tuberculosis, enfermedades respiratorias (gripe) e infectocontagiosas (sarampión, varicela, rubéola).

#### **1.2.7.6 Tenencia de la tierra**

El 100% de la población de la comunidad de Pacux, posee tierras con título de propiedad, debidamente registradas, en general son terrenos planos a semi ondulados con una extensión promedio de 15 x 30 m. De la extensión señalada de tierra, los señores de la comunidad la utilizan para la agricultura y otros para el pastoreo de sus animales. Existen 30 m<sup>2</sup> que son de propiedad común y se encuentran lotificadas y divididas dentro de las 172 familias de la comunidad, de las cuales 12 m<sup>2</sup> tienen título de propiedad y las 18 m<sup>2</sup> restantes no lo poseen aún. Por otro lado, por la pérdida de sus tierras en Río Negro, el Banco Mundial les adjudicó finca de 5 caballerías, situada en Chisec, Alta Verapaz, en donde poseen terrenos de 35 x 65 m para cada familia respectivamente.

### 1.2.7.7 Cultura y tradición

#### A. Origen del nombre de la comunidad de pacux

La comunidad de Pacux es llamada así por el desplazamiento que se dio a las familias de la comunidad de Río Negro, las cuales anteriormente se encontraban asentadas en las riveras del Río Negro o Chixoy. El desplazamiento tuvo su raíz a partir de la construcción de la Hidroeléctrica Chixoy, sobre el Río de la comunidad (Río Negro).

Las personas maya hablantes citan el nombre del lugar en el idioma Achí, ya que anteriormente así se le denominaba.

- **PAK'UUX** = PA = Preposición del lugar significa en o entre.
- **K'UUX** = Sustantivo que en el idioma Achí significa amate.
- **PAK'UUX** = Nombre del lugar que en español significa “Entre amates”, Pacux.

**Fuente:** Elaboración propia con datos proporcionados por los habitantes de la comunidad de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz, 2006.

Los ancianos de la comunidad, relatan que cuando ellos llegaron a Pacux era una finca en donde había cafetales, pero poco a poco se fue destruyendo.

En la comunidad de Río Negro, ellos cultivaban sus propios productos de consumo diario como frijol, tomate, maní, chile, ocote, pescados y otros. Para poder sobrevivir los hombres llegaban al cerro a traer palmas para vender al mercado por docena y dejaban la mitad en la casa para que las mujeres trenzaran petates, así mismo vendían ocotes, sullates y sombreros de palma.

#### B. Composición étnica

En el municipio de Rabinal conviven dos etnias: la indígena o Achí, llamada también k'iché-achí, y la ladina. La etnia achí se encuentra distribuida en todo el municipio de

Rabinal y corresponde al 81.86% de la población, mientras que la ladina corresponde al 18.14%, concentrándose en cinco lugares: la cabecera municipal y en las aldeas San Luis, Chirrum, Pichec, Raxjut y Concul. La comunidad de Pacux, forma parte de la región lingüística Achí, y el 100% de la población tiene sus orígenes en los achíes de Rabinal, hablando el idioma Maya Achí.

### **C. Fiesta titular**

La fiesta titular de la comunidad de Pacux se celebra el día de la Santa Cruz, iniciándola el 29 de abril y finalizándola el 3 de mayo, celebrando después sus nueve días. Como costumbre de los antepasados, la fiesta es acompañada con el Baile del Costeño.

### **D. Organización comunitaria**

La comunidad de Pacux se encuentra organizada en comités para proyectos específicos, contando con una Asociación Campesina 13 de Marzo, Río Negro, Maya-Achí (ASCRA), por medio de la cual fue posible la construcción del motor de bomba de agua conjuntamente con el comité pro-mejoramiento. Dicha Asociación cuenta con una junta directiva, conformada por: un presidente (representante legal), un vice-presidente, una secretaria, un tesorero y tres vocales, y se encuentra organizada en cinco comisiones divididas de la siguiente manera: 1. Comisión de vivienda, 2. Comisión de tenencia de la tierra, 3. Comisión de la juventud, 4. Comisión de la tercera edad y 5. Comisión del desarrollo de servicios básicos.

### **E. Instituciones nacionales e internacionales que prestan asistencia técnica a la comunidad**

Las instituciones presentes en la comunidad de Pacux se describen en el siguiente cuadro.

**Cuadro 1.6** Instituciones sociales presentes en la comunidad de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz.

<b>Nombre de la institución</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Ejes principales de trabajo</b>
Vecinos Mundiales Guatemala (VMG)	Fortalecer capacidades comunitarias para que ellas inicien un proceso sostenible donde se involucren todos.	Salud orientada a plantas medicinales. Seguridad alimenticia.
Asociación SHARE de Guatemala	Apoyo al mejoramiento de los índices de desarrollo humano y seguridad alimentaria de las familias guatemaltecas en situación de vulnerabilidad a través de su participación activa.	Fortalecimiento de la organización y poder local. Incremento de ingresos familiares mejorados. Salud y nutrición familiar mejorada.
Asociación de Alcaldes	Desarrollo municipal.	Presenten en todo el municipio.
Policía Nacional Civil	Velar por la seguridad ciudadana.	Brindan todo el apoyo posible a los ciudadanos en cuanto a la violencia
Centro de Salud	Prestar servicios básicos de salud a toda la población.	Salud preventiva y curativa.
Plan Internacional	Que toda la niñez desarrolle por completo su potencial en sociedades, que respeten los derechos y la dignidad de las personas.	Salud, Educación, Hábitat, Productividad.
Cáritas Diocesana	Contribuir al desarrollo integral comunitario en la diócesis de La Verapaz, garantizando la seguridad alimentaria tomando en cuenta los valores culturales hacia la construcción de una sociedad justa, fraterna y solidaria.	Mejorar la salud y el estado nutricional de los niños menores de tres años de edad, mujeres embarazadas y madres lactantes.
Instituto de Enseñanza para el Desarrollo Sostenible	Cambio de la mentalidad individual y colectiva que conlleve a pasar de la confrontación al respeto y	Fortalecer la organización comunitaria, promover el poder local, ecoturismo, Comercialización

	perfeccionamiento de la ley como marco para el diálogo y el consenso como principal cultivador del estado derecho.	productiva.
Asociación de Cooperación Técnica	Apoyar el mejoramiento de la situación socioeconómica del pequeño agricultor del empresario de la micro y pequeña empresa de Guatemala.	Programa de Crédito Programa de capacitación y servicios empresariales, Programa de Comercialización
Centro de Formación de Artesanos	Educar a jóvenes capacitándolos durante dos años en oficios avalados por el Ministerio de Educación, complementar al joven en su formación para poder trabajar como Promotor Social	Estructuras Metálicas, Carpintería, Sastrería, Corte y Confección, Formación Social, Diploma de 1ro. y 2do. Grado básico.

**Fuente:** Elaboración propia con datos proporcionados por los habitantes de la comunidad de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz, 2006.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 General**

- Elaborar un diagnóstico general comunitario del asentamiento de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz, con el propósito de analizar la problemática por la que atraviesa la comunidad y proponer proyectos de desarrollo que contribuyan a la solución de los mismos.

### **1.3.2 Específicos**

- Describir y analizar la situación socioeconómica y biofísica de la comunidad de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz.
- Describir y analizar la situación actual de los recursos naturales: agua, suelo, bosque, fauna y flora que se encuentran dentro de la comunidad de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz.
- Definir y priorizar la problemática de la comunidad de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz en base a las características biofísicas y socioeconómicas para establecer bases de trabajo, y con ello proponer proyectos de desarrollo e investigación para dicha comunidad.

## 1.4 METODOLOGÍA Y RECURSOS

### 1.4.1 Metodología

La metodología utilizada para alcanzar los objetivos planteados, se dividió en las siguientes fases:

#### 1.4.1.1 Fase de Gabinete

- El trabajo inicial de gabinete consistió en definir la comunidad a trabajar y en la recopilación de toda la información cartográfica, revisión de literatura, Internet, visitas a organizaciones vinculadas tanto al sector forestal, agrícola, social, sanitario y educativo.

#### 1.4 1.2 Fase de Campo

- El trabajo de campo consistió en realizar un reconocimiento del área de forma detallada, para corroborar el uso actual de la tierra mediante un recorrido a la comunidad de Pacux, al mismo tiempo que se recopilaba información biofísica y socioeconómica del área mediante observaciones directas y documentación fotográfica.
- La obtención de la información se realizó a través de entrevistas semi-estructuradas a informantes claves, líderes comunitarios, promotores de organizaciones no gubernamentales, y mediante técnicas de visualización, como el mapa base, realizado por miembros de la comunidad de Pacux (dinámica de grupo) y promotores de Vecinos Mundiales Guatemala (VMG), con el fin de lograr una participación efectiva de las personas y observar la utilización del espacio, infraestructura y recursos de la misma.

#### **1.4.1.3 Fase Final de Gabinete**

- El trabajo de gabinete final consistió en la integración de toda la información recopilada en la fase de campo.
- El análisis y procesamiento de toda la información recopilada y verificada comprendida en dos componentes básicos: los aspectos biofísicos y socioeconómicos.
- Descripción y priorización de la problemática encontrada en la comunidad de Pacux.
- Redacción, elaboración y presentación del documento final.

#### **1.4.2 Recursos**

- Revisión bibliográfica en documentos de Vecinos Mundiales Guatemala (VMG) y Municipalidad de Rabinal, instituciones como el Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Bosques (INAB), Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología y Meteorología (INSIVUMEH), Internet, etc.
- Computadora de escritorio
- Cámara digital
- GPS
- Libreta de campo
- Bolígrafos
- Hojas y fólderres.

## **1.5 RESULTADOS**

### **1.5.1 Problemas detectados en la comunidad de Pacux, municipio de Rabinal, Baja Verapaz**

Durante la elaboración del diagnóstico realizado en la comunidad de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz se contemplaron aspectos fundamentales de la problemática que inhibe el desarrollo de los habitantes de dicha comunidad, siendo los de mayor prioridad los siguientes:

#### **1.5.1.1 Acceso limitado al agua**

Durante todo el año la comunidad sufre de un acceso limitado al vital líquido agua, al contar únicamente con 50 minutos diarios de las 24 horas que tiene un día y con ello dificultando el desarrollo de actividades y proyectos tanto domésticos como agrícolas, en especial durante la época seca o de verano que va de mayo a noviembre, en la cual se incrementa la demanda de agua, principalmente para mini riego.

#### **1.5.1.2 Calles y avenidas en mal estado y sin mantenimiento**

Las calles y avenidas de la comunidad no se encuentran asfaltadas ni pavimentadas, sino solamente balastadas, pero en el transcurso del año, éstas se van deteriorando con el paso del transporte y con las intensas lluvias, las cuales ocasionan hoyos en dichas calles, haciendo más dificultoso el camino especialmente en la época de invierno.

#### **1.5.1.3 Carencia de centros educativos de nivel medio**

Dentro de la comunidad únicamente se encuentran dos escuelas, una de nivel pre-primario y la otra de nivel primario, más no existe un instituto de nivel medio donde formen e instruyan a los jóvenes con carreras productivas y fructíferas, limitando e impidiendo el desarrollo de dicha comunidad, ya que solamente logran cursar sexto primaria, y algunos que tienen posibilidades van a estudiar al centro del municipio de

Rabinal, siendo un bajo porcentaje de la población el que logra tener este acceso, el cual se realiza a través de becas.

#### **1.5.1.4 Suelos sobre utilizados y poco productivos**

La carencia de suelos con vocación agrícola y el espacio inadecuado e insuficiente con que cuenta la comunidad, así como las características físicas que presentan dichos suelos limita a la diversificación de otros cultivos diferentes a los tradicionales (maíz, frijol, hortalizas), haciendo que los señores sobre utilicen los suelos con dichos cultivos que no son suficientemente aptos para las condiciones edafoclimáticas, que por el contrario, podrían ser ideales para explotar cultivos como pitaya, sábila, guayaba. Por otro lado, se encuentra el temor al cambio y los deficientes conocimientos sobre otros cultivos diferentes a los que siempre ha sembrado.

#### **1.5.1.5 Condiciones de vivienda**

En general, la mayoría de los pobladores de la comunidad poseen casas que no presentan condiciones tan aptas, ya que aun tienen pisos de tierra y paredes de tablas. Situación que ya no debería de ser así, porque el Banco Mundial, les aseguro que iban a proporcionarles casas de concreto, con piso y techos con terraza, cuando fueron desalojados de Río Negro, lo cual siguen esperando ya después de 25 años.

#### **1.5.1.6 Escasos servicios de salud y medicamentos**

En la comunidad no existe un centro de salud propiamente, sino lo que hay es un puesto de salud, pero éste no funciona ni posee medicamentos, por lo que los pobladores se ven obligados a viajar al centro de salud del municipio de Rabinal. El puesto de salud funciona únicamente cuando se llevan a cabo jornadas médicas, de lo contrario se mantiene cerrado.

#### **1.5.1.7 No hay certeza en la tenencia de la tierra**

Existen 30 mz de tierra en la comunidad que todavía no se encuentran registradas ni legalizadas, sino solamente lotificadas entre todas las familias, y tienen problemas con ello ya que no quieren reconocer que son parte de la tierra que les dieron en compensación, por la que les quitaron ya hace tiempo, y se encuentran realizando los trámites correspondientes para que sean legalizadas y repartidas entre ellos.

#### **1.5.2 Síntesis diagnóstica**

Con el fin de analizar y presentar de una mejor manera la situación de la comunidad de Pacux, municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz, se realizó una matriz de priorización de problemas, con la cual se facilita su comprensión.

**Cuadro 1.7** Matriz de priorización de problemas detectados en la comunidad de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz.

	Acceso limitado del recurso hídrico	Calles y avenidas en mal estado y sin mantenimiento	Carencia de centros educativos de nivel medio	Suelos sobre utilizados y poco productivos	Condiciones de vivienda	Escasos servicios de salud y medicamentos	No hay certeza en la tenencia de la tierra
Acceso limitado del recurso hídrico		<b>*ALRH</b>	<b>*ALRH</b>	<b>*SUP</b>	<b>*ALRH</b>	<b>*ALRH</b>	<b>*ALRH</b>
Calles y avenidas en mal estado y sin mantenimiento			<b>*CENM</b>	<b>*SUP</b>	<b>*CAMESM</b>	<b>*ESM</b>	<b>*NCT</b>
Carencia de centros educativos de nivel medio				<b>*SUP</b>	<b>*CENM</b>	<b>*CENM</b>	<b>*NCT</b>
Suelos sobre utilizados y poco productivos					<b>*SUP</b>	<b>*ESM</b>	<b>*NCT</b>
Condiciones de vivienda						<b>*ESM</b>	<b>*CV</b>
Escasos servicios de salud y medicamentos							<b>*ESM</b>
No hay certeza en la tenencia de la tierra							

**Fuente:** Elaboración propia con datos proporcionados por los habitantes de la comunidad de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz.

\***ALRH**= Acceso limitado al recurso hídrico

\***CAMESM** = Calles y avenidas en mal estado y sin mantenimiento

\***CENM** = Carencia de centros educativos de nivel medio

\***SUP** = Suelos sobre utilizados y poco productivos

\***CV** = Condiciones de vivienda

\***ESM** = Escasos servicios de salud y medicamentos

\***NCT**= No hay certeza en la tenencia de la tierra

**Cuadro 1.8** Orden prioritario de problemas, sus frecuencias y rangos.

<b>Problema</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Rango</b>
Acceso limitado del recurso hídrico	5	1
Suelos sobre utilizados y poco productivos	4	2
Escasos servicios de salud y medicamentos	4	2
Carencia de centros educativos de nivel medio	3	3
No hay certeza en la tenencia de la tierra	3	3
Calles y avenidas en mal estado y sin mantenimiento	1	4
Condiciones de vivienda	1	4

**Fuente:** Elaboración propia, Guatemala 2006.

## 1.6 CONCLUSIONES

- La comunidad se encuentra comprendida en la región fisiográfica de las Tierras Altas Cristalinas, por lo que son suelos con susceptibilidad a la erosión muy alta, los cuales se caracterizan por ser de poca profundidad, mal drenados y desarrollados en un clima seco, aunado a ello la masiva destrucción de los recursos naturales principalmente el bosque, la carencia de un manejo y conservación de suelos, están contribuyendo a la degradación y a la pérdida de la fertilidad del suelo lo que se traduce en la disminución de los rendimientos de cultivos básicos.
- La agricultura es la principal actividad productiva de la comunidad de Pacux, casi el 98% de la población siembra maíz para subsistencia, realizando la mayor parte de las labores agro-culturales con mano de obra familiar y en forma manual, usando herramientas como azadones, piochas, palas, machetes. Las actividades agrícolas inician en abril con la preparación del terreno y finalizan en octubre y noviembre con la cosecha. Por otro lado, la extensión que se utiliza para esta actividad es muy reducida y de suelos no aptos para la agricultura.
- En cuanto a las actividades pecuarias, la mayor parte de los hogares tienen animales domésticos entre ellos, cerdos, gallinas, perros, gatos, vacas, caballos, etc, siendo las amas de casa quienes se ocupan de alimentar y engordar a dichos animales para su posterior venta en los días de mercado de la cabecera municipal.
- La creciente expansión demográfica y la demanda de alimentos han contribuido a la tala de árboles, ya sea como fuente energética o para construcción de viviendas, ha dejado sin cobertura vegetal al suelo, disminuyendo la capacidad de infiltración del agua de lluvia y con ello propiciando el escurrimiento superficial del agua lo cual erosiona el suelo. Esto se expresa finalmente en la disminución del caudal de los ríos y del agua subterránea.

- La escasez de agua de lluvia como de corrientes superficiales imposibilitan el trabajo agrícola, especialmente en época seca o de verano, dando como resultado la migración temporal o permanentemente en búsqueda de trabajo, hacia distintos puntos del país o en el extranjero; lo cual trae consigo problemas de educación, salud, hábitos de consumo e interacción social, entre otros; convirtiéndose en el segundo recurso de ingreso familiar.
- La precipitación total anual promedio en la comunidad de Pacux, fluctúa considerablemente entre, 1077.47 mm y, durante los años, lo cual causa riesgos de producción y limita el usufructo óptimo de los pocos suelos disponibles; esto se debe a que los volúmenes de las precipitaciones pluviales anuales medias varían considerablemente en el área.
- En cuanto a la infraestructura de la comunidad no existe un centro de salud, ni centros de educación media, ni cuentan con pavimentación y asfalto de calles y avenidas dentro de la misma, considerándose precarias sus condiciones de vida con respecto a la satisfacción de necesidades básicas.

## 1.7 RECOMENDACIONES

- Para garantizar la alimentación de los habitantes de la comunidad de Pacux, deben de buscarse alternativas de subsistencia para la época de verano, a través de la coordinación de proyectos con las instituciones del Estado y con organizaciones no gubernamentales (ONG's), como la construcción de un tanque o deposito de agua de lluvia de modo que pueda funcionar un sistema de mini riego.
- Incluir la educación ambiental, ecológica y forestal dentro de la educación primaria.
- Fomentar el establecimiento de viveros forestales en la comunidad de Pacux, para iniciar con la reforestación de las áreas degradadas.
- No es conveniente ni viable la utilización de productos químicos, sino por el contrario, se debe de fomentar un cambio al uso de insumos orgánicos y así facilitar la obtención de productos naturales y de bajo costo.
- Para las instituciones gubernamentales y no gubernamentales que lleguen a la comunidad en un futuro, se les recomienda que realicen trabajos sobre agricultura orgánica y la conservación de suelos, debido a que son suelos altamente susceptibles a la erosión hídrica y eólica.

## 1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Bolvito, J. 2003. Diagnóstico general de la aldea Las Minas del municipio de San Miguel Chicaj, departamento de Baja Verapaz: con énfasis en la producción agrícola. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 36 p.
2. Castañeda, L. 1983. Diagnóstico de los recursos naturales de Guatemala, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 28 p.
3. EAFG (Equipo de Antropología Forense de Guatemala, G). 1995. Las masacres en Rabinal: estudio histórico antropológico de las masacres de Plan de Sánchez, Chichupac y Río Negro. Guatemala. 238 p.
4. FAUSAC (USAC, Facultad de Agronomía, Área Integrada, Sub-Área de Ejercicio Profesional Supervisado, GT). 2005. Metodología para la ejecución del ejercicio profesional supervisado: EPSA plan 1998. Guatemala. 12 p.
5. Fernández R, CF. 1978. Estudio agrológico de suelos con fines de riego, del valle de Rabinal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 79 p.
6. García E, CR. s.f. Mitos danzarios en Rabinal. *In* CEFOL (USAC, Centro de Estudios Folklóricos, GT). 2004. Tradiciones de Guatemala no. 62. 152 p.
7. Geilfus, F. 1988. Ochenta herramientas para el desarrollo participativo IICA / Holand. 2 ed. San Salvador, El Salvador, EDICSA. 208 p.
8. Holdridge, LR. 1978. Ecología basada en zonas de Vida. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.
9. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1980. Mapa geológico de la republica de Guatemala: hoja Cubulco, no. 146. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
10. \_\_\_\_\_. 1983. Mapa de zonas de vida, a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. Esc. 1:600,000.
11. \_\_\_\_\_. 1986. Mapa climatológico preliminar de la republica de Guatemala, según el sistema de Thornthwaite. Guatemala. Esc. 1:1,000,000. Color.
12. \_\_\_\_\_. 1996. Mapa topográfico de la republica de Guatemala: hoja Cubulco, no. 146. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
13. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2006. Listado de principales especies forestales de Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 18 nov 2006. Disponible en [www.inab.gob.gt/español/documentos/CODESP.xls](http://www.inab.gob.gt/español/documentos/CODESP.xls)

14. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2003. Características de la población y de los locales de habitación censados: censos nacionales XI de población y VI de habitación 2002. Guatemala. 271 p.
15. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrológica, GT). 2006. Registros históricos (en línea). Guatemala. Consultado 18 mar 2006. Disponible en [www.insivumeh.gob.gt](http://www.insivumeh.gob.gt)
16. Monzón, JM. 2001. Diagnóstico del parcelamiento Paraíso Privado ubicado en el municipio de Panzos, departamento de Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 36 p.
17. Mosquera, MT. 2001. Conociendo la sabiduría Achí: salud y enfermedad en Rabinal. Guatemala, USAC, Instituto de Estudios Interétnicos. 205 p.
18. Municipalidad de Rabinal, Baja Verapaz, Equipo Municipal de Planificación, Capacitación y Catastro Municipal, Baja Verapaz, GT. 2000. Diagnóstico del municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz. Guatemala. 50 p.
19. Osorio, C. 2006. Situación actual Pacux (entrevista). Rio Negro, Alta Verapaz, Guatemala, ASCRA (Asociación Campesina 13 de Marzo).
20. Rodríguez, G. 2003. Diagnóstico general del uso y manejo de los recursos naturales renovables: bosque, agua y suelo del municipio de Rabinal, Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 24 p.
21. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto; JH. 1956. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la republica de Guatemala. Guatemala, Instituto Agrícola Nacional. 1000 p.
22. Sis, JC. 2005. Diagnóstico de la principales plagas y enfermedades que afectan el área de producción de naranja (*Citrus sinensis* Osbeck), del municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 71 p.
23. Solares, J. 2003. Diagnóstico agrícola del municipio de Rabinal, Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 36 p.

### 1.9 ANEXOS

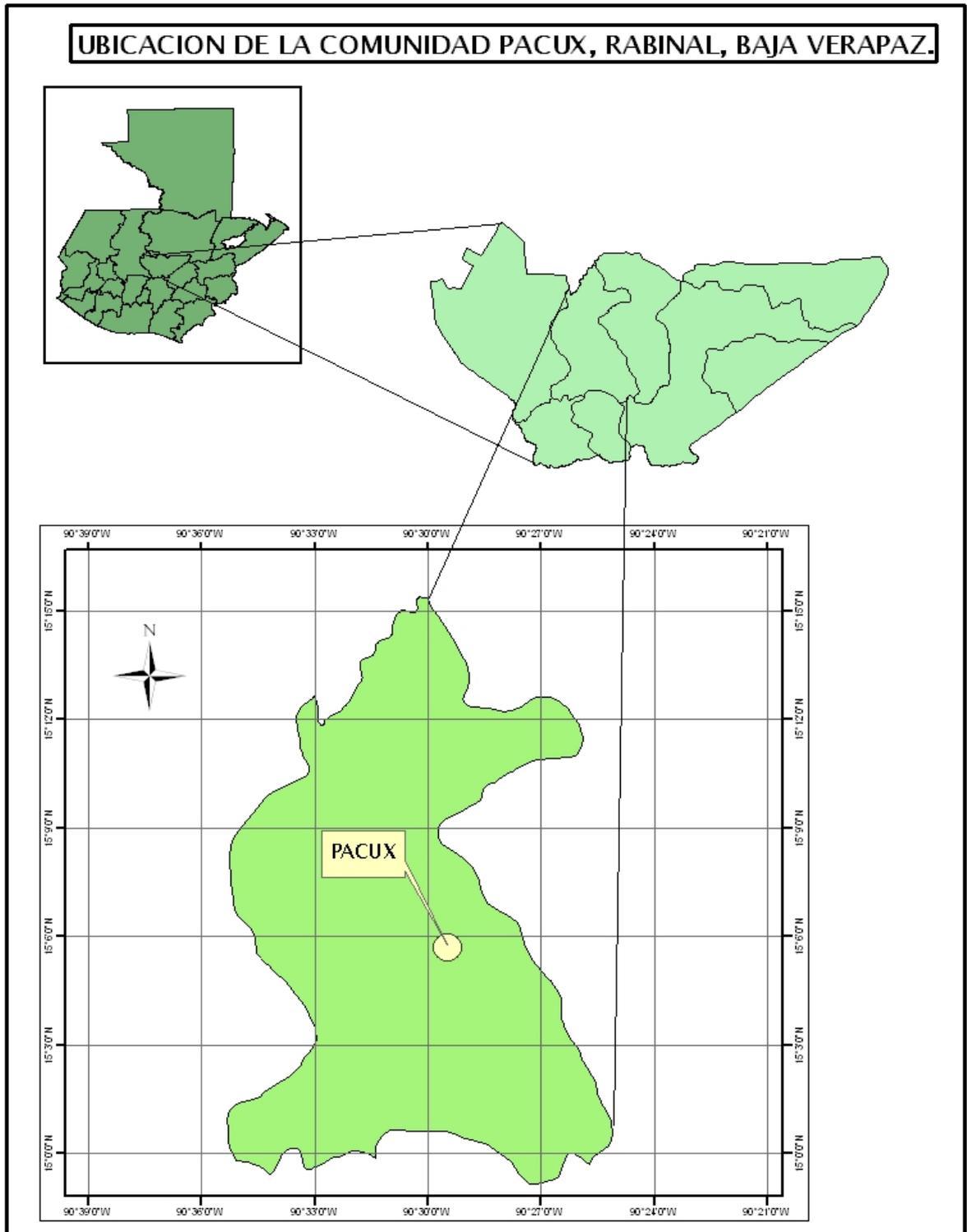


Figura 1.4A Mapa de ubicación de la comunidad de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz.

## **CAPÍTULO II.**

### **INVESTIGACIÓN.**

**COMPARACIÓN DE ASPECTOS TÉCNICOS Y SOCIOECONÓMICOS  
DE 4 SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN EL  
MUNICIPIO DE RABINAL, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ.**

**COMPARISON OF TECHNICAL AND SOCIOECONOMIC ASPECTS  
ABOUT FOUR SYSTEMS RAINWATER OF COLLECTING IN RABINAL,  
BAJA VERAPAZ.**

## 2.1 PRESENTACIÓN

La Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC) y Vecinos Mundiales Guatemala (VMG), promueven el desarrollo rural mediante apoyo en la agricultura y manejo de los recursos naturales renovables. Para fortalecer el desarrollo agrícola y rural, se debe partir del manejo adecuado de los recursos naturales renovables; para lo cual en esta investigación se hizo énfasis en el recurso agua.

La relación hombre-agua en las diferentes sociedades, con variados procesos de desarrollo socioeconómico, ha dictado las formas de percibir el agua: don de la naturaleza, recurso natural renovable limitado. Las experiencias de sequías, el deterioro de su calidad, y los modelos de desarrollo adoptados por las naciones, han determinado la postura de las comunidades frente al agua y su aprovechamiento (Asociación Equipo Maíz, 2001).

El desarrollo de los pueblos ha estado estrechamente vinculado con el agua, ya que es un factor importante en la selección de sitios para ubicar plantas industriales de todo tipo y en el desarrollo de los centros urbanos y agropecuarios.

El crecimiento demográfico y económico, la ausencia histórica de criterios de conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el crecimiento de los regímenes de demanda de agua a nivel regional y la contaminación del líquido, han ocasionado en varios casos que éste se torne escaso. Esto conduce a una competencia por el recurso, que se agudiza en años de sequías, desemboca en conflictos que afectan a las comunidades en su desarrollo actual e impactan negativamente su viabilidad futura. Así, el control, el aprovechamiento racional y la preservación del agua en todos los niveles, nacional, regional y local, son estratégicos para el desarrollo de cualquier comunidad.

El agua promueve o desincentiva el crecimiento económico y el desarrollo social de una región. También afecta los patrones de vida y de cultura regionales, por lo que se le reconoce como un agente preponderante en el desarrollo de las comunidades. En este sentido, es un factor indispensable en el proceso de desarrollo regional o nacional.

En Rabinal, tres cuartas partes de la población viven dependientes del agua de lluvia, de su ocurrencia oportuna, de su demasía devastadora, de su escasez. Esta enorme escasez ha hecho que el recurso hídrico no sólo se considere un elemento vital sino, conforme crece la población, un factor estratégico, que de no usarse y administrarse adecuadamente, podrá convertirse en motivo de conflictos sociales.

La captación de agua de lluvia es un medio fácil de obtener el líquido para consumo humano y/o uso agrícola. En muchos lugares del mundo con alta o mediana 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 efecto, el agua de lluvia es interceptada, colectada y almacenada en depósitos para su posterior uso. En la captación del agua de lluvia con fines domésticos se acostumbra utilizar la superficie del techo como captación.

Es por ello la importancia que tienen los diferentes sistemas de captación de agua de lluvia (aljibes), ya que por medio de ellos se logra almacenar dicha agua por cierto tiempo, para su posterior uso, ya sea, doméstico o agrícola durante la época seca.

Dicha investigación se realizó en la comunidad de Pacux, municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz, durante los meses de mayo a octubre de 2006. En dicha comunidad, la captación de agua de lluvia era un tema poco común entre comunitarios y, tanto las metodologías de captar el agua, la procedencia (potabilidad), mantenimiento y durabilidad del vital líquido, eran entes desconocidos para los comunitarios.

Durante el desarrollo de la investigación, se construyeron e instalaron 15 sistemas captadores de agua de lluvia, siendo cuatro los modelos propuestos: El pozo artesanal, pozo de llantas, ferrocemento y tanque de plástico vertical. A continuación se presentan los resultados de los aspectos técnicos y socioeconómicos evaluados durante cinco meses (de junio a octubre), para los cuatro diferentes sistemas.

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL

### 2.2.1 Distribución del agua en el mundo

Asociación Equipo Maíz (2001), indica que el volumen total de agua en la Tierra se calcula en unos **1,500 millones de kilómetros cúbicos**, y está distribuida así: 97% mares y océanos, 2% glaciares y zonas polares, 0.54% aguas subterráneas, 0.4% humedad superficial y vapor de agua atmosférica y 0.06% ríos y lagos.

El total del agua dulce en la Tierra es de **39 millones de kilómetros cúbicos** y solo el 0.12% del total de agua de la Tierra es apta para ser potabilizada. Del total de agua dulce, la gran mayoría se encuentra en forma de hielo en los casquetes polares: 29 millones de kilómetros cúbicos. Unos 5 millones de kilómetros cúbicos corresponden a las aguas subterráneas. Y los otros 5 millones de kilómetros cúbicos de agua dulce son aguas superficiales.

El agua no se distribuye de manera uniforme sobre la Tierra. Mientras que en unos lugares escasea el agua, en otros abunda. La superoblación, aparte de favorecer la desertización y el empobrecimiento de los suelos, se traduce en una creciente demanda de agua que aumenta a su vez el riesgo de sequía. La desigual distribución del agua se ve agravada por los cambios climáticos provocados por el efecto invernadero, que está causando ya alteraciones en el régimen de lluvias. El panorama es favorable en Norte y Centro América donde reside el 8% de la población mundial la cual dispone del 15% de agua.

#### 2.2.1.1 El uso del agua en el mundo

En los últimos 50 años la población mundial se ha duplicado. Ahora somos más de 6,100 millones de personas en la Tierra. En ese mismo tiempo, el consumo de agua es tres veces mayor. Actualmente se consumen más de 4,300 kilómetros cúbicos de agua al año, cifra que equivale al 30% de la dotación renovable del mundo que se puede considerar como estable.

La mayoría de agua que hay en el mundo se utiliza en las actividades agrícolas (65%), otra buena parte se ocupa en la industria (25%) y en menor proporción se consume para el uso doméstico (10%).

## 2.2.2 Aljibe

El proyecto Europeo Apresal (2002), indica que el vocablo aljibe es una palabra vieja de origen árabe, que tiene el significado específico de **“depósito para guardar agua de lluvia”**. Con el tiempo y el uso, a esta palabra le han salido sinónimos, como “cisterna”, con el mismo significado, o bien “depósito”, que se refiere de manera amplia a cualquier elemento para guardar líquidos...e incluso por extensión otros materiales.

### 2.2.2.1 Antecedentes históricos de los aljibes

Alrededor del año 850 A.C. el rey Mesha de Moab condujo una campaña victoriosa y conquistó un considerable territorio al Este del río Jordán. Un detalle en el auto-elogio del rey Mesha es particularmente interesante al respecto de los aljibes: *“Yo construí dos cisternas en medio de Qerkhah. Entonces no había ningún aljibe en la ciudad, así que yo dije a todo el mundo “Que todo hombre haga un aljibe en su casa”*.

Las abadías y castillos de la Edad Media, tenían todos sus correspondientes aljibes. En España se han empleado mucho, siendo dignas de mención las de Cádiz, para las aguas de lluvia, y las de Toledo, para las del río y fuente de Cabrahigo.

También los mayas habían desarrollado un mecanismo de almacenamiento de agua de lluvia: Los chultunes, de los que aún hoy se encuentran muchos ejemplos, fundamentalmente en la península de Yucatán, en México.

La relación entre la calidad de vida y el buen suministro de agua estaba asimismo implícita en la elección de las ubicaciones de los primeros asentamientos humanos en

diferentes lugares. Claro está que cuando el asentamiento se podía producir en un lugar de fácil acceso a agua limpia, no era necesario hacer ningún esfuerzo por conservar el agua de la lluvia. Sin embargo, la presión expansiva de los humanos hacia lugares que podían tener un interés estratégico por razones de defensa o comerciales, ha obligado a éste a ingeniárselas para obtener el agua de algún modo, desarrollándose así ingenios como el sifón, o el acueducto, que permiten la traída de agua desde los nacimientos a las ciudades; pero esto sólo es posible si el lugar de consumo está más bajo que el de captación. En caso contrario no hay más solución que el bombeo o el aljibe.

### **2.2.2.2 Situación actual de los aljibes**

Después de siglos, los aljibes fueron cayendo en desuso por la mayor facilidad de conducción de agua mediante tuberías, la aducción masiva de agua de ríos, la aparición, ya en el siglo XX, de bombas eficaces que permitían la extracción de agua de pozos, incluso muy profundos, y en general por la mayor disponibilidad energética y tecnológica.

Sin embargo, en los últimos años del siglo XX se ha dinamizado enormemente la aplicación de los aljibes como respuesta a una situación de dramático desabastecimiento de agua en algunas áreas del planeta, en las que aún habiendo agua, ésta no está a disposición de una gran cantidad de la población (se estima que sólo el 60% de la población rural dispone de suministro regular de agua). El resultado son varios millones de instalaciones de captación de agua de lluvia en los últimos años, y decenas de millones de personas que han solucionado su problema de agua gracias a la recolección de agua de lluvia.

El desarrollo de nuevos materiales, o el abaratamiento de otros, han permitido que la captación segura y eficaz del agua de lluvia se vaya haciendo cada vez más competitiva con otros sistemas, y accesible a los presupuestos de los más pobres. Es la revolución de los plásticos, en la que el PV C y el Polietileno están jugando un papel importantísimo, hoy vemos como se cierra cada vez más rápidamente la distancia entre los tubos, canalones y depósitos de plástico, y sus equivalentes metálicos, cerámicos o, incluso de obra.

Otra razón que estimula hoy la recolección de agua de lluvia es la inquietante elevación de la contaminación del agua de ríos y pozos, que hace a muchos habitantes de la tierra mirar con más confianza al agua que cae del cielo, que aquella recogida de la tierra.

En los países más desarrollados, las instalaciones de recogida de agua de lluvia, fundamentalmente individuales, están multiplicándose de manera rápida, tanto que en la mayoría de los catálogos de las grandes tiendas de jardinería y similares, ya se ofrecen sistemas de recolección de agua producidos masivamente, y con un precio muy accesible.

### **2.2.3 Calidad del agua**

La Comisión Guatemalteca de Normas –COGUANOR- (2000), indica que la calidad del agua es el conjunto de características físicas, químicas y biológicas del agua, estas características están relacionadas al origen e historia del agua, es decir, que el agua va a tener determinada calidad a partir de su origen (nacimiento, pozo, lluvia) pudiendo variar de acuerdo a los lugares que recorra hasta antes de ser utilizada, ya que en estos puntos intermedios puede sufrir alteraciones en sus características debido a contaminación o bien auto-purificarse. Por ello es que es importante estudiarla para luego relacionarla con el uso que se le quiere destinar, ya que dependiendo del uso, así serán las exigencias en la presencia o ausencia de las principales características o parámetros que determinan la calidad del agua.

#### **2.2.3.1 Calidad del agua de lluvia**

El proyecto Europeo Apresal (2002), indica que durante siglos, la única fuente de agua potable de los habitantes de castillos, y poblaciones edificadas en la cima de las montañas era la que recogían de la lluvia. En un asedio, la resistencia o la rendición podían depender del agua que caía del cielo.

Pero, seguramente en aquella época el agua de la lluvia no era exactamente igual que la de ahora. La lluvia también puede ser vehículo de contaminación de agua, porque cuando llueve, las gotas disuelven los contaminantes del aire, que, de esta forma, llegan al suelo y por infiltración pasan a las aguas subterráneas.

El agua de la lluvia acostumbraba, de manera natural, a ser ácida, pero en las últimas décadas su grado de acidez ha aumentado, especialmente en algunas zonas del planeta como Europa Central. Es lo que se denomina lluvia ácida y que se forma cuando la lluvia arrastra sustancias químicas ácidas que hay suspendidas en la atmósfera, principalmente ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) y ácido nítrico ( $HNO_3$ ) producidos por la actividad industrial. La acidez de la lluvia tiene un efecto perjudicial para los árboles y los animales, y produce un empobrecimiento del suelo.

Pero aunque sea sólo por una vez, los habitantes de los países en vías de desarrollo tienen la ventaja de que el aire en estas zonas suele estar libre de los agentes acidulantes que frecuentemente proceden de actividades industriales, generación de energía, automóviles, etc, por lo que la lluvia en las zonas de baja contaminación del aire puede ser fuente mucho más segura que las aguas superficiales o de pozo.

#### **2.2.3.2 Fuentes de contaminación**

La Comisión Guatemalteca de Normas –COGUANOR- (2000), indica que las fuentes de contaminación se presentan principalmente dos situaciones: La primera en donde la calidad del agua es alterada por procesos naturales, como: disolución, reacción química seguida por disolución. Es decir, que el agua en estado natural siempre contiene ciertas cantidades de sales disueltas, estas se originan por el contacto del agua en movimiento con materiales que se encuentran en el suelo y subsuelo. Así mismo el agua recoge materia orgánica natural de las hojas o vegetación en diversos estados de biodegradación.

La segunda es donde el hombre introduce elementos extraños a las aguas subterráneas y superficiales, como por ejemplo: determinadas practicas agrícolas, como el empleo de pesticidas y plaguicidas, lo cuales a largo plazo pueden resultar muy peligrosos especialmente para la salud humana.

También se presenta el caso de uso excesivo de fertilizantes en el suelo lo que provoca una acumulación de nutrientes en las aguas, a este tipo de contaminación se le denomina contaminación no puntual (difusa), debido a que sus efectos se extienden en zonas bastante amplias. Por otro lado existe la llamada contaminación puntual, debido a los excrementos de ganado especialmente los producidos en estabulación, almacenamiento de fertilizantes y pesticidas, restos de cosechas, basureros, fugas de tanques de almacenamiento de gasolina y diesel, etc.

Y por último la contaminación provocada por la industria, la cual en algunos casos se da por la eliminación de las aguas residuales en pozos de inyección, estanques o balsas de infiltración o bien por lixiviación de materiales en vertederos y depósitos de residuos.

## **2.2.4 Parámetros que definen la calidad del agua potable (COGUANOR, 2000)**

### **2.2.4.1 Definiciones**

La Comisión Guatemalteca de Normas (2000), indica las siguientes especificaciones:

- **Agua potable:** Es aquella que por sus características de calidad especificadas en esta norma, es adecuada para el consumo humano.
- **Cloro:** Es el elemento número 17 de la tabla periódica de los elementos. En condiciones normales de temperatura y presión es un gas verde, poderoso oxidante, dos y media veces más pesado que el aire.

**Nota 1.** El cloro es, sin duda alguna, el desinfectante más importante que existe, debido a que reúne todas las ventajas requeridas, además de ser de fácil utilización y menos costoso que la mayoría de los otros productos o agentes desinfectantes disponibles.

- **Límite máximo aceptable (LMA):** Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.
- **Límite máximo permisible (LMP):** Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba del cual, el agua no es adecuada para consumo humano.
- **Características físicas:** Son aquellas características relativas a su comportamiento físico, que determinan su calidad.
- **Características químicas:** Son aquellas características relativas a sustancias contenidas en ella, que determinan su calidad.
- **Características bacteriológicas:** Son aquellas características relativas a la presencia de bacterias, que determinan su calidad.
- **Grupo coliforme total:** Son bacterias en forma de bacilos, aerobios y anaerobios facultativos, Gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y de gas a  $35\text{ oC} \pm 0.5\text{oC}$  en un período de 24 h - 48 h, características cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación. Para el caso de la determinación del grupo coliforme total empleando el método de membrana de filtración, se definirá como todos los microorganismos que desarrollen una colonia rojiza con brillo metálico dorado en un medio tipo endo (u otro medio de cultivo reconocido internacionalmente) después de una incubación de 24 h a 35 oC.

- **Grupo coliforme fecal:** Son las bacterias que forman parte del grupo coliforme total, que fermentan la lactosa con producción de gas a  $44^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  en un período de  $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$  cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación. En el método de filtración en membrana se utiliza un medio de lactosa enriquecido y una temperatura de incubación de  $44.5^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  en un período de  $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$ . Al grupo coliforme fecal también se le designa como termotolerante o termorresistente.
- **Escherichia coli:** Son las bacterias coliformes fecales que fermentan la lactosa y otros sustratos adecuados como el manitol a  $44^{\circ}\text{C}$  ó  $44.5^{\circ}\text{C}$  con producción de gas, y que también producen indol a partir de triptofano.

**Nota 2.** La confirmación de que en verdad se trata de Escherichia coli se logra mediante el resultado positivo en la prueba con el indicador rojo de metilo, la comprobación de la ausencia de síntesis de acetilmetilcarbinol y de que no se utiliza el citrato como única fuente de carbón. La Escherichia coli es el indicador más preciso de contaminación fecal.

#### 2.2.4.2 Características y especificaciones físicas y químicas de la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR)

##### A. Características físicas para agua potable

**Cuadro 2.9** Características sensoriales. Límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible (LMP) que debe tener el agua potable.

Características	Límite Máximo Aceptable (LMA)	Límite Máximo Permissible (LMP)
Color	5.0 u	35.0 u (1)
Olor	No rechazable	No rechazable
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT	15.0 UNT (2)

**Fuente:** Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) 2000.

(1): Unidad de color en la escala de platino-cobalto.

(2): Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados

### A.1 Conductividad eléctrica

El agua potable deberá tener una conductividad de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 25°C.

### A.3 Características químicas del agua potable

Las características químicas son aquellas características que afectan la potabilidad del agua y que se indican en el Cuadro 2.10 siguiente.

**Cuadro 2.10** Substancias químicas en el agua con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permisibles.

Características	Límite Máximo Aceptable (LMA)	Límite Máximo Permisible (LMP)
Cloro residual libre (1) (2)	0.5 mg/L	1.0 mg/L
Cloruro (Cl)	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Conductividad	---	< de 1 500 HS/cm
Dureza Total ( $\text{CaCO}_3$ )	100.000 mg/L	500.000 mg/L
Potencial de hidrógeno (3)	7.0-7.5	6.5-8.5
Sólidos totales disueltos	500.0 mg/L	1 000.0 mg/L
Sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ )	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Temperatura	15.0°C-25.0°C	34.0°C
Aluminio (Al)	0.050 mg/L	0.100 mg/L
Calcio (Ca)	75.000 mg/L	150.000 mg/L
Cinc (Zn)	3.000 mg/L	70.000 mg/L
Cobre (Cu)	0.050 mg/L	1.500 mg/L
Magnesio (Mg)	50.000 mg/L	100.000 mg/L

**Fuente:** Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) 2,000.

(1): El límite máximo aceptable, seguro y deseable de cloro residual libre, en los puntos más alejados del sistema de distribución es de 0.5 mg/L, después de por lo menos 30 minutos de contacto, a un pH menor de 8.0, con el propósito de reducir en un 99% la concentración de *Escherichia coli* y ciertos virus.

(2): En aquellas ocasiones en que amenacen o prevalezcan brotes de enfermedades de origen hídrico, el residual de cloro puede mantenerse en un límite máximo permisible de 2.0 mg/L, haciendo caso omiso de los olores y sabores en el agua de consumo. Deben de tomarse medidas similares en los casos de interrupción o bajas en la eficiencia de los tratamientos para potabilizar el agua.

(3): En unidades de pH.

#### **A.4 Agua clorada**

La cloración de los abastecimientos públicos de agua representa el proceso más importante usado en la obtención de agua de calidad sanitaria segura, potable. La desinfección por cloro y sus derivados significa una disminución de bacterias y virus hasta una concentración inocua, por lo que en la tabla 2 se hace referencia a los límites adecuados de concentración de cloro libre residual que es aquella porción del cloro residual total que esté "libre" y que sirva como medida de capacidad para oxidar la materia orgánica que pueda encontrarse en el interior de las tuberías o por ruptura de las mismas que pueda producir cierta contaminación microbiológica.

#### **A.5 Límites de toxicidad**

En el Cuadro 2.11 se presentan algunas sustancias o compuestos químicos que al sobrepasar el límite máximo permisible en el agua potable, causan toxicidad.

**Cuadro 2.11** Relación de las sustancias inorgánicas en el agua con significado para la salud, con sus respectivos límites máximos permisibles (LMP).

<b>Sustancia</b>	<b>LMP (mg/L)</b>
Arsénico (As)	0.010
Bario (Ba)	0.700
Boro (B)	0.300
Cadmio (Cd)	0.003
Cianuro (CN)	0.070
Cromo (Cr)	0.050
Mercurio (Hg)	0.001
Plomo (Pb)	0.010
Selenio (Se)	0.010

**Fuente:** Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) 2,000.

#### **A.6 Relación de las sustancias biocidas con sus respectivos límites máximos permisibles**

Los nombres de las sustancias biocidas orgánicas sintéticas, así como el límite máximo permisible se describen en el Cuadro 2.12.

**Cuadro 2.12** Límites máximos permisibles de las sustancias biocidas.

<b>Sustancia</b>	<b>LMP (mg/L)</b>
<b>INSECTICIDAS ORGANOCOLORADOS</b>	
DDT + TDE + DDE	
Hexaclorobenceno	1.0
Aldrín	1.0
Dieldrín	0.0
Heptacoloro	3
Heptacoloro epóxido	0.0

Lindano	3
Endrín	0.2
Metoxicloro	0.1
Clordano	0.2
Toxafeno	0.2
	20
	0.2
Pentaclorofenol	3.0
Dinoseb	1.0
<b>ACIDOS FENOXI</b>	7.0
2, 4-D	
2, 4, 5-TP (silvex)	30
2, 4, 5-T	9
Mecoprop	9
Dicloroprop	10
MCPA	100
Dicamba	2
Picloram	2
Dalapón	500
Endotal	200
<b>FUMIGANTES</b>	100
DBCP (1,2–dibromuro-3,3- cloropropano)	0.2
EBD (dibromuro de etileno)	
1,2-dicloropropano	0.05
1,3-dicloropropano	5.0
<b>TRIAZINAS</b>	20
Atrazina	
Simazina	2
<b>ACETANILIDAS</b>	2
Alaclor	

Metolaclor	2
Propaclor	10
Butaclor	10
<b>CARBAMATOS</b>	10
Aldicarb	
Sulfóxido de aldicarb	3
Sulfona de aldicarb	3
Carbofurán	3
Oxamil	
Metomil	5
Bentazón	200
Molinato	200
Pendimetalina	30
Isoproturón	6
<b>PIRETROIDES</b>	20
Permetrina	
<b>AMIDAS</b>	9
Propanil	
Piridato	20
Trifluralín	100
Diquat	20
Glifosato	20
Di (2-etil-hexil adipato)	700
Benzopireno	400
Hexaclorociclopentadieno	0.2
Di (etil-hexil) ftalato	50
PCB'S	6
<b>ORGANO FOSFORADOS</b>	0.5
Etil paratión	
Leptofós	0
Diazinón	0

Dimetoato	0.1
De los restantes órgano fosforados	0.1
	No más de 0.1 cada uno

**Fuente:** Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) 2,000.

**Cuadro 2.13** Substancias no deseadas. Límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible (LMP).

Característica	LMA (mg/L)	LMP (mg/L)
Fluoruro (F)	---	1.700
Hierro total (Fe)	0.100	1.000
Manganeso (Mn)	0.050	0.500
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	---	10
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	---	1

**Fuente:** Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) 2,000.

**Cuadro 2.14** Substancias orgánicas con significado para la salud y su límite máximo permisible (LMP).

Compuesto	LMP (mg/L)
Benceno	5
Cloruro de vinilo	2
Detergentes aniónicos	200
o-diclorobenceno	600
p-diclorobenceno	75
1,2-dicloroetano	5
1,1-dicloroetileno	7
cis-1,2-dicloroetileno	70
trans-1,2-dicloroetileno	100
1,2-dicloropropano	5
Estireno	100

Etilbenceno	700
Monoclorobenceno	100
Substancias fenólicas	2
Tetracloruro de carbono	5
Tetracloroetileno	5
Tolueno	1000
1,1,1-tricloroetano	200
Tricloroetileno	5
Xileno	10000

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) 2,000.

### **B. Características bacteriológicas**

Las características para agua potable estipulan el número permisible de microorganismos coliformes fecales en términos de las porciones normales de volumen y del número de porciones que se examina, con esta finalidad se establecen las alternativas siguientes, las cuales fueron utilizadas en los análisis bacteriológicos:

- Método de los tubos múltiples de fermentación y sus Límites,
- Método por la membrana de filtración y sus Límites,
- Método de los tubos múltiples de fermentación,
- Métodos de análisis y su Muestreo.

#### **2.2.5 SCAPT (Sistema de captación de agua pluvial en techos) para consumo humano**

Unatsabar (2001), indica las siguientes descripciones para el Scapt:

##### **2.2.5.1 Ventajas**

La captación de agua de lluvia para consumo humano presenta las siguientes ventajas:

- Alta calidad físico química del agua de lluvia,
- Sistema independiente y por lo tanto ideal para comunidades dispersas y alejadas,
- Empleo de mano de obra y/o materiales locales,
- No requiere energía para la operación del sistema,
- Fácil de mantener, y
- Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección del agua de lluvia.

### **2.2.5.2 Desventajas**

A su vez las desventajas de este método de abastecimiento de agua son las siguientes:

- Alto costo inicial que puede impedir su implementación por parte de las familias de bajos recursos económicos, y
- La cantidad de agua captada depende de la precipitación del lugar y del área de captación.

### **2.2.5.3 Factibilidad**

En el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia es necesario considerar los factores técnicos, económicos y sociales.

#### **A. Factor Técnico**

Los factores técnicos a tener presente son la producción u oferta y la demanda de agua:

a. *Producción u “oferta” de agua*; está relacionada directamente con la precipitación durante el año y con las variaciones estacionales de la misma. Por ello, en el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia es altamente recomendable trabajar con datos suministrados por la autoridad competente y normalmente representada por la oficina meteorológica del país o de la región donde se pretende ejecutar el proyecto.

b. *Demanda de agua*; A su vez, la demanda depende de las necesidades del interesado y que puede estar representada por solamente el agua para consumo humano, hasta llegar a disponer de agua para todas sus necesidades básicas como son preparación de alimentos, higiene de personal, lavado de vajillas y de ropa e inclusive riego de jardines.

### **B. Factor Económico**

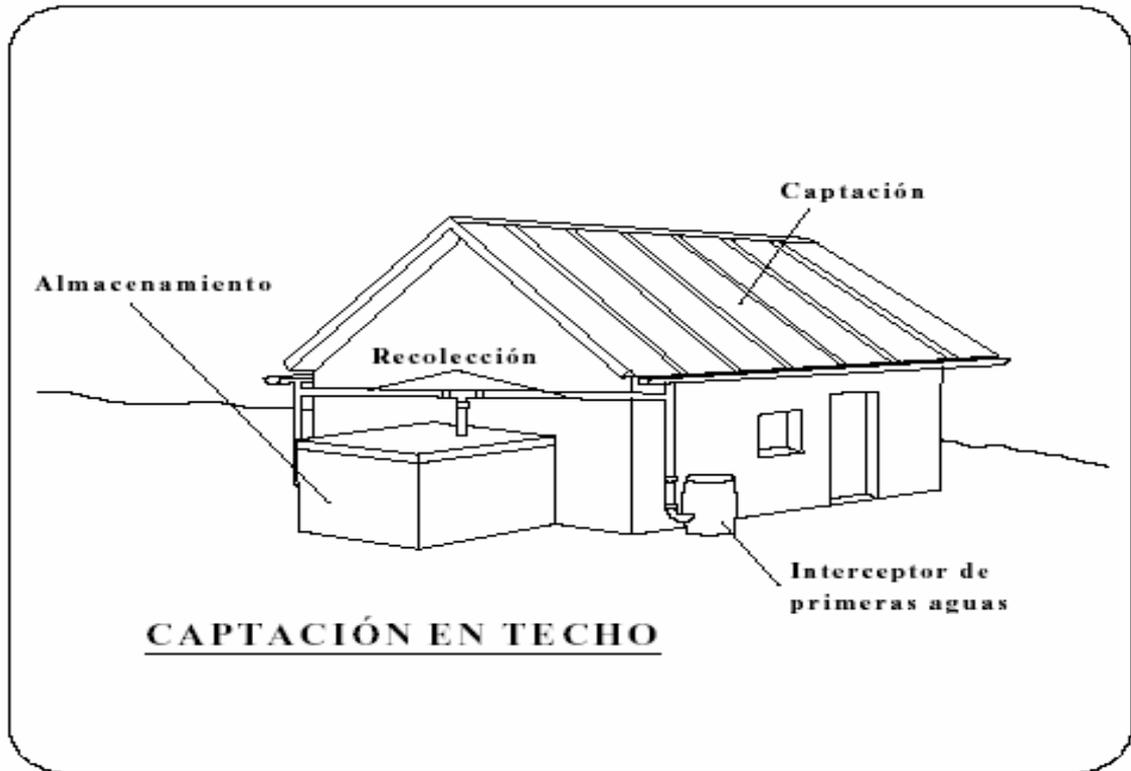
Al existir una relación directa entre la oferta y la demanda de agua, las cuales inciden en el área de captación y el volumen de almacenamiento, se encuentra que ambas consideraciones están íntimamente ligadas con el aspecto económico, lo que habitualmente resulta una restricción para la mayor parte de los interesados, lo que imposibilita acceder a un sistema de abastecimiento de esta naturaleza. En la evaluación económica es necesario tener presente que en ningún caso la dotación de agua debe ser menor a 20 litros de agua por familia y por día, la misma que permite satisfacer sus necesidades básicas elementales, debiendo atenderse los aspectos de higiene personal y lavado de ropa por otras fuentes de agua. Así mismo, los costos del sistema propuesto deben ser comparados con los costos de otras alternativas destinadas al mejoramiento del abastecimiento de agua, teniendo presente el impacto que representa la cantidad de agua en la salud de las personas beneficiadas por el servicio de agua.

### **C. Factor Social**

En la evaluación de las obras de ingeniería a nivel comunitario, siempre se debe tener presente los factores sociales, representados por los hábitos y costumbres que puedan afectar la sostenibilidad de la intervención. Al efecto, el profesional responsable del estudio debe discutir con la comunidad las ventajas y desventajas de la manera tradicional de abastecimiento de agua y de la tecnología propuesta, buscando que la propia comunidad seleccione lo que más le conviene emplear. Este análisis debe considerar la conveniencia de adoptar soluciones individuales y colectivas, el tipo de material empleado en la fabricación de sus techos, la existencia de materiales alternativos en el lugar o sus alrededores y el grado de participación de la comunidad en la implementación del proyecto.

### D. Componentes del SCAPT (sistema de captación de agua pluvial en techos)

El sistema de captación de agua de lluvia en techos está compuesto de los siguientes elementos: a) captación; b) recolección y conducción; c) interceptor; y d) almacenamiento.



**Figura 2.5** SCAPT - Sistema de captación de agua pluvial en techos.

**D.1 Captación:** La captación está conformada por el techo de la edificación, el mismo que debe tener la superficie y pendiente adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección. En el cálculo se debe considerar solamente la proyección horizontal del techo. Los materiales empleados en la construcción de techos para la captación de agua de lluvia son la plancha metálica ondulada, tejas de arcilla, paja, etc.

La plancha metálica es liviana, fácil de instalar y necesita pocos cuidados, pero puede resultar costosa y difícil de encontrar en algunos lugares donde se intente proyectar este sistema.

Las tejas de arcilla tienen buena superficie y suelen ser más baratas, pero son pesadas, y para instalarlas se necesita de una buena estructura, además que para su elaboración se necesita de una buena fuente de arcilla y combustible para su cocción.

La paja, por ser de origen vegetal, tiene la desventaja que libera lignina y tanino, lo que le da un color amarillento al agua, pero que no tiene mayor impacto en la salud de los consumidores siempre que la intensidad sea baja. En todo caso puede ser destinada para otros fines diferentes al de consumo, como riego, bebida de ganado, lavado de ropa, higiene personal, limpieza de servicios sanitarios, etc.

**D.2 Recolección y conducción:** Este componente es una parte esencial de los SCAPT ya que conducirá el agua recolectada por el techo directamente hasta el tanque de almacenamiento. Está conformado por las canaletas que van adosadas en los bordes más bajos del techo, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo. El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua. Al efecto se puede emplear materiales, como el bambú, madera, metal o PVC. Las canaletas de metal son las que más duran y menos mantenimiento necesitan, sin embargo son costosas. Las canaletas confeccionadas a base de bambú y madera son fáciles de construir pero se deterioran rápidamente. Las canaletas de PVC son más fáciles de obtener, durables y no son muy costosas.

Las canaletas se fijan al techo con a) alambre; b) madera; y c) clavos. Por otra parte, es muy importante que el material utilizado en la unión de los tramos de la canaleta no contamine el agua con compuestos orgánicos o inorgánicos. En el caso de que la canaleta llegue a captar materiales indeseables, tales como hojas, excremento de aves, etc. El sistema debe tener mallas que retengan estos objetos para evitar que obturen la tubería montante o el dispositivo de descarga de las primeras aguas.

**D.3 Interceptor:** Conocido también como dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del lavado del techo y que contiene todos los materiales que en él se encuentren en el momento del inicio de la lluvia. Este dispositivo impide que el material

indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación del agua almacenada y de la que vaya a almacenarse posteriormente.

**D.4 Almacenamiento:** Es la obra destinada a almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para el consumo diario de las personas beneficiadas con este sistema, en especial durante el período de sequía.

La unidad de almacenamiento debe ser duradera y al efecto debe cumplir con las especificaciones siguientes:

- Impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración,
- De no más de 2 metros de altura para minimizar las sobre presiones,
- Dotado de tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar,
- Disponer de una escotilla con tapa sanitaria lo suficientemente grande como para que permita el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias,
- La entrada y el rebose deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales.
- Dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje. Esto último para los casos de limpieza o reparación del tanque de almacenamiento. En el caso de tanques enterrados, deberán ser dotados de bombas de mano.

#### **D.4.1 Tanque de almacenamiento**

Los tipos de tanques de almacenamiento de agua de lluvia que pueden ser empleados en el medio rural pudieran ser construidos con los materiales siguientes:

- Mortero cemento – arena; el mortero de cemento – arena se aplica sobre un molde de madera u otro material de forma preestablecida. Los modelos pequeños suelen variar entre 0.1 a 0.5 m<sup>3</sup> y los modelos más grandes pueden alcanzar alturas de 1.5 m y volúmenes de hasta 2.3 m<sup>3</sup>.

- Concreto; normalmente se construye vaciando concreto en moldes concéntricos de acero de un diámetro de 1.5 m, 0.1 m de espesor y 0.60 m de altura. Este tipo de tanque de almacenamiento puede alcanzar volúmenes de hasta 11 m<sup>3</sup>.

## **2.2.6 Características de los tanques de almacenamiento**

### **2.2.6.1 Pozo artesanal**

López (2001), indican que generalmente, el primer pozo que una familia quiere hacer servirá para usos domésticos tales como bañarse, lavar la ropa, regar el huerto familiar o dar de beber a los animales. De allí, los siguientes pozos se construyen para regar los cultivos. Por lo tanto, el primer pozo muchas veces se hace cerca de la casa, y los demás se construyen en las parcelas de hortalizas o, muchas veces como última prioridad, en parcelas de granos básicos. Los pozos se construyen debajo de los techos de la casa o de una galera para que cuando llueva, éstos capten el agua.

Los pozos se deben de construir en lugares firmes. Es decir, que no se debe usar rellenos en la parte de abajo de los mismos. Cuando se usa rellenos, las paredes del pozo se agrietan mucho. Por eso se deben de construir en suelos lo más firme posible. También se debe tener el cuidado de no construir los pozos en suelo que sea pantanoso durante la temporada de invierno, porque el agua que nace alrededor del pozo deshace las paredes.

Los pozos no se deben hacer donde la tierra es totalmente arenosa ni totalmente arcillosa. En el primer caso es imposible escarbarlo porque se derrumba con facilidad, y en el segundo caso dependiendo de la humedad, la tierra se expande o se reduce (y por eso se raja cuando está seca), de tal forma que las paredes del pozo no tienen apoyo y se quiebran.

También es importante considerar al construir los pozos, el suficiente talud que se le debe de dar, porque así el peso de la misma pared hace fuerza contra el suelo y así ayuda a que se rajen menos. Es aconsejable construirlos a un talud de unos 15-20 grados

verticales en las 4 paredes. Las esquinas de estos pozos deben de ser redondeadas, no en escuadra, para facilitar la colocación de las piedras y el repello. Se deben también de pulir las paredes un poco, quitando las raíces o piedra que molesten al momento de ademar los pozos.

El pozo debe de tener una zanja para desviar el agua, con un desnivel de 1 a 2% y así el agua que sobra después de haberse llenado el pozo, se desviará hacia las orillas del terreno hacia algún canal natural, para que no cause problemas de erosión en el terreno. Por supuesto, este exceso de agua también se puede desviar para llenar otros pozos.

#### **2.2.6.2 Ferrocemento**

FAO (2004), indica que el ferrocemento es un vocablo técnico que no debe confundirse con el hormigón armado ordinario. Puede definirse como un material compuesto que consta de una matriz hecha de mortero de cemento hidráulico reforzado con diversas capas de malla continua de acero. Los parámetros básicos que caracterizan el ferrocemento son la superficie de refuerzo, la fracción volumétrica del refuerzo, la superficie de mortero que cubre el refuerzo y la calidad relativamente alta del mortero.

Es un material para la construcción, una construcción de hormigón (cemento) de poco espesor, flexible, en la que el número de mallas de alambre de acero de pequeño diámetro están distribuidas uniformemente a través de la sección transversal. Se utiliza un mortero muy rico en cemento lográndose un comportamiento notablemente mejorado con relación al hormigón armado cuya resistencia está dada por las formas de las piezas.

El ferrocemento se comporta como hormigón armado en sus características de resistencia a las cargas, con la importante diferencia de que la formación de grietas se retrasa por la dispersión del refuerzo en forma de finos metálicos por todo el mortero. Ello ofrece un evidente interés para la construcción de buques y se ha demostrado que cuando se produce una fisura ésta se distribuye en grietas muy finas, lo que, junto con la elevada alcalinidad de un mortero rico en cemento, frena la corrosión del acero de refuerzo.

La resistencia excepcional del ferrocemento se debe a que su armadura está compuesta por varias capas de mallas de acero de poco espesor superpuestas y ligeramente desplazadas entre sí, y a que el concreto soporta considerable deformación en la inmediata proximidad del refuerzo, condición que se aprovecha al máximo con la distribución de las armaduras descritas.

Su comportamiento mecánico, dependiente principalmente de la superficie específica de la armadura, es muy bueno. Presenta una buena resistencia a la tracción, que supera sensiblemente a la mostrada por el hormigón armado, y se mantiene en el rango elástico hasta su fisuración.

La presencia de las capas de mallas metálicas, no modifican la resistencia a la compresión, por lo que la misma específicamente queda definida por la resistencia a compresión del mortero que forma la matriz.

Las principales ventajas del ferrocemento son su bajo costo, que exige una mano de obra poco especializada para la construcción del casco, y menos exigencias de mantenimiento, así como una mayor resistencia a la podredumbre y la corrosión que la madera y el acero.

Los principales inconvenientes del ferrocemento son su peso y su baja resistencia a los choques. Sin embargo, estos inconvenientes limitan únicamente la aplicación del material pero no le restan posibilidades.

### **2.2.6.3 Tanques verticales cerrados**

Rotoplas (2005), indica que los tanques verticales cerrados proveen una solución responsable a sus necesidades en el manejo del agua y en una gran variedad de productos químicos, entre otros, que incluyen: ácidos, cloruros, fosfatos, carbonatos, colorantes, y en general hasta 300 sustancias químicas.

Los tanques verticales cerrados son fabricados con resinas plásticas de alta Tecnología, de gran resistencia al impacto, certificadas por la norma FDA (177.1520) de los Estados Unidos de América y manufacturados bajo estándares "ISO 9001/2000".

Fabricados en una sola pieza, ligeros, resguardan con toda seguridad las propiedades, físicas y químicas del producto contenido, sin transferirle olor ni sabor.

Permiten almacenar productos con una densidad hasta de 1.9 kg / decímetros cúbicos debido a su diseño y características permiten su fácil instalación y equipamiento.

Requieren de mínimo mantenimiento y su desempeño en condiciones ambientales extremas es excelente.

Línea de contenedores cerrados de mediana capacidad, con rango de almacenamiento desde 250L hasta 2500L.

Como parte integral en sus sistemas de tratamiento de agua(s) y los sistemas de riego y disolución de fertilizantes.

Como contenedor de sus materias primas, productos intermedios y Productos finales en: Industria Química, Industria Textil, Industria Alimenticia (pigmentos, pulpas, licores) etc, entre otros usos.

Como depósito para almacenamiento de agua y asegurar el suministro en cantidad y calidad del vital líquido. Previendo así posibles contaminaciones.

## **2.2.7 Síntesis de trabajos similares**

### **2.2.7.1 Experiencias prácticas en Guatemala: Proyecto de apoyo del sector salud, APRESARAL, cofinanciado por la Unión Europea**

El Proyecto Europeo APRESAL (2002), indica que comenzó su trabajo en Guatemala en 1997. Uno de los campos de intervención es dotar de agua, en algunos casos mediante aljibes, a comunidades, escuelas y otros beneficiarios cuyas condiciones hicieron más aconsejable la recogida de agua de lluvia que la aducción de aguas superficiales o de pozo.

#### **A. Ejecuciones masivas: Aljibe autónomo**

Cuantitativamente, el impacto del proyecto ha sido importante, con más de 640 aljibes instalados en Alta Verapaz. Estos aljibes suministran agua a unidades familiares dispersas, con lo que se ha conseguido dar servicio a más de 3,500 personas.

En muchas de estas realizaciones, el proyecto Europeo de Salud, APRESAL, ha actuado en colaboración con el Proyecto Europeo de Desarrollo Rural, Proyecto ALA de Alta Verapaz. Los sistemas de aljibes instalados por APRESAL son fundamentalmente de tipo autónomo, que quiere decir que cada vivienda dentro de la comunidad posee un sistema de aljibes.

La referencia del sistema autónomo sobre el sistema comunal para APRESAL está basada en los argumentos siguientes:

- La alta dispersión de las viviendas hace muy caro y difícil construir y operar sistemas comunales.
- Mejor control del consumo: la ventaja de tener un propio aljibe en la casa es que se puede controlar o calibrar bien el consumo de agua en la vivienda. Con sistemas comunales, a menudo existen conflictos sociales entre los beneficiarios sobre el uso del agua o parte de algunos.

- Cuidado y mantenimiento del aljibe. El aljibe es propiedad de la familia, lo que la hace sentir responsable de su mantenimiento. Con sistemas comunales se debe invertir tiempo y esfuerzo para la organización comunitaria con el fin de garantizar el buen mantenimiento del aljibe.
- Acceso rápido al agua: el aljibe está a la par de la casa por lo que existe un acceso rápido al agua del aljibe. Los sistemas comunales siempre están más lejos de la casa.
- Valor agregado para la vivienda: APRESAL promueve que se forre la galera de captación de lluvia con madera u otro material, para darle un uso adicional.

En el departamento de Alta Verapaz se encuentran dos tipos de cubiertas: lámina, y mata natral conocido como “paga”, que es una cubierta de hojas de palma. En los lugares de intervención, donde todas las viviendas tenían un techo de lámina APRESAL hizo una modificación en el diseño del sistema de aljibes: en lugar de construir una galera, se aprovechó el área de techo de las mismas viviendas, bajando así los costos de la instalación y mejorando las viviendas.

### **B. Aljibe de ferrocemento de la Cooperación Española**

La cooperación Española, dentro de sus actividades de apoyo a los sistemas de agua, promovió la construcción de un tipo de aljibes muy característicos, que se pueden observar en los alrededores de Flores, Petén, y en la carretera a Tikal.

Este aljibe es un modelo muy interesante, diseñado por uno de los pocos especialistas que trabajan en Guatemala en la recuperación de agua de lluvia, el Ing. César Barrientos, y está construido en ferrocemento, lo que permite una participación masiva de los usuarios, a través de la autoconstrucción.

La ejecución de estos aljibes corrió a cargo de la Asociación para la Recuperación, Manejo y Saneamiento Ambiental, ARMSA, con aportación de la mano de obra no calificada por parte de los beneficiarios.

El volumen de este modelo de aljibe oscila aproximadamente entre 4 y 7m<sup>3</sup>, lo que de acuerdo a los cálculos ya elaborados es más que suficiente para cubrir las necesidades de una familia en muchas de las zonas de Guatemala, y especialmente en el Petén, lugar donde mayoritariamente se construyeron estos aljibes.

El material de construcción es un mortero de cemento, con armadura de varilla de unos 6mm (1/4") al cuadrado de 20cm, y malla de gallinero. El aljibe se encala por dentro y por fuera.

El costo de las unidades más difundidas (las de 4m<sup>3</sup>) fue de alrededor de los Q. 3,800.00. Esto teniendo en cuenta que los beneficiarios aportaron la mano de obra no calificada. Lógicamente el costo por m<sup>3</sup> disminuye al aumentar el volumen, pero no hay datos exactos al respecto.

### **C. Aljibe autónomo del Fondo de Inversión Social (FIS)**

El Fondo de Inversión Social, FIS, decidió aplicar los aljibes autónomos por las mismas razones que movieron a ello a APRESAL; fundamentalmente la alta dispersión de población en ciertas zonas de la geografía guatemalteca, donde la disponibilidad de agua superficial o subterránea es escasa o poco confiable.

Para definir el tipo de aljibe a instalar, el FIS encargó en 1997, con apoyo financiero de la KFW (Kreditanstalt für Wiederaufbau), una consultoría que fue elaborada por un equipo liderado por el Ing. César Barrientos. Esta consultoría recomendó un modelo muy similar al instalado por el proyecto de la Unión Europea, y que igualmente consta de dos aljibes de 1,700 litros, que recogen el agua de una galera de lámina galvanizada de 24 m<sup>2</sup>.

Usando este modelo, el FIS ha construido 25 proyectos de suministro de agua a comunidades rurales, lo que significa atender a varios miles de personas, con una inversión global de más de Q.10 millones.

No hay datos sobre el costo unitario de estos sistemas, pero ya que el diseño es muy similar al de APRESAL, la única diferencia procederá del diferente precio de compra de los elementos que componen el sistema, que fundamentalmente son los tinacos y la lámina galvanizada.

Se han realizado pruebas puntuales de la calidad del agua en este río de aljibes, y se ha podido comprobar su perfecta potabilidad (cero coliformes).

### **2.2.8 Papel clave de las mujeres en la economía del agua**

Las grandes actrices en la problemática del agua son las mujeres. Ellas suelen tener la responsabilidad de acopiar el agua, incluso desde pequeñas, así como la preocupación constante de la salud de los hijos, y de la alimentación de la familia.

Nuestra triste realidad es que las mujeres desde su infancia dediquen una gran cantidad de tiempo al transporte de agua, restándoles físicamente la posibilidad y las oportunidades de educación y desarrollo. Puede que algunas no sean conscientes de ello, pero la mayoría sabe muy bien lo que el agua significa y lo que a ellas les cuesta.

Las mujeres, por tanto, son las personas que mejor entienden la necesidad de mejorar el suministro de agua, y quienes usualmente, al menos en la realidad rural guatemalteca, más tiempo están en la casa, por lo que ellas son quienes mejor podrán administrar un aljibe comunal, o simplemente más se beneficiarán de un aljibe domiciliario.

Por lo tanto, la información al respecto del agua, de los sistemas de suministro, y concretamente de los aljibes, debe de ser dirigida a las mujeres, quienes además de su mayor implicación en el tema, suelen tener una idea muy clara de la economía doméstica.

Y esto no es sólo para que los sistemas de aljibes funcionen mejor, sino, además, porque gracias a esta incorporación de las mujeres a tareas que añaden valor, se fortalece uno de los socios importantes de la “comunidad en desarrollo”, y, por lo tanto, la comunidad en sí. Las ventajas que produce poner en manos de las mujeres los sistemas de aljibes son:

- Promueven una equidad sin diferencias por razón del sexo para acceder a los recursos productivos y a su control: la huerta regada produce más; incluso excedentes vendibles, al igual que ocurre en los cultivos comerciales.
- Mejoran la participación de la mujer en los procesos decisorios y normativos a todos los niveles: controlar el agua significa poder.
- Fomentan las medidas encaminadas a reducir el volumen de trabajo para la mujer rural y mejorar sus oportunidades de obtener un empleo remunerado o unos ingresos por productos elaborados y vendibles, p.e. artesanía.

## **2.3 OBJETIVOS**

### **2.3.1 Objetivo General**

- Realizar un análisis comparativo de aspectos técnicos y socioeconómicos de cuatro diferentes sistemas de captación de agua de lluvia en el Municipio de Rabinal, Baja Verapaz.

### **2.3.2 Objetivos específicos**

- Dar a conocer a los usuarios los aspectos técnicos de cada sistema captador de agua de lluvia.
- Evaluar la calidad físico-química y bacteriológica del agua de lluvia almacenada en cada sistema.
- Evaluar la aceptabilidad de los sistemas de almacenamiento de agua de lluvia.

## 2.4 METODOLOGÍA

### 2.4.1 Fase de campo inicial

- Se realizaron varias visitas preliminares en las comunidades, en las cuales se ubicaron, observaron y reconocieron los distintos sistemas de captación de agua de lluvia que se encontraron presentes en el Municipio de Rabinal, Baja Verapaz.
- Se hizo la presentación con líderes de las distintas comunidades para informarles sobre la investigación que se llevará a cabo y el tiempo en que se realizará la misma.
- La ubicación del lugar en donde se construyeron e instalaron los sistemas captadores de agua de lluvia, fue debajo del techo de la casa y/o de la galera.
- Se construyeron los sistemas captadores de agua de lluvia en el lugar ubicado anteriormente en las visitas preliminares de reconocimiento, en conjunto con los señores comunitarios y Vecinos Mundiales Polochic (VMP).

#### 2.4.1.1 Construcción e instalación de los sistemas captadores de agua de lluvia

##### A. Materiales para el pozo artesanal

- 8 varillas de hierro de 3/8",
- 1 libra de alambre de amarre,
- 5 quintales de cemento,
- 6 quintales de arena de río,
- 3 quintales de piedrín,
- 2 libras de clavos de 6",
- 1 rollo de maya para cerco de 1.50 m de largo,
- 2 varillas hierro 1/4",

- 3 piochas,
- 3 azadones,
- 3 palas,
- 1 cinta métrica,
- 1 sierra manual,
- 3 tenazas,
- 6 cucharas de albañilería,
- 3 planchas de albañilería,
- 3 canales cuadrados,
- 15 ganchos para canales.

**Fuente:** Gabino López Vargas, COSECHA, Honduras, 2006.

**NOTA:** Los materiales aquí mencionados, son para la construcción de un pozo de 13,500 litros (3 metros de ancho, por 3 metros de largo, por 1.50 metros de profundidad).

#### **A.1 Pasos a seguir (Ver Anexo 1)**

- Se midió en el suelo del terreno en donde se ubicó el pozo, las medidas de 3.00 x 3.00 x 1.50 m y se delimitó con ayuda de un cinta métrica, cordeles y una escuadra.
- Se comenzó con la excavación y extracción de la tierra del terreno delimitado y se sacó con la ayuda de palas y azadones.
- Se dejó un talud en las paredes del pozo de aproximadamente unos 30 cm.
- Con una varilla de hierro (de 6 m de longitud) y con la ayuda de una sierra manual se sacaron 4 estacas de aproximadamente 60 cm de largo, las cuales se colocaron en las esquinas del pozo para reforzarlo.

- Se colocó el primer anillo de hierro en la parte superior del pozo, el segundo en la parte media y el tercero en el fondo del pozo y con los clavos de 6 pulgadas y alambre de amarre se sujetó los anillos de hierro.
- Una vez instalados los anillos de hierro, se colocó el rollo de maya para cerco de 1.50 m de largo en las cuatro paredes del pozo.
- En el fondo del pozo se colocaron piedras de tamaño regular, en forma de petate, para su posterior fundición.
- Se hizo una mezcla de cemento y arena en una proporción de 3:1 (40 paladas de arena por 1 saco de cemento) para el repello de las paredes con un espesor de aproximadamente 2-4 cm.
- Con la mezcla, se procedió a repellar todas las paredes del pozo, dejando aproximadamente un espesor de 2-4 cm.
- Se hizo la fundición del piso con la mezcla de igual proporción a la del repello.
- Finalmente se dio un repello y fundición fina para el piso y las paredes del pozo con una proporción de 1:1, y se dejó secar al aire libre.

#### **B. Materiales para el pozo de llantas**

- 5 llantas viejas Rin 15,
- 1 quintal de cemento,
- 1 quintal de arena de río,
- 1 libra de clavos de 1½",
- 1 botecito de ¼" de tapa-gotera de lámina,
- 1 cincel,

- 1 machete,
- 1 piedra de afilar,
- 1 libra de alambre de amarre,
- 10 ganchos para canal,
- 2 canales cuadrados.

**Fuente:** Gabino López Vargas, COSECHA, Honduras, 2006.

**NOTA:** Los materiales aquí mencionados, son para la construcción de un pozo de llantas tipo barril (Rin 15).

#### **B.1 PASOS A SEGUIR (Ver Anexo 1)**

- Se ubicó el pozo de llantas tipo barril debajo del techo de la casa para la captación del agua de lluvia y posterior uso, ya sea doméstico o agrícola.
- A las 5 llantas se les cortó aproximadamente unos 5-7 cm de únicamente un lado, siguiendo el agujero que éstas traen en el medio con la ayuda de un cincel o bien de un machete.
- Se hizo la mezcla de cemento y arena con una proporción de 3:1 al igual que se hizo para el pozo artesanal.
- Se fundió solo una llanta en el piso y luego se colocaron las otras cuatro llantas una encima de otra.
- A Las llantas se le hicieron unos pequeños agujeros en el lado de adentro por lo cuales se pasó el alambre de amarre, con el que se cosieron las llantas.

- Finalmente entre la costura de cada llanta se untó el tapa-gotera para que terminara de sellar algún hueco que hubiera quedado sin coser y se dejó secar al aire libre.
- Y listo el pozo de llantas tipo barril ya se encuentra apto para captar el agua de lluvia.

### **C. Materiales para el ferrocemento**

- 2 quintales de cemento,
- 1 tubos PVC de  $\frac{1}{2}$  “,
- 1 llave para chorro  $\frac{1}{2}$ ”,
- 1 bote de pegamento para PVC,
- 1  $\frac{1}{2}$  quintales de arena,
- 1 rollo de malla para gallinero de  $\frac{3}{4}$ ”,
- 2 libras alambre de amarre,
- 2 varillas de hierro de  $\frac{1}{4}$ ”,
- 1 canal cuadrado.

#### **C.1 Pasos a seguir (Ver Anexo 1)**

- Se seleccionó el tamaño del tanque de acuerdo a los requerimientos de los usuarios.
- Luego se procedió a seleccionar el área de construcción del tanque en lo cual se buscó que este quedara en tierra firme, luego se delimitó un círculo en el piso de 1 m de circunferencia.
- Posteriormente se seccionaron las dos varillas de hierro de  $\frac{1}{4}$ ”, dejándolas en secciones de un 1m de altura cada una.

- Se colocaron las secciones de las varillas a un distanciamiento de 5 cm entre ellas, siguiendo el contorno del círculo, para lo cual se aseguró que estuvieran bien firmes, esto con la finalidad de que permanecieran rígidas y así poder estirar la malla alrededor de ellas.
- Luego se colocaron dos capas de malla sobre el fondo del tanque, se doblaron hacia arriba por lo menos 10 cm de la malla entre las varillas de hierro de modo que quedaran dentro de las paredes que forman por fuera las varillas, luego se juntaron las dos capas de mallas con alambre de amarre. Luego se quitó la malla para esparcir una pequeña capa de cemento.
- Se mezcló el cemento, procurando que la mezcla no estuviera muy aguada, por lo que se evitó agregar el agua de una vez, especialmente porque la arena se encontraba húmeda, para la mezcla se utilizó una proporción de 3 partes de arena, 1 parte de cemento y tres cuartas partes de agua.
- Se humedeció el suelo y posteriormente se esparció 0.5 cm de cemento por el fondo del tanque, se dejó 1 cm libre alrededor de las varillas, luego se aplano la superficie del cemento pero se dejó áspera raspándola con una brocha.
- Posteriormente, procurando que el cemento no se endureciera se colocaron dos capas de malla para gallinero, por la parte exterior. Luego, se humedeció la mezcla de cemento con agua con el fin de que no se secase, después se agregó una capa de 0.5 cm de cemento. Se dejó 1 cm alrededor de las varillas procurando dejar la superficie del cemento áspera, posteriormente la superficie de cemento fresco se humedeció hasta poder terminar con la construcción del tanque.
- Luego se procedió a preparar el refuerzo de las paredes enrollando malla nuevamente alrededor de las varillas, de modo que todo quedara cubierto por un mínimo de dos capas de malla, asegurándose que las varillas se mantuvieran rígidas. Al aplicar la segunda capa de malla se procuró que los agujeros de la

misma quedaran a diferente nivel de los de la primera capa, juntando las capas de malla con alambre de amarre.

- Posteriormente se reforzó con alambre continuo alrededor de la estructura, el espacio entre cada vuelta de alambre fue de 5 cm alrededor del fondo de las paredes; se adicionó una vuelta más en el borde el tanque, se insertó uno de los tubos de PVC a una distancia de 5 cm del fondo de la estructura, así mismo se colocó otro tubo a nivel del fondo en cual se incluyó una tapa, la cual puede ser movida desde la parte exterior, esto con la finalidad de que pueda abrirse para drenar el agua sucia del tanque cada vez que desee limpiarse, esto con la finalidad de que pueda abrirse para drenar el agua sucia del tanque cada vez que desee limpiarse.
- Al día siguiente se procedió a quitar las varillas de hierro, luego se agregó una capa final lisa de cemento de 0.2 mm de espesor al interior y al fondo del tanque.
- Se mantuvo húmedo el tanque durante dos semanas antes de llenarlo.

#### **D. Materiales y accesorios para el tanque de plástico vertical**

- 2 quintales de cemento,
- 1 tubo PVC de  $\frac{1}{2}$  ",
- 1 llave para chorro  $\frac{1}{2}$  ",
- 1 bote de pegamento para PVC,
- 1  $\frac{1}{2}$  quintales de arena,
- 1 rollo de malla para gallinero de  $\frac{3}{4}$  ",
- 2 libra de alambre de amarre,
- 2 varillas de hierro de  $\frac{1}{4}$  ",
- 1 canal cuadrado,
- 5 ganchos para canal.

### **D.1 Guía de instalación para tanque de plástico vertical (Ver Anexo 1)**

- Por el peso tan ligero que presenta el tanque de plástico vertical, fue sencillo su transporte y elevación, en el lugar donde se instaló.
- Lo primero que se hizo fue desenroscar la tapa del tanque de plástico vertical.
- Luego se pasó una cuerda por el orificio de la conexión de la salida del tanque situado en la base del mismo, sacando la cuerda por la boca (tapadera) del tanque y haciéndole un nudo por fuera para lograr una elevación más sencilla.
- El tanque se colocó sobre una pila grande de dos lavaderos, de 1 metro de altura, con el fin de lograr una presión de agua adecuada en la vivienda, dejando entre la salida de agua más alta de la casa (ducha) y la salida del tanque, una altura de 2 m.
- El filtro del tanque se colocó en un punto de la cañería (elegido por lo usuarios) entre la red de suministro de agua y la entrada al tanque para agua.
- Luego, se introdujo la válvula de llenado de  $\frac{3}{4}$ " , provista con el tanque, al tanque, por el orificio encontrado en el cuello del tanque, sujetándose por la parte exterior con la contratuerca.
- Se enroscó al extremo exterior de la válvula un conector, y se continuó su instalación hacia el exterior.
- Después, se atornilló el flotante número 7, provisto también con el tanque, a la varilla del mismo, haciéndose coincidir el dentado de la cremallera del extremo de la varilla flotante, al dentado de la cremallera de la válvula.
- Luego, se ajustó el ángulo de inclinación de acuerdo al nivel del agua máximo deseado, el cual es preferible a  $45^\circ$  , fijándose con el tornillo.

- De acuerdo a la preferencia y exigencia de las necesidades de los usuarios, la salida del agua puede ser lateral o inferior, eligiéndose para esta ocasión la salida lateral.
- Se colocó el tapón provisto con el tanque en la salida que no se utilizó.
- Se enroscó el tubo de salida roscado, a mano, hasta llegar al tope de la conexión.
- Finalmente, se utilizó una llave (Stilson) para terminar de enroscar bien el tubo (como máximo un cuarto de vuelta es suficiente) a la salida;
- Y listo, el tanque de plástico vertical se encuentra preparado para que se habilite el sistema de agua y se llene el tanque.

**NOTA:** Para los meses de muestreo comprendidos de junio a octubre se mantuvo cerrada la llave de paso (válvula exterior) del agua de la tubería a modo de que no interfiriera con la investigación.

#### **E. Limpieza de los sistemas captadores de agua de lluvia**

- Se limpiaron todos los sistemas captadores de agua de lluvia que se evaluaron en la investigación, entre la tercera y cuarta semana del mes de mayo, a modo que quedaron sin agua y se encontraron listos para captar la primera agua de lluvia.

#### **2.4.2 Fase de gabinete**

- Se revisó información bibliográfica de distintas fuentes para su comprensión, análisis, documentación y sistematización de la misma.

- Información general sobre laboratorios que realizaron los análisis físico-químicos y bacteriológicos del agua.

### **2.4.3 Fase de campo final**

#### **2.4.3.1 Toma de muestras**

- La toma de muestras de agua de lluvia se realizó con el fin de evaluar la calidad de la misma.
- Se tomó la primera muestra de agua al momento de que llovió por primera vez en el municipio de Rabinal, Baja Verapaz y fue llevada al laboratorio de la Facultad de Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala para su análisis físico-químico y bacteriológico.
- Luego se tomaron muestras de agua de lluvia almacenadas en los distintos sistemas captadores de agua de lluvia cada mes durante la época lluviosa, cada cuatro semanas y también se analizaron en los laboratorios de la Facultad de Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, bajo las mismas condiciones que se analizó la primera muestra de agua de lluvia.
- Los parámetros que llevó cada análisis de agua (físico-químico y bacteriológico) se anexaron al final del documento, siendo los siguientes:

#### **2.4.3.2 Análisis físico-químico**

Para el análisis físico-químico se determinaron los siguientes parámetros para todas las muestras de agua:

- pH,
- Conductividad,
- Alcalinidad,
- Turbidez,

- Sulfatos,
- Dureza,
- Sólidos totales.

#### **2.4.3.3 Análisis bacteriológicos**

Para los análisis bacteriológicos se determinaron los parámetros de:

- Recuento heterotrófico en placa de bacterias,
- Bacterias coliformes totales,
- Bacterias coliformes fecales.

#### **2.4.3.4 Parámetros técnicos evaluados en los cuatro sistemas captadores de agua de lluvia**

- Construcción:
  - Tiempo,
  - Mano de obra,
  - Materiales utilizados,
  - Tamaño,
  - Volumen captado en cada sistema,
- Durabilidad de los sistemas,
- Mantenimiento de cada sistema,
- La calidad del agua para beber.

#### **2.4.3.5 Parámetros socioeconómicos evaluados en los cuatro sistemas captadores de agua de lluvia**

- Costos unitarios y totales por construir cada sistema,
- Forma de almacenamiento del agua recolectada,
- Aceptabilidad de los sistemas (Se elaboró una boleta de encuesta, la cual se pasó a un total de 20 mujeres que participaron en la investigación):
  - Bajo y/o Alto costo en los cuatro sistemas,

- Facilidad y/o dificultad para la construcción de cada uno de los sistemas,,
- Capacidad de almacenamiento de agua,
- Utilidad del agua recolectada en cada uno de los sistemas,
- Comparar la aceptación del agua de lluvia recolectada versus el agua envasada,
- Determinar el rol de la mujer en cuanto a la recolección y/o utilización del agua.

**NOTA:** La boleta se anexó al final del documento con toda la información antes descrita y alguna otra información extra.

#### **2.4.4 Fase final de gabinete**

- Se analizó, interpretó y procesó toda la información recopilada y verificada en la fase de campo.
  
- Se elaboró el documento final.

## 2.5 RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN

### 2.5.1 Parámetros técnicos evaluados en los cuatro sistemas captadores de agua de lluvia

#### 2.5.1.1 Construcción

##### A. Tamaño de los sistemas captadores de agua de lluvia y volumen captado en cada uno

En general, tanto el tamaño como el volumen de cada sistema está basado en las expectativas de los usuarios y sus familias y en función de los diversos usos que les vayan a dar a los sistemas, así como de la cantidad de dinero que puedan y estén dispuestos a gastar en su construcción, de la calidad de agua que desean almacenar, entre otras.

En el Cuadro 15, se pueden observar los distintos tamaños y volúmenes captados en los cuatro sistemas captadores de agua de lluvia. El pozo artesanal es el que presenta tanto el mayor tamaño como el mayor volumen de captación, siendo las medidas del pozo de 3.00 x 3.00 x 1.50 metros, captando con ello su capacidad máxima de 13,500 litros de agua de lluvia.

Por otro lado, el pozo de llantas es el que tiene la menor capacidad de recolectar agua de lluvia, ya que únicamente captó 70 litros de agua (Ver Cuadro 2.15) y esto se debe a que sus medidas (ring) son relativamente pequeña en comparación con los otros sistemas captadores, siendo generalmente, el que va a presentar los volúmenes de agua más bajos, debido a que está determinado y limitado por la circunferencia (diámetro) de sus llantas.

El ferrocemento para esta ocasión recolectó 80 litros de agua de lluvia, por sus pequeñas medidas 1.00 x 0.32 metros, de acuerdo a los requerimientos de los usuarios, pero estos sistemas pueden llegar a captar hasta más de 10 m<sup>3</sup> de agua de lluvia al ser sus medidas más grandes, por ejemplo, de 3.00 x 1.25 metros con lo cual se obtienen 15,000 litros de agua recolectados a través de este sistema (Cuadro 2.15).

Finalmente, el tanque de plástico vertical posee una máxima capacidad de recolección de agua de lluvia de 2,500 litros, ya que aún no se han desarrollado en el mercado tanques con capacidades mayores a ésta. Sin embargo, no está muy lejos de que en el futuro se lleguen a vender tanques con capacidades de almacenamiento iguales o mayores a las propuestas por estos sistemas. Para esta ocasión la capacidad del tanque fue de 1,000 litros de agua de lluvia, quedándose corto en comparación del pozo artesanal y muy por arriba del pozo de llantas y ferrocemento (Cuadro 2.15). Encontrándose en cuanto a tamaño y volumen se refiere, el pozo artesanal como el mejor ejemplar de los cuatro propuestos, para estas dos variables.

#### **B. Tiempo de construcción, instalación y mano de obra utilizada en cada uno**

El tiempo de construcción va a variar y a depender del tamaño del sistema captador de agua de lluvia que los usuarios deseen. Ya que para el caso del pozo artesanal, el tiempo de construcción fue de cinco días debido a que su tamaño era grande (3.00 x 3.00 x 1.50 metros) y por lo mismo requirió, en promedio, cinco personas diarias divididas en dos turnos de trabajo durante el día con jornadas de ocho horas diarias. El trabajo de este pozo fue el más complicado en cuanto al esfuerzo físico que se tuvo que hacer, ya que se excavó y extrajo mucha tierra del agujero, agregando a esto el implacable sol con sus rayos ardientes durante dichas horas de trabajo (Cuadro 2.15).

Luego se encuentra el ferrocemento, para el cual se tuvieron tres días de trabajo con jornadas de seis horas para cada día debido a que para este sistema se tomó el suficiente tiempo para dejar secar la estructura de cemento ya que tenían que ir secas tanto el piso como las paredes del ferrocemento, antes de echarles la segunda capa de cemento, además de que se tenía que tener cuidado al echar las capas de cemento ya que se debía de dejar un pequeño espacio entre la malla y las varillas de hierro. La estructura del ferrocemento en sí, es pequeña pero por lo explicado anteriormente es que se extendió el tiempo de trabajo, en cuanto a mano de obra se refiere, se requirió de cuatro personas, ya que se debía estar cuidando prácticamente de que no se secara

siquiera un poco el cemento y de colocar la malla adecuadamente y unir la del piso con la de las paredes por medio de alambre de amarre por lo cual fue necesario tener bastante mano de obra a pesar de ser tan pequeño (Cuadro 2.15).

Por otro lado, tanto el pozo de llantas como el tanque de plástico vertical, fueron los de menor tiempo y mano de obra. Por un lado, el pozo de llantas por ser un sistema sencillo y pequeño relativamente en comparación con el pozo artesanal (tamaño) y con el ferrocemento (mano de obra); ya que para su construcción únicamente requirió medio día de trabajo con una jornada de cinco horas y tres personas para su ejecución, siendo el de menor tiempo de los cuatro sistemas captadores de agua de lluvia; por otro lado, el tanque de plástico vertical le siguió al pozo de llantas en tiempo y mano de obra, utilizando solamente un día de trabajo con una jornada de ocho horas, y se tardó porque en las ferreterías solo solicitan los tanques conforme se van pidiendo por las personas ya que les afecta el espacio físico del lugar no pueden tener los tanques dentro de sus locales y los mandan a traer retardando así que pueda colocarse más rápido y se tarde un menor tiempo. Básicamente este sistema ya está construido al contrario de los otros tres sistemas y lo que se hizo fue la instalación y conexión del mismo a la tubería para que después de que se utilizara para la investigación, sirviera en los hogares también tanto con agua municipal como del cielo. En cuanto a la mano de obra fue el que presentó la menor cantidad (dos personas), ya que el tanque es ligero y fácil de manejar y transportar no necesita tantas personas en comparación con los otros tres sistemas, además de que solo se instala y no se construye (Cuadro 2.15).

**Cuadro 2.15** Comparación del tamaño, volumen, tiempo y mano de obra utilizada en la construcción e instalación de los cuatro sistemas captadores de agua de lluvia.

<b>Tipo de pozo</b>	<b>Dimensiones del pozo (m)</b>	<b>Volumen captado (L)</b>	<b>Tiempo de construcción * instalación (Días)</b>	<b>Mano de obra utilizada (Personas)</b>
<b>Pozo Artesanal</b>	3.00 x 3.00 x 1.50	13,500	5 días con jornadas de 8 horas diarias	5
<b>Pozo de llantas</b>	0.60 x 0.38	70	½ día con una jornada de 5 horas	3
<b>Ferrocemento</b>	1.00 x 0.32	80	3 días con jornadas de 8 horas diarias	4
<b>Tanque de plástico vertical</b>	1.40 x 3.0	1,100	* 1 día con una jornada de 8 horas	2

**Fuente:** Elaboración propia, 2007.

### 2.5.1.2 Durabilidad de los sistemas

#### A. Pozo artesanal

Con respecto a las experiencias desarrolladas que se han tenido en Honduras con el pozo artesanal, y por lo que se ha visto hasta la fecha, estos pozos están durando entre ocho y diez años y claro va a depender directamente del manejo y trato que se le dé durante el transcurso de los años.

### **B. Pozo de llantas**

Este pozo al igual que el pozo artesanal, tiene una vida útil promedio de ocho años, basados en experiencias hondureñas e igualmente va a depender del mantenimiento que le den los usuarios, aunque en teoría debería de durar un buen tiempo por ser caucho de llantas el material principal del que está construido el pozo.

### **C. Ferrocemento**

Para el ferrocemento los años de utilidad son entre veinte y treinta años manejándose adecuadamente y utilizándose para guardar únicamente el agua de lluvia y procurando proveerle sombra para que con el paso del tiempo no se empiece a agrietar y termine rajándose.

### **D. Tanque de plástico vertical**

La vida útil de los tanques de plástico vertical es de treinta y cinco años, ubicándose como el de mayor tiempo en cuanto a utilidad y funcionamiento se refiere, y pues, por supuesto que al igual que los otros tres sistemas antes mencionados va a depender del cuidado por parte de los usuarios.

Como se describió anteriormente, el sistema con más años de vida útil es el tanque de plástico vertical, por ser hecho especialmente con materiales y tecnología avanzada para el almacenamiento del agua.

El pozo artesanal y el pozo de llantas son los más bajos en durabilidad con respecto al tiempo, ya que su vida útil es en promedio de ocho años, esto en parte a que son sistemas hechos a base de cemento y al paso de los años este material, sino se cuida bien, tiende a agrietarse por los rayos del sol y por dejarlos sin agua tiempo prolongado, lo cual provoca sus lesiones.

Finalmente el ferrocemento es el sistema que se encuentra en una vida útil promedio de veinte y treinta años, convirtiéndose en una buena alternativa, por ser un sistema cerrado al igual que el tanque, con la única salvedad que también es delicado con respecto al sol, ya que tiende a agrietarlo y si no es atendido rápido puede terminar quebrándose por ser hecho a base de cemento.

### **2.5.1.3 Limpieza y mantenimiento de los sistemas**

La limpieza que debe de dárseles a los cuatro sistemas captadores de agua de lluvia, generalmente, es muy similar ya que tanto para el pozo artesanal, pozo de llantas, ferrocemento como para el tanque de plástico vertical, se deben de vaciar al menos dos veces al año cada seis meses, de preferencia se debe de hacer en los días que se utilizan menos los sistemas para no interferir con las actividades importantes de cada familia, aunque es aconsejable hacerlo cuando se comiencen a ver ligosas las paredes de los sistemas, de preferencia cada cuatro meses.

Se deben de limpiar como normalmente se haría con una pila de casa utilizando cepillos, cloro, baldes y abundante agua. Se debe de remover el material de sedimentado como el barro que se encuentra en el fondo del tanque, cepillando el fondo del tanque y las paredes con abundante agua, y luego se debe de abrir la llave de salida del agua para vaciar nuevamente los pozos. Una vez se encuentran lavados se procede a la desinfección de los sistemas para la cual se debe de preparar una solución disolviendo una botella de blanqueador (cloro) comercial en 10 litros de agua y nuevamente se deben de cepillar las paredes y el fondo de los pozos pero ahora con esta solución, dejándola actuar durante cuatro horas y finalmente, se vuelven a desaguar y a abrir la llave de salida y ya se encuentran listos nuevamente para captar el agua de lluvia.

Exceptuando únicamente al tanque de plástico vertical al cual solamente se le va a practicar la desinfección con la solución preparada de cloro y agua por ser el sistema que más impide la penetración de la luz solar y por ende la formación de algas, y de partículas del aire, por encontrarse completamente cerrado, además de ser la entrada tan reducida

con lo cual no permite el fácil acceso para su limpieza, dejando actuar únicamente al cloro por cuatro horas para su posterior desagüe.

En general, para un buen mantenimiento y asegurarse que la máxima cantidad de agua de lluvia es recolectada adecuadamente, se hace necesario realizar ciertas actividades periódicamente entre ellas:

- Conservar el tejado en buenas condiciones, es decir, reparar cualquier hueco en el tejado y cambiar las tejas en mal estado para prevenir goteras.
- Limpiar el tejado entre lluvias, removiendo partículas extrañas y materia fecal de pájaros.
- Conservar los canales en buenas condiciones, asegurándose de que estén firmemente atados al tejado y que estén bien unidas entre ellos para evitar escapes de agua cuando llueva.
- Remover partículas depositadas en los canales que puedan obstruir el paso del agua por los mismos.

#### **2.5.1.4 Calidad del agua almacenada en cada sistema para potabilidad**

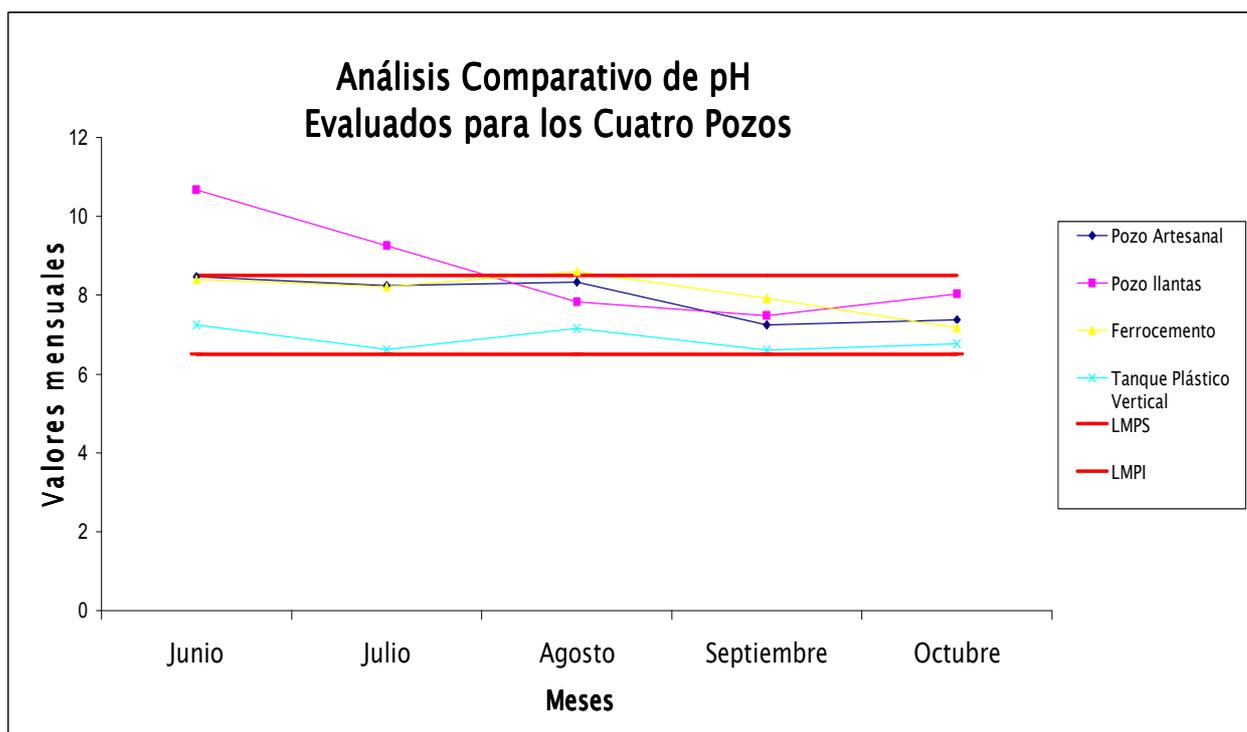
##### **A. Potencial de hidrógeno (pH)**

Definición.org (2007), indican que el pH es una medición de la cantidad relativa de iones de hidrógeno e hidróxido en el agua. El pH de las aguas superficiales de los cuerpos de agua debe encontrarse en el intervalo de 6.5 a 8.5 en unidades de pH; como puede observarse en la Figura 2.6, los promedios obtenidos en el pozo artesanal, ferrocemento y tanque plástico vertical se encuentran dentro del Límite Máximo Permisible (LMP), según la Norma COGUANOR NGO 29 001.

El único sistema captador de agua de lluvia que se encuentra fuera de estos límites en promedio es el pozo de llantas, ya que presenta dos de los tres valores más altos registrados en el meses de junio con un valor de pH de 10.67 y para el mes de julio con un

valor de pH de 9.25; esto se debe a que tanto el pH del cemento como el pH del caucho son altos y la mezcla de ambos elevó los niveles del pH en el pozo, aunando a ello que fueron las primeras lluvias (en los meses de junio y julio) en las cuales se encuentra el  $\text{CO}_2$  disuelto de la atmósfera, razón por la cual presenta los valores más altos. Exceptuando el mes de agosto para el ferrocemento, en el cual el pH fue de 8.6, todos éstos con pH mayores a 8.5 (ver Figura 2.6), siendo los valores de pH más altos durante estos meses, encontrándose fuera del rango o límite máximo permisible (8.5); lo cual indica que existe una mayor concentración de iones de hidróxido, presentando, por lo tanto pH básicos.

En general, el agua de los pozos se encontró dentro de un rango de pH alcalino o básico, esto producto de la concentración de sales por la ausencia de las lluvias de la época seca y por la mayor concentración de iones de hidróxido; excepto para el tanque de plástico vertical que fue el que presentó los pH más bajos, es decir, más ácidos a lo largo de los cinco muestreos, ya que para los meses de julio, septiembre y octubre los valores de pH fueron los siguientes: 6.62, 6.61 y 6.77 respectivamente, debiéndose a la dilución y el arrastre de materia orgánica por la esorrentía característica de la época lluviosa, la cual al descomponerse genera ácidos húmicos que disminuyen el pH y, por la mayor concentración de iones de hidrógeno, lo cual se corrobora en el valor promedio de 6.88 en unidades de pH (Ver Figura 2.6).



**Figura 2.6** pH de los cuatro sistemas de captación de agua de lluvia durante los cinco meses de muestreo.

### B. Conductividad eléctrica

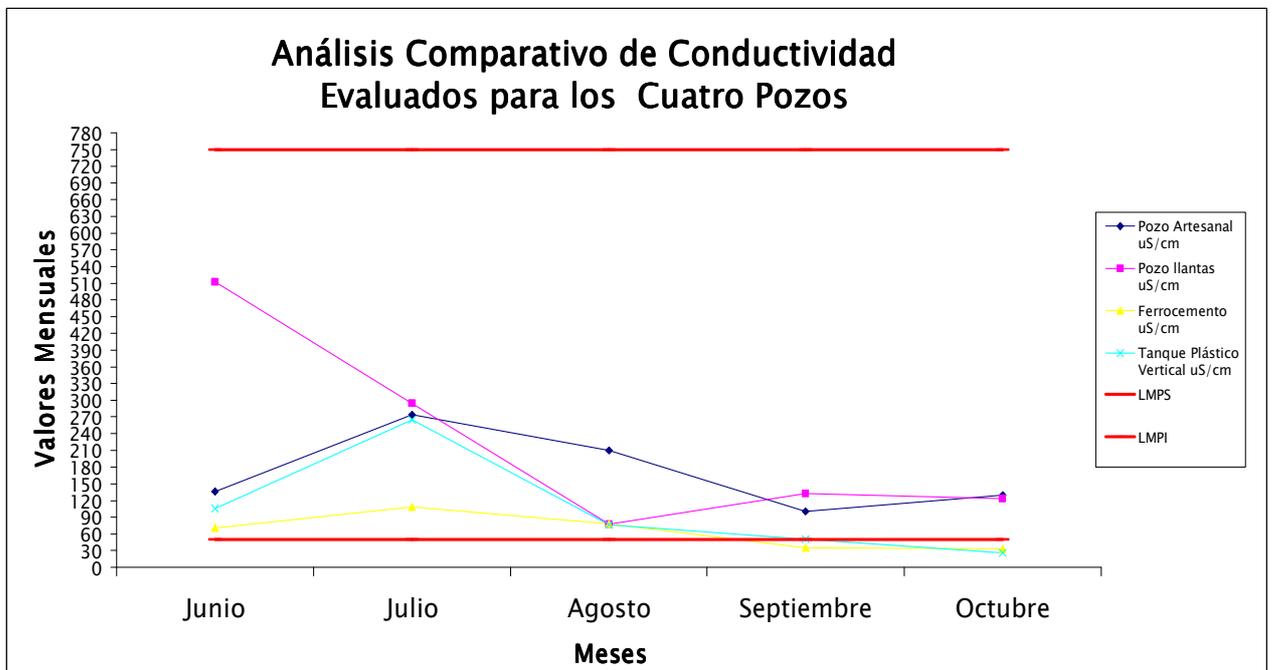
Definición.org (2007), indican que la conductividad es la cantidad de electrolitos disueltos o sustancias disueltas ionizadas y depende en gran medida de la cantidad de materia sólida disuelta en el agua (como la sal). Los valores de conductividad obtenidos durante los cinco muestreos llevados a cabo de junio a octubre, son el reflejo de estos electrolitos disueltos en el agua de los cuatro sistemas de captación de agua de lluvia. La conductividad está estrechamente relacionada con el terreno que atraviesan y la posibilidad de disolución de rocas y materiales; del tipo de sales presentes; del tiempo de disolución; temperatura; pH y en general de todas las condiciones que pueden afectar la solubilidad.

Como producto de la concentración de sales en la época seca se observa un pico en la conductancia en todos los puntos de muestreo en el mes de junio para el pozo de llantas, con un valor de conductividad que alcanza el máximo de  $512 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Siguiendo

con el mes de julio tanto para el pozo artesanal, el pozo de llantas como para el tanque de plástico vertical con valores de  $274 \mu\text{S/cm}$ ,  $294.5 \mu\text{S/cm}$  y  $265 \mu\text{S/cm}$ , respectivamente (Ver Figura 2.7).

Por otro lado, la conductividad presenta valores muy por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP), para el mes de septiembre con un valor de  $34.5 \mu\text{S/cm}$  para el ferrocemento; para el mes de octubre,  $33.2 \mu\text{S/cm}$  para el ferrocemento y  $25.7 \mu\text{S/cm}$  para el tanque plástico vertical (Ver Figura 2.7). Esto se debe a la disolución de minerales, gases y polvo que se encuentran en el aire, los cuales son diluidos por las lluvias, especialmente si la naturaleza de la precipitación es ácida y a la escorrentía que favorece el enriquecimiento del agua; con lo cual no se ve afectada directamente el agua ni su calidad.

Los valores de conductividad eléctrica no pueden interpretarse aisladamente, puesto que como es evidente están en función de otros parámetros medidos, tales como, la turbidez, los sólidos totales.



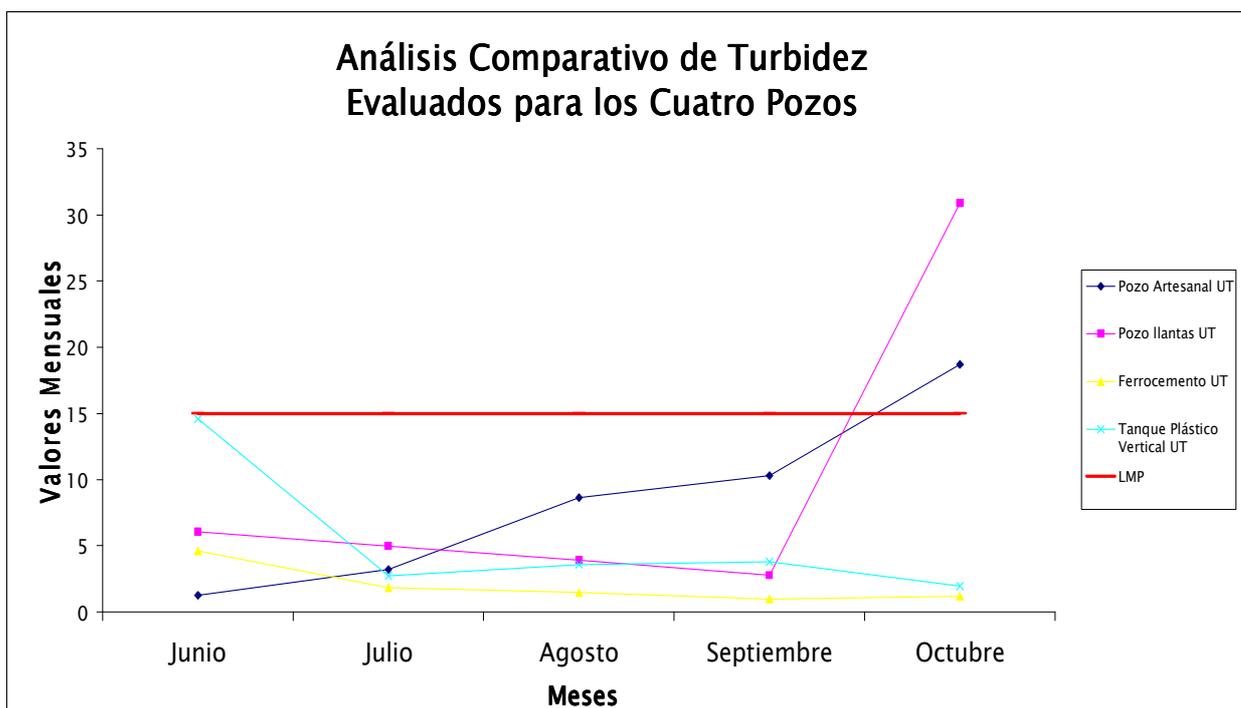
**Figura 2.7** Conductividad de los cuatro sistemas de captación de agua de lluvia durante los cinco meses de muestreo.

### C. Turbidez

Seed et al (2007), indican que la turbidez es un parámetro relacionado con el grado de transparencia y limpieza del agua que a su vez depende de la cantidad de sólidos en suspensión del agua, que pueden ser resultado de una posible actividad biológica o simplemente una presencia de componentes no deseables.

Durante el estudio se obtuvieron valores entre 0.98 UT como mínimo y 30.9 UT como máximo. Los valores más altos se pueden observar en el mes de octubre tanto para el pozo artesanal con 18.7 UT como para el pozo de llantas 30.9 UT, siendo éstos los valores que se encuentran fuera del Límite Máximo Permisible (LMP), cuyo valor es 15 UT (Ver Figura 2.8). Ambos pozos presentan los mayores valores, debido a que se encontraban expuestos al ambiente directo, es decir, sin protección alguna contra las corrientes de aire, las que arrastraron mayor cantidad de material particulado o en suspensión, como: materia orgánica e inorgánica finamente divididos, arcilla, organismos microscópicos, etc, introduciéndolas a los pozos, originando que el agua de dichos sistemas perdiera su transparencia y se volviese opaca, lo cual indica que el agua tiene valores de turbidez altos, resultando en promedios de 8.426 UT para el pozo artesanal y de 9.732 UT para el pozo de llantas (Ver Figura 2.8).

En comparación de los otros dos sistemas de captación de agua de lluvia que se encontraron cerrados la mayor parte del tiempo del muestreo, en los que se reportaron valores bajos y se encontraron dentro del límite. El valor más bajo observado se reportó para el ferrocemento con un valor de 0.98 UT en el mes de septiembre, y en general fue el sistema que más valores bajos reportó durante los cinco muestreos, lo cual se corrobora en el promedio de 2.016 UT. Seguido del tanque de plástico vertical con un promedio de 5.34 UT. Estos sistemas en comparación de los otros dos anteriores reportaron valores más bajos, debido a que el agua que se encontraba en ellos era mucho más limpia, transparente, cristalina y contenía menos materia sólida suspendida en el agua, ya que estos sistemas eran prácticamente cerrados y no se encontraban expuestos a la superficie del suelo (Ver Figura 2.8).



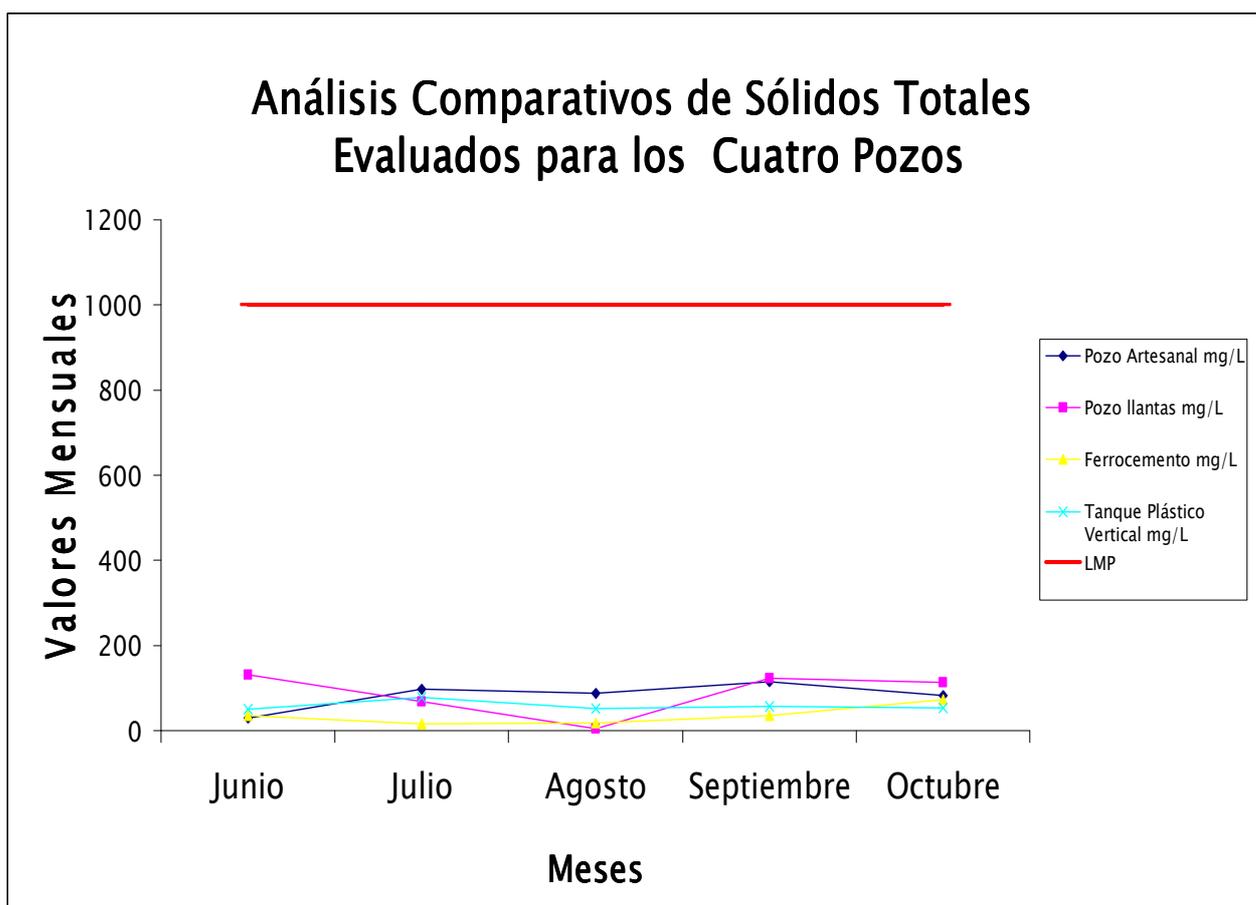
**Figura 2.8** Turbidez de los cuatro sistemas de captación de agua de lluvia durante los cinco meses de muestreo.

#### D. Sólidos totales

Indicadores de la calidad ambiental (2007), indican que los sólidos totales son una medida del total de materia presente en el agua, es decir, de los sólidos sedimentables, en suspensión y disueltos; ya sean sustancias en solución, materia erosionada, o plancton. La alta concentración de sólidos se observa en el pozo artesanal y en el pozo de llantas con un máximo de 132 mg/L en el mes de junio, 123 mg/L en el mes de septiembre y de 113 mg/L en el mes de octubre en el pozo artesanal; y de 115 mg/L en el mes de septiembre en el pozo de llantas (Ver Figura 2.9), todos estos encontrándose dentro del Límite Máximo Permisible (LMP) cuyo valor es de 1,000 mg/L. La concentración de los sólidos que se observa en estos meses se debe al arrastre, erosión y lavado de materiales del suelo hacia los pozos, especialmente en el pozo artesanal, por el agua de lluvia, reduciendo la penetración de la luz e incrementando la carga de nutrientes.

Por otro lado, los valores más bajos reportados se encuentran en los meses de julio y agosto para el sistema de captación de agua de lluvia de ferrocemento, con valores de 16 mg/L y de 18 mg/L respectivamente, siendo los valores más bajos en promedio de 35.4 mg/L; lo cual indica que existió una menor concentración de sólidos totales debido a que éste se encontraba cerrado, al igual que el tanque de plástico vertical con valores promedios de 58.4 mg/L (Ver Figura 2.9).

Todos los valores se encuentran muy bien, ya que no exceden ni el 25% del Límite Máximo Permissible, sino únicamente se encuentran alrededor del 13.2% de los 1,000 mg/L que es el límite aceptable; por el contrario las aguas que pasan éste límite, son aguas totalmente desagradables en cuanto al olor y extremadamente sucias, como las aguas residuales, vertidas, etc.



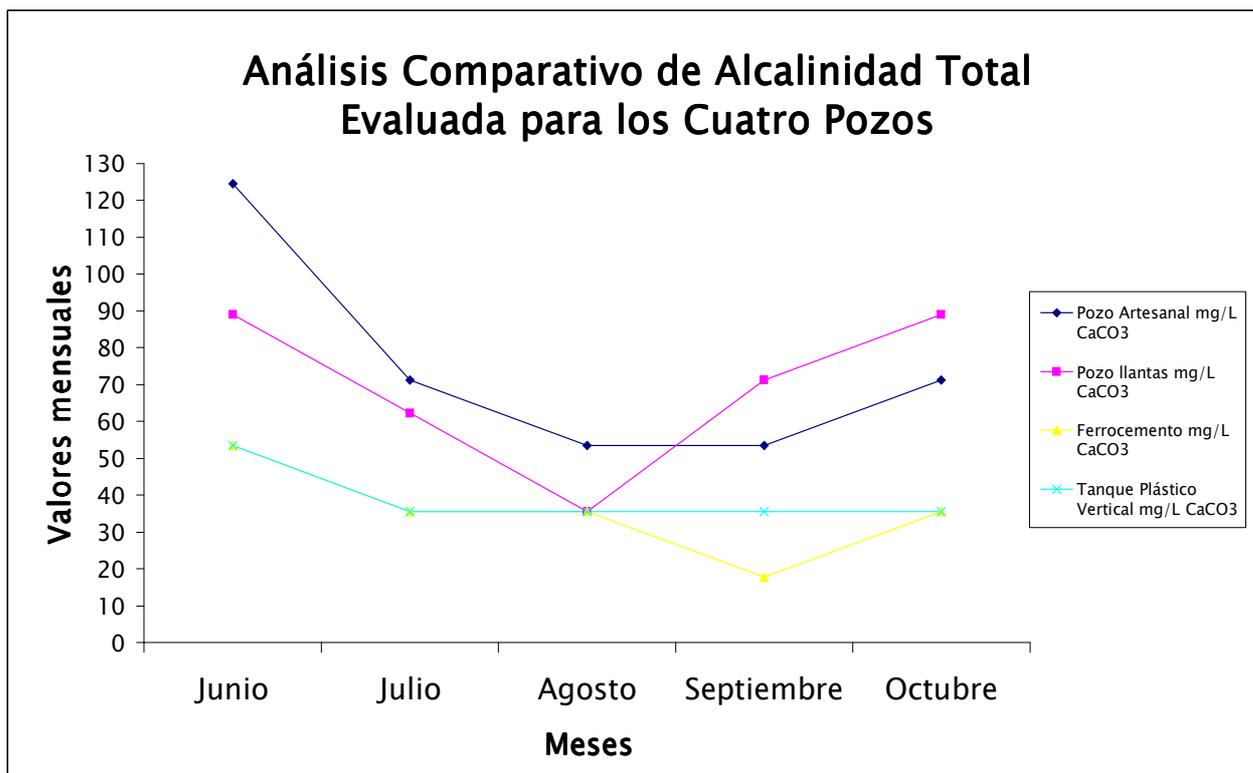
**Figura 2.9** Sólidos Totales de los cuatro sistemas de captación de agua de lluvia durante los cinco meses de muestreo.

### **E. Alcalinidad**

Libro electrónico ciencias de la tierra y del medio ambiente (2007), indican que la alcalinidad es un fenómeno que representa la capacidad de neutralización ácida de un sistema acuoso, manteniendo el pH en un valor muy estable, al absorber los protones.

Los valores más altos registrados de junio a octubre, fueron para el pozo artesanal con un máximo de 124.6 mg/L  $\text{CaCO}_3$  en el mes de junio, con un valor promedio de 74.76 mg/L  $\text{CaCO}_3$ . Por otro, el pozo de llantas presentó los valores de 89 mg/L  $\text{CaCO}_3$  en los meses de junio y octubre con valores promedios de 69.42 mg/L  $\text{CaCO}_3$  (Ver Figura 2.10). Estos valores se deben a la elevada concentración de sales durante la época seca o de verano, ya que se encontraban expuestos al clima, al ambiente y a las corrientes de aire que arrastraron diversas partículas tanto orgánicas como inorgánicas.

El valor más bajo registrado fue de 17.8 mg/L  $\text{CaCO}_3$  en el mes de septiembre para el ferrocemento, con valores promedios de 35.6 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , seguido del tanque de plástico vertical con un promedio de 39.16 mg/L  $\text{CaCO}_3$  (Ver Figura 2.10). En estos sistemas los valores fueron relativamente constantes, ya que se mantuvieron alrededor de los 35.6 mg/L  $\text{CaCO}_3$  por lo que se considera que en general, todos los valores de alcalinidad son lo suficientemente estables, en cuanto la capacidad tampón del agua en estos sistemas de captación de agua de lluvia, evitando que los niveles de pH del agua lleguen a ser demasiado básicos o ácidos, al mantenerlos entre el rango de 7-8 (Ver Figura 2.10).



**Figura 2.10** Alcalinidad Total de los cuatro sistemas de captación de agua de lluvia durante los cinco meses de muestreo.

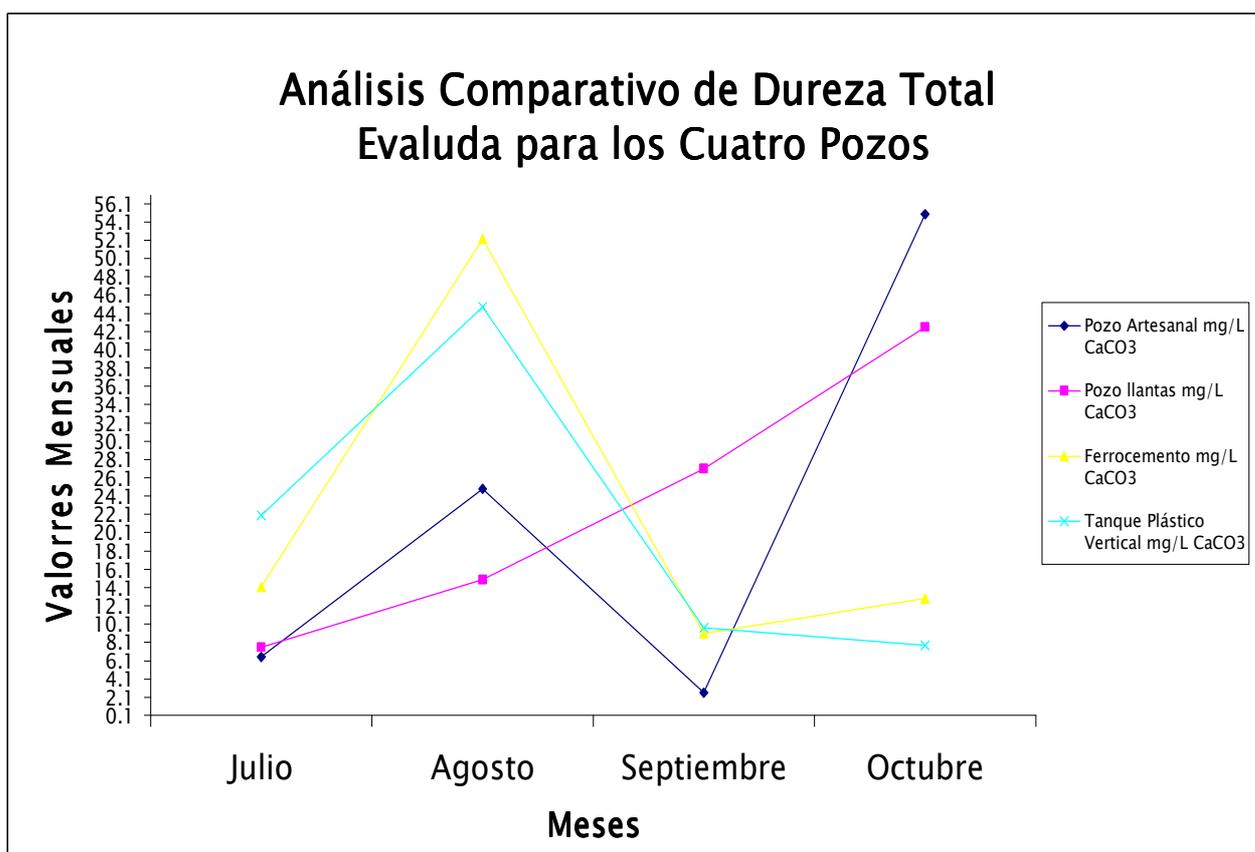
### F. Dureza

Spanish study guide (2007), indican que esta medición como tal da una idea de la cantidad de Calcio y Magnesio presentes en el agua y siendo el Calcio el catión mayoritario en aguas de fuentes naturales, da una aproximación del grado de mineralización que tiene el agua. Se considera que un agua es dura cuando supera el valor de 120 mg/L CaCO<sub>3</sub> y por tanto está fuertemente mineralizada.

Los valores durante los muestreos de junio a octubre se mantuvieron estables con valores promedio entre 21-23 mg/L CaCO<sub>3</sub> (Ver Figura 2.11) para los cuatro sistemas de captación de agua de lluvia, encontrándose en la clasificación de dureza entre las aguas blandas o suaves entre los rangos de 0-100 mg/L CaCO<sub>3</sub>.

Se observaron únicamente dos valores altos de 54.94 mg/L  $\text{CaCO}_3$  en el mes de octubre en el pozo artesanal y de 52.23 mg/L  $\text{CaCO}_3$  en el mes de agosto en el ferrocemento (Ver Figura 2.11), esto se debe a que ambos sistemas se encuentran fundamentalmente contruidos con cemento, el cual posee carbonatos de calcio y magnesio que se encuentran presentes en el agua y mezclándose con la misma, es decir que el agua se encuentra mineralizada.

El valor más bajo encontrado es de 2.58 mg/L  $\text{CaCO}_3$  en septiembre en el pozo artesanal (Ver Figura 2.11), debido a las frecuentes y excesivas lluvias durante este mes se registró una menor cantidad de metales alcalinotérreos, fundamentalmente sales de Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), por lo tanto una mayor disolución de rocas y minerales y una menor acidez del agua, es decir que se da un pequeño proceso de desmineralización durante este mes.



**Figura 2.11** Dureza Total de los cuatro sistemas de captación de agua de lluvia durante los cinco meses de muestreo.

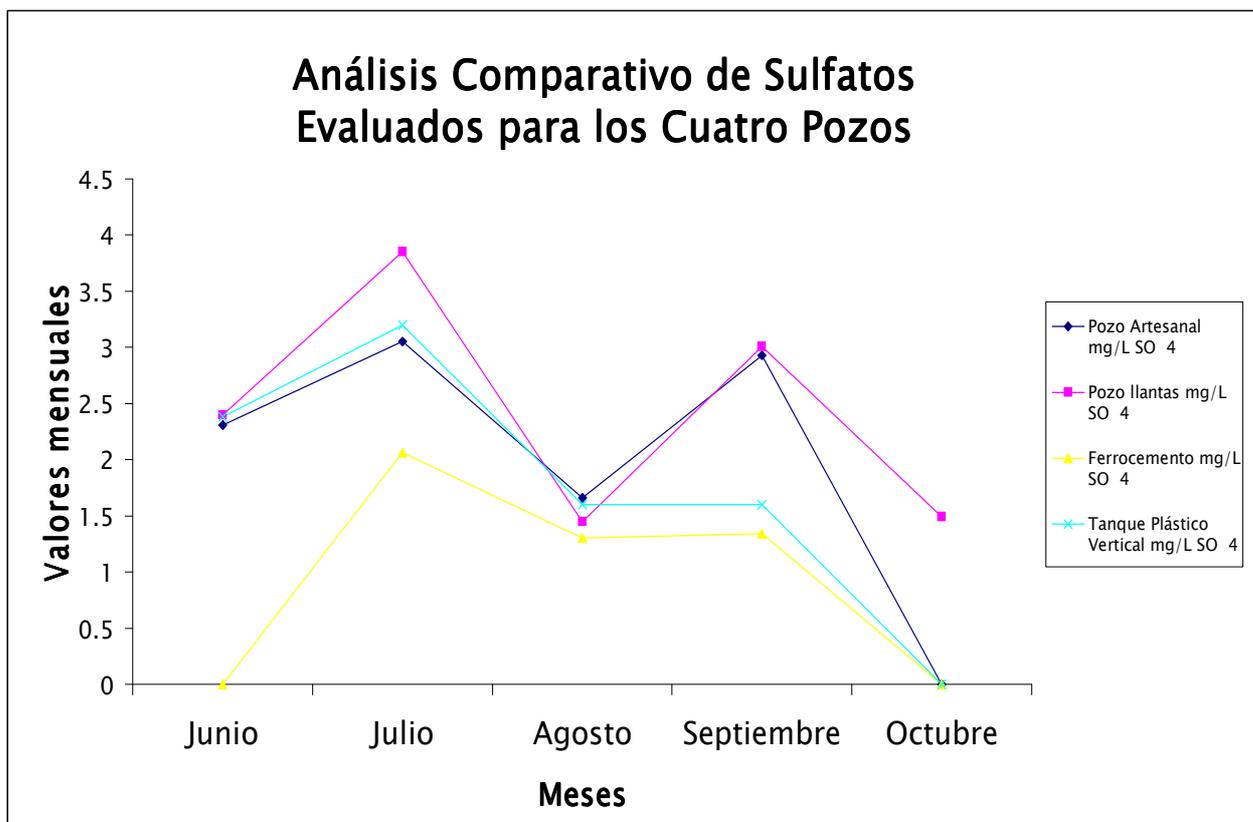
### **G. Sulfatos**

Arte10.com (2007), indican que los sulfatos son indicadores sobre todo de contaminación de tipo industrial. Sin embargo se utilizan para caracterizar las condiciones fisicoquímicas de los cuerpos de agua.

Estas concentraciones tienen su origen en la disolución de minerales que son arrastrados por las lluvias y el viento hacia los pozos y también de manera significativa por la oxidación de los sulfuros que son producto de la descomposición de material orgánico.

Durante los meses de junio a octubre, en todos los muestreos y en los cuatro sistemas captadores de agua de lluvia, las concentraciones de sulfatos se mantuvieron dentro del Límite Máximo Permisible (LMP), ya que no excedieron ni el 5% de los 250 mg/L  $\text{SO}_4$ . Siendo en promedio el máximo exponente de 2.44 mg/L  $\text{SO}_4$ ; presentando valores de 0 mg/L  $\text{SO}_4$  en tres de los cuatro sistemas, con lo cual refleja que no existe contaminación alguna de tipo industrial, por ende no necesarios los tratamientos de agua (sulfato de aluminio), para su purificación y por lo mismo no exceden los límites (Ver Figura 2.12).

Los valores máximos se encontraron para los meses de julio con 3.05 mg/L  $\text{SO}_4$  para el pozo artesanal, 3.85 mg/L  $\text{SO}_4$  para el pozo de llantas y 3.2 mg/L  $\text{SO}_4$  para el tanque de plástico vertical; y para el mes de septiembre únicamente para el pozo de llantas con 3.01 mg/L  $\text{SO}_4$  (Ver Figura 2.12). Pero como se mencionó anteriormente son irrelevantes dichos resultados debido a que el agua de los cuatro sistemas no presenta ningún tratamiento de tipo industrial y por lo tanto no son representativos dichos resultados en cuanto a sulfatos se refiere.



**Figura 2.12** Sulfatos de los cuatro sistemas de captación de agua de lluvia durante los cinco meses de muestreo.

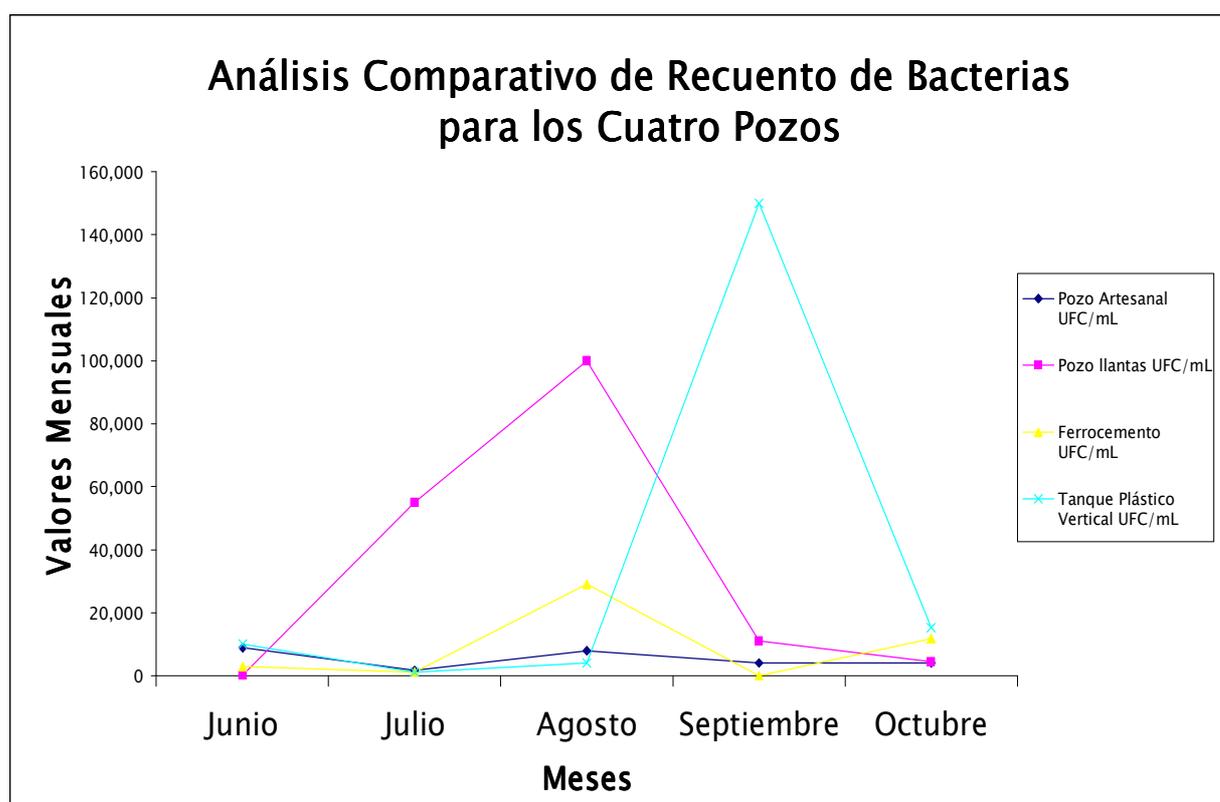
#### H. Recuento heterotrófico en placa de bacterias

Hidritec (2007), indican que las bacterias forman uno de los tres dominios en los que se dividen los seres vivos. En los antiguos sistemas taxonómicos, las bacterias formaban un subreino del reino Monera. Se emplea para denominar a todos los organismos unicelulares sin núcleo diferenciado que constituyen el nivel de organización procarionte.

Al observar la figura 13, el pozo de llantas como el tanque de plástico vertical, seguidos del ferrocemento, son los que presentan los valores más elevados, muestreados en los meses de junio a octubre. Para los meses de julio y agosto, se tiene que el pozo de llantas presenta valores de 55,000 UFC/mL y 100,000 UFC/mL, respectivamente, y en

promedio el segundo recuento más alto de bacterias de 34,136 UFC /mL; en el mes de agosto para el ferrocemento con el único valor alto de 29,000 UFC/mL; y en el mes de septiembre para el tanque de plástico vertical el mayor recuento de bacterias de los cuatro sistemas captadores de agua de lluvia de 150,000 UFC /mL; siendo a la vez en promedio el más alto también con un valor de 36,080 UFC/mL (Ver Figura 2.13). Estos aumentos observados entre muestreos son a causa de las precipitaciones que fueron mayores en los meses antes mencionados.

En general, lamentablemente ninguno de los cuatro sistemas captadores de agua de lluvia cumple con los límites de recuento heterotrófico en placa de bacterias para potabilidad, tal y como lo establece la metodología del **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, incisos 9215, 9221B, 9221E y 9221F metodología de fermentación y tubos múltiples**, el cual establece un recuento de 0 colonias de bacterias por cada 100 mL de agua para beber.



**Figura 2.13** Recuento Heterotrófico en placa de Bacterias de los cuatro sistemas de captación de agua de lluvia durante los cinco meses de muestreo.

### I. Estimado de coliformes totales

La Ciencia del Agua para las Escuelas (2007), indican que los coliformes totales son un grupo de bacterias de bacilos Gram-negativos, aerobios y anaerobios facultativos. Pueden ser de origen fecal o ambiental y se utilizan como indicadores de la posible presencia en el agua de organismos que ocasionan enfermedades (Análisis de Calidad de las Aguas).

A las muestras analizadas se les efectuó un recuento total de bacterias y se seleccionó al grupo de bacterias coliformes como las indicadoras de contaminación de origen ambiental y/o humano-animal. Los coliformes pueden ser utilizados como indicadores biológicos de descargas orgánicas por escorrentías y materiales fecales. La presencia de estos microorganismos indica entre otras cosas, malas condiciones sanitarias provocadas por actividades antropogénicas e intervención animal.

Como se puede observar en la Figura 2.14, el recuento más alto es en el pozo de llantas con un valor promedio de 8,279.6 NMP/100 mL<sup>1</sup>, el cual registra también el valor más alto para el mes de octubre de 35,000 NMP/100mL, a lo largo de los cinco meses (febrero-octubre) de muestreo para los cuatro sistemas captadores de agua de lluvia (Ver Figura 14). Asimismo, el pozo artesanal y el tanque de plástico vertical, poseen los valores segundos altos: 1,600 NMP/mL y 2,104 NMP/mL, respectivamente (Figura 2.14). Lo cual se debe a que todos estos pozos se encontraban expuestos al aire libre, siendo contaminados por el lavado de los suelos mediante la escorrentía de la lluvia, con contaminación fecal animal y humana de los alrededores y la manipulación de los mismos por personas cercanas a ellos.

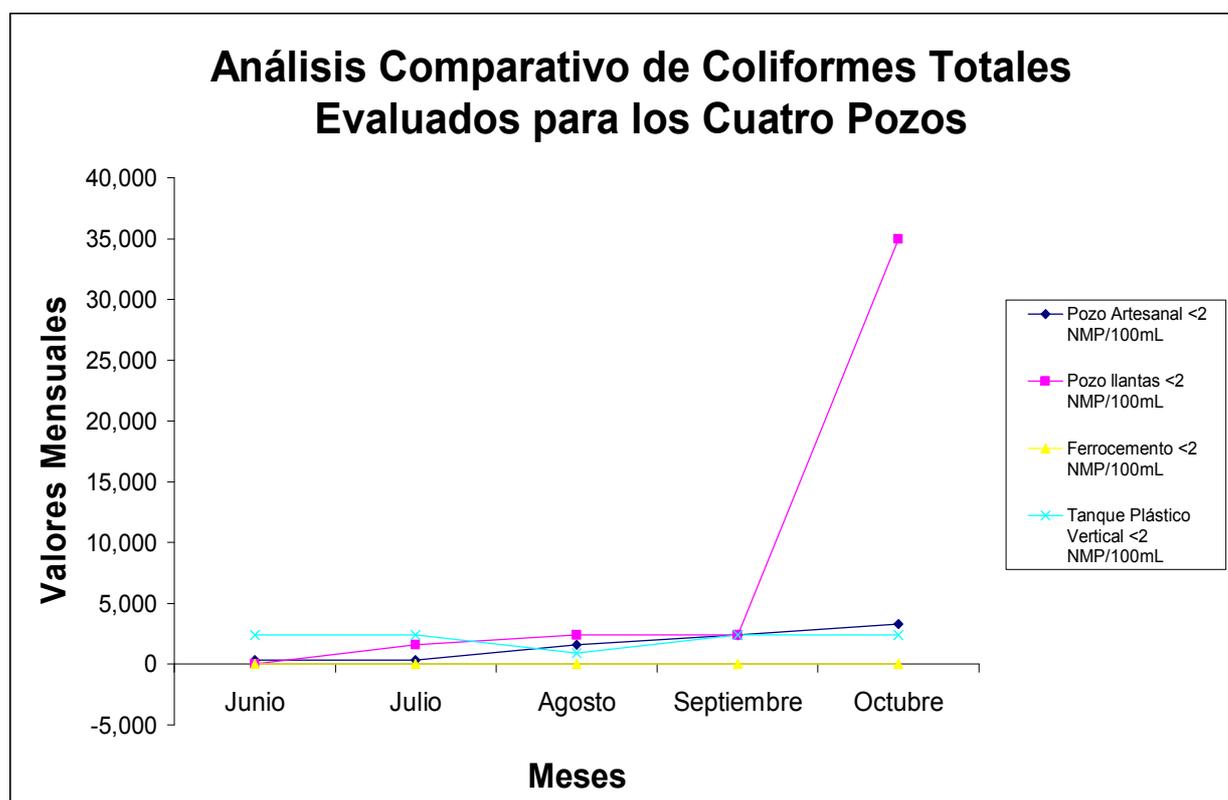
El valor más bajo observado durante los meses de junio a octubre en los cuatro sistemas fue del ferrocemento con un menor recuento en promedio de 9 NMP/100mL, y valores de <2 NMP/100mL en los meses de agosto a octubre (Figura 2.14), reportando valores aceptables y más bajos para esos meses y en general, según los parámetros microbiológicos Norma COGUANOR 29001.98 para agua potable, comparado con los

---

<sup>1</sup> NMP/100 mL = Número Más Probable/100 mililitros.

otros tres sistemas los cuales presentan valores mucho más elevados. En este sistema se presentaron los valores más bajos debido a que era el único que no se encontraba expuesto al aire, por lo tanto sufrió una menor contaminación en comparación con los otros.

Pero al igual que para el recuento heterotrófico en placa de bacterias, los coliformes totales, expusieron valores no aceptados microbiológicamente tanto para el Standard Methods (metodología) como para la Norma COGUANOR 29001.98, por no cumplir con los parámetros establecidos, los cuales refieren al análisis de 0 colonias por 100mL de agua para beber, siendo por lo tanto, agua no apta para beber, es decir, no potable.



**Figura 2.14** Coliformes Totales de los cuatro sistemas de captación de agua de lluvia durante los cinco meses de muestreo.

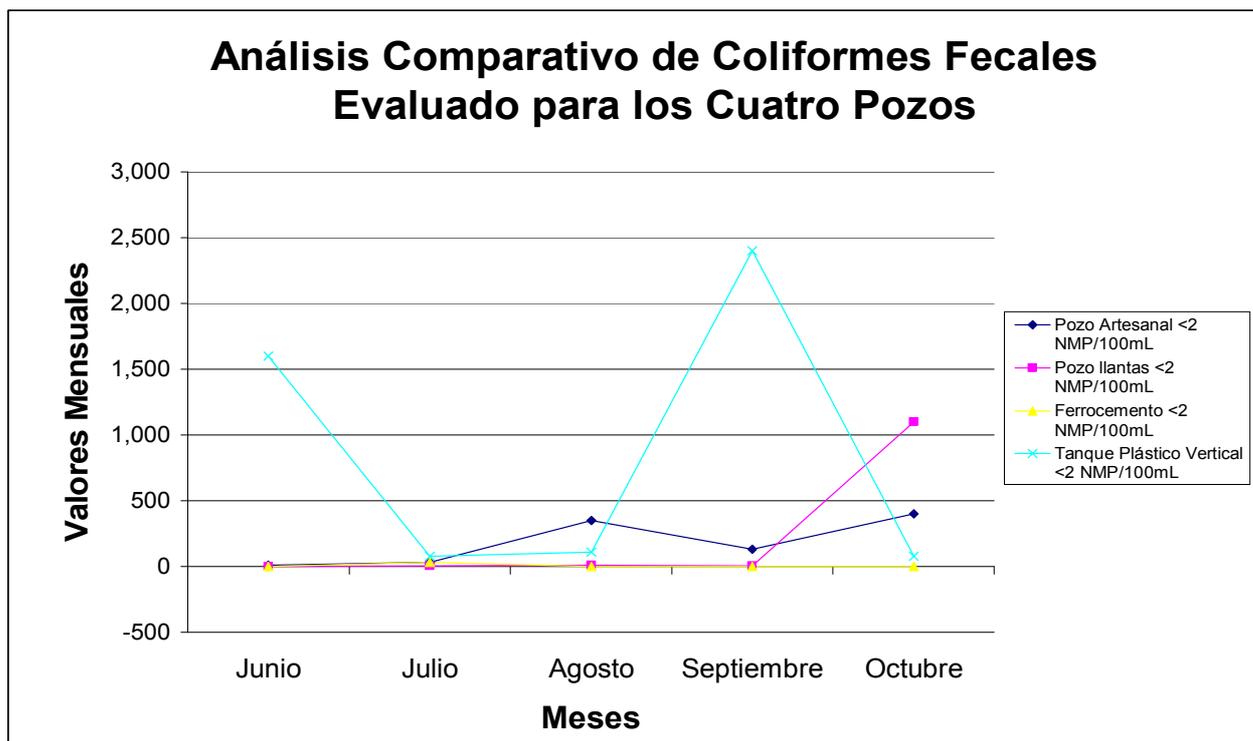
## J. Estimado de coliformes fecales

Hidritec (2007), indican que los Coliformes fecales son bacterias en forma alargada o de bastón, Gram-negativos y facultativos. Son relativamente específicos para material fecal de humanos, mamíferos, insectos, aguas residuales utilizadas para riego, entre otras.

El grupo de bacterias de coliformes fecales fue utilizado como indicador de *Escherichia coli*, la cual es perteneciente a este grupo, cuya presencia en el agua y/o ambiente fue indicativo de contaminación fecal en las muestras analizadas anteriormente en el laboratorio microbiológico; como se puede observar en la Figura 2.15, el tanque de plástico vertical fue el que más altos valores reportó para los cinco muestreos durante los meses de junio a octubre, con un promedio de 854 NMP/100mL, reportando para junio y septiembre los valores más elevados correspondientes a 1,600 NMP/100mL y 2,400 NMP/100mL; seguidos del pozo de llantas con un único valor alto de 1,100 NMP/100mL y un promedio de 222.8 NMP/100mL, terminando con el pozo artesanal cuyo promedio fue de 184 NMP/100mL (Ver Figura 2.15).

Por otro lado, el único sistema captador de agua de lluvia que presentó los valores más bajos fue el ferrocemento con un promedio de 5 NMP/100mL en los cinco meses muestreados, reportando cifras similares a las de coliformes totales. Pero igualmente, no siendo aceptados ninguno de los sistemas por la Norma COGUANOR 29001.98, ya que se identificó la presencia de la bacteria *Escherichia coli* indicadora de contaminación fecal, es decir, que en todos los sistemas estuvo presente la misma.

Como era de esperarse *Escherichia coli* se registró en menor cantidad para el ferrocemento que para los otros tres sistemas, debido a que era el único que se encontraba más cerrado y por lo mismo menos expuesto al ambiente y a la manipulación del agua por parte de las personas cercanas.



**Figura 2.15** Coliformes Fecales de los cuatro sistemas de captación de agua de lluvia durante los cinco meses de muestreo.

## 2.5.2 Parámetros socioeconómicos evaluados en los cuatro sistemas captadores de agua de lluvia

### 2.5.2.1 Costos unitarios y totales por construir cada sistema

En los Cuadros 2.16, 2.17, 2.18 y 2.19 se desglosan los materiales utilizados para el pozo artesanal, pozo de llantas, ferrocemento y tanque de plástico vertical respectivamente para cada uno, así como los precios unitarios y totales por construir cada uno de los pozos.

De los cuatro sistemas captadores de agua de lluvia, el tanque de plástico vertical es el del costo más elevado, debido a que es el sistema que básicamente está ya construido y el que posee ciertas características que lo hacen especial, las cuales se van a describir más adelante. El costo de construcción fue de Q. 1,626.25, siguiéndole el pozo

artesanal con un costo de Q. 1,171.75, utilizando los materiales antes descritos en los Cuadros 2.16 y 2.19 (Mayo 2006)<sup>2</sup>.

Estos dos sistemas fueron los dos más altos, refiriéndose a precios. Ahora bien, la capacidad que tiene cada uno es muy distinta, ya que como se dijo anteriormente, el pozo artesanal tiene un volumen de almacenamiento de 13,500 litros de agua de lluvia, mientras que el tanque de plástico almacena únicamente 1,100 litros de agua, y la diferencia de la capacidad de almacenamiento es de 12,400 litros de agua, y aunque su costo es un poco más alto es superior, en cuanto a volumen se refiere, construir el pozo artesanal; claro también va a depender para el uso que cada familia lo requiera.

Por otro lado, la diferencia de costos no es mayor (Q. 454.50) entre ambos sistemas por lo que valdría la pena el considerar ambas construcciones dependiendo para el uso que cada familia y/o usuario requiera.

Los sistemas cuyos costos fueron los más bajos son el ferrocemento por un lado con Q. 783.25 y el pozo de llantas por el otro con Q. 404.50, utilizando los materiales antes descritos en los Cuadros 2.17 y 2.18 (Mayo 2006)<sup>2</sup>. Y como se puede observar, las diferencias se encuentran básicamente en los materiales que lleva cada uno para su construcción, ya que el ferrocemento por ser una estructura hecha a base de cemento, eleva sus costos; mientras que el pozo de llantas, por encontrarse hecho de llantas usadas y/o viejas, disminuye sus costos debido a que las llantas se pueden conseguir a precios muy bajos o incluso regaladas, por lo cual baja sus costos de construcción.

El ferrocemento es uno de los que tiene los costos bajos, almacenando 80 litros de agua de lluvia, siendo el pozo de llantas el que tiene de los cuatro sistemas captadores de agua de lluvia los costos más bajos recolectando 70 litros de agua.

Ahora por otra parte, la diferencia de costos entre estos dos es bastante notoria (Q. 378.75) ya que los costos del ferrocemento doblan prácticamente a los del pozo de llantas

---

<sup>2</sup> Tipo de cambio en Dólar 7.65 – 7.70.

y la capacidad de recolección es similar ya que la diferencia de esta es de 10 litros de agua de lluvia únicamente.

Con este análisis, se observa de que va a depender mucho directamente de lo que cada familia vaya a necesitar o a querer, del tipo de usos que se les puedan y vayan a dar y con lo que cuenten o dispongan, económicamente hablando, para su construcción ya que en la mayoría de los sistemas se utilizaron materiales sencillos que se pueden llegar a conseguir en sus mismas comunidades o bien, que pueden ser adquiridos (algunos materiales) a precios relativamente bajos.

Aunado a esto, que son los mismos usuarios quienes construyen los pozos ahorrándose prácticamente la mano de obra, consiguiendo tener agua durante la época de verano ya sea para riego, consumo propio, higiene, etc.

**A. Análisis de costos para la construcción e instalación de los cuatro sistemas de captación de agua de lluvia.**

**Cuadro 2.16** Análisis de costos para la construcción de un pozo artesanal.

<b>Material a utilizar</b>	<b>Costo unitario/material</b>	<b>Costo total</b>
8 Varillas hierro 3/8	Q. 19.00	Q. 152.00
1 Lb Alambre amarre	Q. 5.00	Q. 5.00
2 Lb Clavos 6"	Q. 5.00	Q. 10.00
5 Sacos de cemento	Q. 43.00	Q. 215.00
2 Varillas hierro ¼	Q. 8.00	Q. 16.00
6 Sacos de arena de río	Q. 10.00	Q. 60.00
3 Sacos Piedrín	Q. 20.00	Q. 60.00
1 Rollo Malla para cerco	Q. 410.00	Q. 410.00
3 Canales cuadrados	Q. 41.25	Q. 123.75
15 Ganchos para canales	Q. 8.00	Q. 120.00
<b>TOTAL</b>		<b>Q. 1,171.75</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2007.

**Cuadro 2.17** Análisis de costos para la construcción de un pozo de llantas.

<b>Material a utilizar</b>	<b>Costo unitario/material</b>	<b>Costo total</b>
6 Llantas usadas	Q. 25.00	Q. 150.00
1 Saco Cemento	Q. 43.00	Q. 43.00
½ Saco de Arena de río	Q. 5.00	Q. 5.00
1 Bote de ¼ Tapa-gotera de lámina	Q. 16.00	Q. 16.00
1 Tubo PVC ½"	Q. 18.00	Q. 18.00
2 Lb Alambre amarre	Q. 5.00	Q. 10.00
2 Canales cuadrados	Q. 41.25	Q. 82.50
10 Ganchos para canal	Q. 8.00	Q. 80.00
<b>TOTALES</b>		<b>Q. 404.50</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2007.

**Cuadro 2.18** Análisis de costos para la construcción de un ferrocemento.

<b>Material a utilizar</b>	<b>Costo unitario/material</b>	<b>Costo total</b>
2 Sacos de cemento	Q. 43.00	Q. 86.00
1 Tubos PVC de ½ “	Q. 35.00	Q. 35.00
1 Llave para chorro ½”	Q. 28.00	Q. 28.00
1 Bote de pegamento para PVC	Q. 15.00	Q. 15.00
1 ½ Saco de arena	Q. 5.00	Q. 15.00
1 Rollo de malla para gallinero de ¾	Q. 475.00	Q. 475.00
2 Lb Alambre de amarre	Q. 5.00	Q. 10.00
2 Varillas de hierro de ¼	Q. 19.00	Q. 38.00
1 Canal cuadrado	Q. 41.25	Q. 41.25
5 Ganchos para canal	Q. 8.00	Q. 40.00
<b>TOTALES</b>		<b>Q. 783.25</b>

Fuente: Elaboración propia, 2007.

**Cuadro 2.19** Análisis de costos para la construcción de un tanque de plástico vertical.

<b>Material a utilizar</b>	<b>Costo unitario/material</b>	<b>Costo total</b>
Tanque plástico	Q. 1,350.00	Q. 1,350.00
2 Tubos PVC de 1 ½ "	Q. 55.00	Q. 110.00
4 Codos PVC de 1 ½ "	Q. 10.00	Q. 40.00
Pegamento para PVC	Q. 15.00	Q. 15.00
1 Grifo de Plástico PVC	Q. 30.00	Q. 30.00
1 Canal cuadrado	Q. 41.25	Q. 41.25
5 Ganchos para canal	Q. 8.00	Q. 40.00
<b>TOTALES</b>		<b>Q. 1,626.25</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2007.

### **2.5.2.2 Forma de almacenamiento del agua**

Para los cuatro sistemas captadores de agua de lluvia, la recolección fue muy similar, ya que se pudo observar en las casas de las familias que tenían los pozos y/o tanques que la mayoría de las mujeres guardaba el agua recolectada en tinajas plásticas, baldes, galones toneles y recipientes con tapadera todos para evitar la contaminación del agua, ya fuera por el aire que acarrea el polvo y basura, por los niños al jugarla o introducirle juguetes u otros objetos, por las moscas, en fin, por cualquier contaminante que reduzca su calidad. Y solamente cuando iban a utilizar el agua destapaban los recipientes herméticos en los que contenían el agua de la lluvia que habían recolectado de los pozos, para luego volver a cerrarlos.

Por otro lado, el agua que se quedaba almacenada en el pozo artesanal y el pozo de llanta, se protegía del sol, viento, polvo, insectos, entre otros con láminas, plásticos, paja, cuando se encontraba lleno y existía suficiente agua tanto para riego como para higiene y consumo propio, hasta que se iba utilizando y vaciando con el tiempo para dichos usos; entonces se le quitaba toda la protección que durante el tiempo en que tenían suficiente agua se les había puesto. Mientras que para el ferrocemento y tanque de plástico vertical, sólo se aseguraba que quedaran bien tapados con sus correspondientes tapas, por ser los dos sistemas cerrados.

Todas las señoras coincidieron en que para conservar mejor el agua de la lluvia y para aprovecharla mejor y que no les causara algún daño, era necesario clorarla o hervirla una vez recolectada, para así luego poder utilizarla con una mayor tranquilidad y sin temor de que algún niño o miembro de la familia se pudiese enfermar por tomarla tal y como salía de los pozos, ya que con anterioridad se les había explicado que no se sabía con exactitud cómo iba a ser la calidad del agua de lluvia, hasta que se conocieran todos los análisis correspondientes de junio a octubre realizados en el laboratorio.

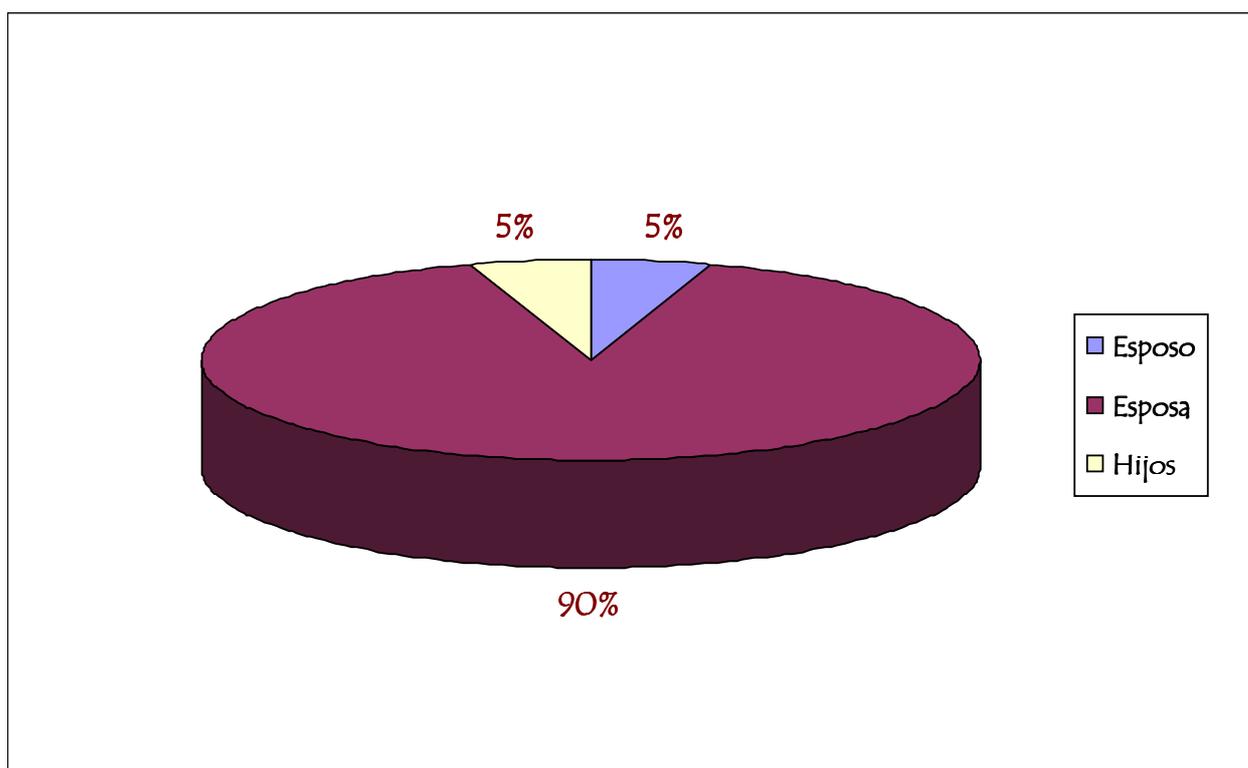
### **2.5.2.3 Aceptabilidad de los sistemas**

#### **A. Persona encargada de llevar el agua al hogar**

Como se puede observar en la Figura 2.16, sobre la encuesta pasada a veinte (20) mujeres de las comunidades que se encontraron presentes en la realización de los pozos captadores de agua de lluvia, dieciocho (18) mujeres de las veinte (20), son las encargadas de llevar el agua a su hogar y tan sólo para casos especiales, tales como, el dar a luz a sus hijos, que se encuentren enfermas o alguna razón de carácter fuerte por la no puedan ir a traer el agua.

En la figura 2.16, se observa que el mayor porcentaje de las personas encargadas de llevar el agua a su hogar, se concentra alrededor de las esposas con un 90%, mientras que para los hijos un 5% y para los esposos otro 5%, debido a que únicamente van a recoger el agua cuando definitivamente la madre no puede hacerlo por factores de salud, maternidad, así como por machismo, ya que en las comunidades es en donde más marcado se ve éste y el ir a recoger agua viene siendo parte de una de las tantas tareas domésticas a las que están destinadas y acostumbradas a hacer para sus familias.

Los hijos, cuando alcanzan una edad aproximada de 5 años en adelante y/o los esposos, son los encargados de llevar el agua a su hogar rara vez del río o nacimiento (ocasiones especiales), ya que generalmente son las esposas (madres de familia) las que tienen la responsabilidad de abastecer sus hogares, para usos domésticos como, alimentación, beber, lavado de trastes, baño, limpieza, etc.



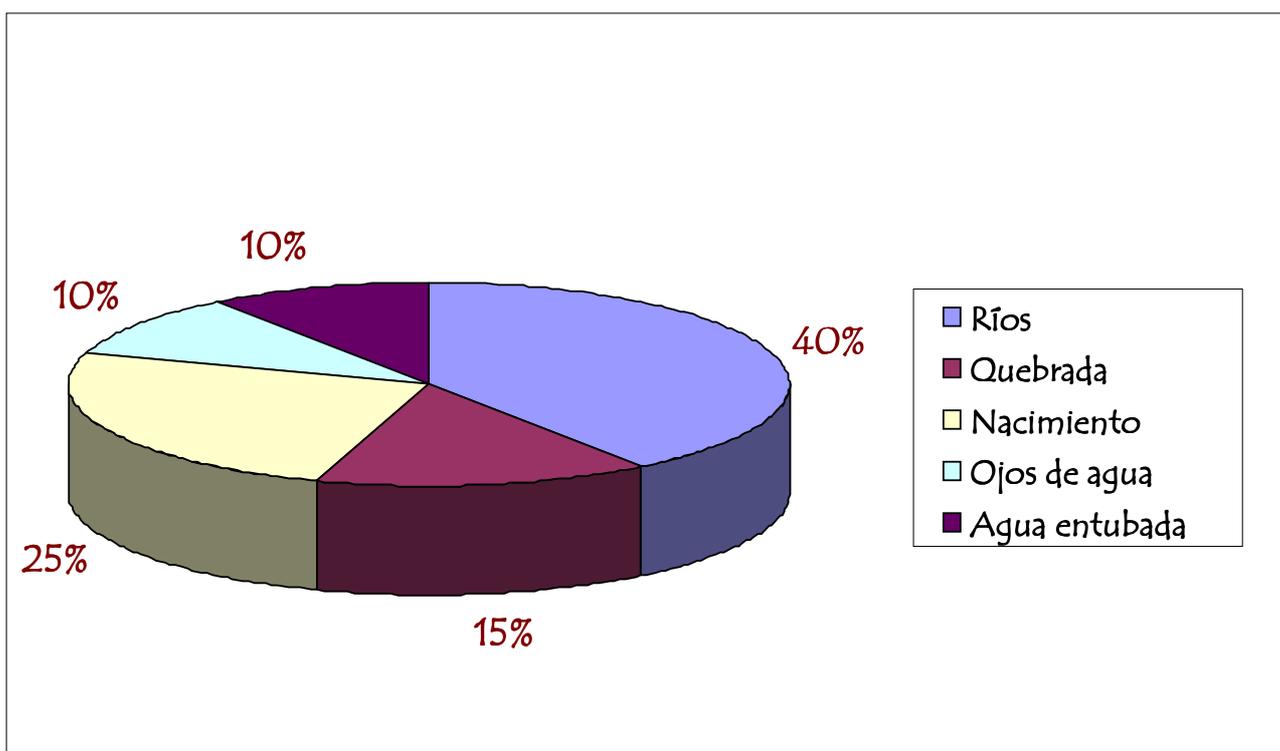
**Figura 2.16** Persona encargada de llevar el agua al hogar.

### B. Fuentes de suministro de agua

La fuente de agua que se encontró en la mayoría de las comunidades y con el mayor porcentaje fueron los ríos con un 40% (Figura 2.17), es decir, que ocho (8) mujeres de las encuestadas, cuentan con una fuente natural de agua, siendo los ríos de los cuales toman el agua aprovechándola para lavar su ropa, trastes, se bañan y llevan agua a sus casas; la segunda fuente natural de agua que tiene mucha importancia, son los nacimientos con un 25% (Figura 2.17), representando a cinco (5) comunidades en las que existe este tipo de suministro de agua, siguiéndole con un 15% (Figura 2.17) las quebradas con una presencia de tres (3) en las comunidades; para finalmente concluir, con una representación del 10% (Figura 2.17) para los ojos de agua y el agua entubada, las cuales tuvieron la menor presencia y representación dentro las comunidades a donde las mujeres pueden ir a traer el agua.

En la figura 2.17 se ven representadas las distintas fuentes de suministro de agua que se encontraron dentro de las diferentes comunidades a las que pertenecían las mujeres encuestadas, las cuales estuvieron presentes en la construcción de los pozos captadores de agua de lluvia.

Las fuentes naturales de agua en la mayoría de las comunidades se encontraron contaminadas por diversos factores como, basura orgánica e inorgánica, detergentes, jabones, etc, siendo poco confiable el agua que recogen las mujeres para llevar a sus hogares. Por otro lado, ellas mismas son quienes contribuyen a contaminar el agua de estas fuentes naturales, ya que la mayoría va a lavar siempre la ropa de su familia, van a bañarse, e inclusive llegan a hacer sus necesidades fisiológicas, contaminando el agua bacteriológicamente con *Escherichia coli*, inhabilitando el agua para su consumo, afectando también a la flora y fauna que tienen como hábitat el agua de dichas fuentes.



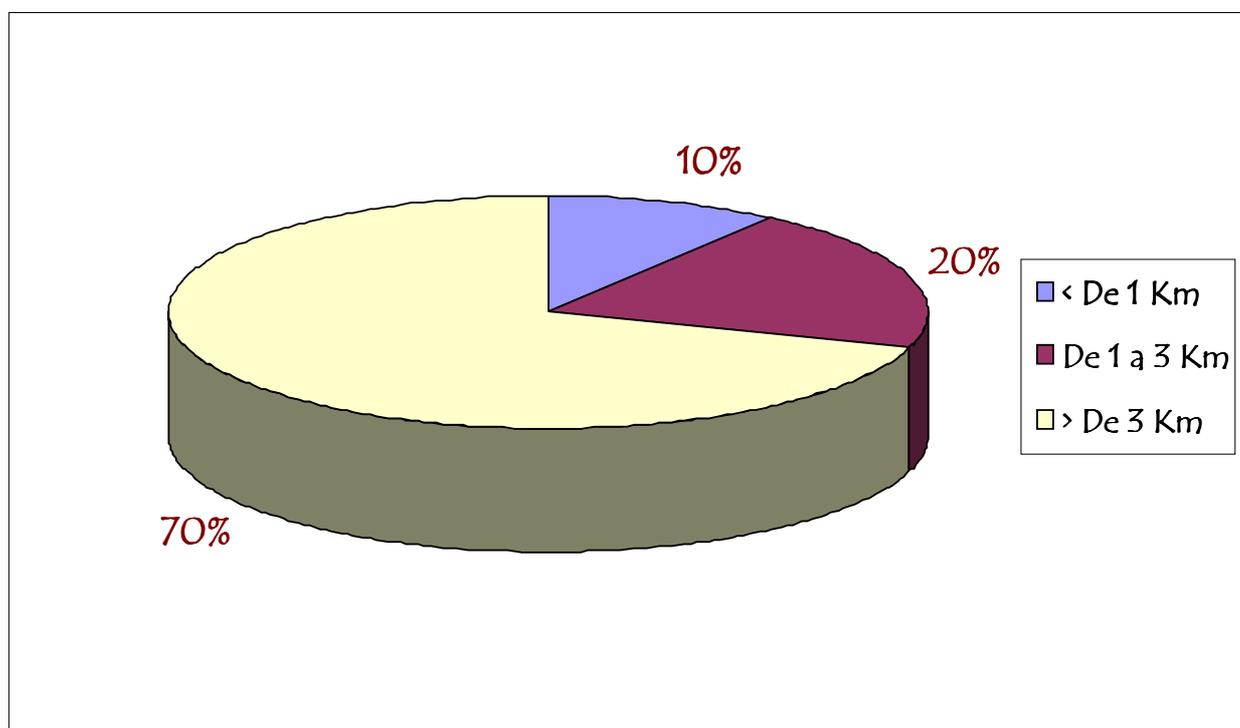
**Figura 2.17** Fuentes de suministro de agua con que cuenta dentro de la comunidad.

### **C. Distancia a la que se encuentra la fuente de suministro de agua**

La mayoría de las fuentes de suministro de agua natural encontradas en las comunidades están localizadas a varios kilómetros de distancia de las casas de las familias de donde las mujeres van a traer el agua, teniendo que pasar por caminos difíciles, duros y complicados, más aún cuando comienza la temporada de lluvia, haciendo peor los caminos y brechas por donde pasan a recoger su agua, aunado a esto que, generalmente llevan a sus hijos a cuestas.

La mayoría de mujeres (70%) tiene que caminar más de 3 kilómetros para surtir de agua a sus hogares del total de las veinte (20) mujeres encuestadas; en el segundo lugar se encuentra el rango de uno (1) a tres (3) kilómetros con un 20% del total de 20 mujeres y finalmente el rango de menos de un (1) kilómetro con un 10% del total de 20 mujeres encuestadas (Ver Figura 2.18).

En la figura 2.18 (Ver anexo 2.9.3) se observan los valores equivalentes a los porcentajes que aparecen en la figura 13, siendo los siguientes: para el rango mayor de tres (3) kilómetros abarca a catorce (14) mujeres de las veinte (20) encuestadas, como se puede ver es el rango en el que se encuentra el mayor número de mujeres, pudiéndose ver que a casi todas las mujeres les toca que caminar muchísimo para ir a traer el agua a los ríos, nacimientos, quebradas, para llevarla a sus casas.



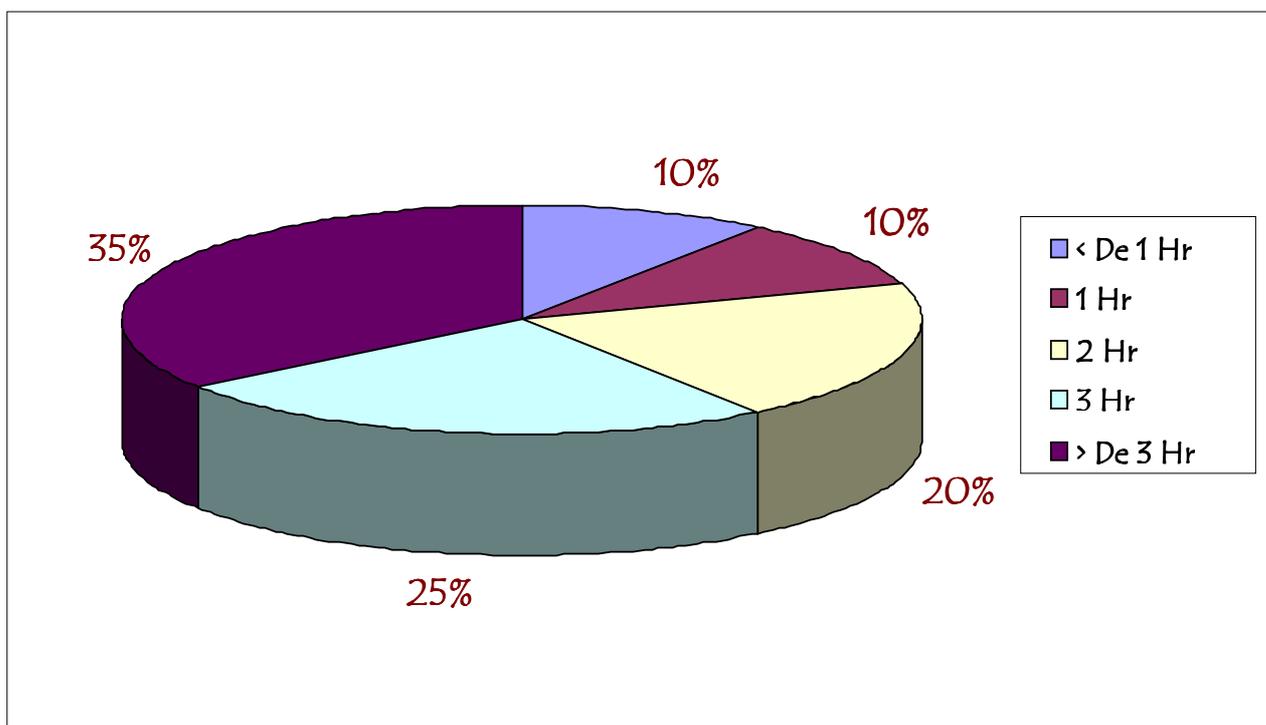
**Figura 2.18** Distancia a la que se encuentra la fuente de suministro de agua, de la casa.

#### **D. Tiempo requerido para acarrear el agua hacia el hogar**

El hecho de acarrear el agua hacia el hogar por parte de las mujeres les implica una gran pérdida de tiempo y de esfuerzo físico, ya que emplean una buena parte de su día en ir a recoger el agua a las fuentes naturales de agua debido a las grandes distancias que tienen que caminar y en condiciones climáticas desfavorables.

El tiempo que requieren para acarrear agua de las fuentes de suministro hacia sus hogares en su mayoría es mayor de tres (3) horas (Ver Figura 2.19), tomando en cuenta el tiempo tanto de ida como de regreso a sus casas, situando en este rango a siete (7) mujeres de las veinte (20) encuestadas representando el 35% (Figura 2.19) y siendo el más alto; siguiéndole el segundo rango más alto de tres (3) horas con un número de cinco (5) mujeres, cuyo valor representado en la figura 19 fue del 25% del total de veinte (20) mujeres encuestadas.

El rango medio que fue de dos (2) horas con cuatro (4) mujeres y un porcentaje del veinte (20), y para los rangos más bajos los valores fueron para una (1) hora de dos (2) mujeres con un 10% y para los valores menores de una (1) hora de dos (2) mujeres, con un 10%.



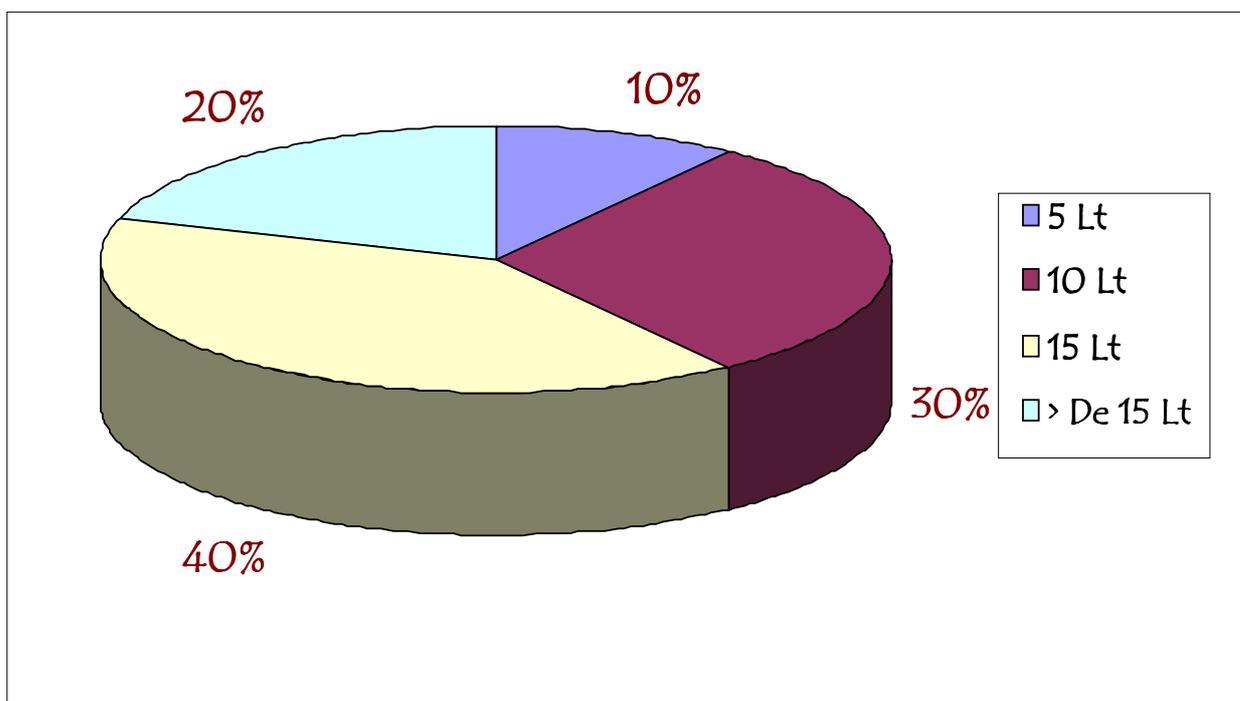
**Figura 2.19** Tiempo requerido para acarrear el agua hacia el hogar.

### E. Cantidad de agua acarreada al hogar

La cantidad del agua acarreada al hogar va a estar en función directa de las necesidades y usos que cada familia pueda darle a la misma. Por otra parte también va a ser directamente proporcional a la cantidad de agua que pueda aguantar a llevar cada mujer y de la distancia que tenga que recorrer para acarrearla a su casa.

Como se puede observar en la figura 2.20, la cantidad más alta que aguantan a llevar sobre sus espaldas fue de quince (15) litros, situándose también como el valor más alto en cuanto a la cantidad de mujeres que acarrean dicha agua (ocho (8) mujeres); la segunda cantidad más alta fue de diez (10) litros de agua y con una cantidad de mujeres

de seis (6), siguiendo con un valor mayor de quince (15) litros para cuatro (4) mujeres, y finalmente la cantidad más baja de diez (10) litros y solamente dos (2) mujeres, esto debido probablemente a que la fuente de agua natural se encuentra cerca de sus casas facilitando el acceso y transporte de la misma.



**Figura 2.20** Cantidad de agua acarreada al hogar.

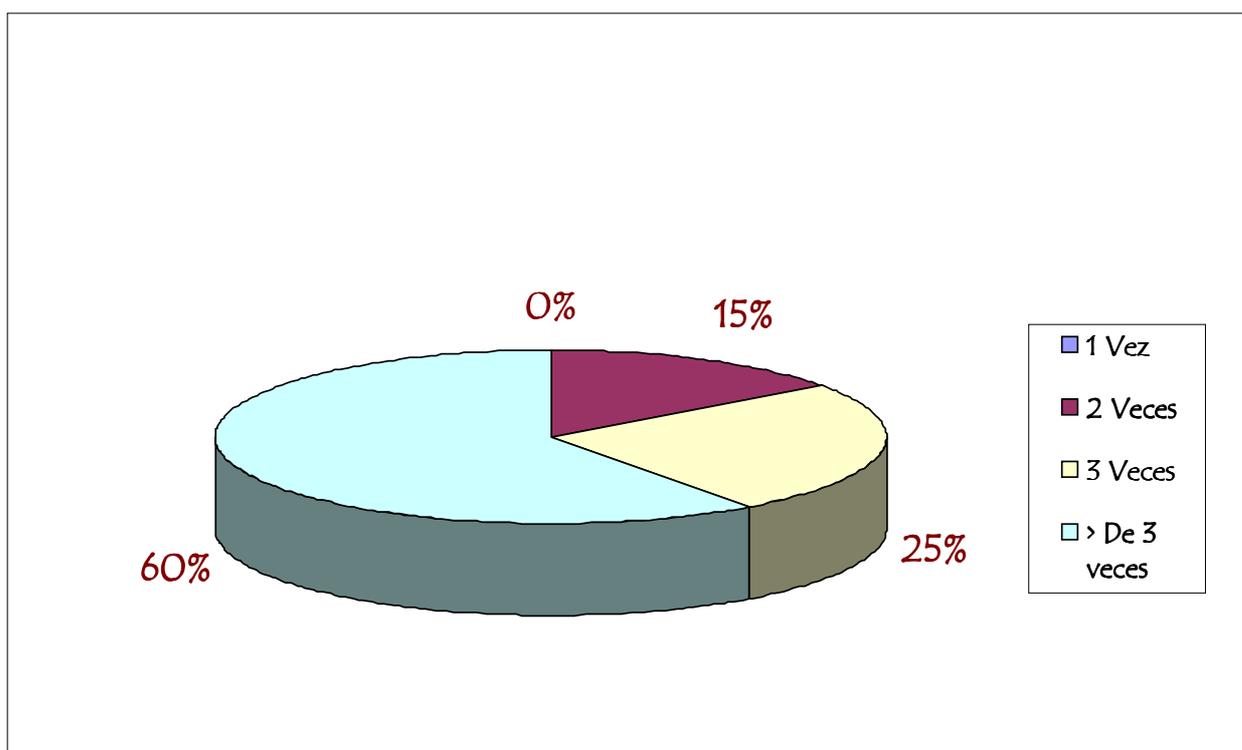
#### F. Veces durante la semana que se acarrea agua al hogar

La frecuencia con que se acarrea el agua al hogar durante una semana completa (7 días) está en función directa de la cantidad de miembros de la familia, de los diversos usos que le den en el hogar, de la accesibilidad y la distancia que se encuentren las fuentes de agua naturales de su casa, entre otras.

Como se puede observar en la figura 2.21, el porcentaje más alto (60%) se concentra en las mujeres del total de veinte (20) que acarrean durante la semana más de tres (3) veces agua a sus hogares, libres de las condiciones del tiempo, acceso y distancia que se encuentren sus casas de las fuentes de suministro de agua; alrededor del 25%

acarrea el agua, con una frecuencia de tres (3) (Ver Figura 2.21) veces por semana y para este valor la cantidad de mujeres son de cinco (5) (Ver Figura 2.21), y un bajo porcentaje (15%) acarrea el agua con una frecuencia de dos (2) (Ver Figura 2.21) veces por una semana, siendo la minoría para este rango, debido a que solamente tres (3) mujeres fueron las que se encontraban a una distancia cercana y con un mayor acceso a las fuentes naturales de agua haciéndose sencillo el trayecto hacia las mismas.

En general, tanto el tiempo, distancia, accesibilidad, cercanía o lejanía, cantidad de agua y la frecuencia, van a depender directamente de cuántos miembros integren la familia, de su racional y moderado uso del agua que acarreen, del camino o caminos que tengan que recorrer, de las variaciones del tiempo (épocas seca o época lluviosa), de las necesidades básicas que en sí como familia puedan tener, del tiempo que tengan las mujeres para ir a traer el agua, entre otras.



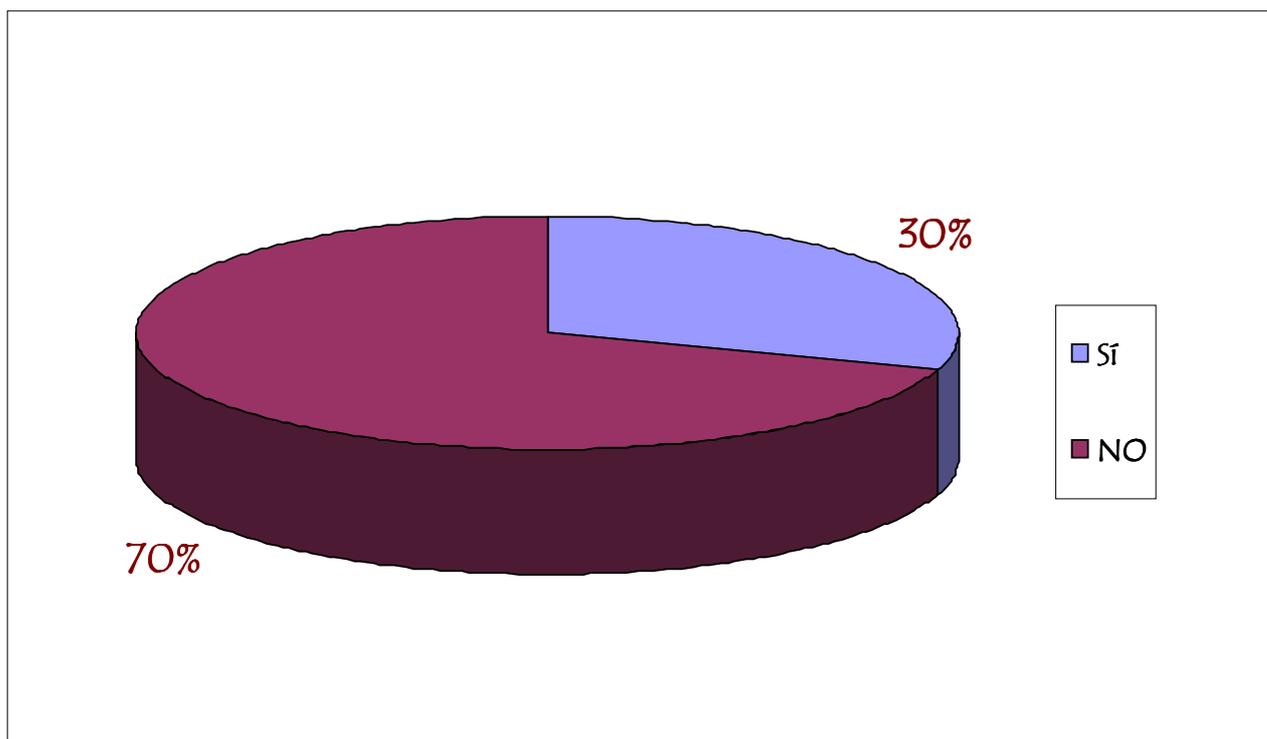
**Figura 2.21** Veces durante la semana que se acarrea agua al hogar.

### **G. La fuente de suministro se encuentra con agua durante todo el año**

En cuanto a que si las fuentes de suministro de agua naturales se encuentran o no con agua durante todo el año, se puede decir que en su mayoría no se encuentran con abundante agua para todo el año especialmente para la época seca o de verano, ya que para estas fechas se agotan con más frecuencia las fuentes naturales de agua debido a que se convierten en la única forma y manera en que logran abastecerse de algunas necesidades básicas todas las personas que se encuentran alrededor de la mismas, aunado a que también para muchos animales domésticos son igualmente su única fuente de agua para beber, y siendo hábitat para otros animales pequeños.

El 70% de las veinte (20) mujeres encuestadas, es decir, catorce (14) (Ver Figura 2.22) coincidieron que en sus comunidades las distintas fuentes naturales de agua se agotaban durante la época de verano y que la poca agua que lograban recaudar les servía para una buena cantidad de tiempo, limitándose claro, en los diversos usos y necesidades que la familia pudiese tener y tratando de ahorrar en lo posible el recurso natural limitado que poseen para esas ocasiones.

Por otro lado, una minoría de la población encuestada (30%) contestó lo contrario, (seis (6) (Ver Figura 2.22) de las veinte (20) mujeres) contaban permanente y constantemente con agua en sus fuentes naturales, esto debido muy probablemente a que dichas fuentes eran ríos con corrientes permanentes, por lo cual aunque su caudal disminuya en la época de verano se mantiene con una corriente baja y constante.



**Figura 2.22** La fuente de suministro, se encuentra con agua durante todo del año.

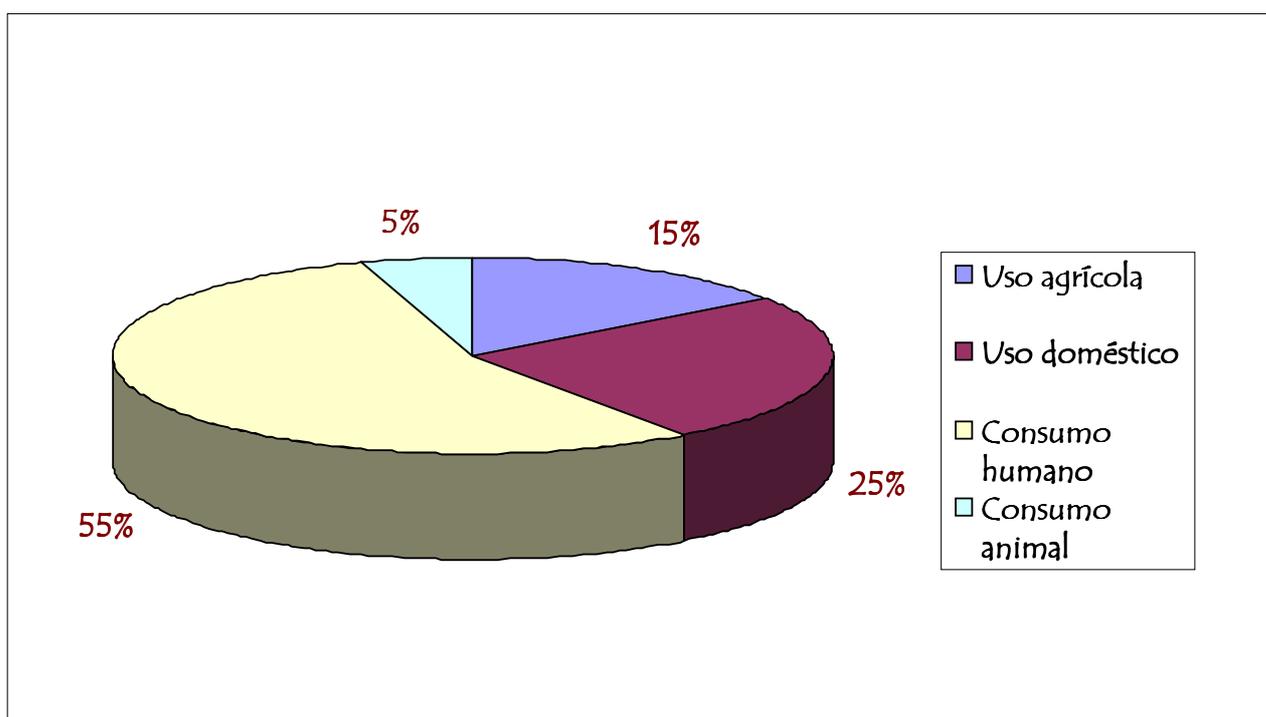
#### H. Usos se le dan al agua

Los diversos y distintos usos que se le pueden dar al agua son muchísimos, el problema se encuentra en el uso correcto, racional y moderado del agua acarreada, ya que de estos usos dependerá el tiempo que pueda durarles el agua en cada hogar.

Los usos más comunes y prioritarios que se le dan al agua en las comunidades son los siguientes: uso agrícola, uso doméstico, consumo humano y consumo animal. De los usos mencionados anteriormente el valor más alto se centra en el consumo humano, con un 55% ya que once (11) (Ver Figura 2.23) de las encuestadas aseveraron que el agua la utilizan para beber ya que la mayor parte de las familias dan una gran importancia a el agua para su potabilidad. La potabilidad de las fuentes naturales de agua se encuentra relacionada con el cuidado que se les deben de dar y tener con las mismas, ya que al encontrarse contaminadas por diversos ambientes, inhabilitan el agua para su consumo,

aunado a esto que la mayoría de las personas de las comunidades no le dan un tratamiento adecuado al agua luego de acarrearla.

Por otro lado, el otro 25% de los usos que le dan al agua es para usos domésticos con cinco (5) mujeres que su prioridad es para los quehaceres de la casa quizá porque cuentan con una fuente de agua cercana y permanente; otro de los usos es el agrícola con un 15% siendo tres (3) mujeres las que preferían utilizar el agua para regar sus plantaciones, huertos familiares lo cual depende de la preferencia que tengan los esposos en sus hogares y de la importancia que ellos le dan a su producción; y finalmente el consumo animal con un 5% representando solamente a una (1) persona en la cual su familia prefiere dar de beber a sus animales domésticos debido a que la familia basa su economía en sus animales y prefieren dar una buena parte del agua que acarrearán para éstos y lo que sobre para beberlo la familia.

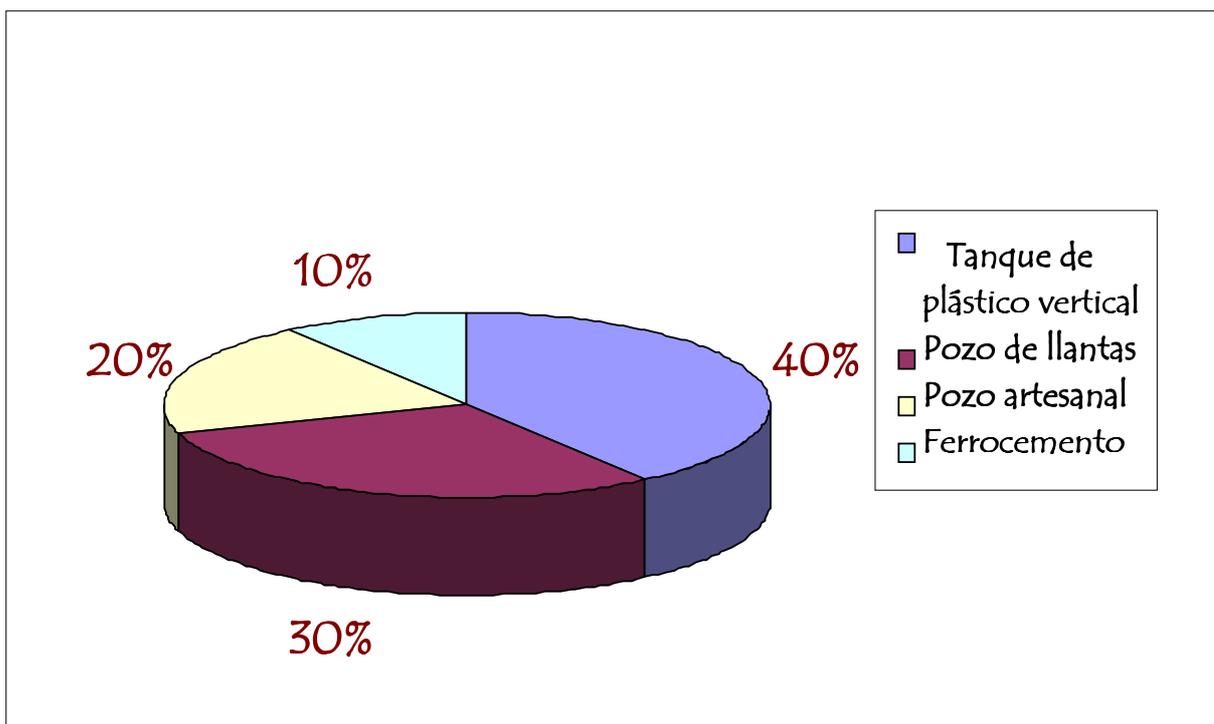


**Figura 2.23** Usos que se le dan al agua.

### **I. Pozo más sencillo de construir y/o instalar**

Todas las mujeres (20) a las que se les pasó la encuesta se encontraron presentes en la construcción e instalación de los sistemas captadores de agua de lluvia a la vez que contribuyeron y participaron en los talleres, conociendo su estructura, funcionamiento, ventajas y desventajas de los cuatro sistemas.

El sistema más sencillo en su instalación fue el tanque de plástico vertical con un 40% opinando ocho (8) (Ver Figura 2.24) de las veinte (20) mujeres encuestadas, ya que consistía únicamente en la instalación del tanque de plástico vertical, comparado con los otros tres (3) sistemas en los cuales se encontró un mayor esfuerzo físico y de tiempo para llevar a cabo su construcción; le sigue el pozo de llantas con un 30% con seis (6) mujeres que opinaron que este fue el más sencillo de construir debido a que solamente consistía en la colocada de las llantas apiladas una sobre la otra, encontrándose un menor grado de dificultad para su ejecución; luego con un 20% le sigue el pozo artesanal y con cuatro (4) mujeres que opinaron que en general la construcción de este pozo no es tan complicado y el único grado de dificultad fue la excavación en el suelo y la extracción de tierra del mismo y lo demás resulta un tanto más sencillo; y finalmente, el ferrocemento con un 10% y dos (2) mujeres que opinan que para ellas el más fácil de construir fue éste ya que su estructura era a base de cemento y esqueletos de malla.



**Figura 2.24** Pozo más sencillo de construir y/o instalar.

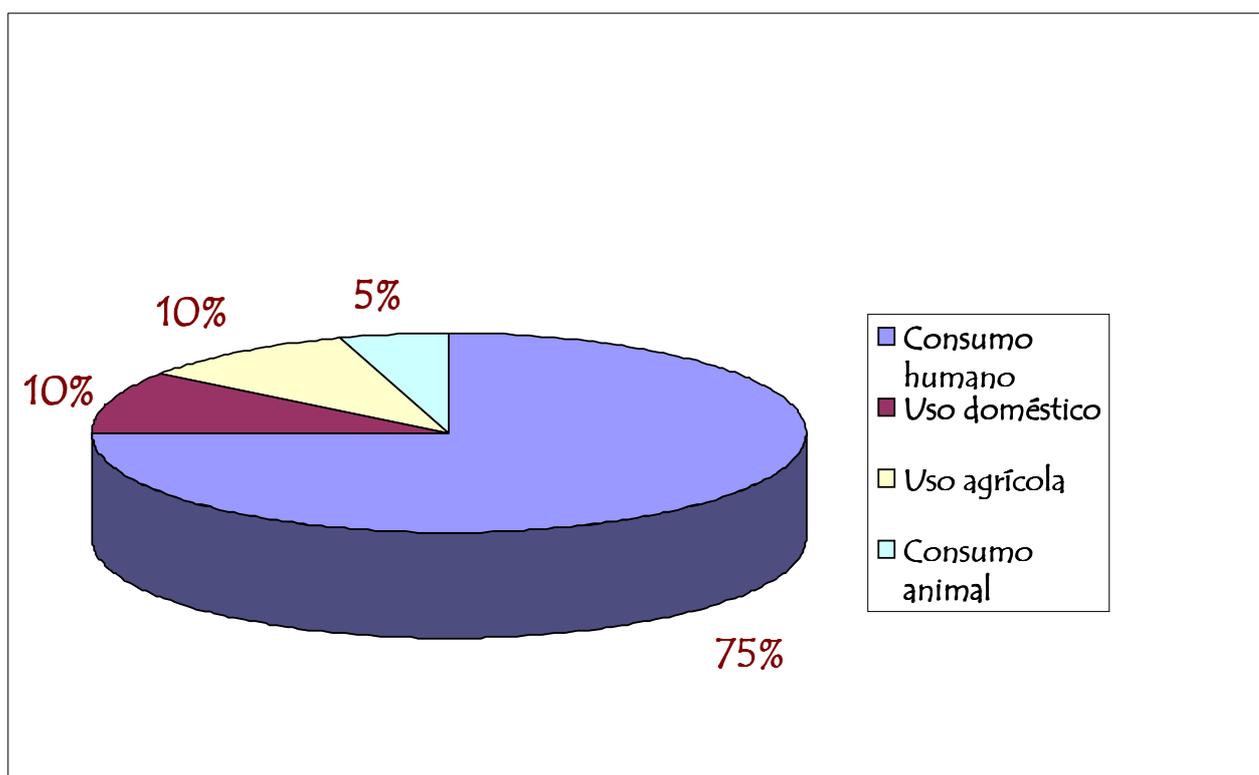
#### L. Utilidad se le da al agua recolectada de los sistemas captadores

El uso que se le puede dar al agua de los sistemas captadores de agua de lluvia es muy variado, ya que pueden tener muchísimos usos, entre los que se encuentran: usos domésticos, usos agrícolas, consumo humano, consumo animal, entre otros. Los fines para los que cada familia pueda querer los sistemas son distintos debido a que una familia puede por ejemplo, requerirlo o necesitarlo para alimentación, mientras otra familia lo puede preferir para regar sus plantaciones y bien otra lo puede querer para dar de beber a sus animales, en fin dependiendo del sistema que elijan y de sus necesidades, así pueden decidir sobre cuál sistema optar a construir.

En la figura 2.25, se observan porcentajes que van desde muy altos hasta muy bajos en cuanto a la preferencia de los distintos usos del agua captada. Así para el consumo humano presenta un 75% ya que quince (15) mujeres prefieren utilizar el agua

para beber principalmente, ya que a muchas de ellas les queda a varios kilómetros de distancia acarrear el agua a su hogar para consumirla.

Para el uso agrícola y el doméstico un 10% corresponde a cada uno ya que cuatro (4) mujeres dos por cada sistema opinaron que sus esposos preferían que el agua que ellas recolectaban de los sistemas fuera utilizada con estos fines, y tan sólo el 5% (una (1) mujer opinó que el agua que recolectaban la daban a sus animales domésticos principalmente y que lo que sobraba se la quedaban ellos, porque ellos sobrevivían de la venta de dichos animales y necesitaban mantenerlos en buenas condiciones y que al final iban a recoger agua a las fuentes naturales, aunque claro con una menor frecuencia por los excedentes que quedaban de dar al beber a sus animales.



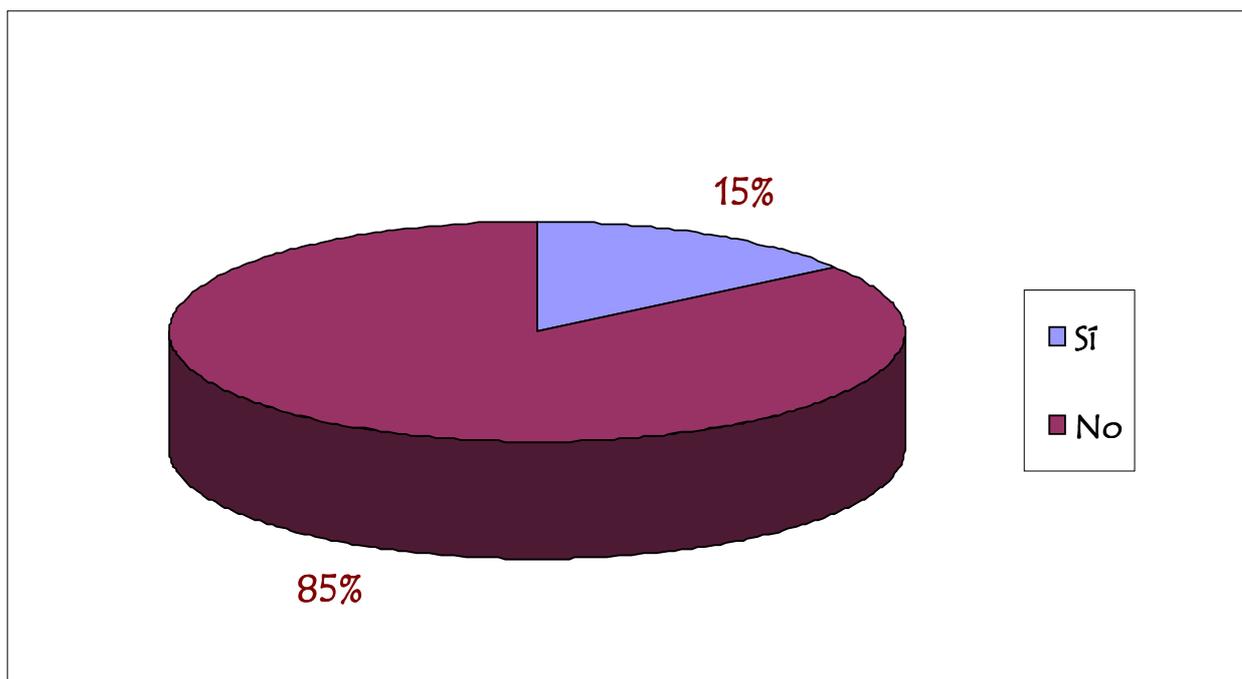
**Figura 2.25** Utilidad que se le da al agua recolectada de los sistemas captadores.

### **M. Comparación del agua recolectada con el agua envasada**

La utilidad del agua recolectada en los sistemas captadores de agua de lluvia no se puede comparar con la utilidad que tiene el agua envasada, ya que cada una cumple con funciones más específicas, por ejemplo, el agua recolectada en los sistemas puede tener muchos fines como, para cocinar, asear la casa, lavar la ropa, lavar los trastes, dar de beber a los animales, regar sus plantaciones, etc; mientras que el uso del agua envasada se centra específicamente para beber, y también puede utilizarse para cocinar o lavar trastes pero más allá de eso no, por ser tan limitada en cuanto a su presentación ya que únicamente posee una capacidad de 18.9 litros en su máxima presentación (garrafón), porque le siguen las presentaciones de un vaso (250 mL), pachones (600 mL), un (1) litro (1000 mL), un (1) galón y medio garrafón (9.45 mL).

La mayoría de mujeres encuestadas opinaron que prefieren el agua recolectada de los sistemas captadores de agua de lluvia sobre el agua envasada, debido a que el agua recolectada por los sistemas la utilizan para cocinar, beber, higiene personal, recrearse, regar, dar de beber a sus animales, etc; mientras que el agua envasada la tendrían que utilizar exclusivamente para beber y ellas no pueden darse ese lujo ya que sus costos por adquirirla son muy altos, además que el acceso a esta agua es limitado y no podrían usarla para otras actividades, durándoles un menor tiempo por tener un bajísimo volumen en su presentación (garrafón).

El 85% de las mujeres (17) (Ver Figura 2.26) opinaron que no se puede comparar la utilidad del agua recolectada en los sistemas captadores contra el agua envasada, ya que ésta última se encuentra muy lejos de llegar a tener la utilidad que la otra tiene, por otra parte, un 15% (3) de las mujeres opinaron que sí se puede llegar a comparar el agua envasada con el agua de lluvia si se contara con una presentación mayor de la que actualmente presenta, aunque reconocen que sería muy caro estar comprando esta agua y tener acceso a la misma.



**Figura 2.26** La utilidad del agua recolectada se compara con la utilidad del agua envasada.

### 2.5.3 Resumen de la boleta de encuesta

La aceptabilidad de los pozos y/o tanques, se determinó mediante una boleta de encuesta, la que se pasó a 20 mujeres de las comunidades, con las que se trabajaron los sistemas captadores de agua de lluvia, por ser el número de mujeres con que se contó, participó y trabajó en la construcción e instalación de dichos sistemas. Dicha boleta de encuesta (anexos) sirvió más como una guía (o diagnóstico) de trabajo, con la que se obtuvo cierta información de interés para la realización de la investigación, que como un documento utilizado de manera estadística.

Se realizaron una serie de preguntas sencillas y concretas a manera de delimitar lo más que se pudiera el objetivo de la investigación, para no confundirse ni desviarse del tema central con otras preguntas poco importantes; con éstas se lograron obtener las principales variables a estudiar e investigar, como el rol de las mujeres en la recolección del agua y su utilización, altos o bajos costos de construcción, comparaciones con las aguas envasadas, entre otras.

El rol o papel que juegan las mujeres en la recolección y administración del agua es muy importante, ya que son ellas las que se encargan directamente de ir a traer el agua a los ríos, quebradas, manantiales, ojos de agua, pozos, etc, los cuales en su mayoría se encontraron lejos de sus viviendas, a más de 3 kilómetros, sumando a ello el tener que llevarse a sus hijos con ellas, la pérdida de tiempo (de 2 a 3 horas) que les lleva el ir a recogerla, descuidando su casa y familia; además del doble esfuerzo físico que tienen que hacer al cargar 15 litros de agua en sus tinajas e ir cuidando a sus hijos, además de ir como mínimo a traer el agua al río o nacimiento 3 veces por semana y, cuidarla, conservarla y utilizarla adecuadamente lo mejor que les sea posible dentro de sus hogares, para que les alcance para la alimentación, higiene personal, lavado de trastes, ropa, etc.

Por otra parte, otro problema que se presenta a las mujeres es el hecho de que al río, ojo de agua o nacimiento, a donde van a traer su agua, en la época seca o de verano, las fuentes naturales de agua tienden a disminuir, e incluso a agotarse o bien, se encuentran contaminadas, afectándoles significativamente en todas sus actividades cotidianas, trayendo consigo enfermedades para sus familias, especialmente en los niños, disminución de la productividad agrícola y pecuaria, generando problemas a nivel de las familias. Así como la necesidad de priorizar con la poca agua con la que cuentan, si debía de ser para riego de cultivos o para su propio consumo, tendiendo a decidirse a utilizarla en su mayoría, para el riego de sus cultivos principalmente y lo que llegara a sobrar para su consumo.

Con la implementación y uso de los sistemas captadores de agua de lluvia, estos problemas que en principio eran grandes y les repercutían gravemente, se vinieron a disminuir, ya que los pozos proporcionaron una buena alternativa al problema que tenían de escasez del agua, a través de la recolección y almacenamiento del agua de la lluvia. Cada sistema tiene sus ventajas y desventajas en cuanto a sus costos, capacidad de almacenamiento, sencillez o dificultad para su elaboración, esto debido a que cada uno presenta diferentes características.

### **2.5.3.1 Pozo artesanal**

#### **A.1 Ventajas**

- Costo relativamente bajo de Q. 1,171.75,
- Medidas del pozo grande 3.00 x 3.00 x 1.50 metros,
- Mayor capacidad de almacenamiento (13,500 litros de agua de lluvia),
- Durabilidad (vida útil) del pozo en promedio de 8 años,
- Diferentes y variados usos que se le pueden dar al agua tanto domésticos, agrícolas y pecuarios, al tener más volumen de agua de lluvia cosechado.
- No hay más pérdida del tiempo de las mujeres en ir a traer agua a los ríos o nacimientos, ya que se encuentra a tan sólo unos pasos de su casa,
- Mayor tiempo de las mujeres para compartir con su familia y cuidarlos y atenderlos mejor, y para dedicarse más a ellas mismas.

#### **A.2 Desventajas**

- Dificultad al construirse ya que básicamente consiste en excavar y extraer tierra haciendo un agujero en el suelo,
- Se utiliza más mano de obra (5 personas promedio por día),
- Mayor tiempo para su construcción (5 días),
- Mantenimiento constante del pozo, al menos cada 4 meses,
- El pozo no posee tapa y/o protección por lo que corre el riesgo de contaminarse más por polvo, basura orgánica e inorgánica, insectos, etc,
- Debe de construirse algún tipo de protección alrededor del pozo para evitar accidentes como la caída de los niños y animales domésticos (gallinas).

### **2.5.3.2 Pozo de llantas**

#### **A.1 Ventajas**

- Costo bajo de Q. 404.50
- Facilidad al construirse ya que consiste solamente en cortar las llantas y colocarlas una sobre otra amarrándolas con alambre.

- Se utiliza menos mano de obra (3 personas promedio por día),
- Menor tiempo para su construcción (1/2 día),
- Mayor tiempo de las mujeres para compartir con su familia,
- Menor pérdida del tiempo de las mujeres en ir a traer agua a los ríos o nacimientos, ya que se encuentra a tan sólo unos pasos de su casa.

### **A.2 Desventajas**

- Durabilidad (vida útil) del pozo en promedio de 8 años,
- Medidas del pozo pequeñas de 0.60 x 0.38 metros,
- Menor capacidad de almacenamiento (70 litros de agua de lluvia),
- Mantenimiento constante del pozo, al menos cada 4 meses,
- Usos más específicos del agua debido a que su capacidad de cosecha es menor, pero igualmente se pueden usar para riego, dar de beber a los animales, lavado de ropa y trastes, bañarse, etc,
- El pozo no posee tapa por lo que tiende a contaminarse más por el viento que arrastra basura, pero puede ponersele,
- Se debe de estar pendiente de que el pozo mantenga siempre el sellante (tapagotera) en buenas condiciones para que no hayan pérdidas del agua captada en el pozo por escurrimiento.

### **2.5.3.3 Ferrocemento**

#### **A.1 Ventajas**

- Durabilidad (vida útil) del pozo en promedio de 28 años,
- Menor tiempo para su construcción (3 días),
- Mínimo mantenimiento del pozo 2 veces por año, es decir, cada 6 meses,
- El pozo posee tapa (sistema cerrado) por lo que tiende a contaminarse menos con la basura que arrastra el viento, polvo, tierra, etc,
- Mayor tiempo de las mujeres para compartir con su familia y cuidarlos y atenderlos mejor, y para dedicarse más a ellas mismas.

- Menor pérdida del tiempo de las mujeres en ir a traer agua a los ríos o nacimientos, ya que se encuentra a tan sólo unos pasos de su casa.
- No necesita ninguna protección extra por ser un sistema completamente cerrado y por lo tanto sin riesgos de sufrir algún accidente, conservando el agua más limpia y clara.

### **A.2 Desventajas**

- Costo relativamente elevado de Q. 783.25
- Medidas del pozo pequeñas de 1.00\*0.32 metros,
- Menor capacidad de almacenamiento (80 litros de agua de lluvia),
- Cierta grado de dificultad al construirse, debido a que se tenía que tener muchísimo cuidado con la mezcla de cemento para que no se secase y estarla manteniendo húmeda durante su ejecución,
- Requerimiento de más mano de obra (4 personas promedio por día),
- Usos más específicos del agua debido a que su capacidad de cosecha es menor, pero igualmente se pueden usar para riego, dar de beber a los animales, lavado de ropa y trastes, bañarse, etc,
- Preferentemente debe de estar bajo algún tipo de sombra natural o fabricada, para que en los días de mayor calor (época de verano) no tienda a irse agrietando y rajando poco a poco con el tiempo.

### **2.5.3.4 Tanque de plástico vertical**

#### **A.1 Ventajas**

- Durabilidad (vida útil) del tanque promedio de 35 años,
- Menor tiempo para su instalación (1 día),
- Menor requerimiento de mano de obra (2 personas),
- Mínimo mantenimiento del tanque, 1 vez por año,
- El tanque posee tapa (sistema cerrado) por lo que tiende a contaminarse menos con la basura que arrastra el viento, polvo, tierra, etc,

- Mayor tiempo de las mujeres para compartir con su familia y cuidarlos y atenderlos mejor, y para dedicarse más a ellas mismas.
- Menor pérdida del tiempo de las mujeres en ir a traer agua a los ríos o nacimientos, ya que se encuentra a tan sólo unos pasos de su casa.
- Los materiales con los cuales está fabricado y su estructura le proporcionan una mayor y mejor conservación del agua limpia y clara,
- No necesita ninguna protección extra por ser un sistema completamente cerrado y por lo tanto sin riesgos de sufrir algún accidente, conservando el agua más limpia y clara.

### **A.2 Desventajas**

- Costo elevado de Q. 1,626.25
- Medidas del tanque medianas de 1.40 x 3.00 metros,
- Capacidad media de almacenamiento (1,100 litros de agua de lluvia),
- Puede utilizarse mejor para la vivienda debido a que su capacidad de cosecha es media, pero igualmente se puede usar para riego, dar de beber a los animales, lavado de ropa y trastes, bañarse, etc,
- Debe de ser colocado en una superficie plana, concreta y estable, para que el peso del agua no lo logre desbalancear produciendo algún tipo de accidente,
- Para que el agua llegue con una mejor presión debe, como mínimo, colocarse a una altura de 2 metros entre el punto de la casa más alto (ducha) y el tanque.

#### **2.5.4 Aceptación del agua de lluvia recolectada a través de los sistemas versus el agua envasada.**

Al dialogar y compartir con todos los usuarios que estuvieron presentes participando y trabajando en el proyecto de los sistemas captadores de agua de lluvia y, después de haber usado los diferentes sistemas durante los meses de junio a octubre, la mayoría de las personas coincidieron en que el agua envasada es muy buena para beber ya que está procesada en base a diferentes normas y reglas de seguridad y saneamiento para potabilidad; pero que a pesar de esa ventaja, tenía otras debilidades como el precio por

garrafón de agua purificada de Q. 14.00, la cantidad de agua que trae el garrafón de 19.80 litros, la dificultad de la empresa en llevar el agua a sus hogares, el hecho de que podría cubrir por un tiempo (de 15 a 20 días) su necesidad de agua para consumo humano, más no para cubrir sus demás necesidades básicas como, lavado de ropa, de trastes, el riego de los cultivos, para dar de beber a sus animales, etc.

Al encontrarse involucrados directamente ellos en la construcción de los sistemas captadores de agua de lluvia, lograron observar más ventajas en tener un pozo en su casa y poder utilizar el agua que cosechan del cielo para muchos usos, domésticos (cocinar, beber, lavar ropa y trastes, limpiar su casa, higiene personal), agrícolas (riego de cultivos, de pequeños huertos familiares) y pecuarios (para beber, hacer pequeñas lagunas para aves y peces), además de que a largo plazo se van elevando los precios de los garrafones y como mínimo por familia necesitarían 2 garrafones mensuales solamente para beber y cocinar, mientras que utilizando los pozos pueden tener mucha más agua y gratis y a tan solo unos pasos de su hogar y les alcanza para muchas más actividades tanto de su hogar, del trabajo e inclusive para su recreación al utilizar el pozo (artesanal únicamente) como piscina para los días de verano.

A pesar de saber y conocer que el agua captada en los sistemas no es confiable ni aceptada para consumo humano, han llegado a concluir que es necesario hacer tratamiento al agua que recolectan en los pozos como hervirla, clorarla o yodarla, dependiendo de lo que cada familia desee, para así poder utilizarla para todas sus actividades y sin necesidad de caminar varios kilómetros, de descuidar sus hogares, de hacer mucho esfuerzo por traer el agua a su hogar, de preocuparse por que en algún determinado momento puedan quedarse sin agua en las fuentes naturales donde comúnmente solían hacerlo, de contaminar más el agua de lo que ya pueda estar, en fin, los sistemas les han venido a cambiar la vida a varias familias campesinas de escasos recursos y que tienen la necesidad del agua en sus hogares, en su trabajo y para poder y lograr sobrevivir en los meses de temporada seca.

Ahora son más las personas interesadas en la construcción de los diferentes pozos (dependiendo para qué lo vaya a querer cada familia y cuál sea su prioridad) porque han visto el trabajo realizado en la casa de sus vecinos y sobre todo los beneficios que les han traído los pozos construidos en sus hogares como, el tener más agua para los meses de verano para uso agrícola (riego), con lo cual aumentan o siguen manteniendo su producción, para alimentación y distintos usos domésticos.

El agua envasada versus el agua obtenida en los diferentes sistemas captadores de agua de lluvia, por todas las razones expuestas anteriormente, son preferibles y mucho mejor aceptadas por las personas de las comunidades.

## 2.6 CONCLUSIONES

- El pozo artesanal fue el que presentó tanto el mayor tamaño, mientras que el pozo de llantas y ferrocemento presentan los valores más bajos, y el tanque de plástico vertical se encontró en un rango intermedio. Por otro lado, los costos fueron variando según las medidas y los materiales básicos, es decir, entre más grande fuera el sistema más elevados fueron los costos y más material fue utilizado.
- En general, la calidad físico-química del agua de lluvia captada en los cuatro sistemas, se encontró dentro de los límites máximos permisibles según la Norma COGUANOR 29 001, ya que no presentaron color, olor, materiales sedimentados ni partículas en suspensión, en el transcurso de los cinco meses de muestreo.
- Los análisis bacteriológicos que se realizaron, muestran resultados insatisfactorios, ya que presentaron valores por encima de la Norma COGUANOR 29001.98, por lo tanto ninguno de los sistemas cumple con los requerimientos para consumo humano directo. Además, se determinó la presencia de *Escherichia coli*, la cual es una bacteria indicadora de que en el agua existen heces fecales y por lo tanto se encuentra contaminada, siendo inadecuada para su consumo.
- En el 90% de los casos las mujeres son las encargadas del suministro de agua al hogar, la cual es utilizada preferentemente para beber. Las fuentes de suministro son: ríos, nacimientos, quebradas, ojos de agua y agua entubada, algunas de las cuales no están disponibles en época seca. Además, reconocen algunas diferencias con el agua envasada comercialmente, como lo son la presentación y los usos posibles. El tiempo utilizado, la cantidad y la frecuencia están relacionadas con la distancia de la fuente utilizada.

## 2.7 RECOMENDACIONES

- Si se va a consumir el agua captada en los sistemas, se hace necesario tomar algunas medidas preventivas y desinfectantes como, hervir suficientemente el agua antes de utilizarla para beber y cocinar los alimentos, clorarla con una dosis de 2 gotas/litro de agua y/o yodarla, o bien utilizar algún otro método de desinfección para evitar y prevenir enfermedades diarreicas principalmente.
- Se deben de proteger los sistemas captadores de agua de lluvia con láminas o plástico, en la parte de arriba, para evitar que caigan basuras arrastradas por el viento y se logre conservar más limpia el agua almacenada en los mismos. Además, colocar protección a los mismos para evitar accidentes y darle un adecuado mantenimiento para su mayor durabilidad. Al recoger el agua de los sistemas, de preferencia se debe de filtrar, para lograr que el agua que vaya a utilizar esté más limpia y con menos sedimentos.
- El sistema de captación de agua de lluvia recomendable según, los costos, capacidad de almacenamiento, opinión de los usuarios y del estudio en general, es el pozo artesanal, debido a que es el sistema que más capacidad de recolección y almacenamiento posee, puede dársele diferentes y variados usos, desde consumo humano, usos domésticos, agrícolas hasta recreativos; además de ser el pozo que la mayoría de los usuarios prefirieron, lo cual se vio reflejado en la boleta de encuesta. Para el mes de agosto de 2007 se tiene un proyecto de construcción de 30 pozos artesanales en las comunidades de Purulhá, Baja Verapaz, con lo cual queda demostrado que este pozo es el de mayor utilidad e interés a nivel comunitario.

## 2.8 BIBLIOGRAFÍA

1. APRESAL (Unión Europea, Apoyo a la Reforma del Sector Salud, GT). 2002. Agua de lluvia, agua saludable. Guatemala, Guatemala. 108 p.
2. Arte10.com, ES. 2007. Industrias Titán: diccionario de materiales y técnicas de arte (pinturas) (en línea). Madrid, España. Consultado 25 ene 2007. Disponible en <http://www.arte10.com/materiales/index.php>
3. Asociación Equipo Maíz, SV. 2001. Gota a gota, el agua se agota. San Salvador, El Salvador. 96 p.
4. COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas; GT). 1975. Parámetros que definen la calidad del agua potable. Guatemala, Guatemala. 6 p.
5. \_\_\_\_\_. 2005. Norma guatemalteca obligatoria: agua potable, COGUANOR NGO 29.001.98 (en línea). Guatemala, Guatemala. Consultado 12 ene 2007. Disponible en <http://www.bvsde.opsoms.org/bvsacq/e/normas2/Norma-Gua.pdf>
6. \_\_\_\_\_. 2007. Agua potable, especificaciones, NGO 29 001:99; 1era. revisión (en línea). Guatemala, Guatemala. Consultado 10 ene 2007. Disponible en <http://www.mspas.gob.gt/dgrvcs/drpsa/Normas/COGUANOR%2029001.pdf>
7. CFI (Spanish Study Guide: installation guidelines. 2007. Conocimiento general (en línea). Estados Unidos. Consultado 20 ene 2007. Disponible en <http://www.cfiinstallers.com/Installers/Spanish%20NEW%20Study%20Guide%202006.pdf>
8. Definición.org, MX. 2006. Glosario (en línea). México, D.F. Consultado 10 ene 2007. Disponible en <http://www.definicion.org/diccionario/210>
9. Echarri Prim, L. 1998. Ciencias de la tierra y del medio ambiente, libro electrónico: Glosario (en línea). España, Universidad de Navarra, Escuela Superior de Ingenieros, TECNUN. Consultado 10 enero. 2007. Disponible en <http://www.tecnun.es/asignaturas/ecologia/Hipertexto/00General/Glosario.html>
10. FAO, IT. 1996. Construcción de embarcaciones pesqueras: 3. embarcaciones de ferrocemento (en línea). Italia. Consultado 3 abr 2004. Disponible en [http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/DOCREP/003/V9468S/V9468S00.HTM](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/003/V9468S/V9468S00.HTM)
11. Fernández R, CF. 1978. Estudio agrológico de suelos con fines de riego, del valle de Rabinal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 79 p.

12. Hidritec, Tecnología y Gestión de Recursos Hídricos, ES. 2007. Documentación técnica (en línea). Asturias, España. Consultado 15 ene Disponible en <http://www.hidritec.com/doc-doctecnica.htm>
13. IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, CO). 2007. Indicadores de calidad ambiental (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 10 ene 2007. Disponible en <http://www.ideam.gov.co/indicadores/calidad5.htm>
14. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2003. Características de la población y de los locales de habitación censados: censos nacionales XI de población y VI de habitación 2002. Guatemala. 271 p.
15. López, G; Bunch, R. 2001. Cosechamiento de agua a través de pequeños pozos. 2 ed. Tegucigalpa, Honduras. 17 p.
16. Mosquera, M. T. 2001. Conociendo la sabiduría Achí: salud y enfermedad en Rabinal. Guatemala, USAC, Estudios Interétnicos. 205 p.
17. MSPAS (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, GT). 2006. Norma Guatemalteca obligatoria: agua potable (en línea). Guatemala, Guatemala. Cartilla Ambiental: Cuidado de la Salud y el Ambiente no. 9. Consultado 28 enero. 2007. Disponible en <http://www.mspas.gob.gt/DGRVCS/DRPSA/Publicaciones/Cartillas/Cartilla%20Coquanor%20Aqua.pdf>
18. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Química. 2006. Extensión (en línea). Santiago de Chile, Chile. Consultado 18 ene 2007. Disponible en <http://www.puc.cl/quimica/html/sabesquees.html>
19. Rodríguez, G. 2003. Diagnóstico general del uso y manejo de los recursos naturales renovables: bosque, agua y suelo del municipio de Rabinal, Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 24 p.
20. SEED.com, MX. Turbidez (en línea). México, D.F. Consultado 12 ene 2007. Disponible en: [http://www.seed.slb.com/en/things\\_to\\_do/workshops/hdl/mexico2/static/html/154.html](http://www.seed.slb.com/en/things_to_do/workshops/hdl/mexico2/static/html/154.html)
21. Sis, JC. 2005. Diagnóstico de la principales plagas y enfermedades que afectan el área de producción de naranja (*Citrus sinensis* Osbeck), del municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 71 p.
22. Tecnoplas.com, MX. 2001. Rotoplas: tanques verticales cerrados con tecnología Tecnoplas (en línea). México, D.F. Consultado 4 abr 2005. Disponible en [http://www.tecnoplas.com.mx/productos/tanques\\_cerrados.html](http://www.tecnoplas.com.mx/productos/tanques_cerrados.html)

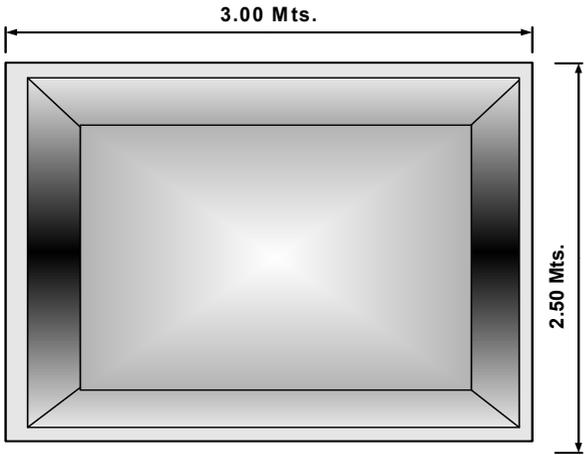
23. UNATSABAR (Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural, PE). 2001. Guía de diseño para captación del agua de lluvia (en línea). . Lima, Perú. 10 p. Consultado 12 ene 2007. Disponible en [http://www.cepis.ops-oms.org/bvsatp/e/Otratec/aq\\_lluv.pdf](http://www.cepis.ops-oms.org/bvsatp/e/Otratec/aq_lluv.pdf)
24. USGS (United Status Geological Survey, US). 2004. La ciencia del agua para escuelas: mediciones del agua (en línea). Estados Unidos. Consultado 12 ene 2007. Disponible en <http://water.usgs.gov/gotita/characteristics.html#Sediment>

2.9 ANEXOS

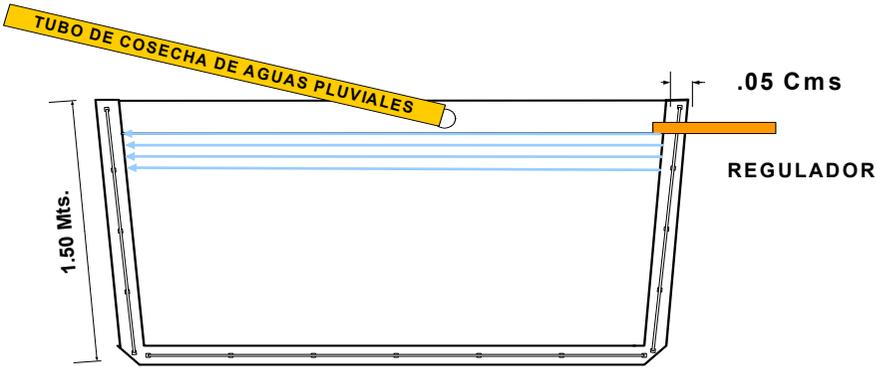
**POZO ARTESANAL 1**



**ESTRUCTURA Fe. 3/8" Y MALLA GALVANIZADA**



**PLANTA ACOTADA**



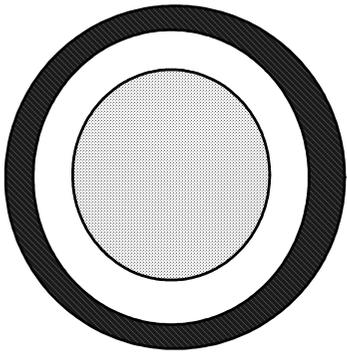
**PERFIL**

Figura 2.27A Diseño y estructura del pozo artesanal.

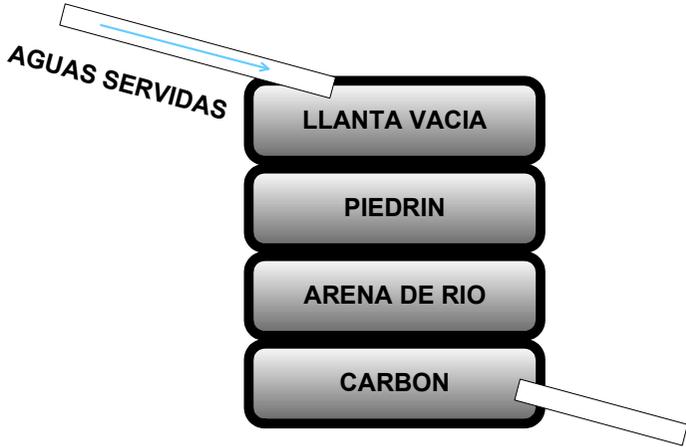
**FILTRO DE AGUAS SERVIDAS**



**ESTRUCTURA DE FILTRO CON 4 LLANTAS**



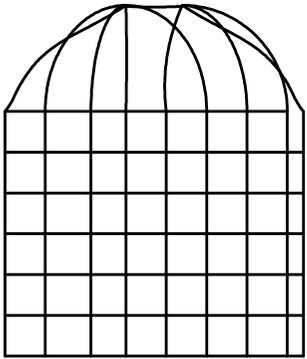
**PLANTA ACOTADA LLANTAS  
RIN. 14**



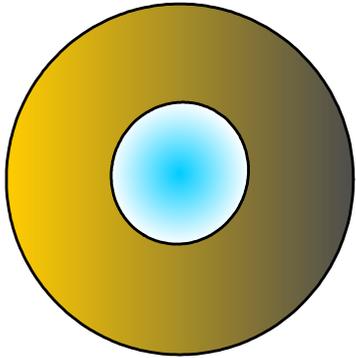
**PERFIL DEL FILTRO Y MATERIALES**

**Figura 2.28A** Diseño y estructura del pozo de llantas.

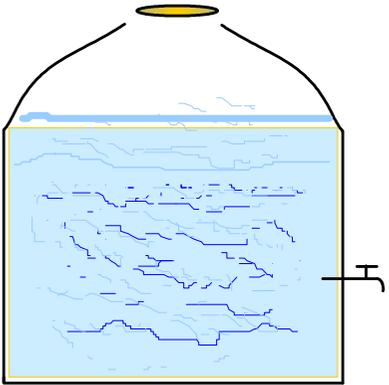
**FILTRO DE AGUA**



**ESTRUCTURA DE FERROCEMENTO Fe. 1/4"**



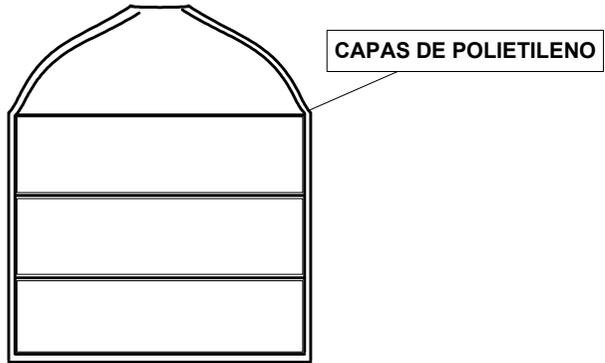
**PLANTA ACOTADA**



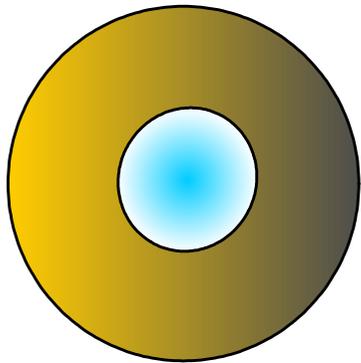
**PERFIL**

**Figura 2.29A** Diseño y estructura del ferrocemento.

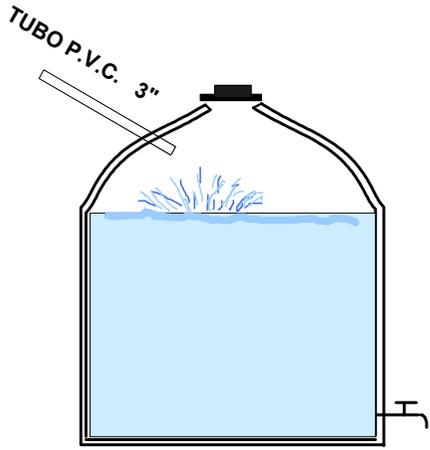
# TANQUE DE DEPOSITO DE AGUA 4



ESTRUCTURA DEL DEPOSITO



PLANTA ACOTADA



PERFIL

Figura 2.30A Diseño y estructura del tanque de plástico vertical.

## 2.9.1 Fotografías de la construcción e instalación de los sistemas captadores de agua de lluvia

### POZO ARTESANAL



**Figura 2.31A** Trazo, medición, excavación y extracción de la tierra del agujero base del pozo artesanal.



**Figura 2.32A** Colocación de los tres anillos de hierro en las paredes del pozo, uno en la parte superior, el segundo en la parte media y el último en el fondo del piso.



**Figura 2.33A** Colocación de la malla alrededor de las paredes sujeta con la ayuda de los anillos y piedras de tamaño mediano en el fondo del piso para su posterior fundición.



**Figura 2.34A** Repello de las paredes y fundición del piso del pozo artesanal.



**Figura 2.35A** Pozo artesanal concluido con el repello fino en las paredes y el piso.

## POZO DE LLANTAS



**Figura 2.36A** Todas las llantas (4 ó 5) se cortan por la parte de en medio de un lado nada más, con la ayuda de un machete.



**Figura 2.37A** Se colocan las llantas apiladas o de forma vertical una sobre de otra para coserlas posteriormente.



**Figura 2.38A** Se amarran las llantas con alambre de amarre por la parte de adentro entre las uniones de éstas.



**Figura 2.39A** Se funde la primer llanta en el piso con la mezcla de cemento y arena, y luego se colocan todas las otras llantas apiladas en forma vertical.



**Figura 2.40A** Finalmente se le echan dos capas de pegamento por la parte de afuera de las llantas, entre las uniones, para que termine de sellar y evite que existan fugas.

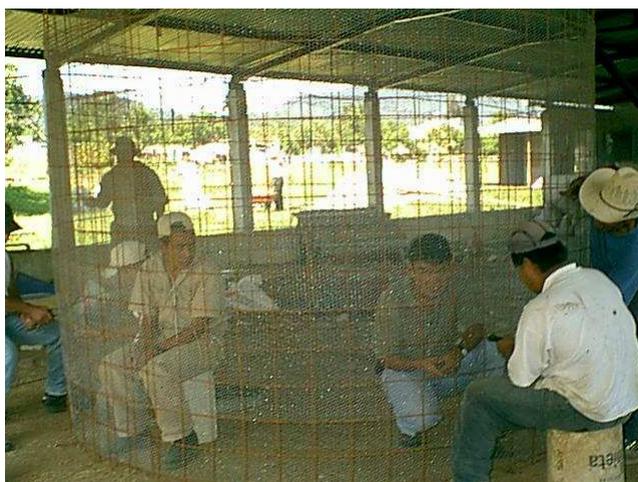


**Figura 2.41A** El pozo de llantas terminado para captar el agua de la lluvia.

## FERROCEMENTO



**Figura 2.42A** Medición y trazo del área de la circunferencia de la estructura base del ferrocemento.



**Figura 2.43A** Instalación de la malla para gallinero para la elaboración la estructura base.



**Figura 2.44A** Colocación de la estructura base del ferrocemento en campo definitivo y repello de las paredes.



**Figura 2.45A** Colocación de la tapadera de la estructura base y repello de la misma.

## TANQUE DE PLÁSTICO VERTICAL



**Figura 2.46A** Se colocó sobre un lugar seguro y estable, de fácil conexión a la tubería principal y debajo del techo de la casa.



**Figura 2.47A** Colocación del canal cuadrado en la entrada del tanque de plástico vertical para la captación del agua de la lluvia a través del techo.



**Figura 2.48A** El tanque de plástico vertical se encuentra listo para su uso.

**Cuadro 2.20A** Datos pluviométricos de la estación metereológica de Cubulco, Baja Verapaz.

Est.	Año	Variable	Dimensión	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Prom. Anuales
Cubulco	1990	Lluvia	MM	7.6	4.2	8.3	87.6	81.7	251.4	178.2	76.5	221.7	33.6	54.5	53.9	<b>1059.20</b>
Cubulco	1991	Lluvia	MM	3.1	1.8	----	16.5	169.1	241.3	84.4	91.1	119.4	71.2	16.6	41.6	<b>856.10</b>
Cubulco	1992	Lluvia	MM	4.1	2.4	9.9	35	61.9	262.2	52.1	191.5	131.5	109.6	91	13.2	<b>964.40</b>
Cubulco	1993	Lluvia	MM	10.5	0.3	7.9	70.5	76.4	238.9	123.9	191.6	220.3	146.2	13.7	15.1	<b>1115.30</b>
Cubulco	1994	Lluvia	MM	3.8	0.5	15.2	151.4	63.6	139.9	80.3	205.4	95.8	77.3	19.5	11.6	<b>864.30</b>
Cubulco	1995	Lluvia	MM	1.1	6.2	8.2	134	55.4	196.5	160.3	427.2	----	----	----	----	<b>988.90</b>
Cubulco	1996	Lluvia	MM	118.2	3.3	6.9	108.4	96.6	293.2	203.5	169.8	221.6	69.8	118.2	2.9	<b>1412.40</b>
Cubulco	1997	Lluvia	MM	0.4	3	20.3	20.8	213.8	261.4	124.6	126.4	419.9	52.8	78.3	8.2	<b>1329.90</b>
Cubulco	1999	Lluvia	MM	6.7	0.8	10.5	15.4	78	320.7	169.5	380.6	240.9	201.8	30.7	8.1	<b>1463.70</b>
Cubulco	2000	Lluvia	MM	2.1	0.6	1.2	----	524.5	209.1	106.5	159.6	175.5	125	20.8	5.3	<b>1330.20</b>
Cubulco	2001	Lluvia	MM	0.5	5.8	13.1	26.4	160.4	75.8	119	106.9	262.8	70.7	8.6	4.7	<b>854.70</b>
Cubulco	2002	Lluvia	MM	1.9	6.7	5.6	----	52.8	281.4	186.9	102.4	163.5	130.7	21.5	6.3	<b>959.70</b>
Cubulco	2003	Lluvia	MM	2.2	1.2	32.1	13.9	90.1	170.6	115.9	86.2	308.4	63.7	61.2	1.6	<b>947.10</b>
Cubulco	2004	Lluvia	MM	0.8	----	2.2	47	204.1	175.8	80.8	104.5	172.8	122.3	26.8	1.6	<b>938.70</b>
<b>Precipitaciones Mensuales</b>				<b>11.64</b>	<b>2.83</b>	<b>10.88</b>	<b>60.58</b>	<b>137.74</b>	<b>222.79</b>	<b>127.56</b>	<b>172.84</b>	<b>211.85</b>	<b>98.05</b>	<b>43.18</b>	<b>13.39</b>	
<b>Evapotranspiración</b>				<b>108.50</b>	<b>123.20</b>	<b>179.80</b>	<b>159.00</b>	<b>155.00</b>	<b>135.00</b>	<b>130.20</b>	<b>130.20</b>	<b>114.00</b>	<b>117.80</b>	<b>96.00</b>	<b>93.00</b>	
<b>Promedios Mensuales ETP</b>				<b>3.50</b>	<b>4.40</b>	<b>5.80</b>	<b>5.30</b>	<b>5.00</b>	<b>4.50</b>	<b>4.20</b>	<b>4.20</b>	<b>3.80</b>	<b>3.80</b>	<b>3.20</b>	<b>3.00</b>	
<b>Evapotranspiración Real</b>				<b>6.64</b>	<b>0.00</b>	<b>5.88</b>	<b>55.58</b>	<b>132.74</b>	<b>217.79</b>	<b>122.56</b>	<b>167.84</b>	<b>206.85</b>	<b>93.05</b>	<b>38.18</b>	<b>8.39</b>	<b>1055.51</b>

**Fuente:** Elaboración propia, con base a datos de la estación metereológica de Cubulco, B. V., 2007.

## 2.9.2 Resultados de la boleta de encuesta sobre la aceptabilidad de los sistemas de captación de agua de lluvia

### 1. Persona encargada de llevar el agua al hogar.

Esposo	1
Esposa	18
Hijos	1

### 2. Fuentes de suministro de agua con que cuenta dentro de la comunidad.

Ríos	8
Quebrada	3
Nacimiento	5
Ojos de agua	2
Agua entubada	2

### 3. Distancia a la que se encuentra la fuente de suministro de agua, de la casa.

< De 1 Km	2
De 1 a 3 Km	4
> De 3 Km	14

### 4. Tiempo requerido para acarrear el agua hacia el hogar.

< De 1 Hr	2
1 Hr	2
2 Hr	4
3 Hr	5
> De 3 Hr	7

**5. Cantidad de agua acarreada al hogar durante el día.**

5 Lt	2
10 Lt	6
15 Lt	8
> De 15 Lt	4

**6. Veces durante la semana que se acarrea agua al hogar.**

1 Vez	0
2 Veces	3
3 Veces	5
> De 3 veces	12

**7. La fuente de suministro, se encuentra con agua durante todo del año.**

Sí	6
NO	14

**1. Usos que se le dan al agua.**

Uso agrícola	3
Uso domestico	5
Consumo humano	11
Consumo animal	1

**9. Pozo más sencillo de construir y/o instalar.**

Tanque de plástico vertical	8
Pozo de llantas	6
Pozo artesanal	4
Ferrocemento	2

**10. Costos de los sistemas de captación de agua de lluvia.**

Tanque de plástico vertical	12
Pozo artesanal	5
Ferrocemento	2
Pozo de llantas	1

**11. Capacidad de almacenamiento de los sistemas de captación de agua de lluvia.**

Pozo artesanal	15
Pozo de llantas	1
Ferrocemento	1
Tanque de plástico vertical	3

**12. Utilidad que se le da al agua recolectada de los sistemas captadores.**

Consumo humano (potabilidad)	15
Uso domestico	2
Uso agrícola	2
Consumo animal	1

**13. La utilidad del agua recolectada se compara con la utilidad del agua envasada.**

Sí	3
No	17

### **CAPÍTULO III. SERVICIOS REALIZADOS**

### 3.1 PRESENTACIÓN

Vecinos Mundiales Guatemala (VMG), una Organización No Gubernamental (ONG) de desarrollo, ha estado presente en distintas comunidades del Municipio de Rabinal, Baja Verapaz, madurando y consolidando diversos programas de intervención alrededor de una actividad concreta, tomando en cuenta los aspectos culturales de la región.

En tal sentido los servicios son uno de los componentes del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía (EPSA), cuyo objetivo principal es que el estudiante entre en contacto directo con personas de las comunidades, quienes al final de cuentas fueron los que financiaron su formación académica. Como una forma de retribuir de manera directa esta ayuda el EPSA, pretende que el estudiante preste una serie de servicios que contribuirán de manera directa e indirecta a mejorar las condiciones de vida de las poblaciones.

Uno de los servicios planificados que se presentará, forma parte de la construcción de la estrategia de intervención de Vecinos Mundiales en distintas áreas del Municipio de Rabinal, Baja Verapaz; el cual consiste en el desarrollo, capacitación y seguimiento de talleres de captación y cosecha de aguas de lluvia y de filtros recicladores de aguas grises.

Por otro lado, el segundo servicio planificado, se realizó en la Finca Sahomax, en el Municipio de Chisec, Alta Verapaz, el cual consiste en el establecimiento de un vivero forestal comunal con la especie *Tectona grandis* L. f.

Ambos servicios se llevaron a cabo durante el período de febrero a noviembre de 2006, con el apoyo de Vecinos Mundiales Guatemala (VMG) y la Facultad de Agronomía (FAUSAC). Así mismo, se realizaron algunos servicios no planificados requeridos por la institución.

## **3.2 DESARROLLO DE TALLERES DE CAPTACIÓN Y COSECHA DE AGUA DE LLUVIA Y FILTROS RECICLADORES DE AGUAS GRISES**

### **3.2.1 OBJETIVOS**

#### **3.2.1.1 Objetivo general**

- Desarrollar un taller de captación y cosecha de agua de lluvia a través de pequeños pozos y/o tanques y, de filtros recicladores de aguas grises en la comunidad de Pacux, municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz.

#### **3.2.1.2 Objetivos específicos**

- Capacitar a la población en la construcción de pozos captadores de agua de lluvia con fines de mini riego para la época seca.
- Reciclar aguas grises mediante la construcción de filtros verticales para diversos usos agrícolas.
- Incrementar la disponibilidad de agua para los cultivos propiciando una producción sostenible para los agricultores.
- Mitigar los efectos de la sequía por medio de la micro captación de agua de lluvia.
- Mejorar el entorno ecológico de los cultivos.

## 3.2.2 METODOLOGÍA

### 3.2.2.1 Fase de gabinete

- Revisión de información bibliográfica y experiencias en campo de diversos libros y manuales sobre captación y cosecha de aguas de lluvia.
- Presentación y contacto con líderes de las distintas comunidades del Municipio de Rabinal, Baja Verapaz.
- Visitas preliminares en las comunidades para ubicar el área en donde se construiría el pozo artesanal y el pozo de llantas en el Municipio de Rabinal, Baja Verapaz.
- La construcción de los pozos se realizó en el lugar ubicado anteriormente en las visitas preliminares de reconocimiento, el cual se recomendó preferentemente, que estuvieran debajo del techo de la casa o del techo de una galera para captar el agua que llueve.

### 3.2.2.2 Fase de campo

Durante toda la semana se construyeron dos pozos pequeños y dos filtros de aguas grises en dos casas de diferentes agricultores, variando los materiales en cada pozo y filtro de agua, con el fin de que los agricultores aprendan a construirlos y los implementen en sus viviendas.

#### A. Construcción de los pozos

##### A.1 Materiales para el pozo artesanal

- 4 Varillas de hierro de 3/8
- 14 libras de alambre de amarre
- 5 sacos de cemento

- 6 sacos de arena de río
- 2 libras de clavos de 6 pulgadas
- 3 Piochas
- 3 Azadones
- 3 Palas
- 1 metro
- 1 almágana con su respectiva sierra
- 3 tenazas
- 6 cucharas de albañilería
- 3 planchas de albañilería

**NOTA:** Los materiales aquí mencionados, son para la construcción de un pozo de 4 metros cúbicos (pozo de 2 metros de ancho por 2 metros de largo por 1 metro de profundidad, y dependiendo de la inclinación del terreno, así se ubicará el pozo).

#### **A.1.1 Pasos a seguir**

- Se mide en el suelo del terreno en donde se ubicará el pozo, las medidas de 2x2x1 metros y se delimita con ayuda de un metro y cordeles.
- Se comienza con la excavación y extracción de la tierra del terreno delimitado y se saca con la ayuda de palas y azadones.
- Dejar un talud en las paredes del pozo de aproximadamente unos 30 cm.
- Con una varilla de hierro (mide 6 m de largo) y con la ayuda de una almágana (sierra) se van a sacar 4 estacas de aproximadamente 60 cm de largo, las cuales se colocarán en las esquinas del pozo para reforzarlo.
- Se coloca el primer anillo de hierro en la parte superior del pozo, el segundo en la parte media y el tercero en el fondo del pozo y con los clavos de 6 pulgadas y alambre de amarre se van a sujetar los anillos de hierro.

- Una vez colocados los anillos se empezó a tejer la maya en el primer anillo con ayuda el alambre de amarre y se siguió tejiendo hasta llegar al fondo del pozo.
- En el fondo del pozo se hará un petate de piedras de tamaño regular para que a la hora de fundirlo sea más fácil y seguro.
- Se hizo una mezcla de cemento y arena en una proporción de 3:1 (40 paladas de arena por 1 saco de cemento) para el repello de las paredes con un espesor de aproximadamente 2-4 cms.
- Se hizo la fundición del piso con la mezcla de igual proporción a la del repello.
- Finalmente se dio un repello y fundición fina para el piso y las paredes del pozo con una proporción de 1:1, y se dejó secar al aire libre.

## **A.2 Materiales para el pozo de llantas**

- 5 Llantas viejas Ring 15
- 1 Saco de cemento
- 1 Saco de arena de río
- 1 Libra de clavos de 1½ pulgada
- 1 Botecito de ¼ de tapa-gotera de lámina
- 1 cincel
- 1 machete
- 1 piedra de afilar
- 1 Libra de alambre de amarre

**NOTA:** Los materiales aquí mencionados, son para la construcción de un pozo de llantas tipo barril.

### **A.2.1 Pasos a seguir**

- Se ubicó el pozo de llantas tipo barril debajo del techo de la casa para la captación del agua de lluvia y posterior uso, ya sea doméstico o agrícola.
- A las 5 llantas se le cortó aproximadamente unos 5-7 cm de únicamente un lado, siguiendo el agujero que éstas traen en el medio con la ayuda de un cincel o bien de un machete.
- Se hizo la mezcla de cemento y arena con una proporción de 3:1 al igual que se hizo para el pozo artesanal.
- Se fundió una llanta en el piso y luego se colocarán las otras cuatro llantas una encima de otra.
- A Las llantas se les hizo unos pequeños agujeros en el lado de adentro por lo cuales se pasará el alambre de amarre, con el que se cocerán las llantas.
- Finalmente entre la costura de cada llanta se untó el tapa-gotera para que terminara de sellar algún hueco que haya quedado sin cocer y se dejará secar al aire libre.
- Y listo el pozo de llantas tipo barril ya se encuentra apto para captar el agua de lluvia.
- Finalmente se dio continuidad al taller, mediante monitoreos a las áreas en donde se construirán los pozos y filtros con visitas cada mes a partir de mayo del presente año.

## **B. Construcción de filtros de aguas grises**

### **B.1 Materiales para el filtro horizontal**

- 1 Bolsa de cemento
- 3 Quintales de carbón vegetal

- 3 Quintales de arena de río
- 3 Quintales de piedrín
- 32 Envases plásticos de cualquier bebida
- 5 Metros de manguera de media pulgada o
- 2 Metros de tubo de PVC de media pulgada
- 2 Piochas
- 2 Azadones
- 2 Palas
- 1 Metro
- 2 Cucharas de albañilería

### **B.1.1 Pasos a seguir**

- El filtro se colocó justo debajo de la pila de la casa o bien, debajo del algún pozo, cuya agua proveniente sea de la cocina, lavandería o baño (ducha específicamente).
- Se midió en el suelo del terreno en donde se ubicó el filtro horizontal, las medidas de 75 cm de ancho por 60 cm de profundidad por 3.0 m de largo, distribuidos de la siguiente manera: 50 cm de largo para el primer y segundo deposito y 1.0 m de largo para el tercer y cuarto deposito.
- Se comenzó con la excavación y extracción de la tierra del terreno delimitado y se sacó con la ayuda de palas y azadones.
- Se dejó un talud en las paredes del filtro de aproximadamente unos 10 cm y un desnivel del 5% en el piso para que el agua vaya corriendo.
- Se hizo una mezcla de cemento y arena en una proporción 3:1 (20 paladas de arena por 1/2 bolsa de cemento) para el repello de las paredes.
- Se repelló las paredes del filtro con la mezcla hecha anteriormente, con la ayuda de una cuchara para albañilería a modo de dejar lo más lisas posibles las paredes.

- En el fondo (piso) del filtro se hizo un “petate” de piedras de tamaño regular para que a la hora de fundirlo fuera más fácil y seguro.
- Se fundió el piso del filtro con la misma mezcla con que se repellaron las paredes.
- Una vez secas las paredes y el piso del filtro, se procedió a dividir o seccionar el filtro: 50 cm de largo para el primer y segundo depósito y 1.0 m de largo para el tercer y cuarto depósito, para formar 3.0 m de largo total del filtro.
- Se cortó los envases plásticos de bebidas en tres o dos partes cada uno (esto va a depender del tamaño del envase) y se colocó en las secciones o divisiones de cada depósito.
- Por cada división irán de cuatro a doce partes de envases plásticos, colocados en forma vertical, es decir, en el fondo del piso irán las primeras cuatro partes plásticas colocadas con la ayuda de la mezcla de cemento, luego encima de estas se colocaran otras cuatro partes plásticas, para finalmente colocar las últimas arriba de estas. Y así se hará en las otras tres divisiones del filtro.
- Entre cada división se colocó un pedazo de cedazo para que este ayude aún más a reciclar las aguas grises y pase más limpia.
- Luego, se llenó aproximadamente unos 40 cm de profundidad las divisiones del filtro de la siguiente forma: el primer depósito se dejara vacío, ya que este se encarga de recibir el agua proveniente del lavado de ropa, de trastes o de la ducha, el segundo se llenara con piedrín, el tercero con arena de río y el cuarto con carbón.
- Al final del filtro se colocó un tubo de PVC de media pulgada o una manguera de media pulgada también para que saque el agua ya filtrada para distintos usos como mini riego, baños, exceptuándola para cocinar o beberla.

## **B.2 Materiales para el filtro vertical**

- 5 llantas viejas Ring 15
- 1/2 bolsa de cemento
- 3 quintales de carbón
- 1 quintal de arena de río
- 3 quintales de piedrín
- 2 envases plásticos de bebidas
- 5 metros de manguera de media pulgada
- 2 metros de tubo de PVC de media
- 1 Cincel
- 1 Machete
- 1 Piedra de afilar
- 1 Libra de alambre de amarre

### **B.2.1 Pasos a seguir**

- Se ubicó el filtro de llantas, al igual que el filtro horizontal, debajo de la pila de la casa o de un pozo para que el agua que caiga en el filtro sea de la cocina, ducha o lavandería.
- A las 5 llantas se le cortaron aproximadamente unos 5-7 cm de la orilla de lado, siguiendo el contorno que éstas traen en el medio con la ayuda de un cincel o bien de un machete.
- Al estar las 5 llantas ya cortadas, se les dio vuelta y se colocaron una encima de la otra a modo de una columna.
- Se hizo la mezcla de cemento y arena con una proporción 3:1 (15 paladas de arena por 5 paladas de cemento) para fundir la primer llanta.
- Se fundió la primer llanta con la mezcla anteriormente elaborada y en medio de la llanta se puso un tubo PVC de media pulgada o una manguera de media pulgada para que saque el agua ya filtrada para ser reutilizada para el baño, lavado de trastes, de ropa o mini riego.

- Al tubo de PVC o manguera de media pulgada, se calentó con fuego un cuarto del tubo y se le echó arena a modo de que quedara doblado en forma de gancho y, una vez doblado se le sacó la arena.
- En la boca del tubo se colocó un pedazo de papel periódico para que no le entre cemento a la hora de fundir.
- Luego, a un vaso plástico se le hicieron agujeros en todas las paredes del mismo, el cual se colocó encima del tubo antes que seca el cemento.
- Al secarse la llanta fundida con el tubo y el vaso plástico, se colocó las demás llantas una encima de la otra.
- Finalmente se llenaron las llantas de abajo para arriba de la siguiente manera: llanta y media se llenó con carbón, la siguiente llanta y media con arena de río, la tercer llanta con pedrín y la cuarta y ultima llanta abajo para arriba queda vacía para recibir el agua de la lavandería, cocina o ducha.

### **3.2.2.3 Fase de gabinete final**

Se analizó toda la información obtenida a través del taller y experiencias de los agricultores al construir sus pozos y filtros, y con ello se elaboró un informe final del servicio evaluando la metodología utilizada para la elaboración de los mismos.

### 3.2.3 RESULTADOS

- Construcción de 2 pozos y/o tanques captadores de agua de lluvia,
- Construcción de 2 filtros recicladores de aguas grises,
- Monitoreo, toma de muestras y análisis físico-químicos y bacteriológicos de los pozos captadores de agua de lluvia,
- Creación de un banco de herramientas,
- Participación comunitaria.

### 3.2.4 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

#### 3.2.4.1 Construcción de 2 pozos y/o tanques captadores de agua de lluvia

Basados en la metodología de Gabino López y Rolando Bunch de COSECHA (Honduras), explicada con anterioridad, se construyeron dos pozos captadores y cosechadores de agua de lluvia. El primer pozo artesanal se hizo aproximadamente 2.50 m x 2.50 m x 1.50 m, para tener una capacidad de 6,250 Lt lo que equivale a 6,250 m<sup>3</sup>. Para el segundo pozo artesanal las medidas aproximadas fueron de 3.0 m x 3.0 m x 1.50 m para una capacidad de 9,000 Lt equivalentes a 9,000 m<sup>3</sup>. Y el tercer pozo de llantas Ring 15 con aproximadamente una capacidad de 3,000 Lt o 3,000 m<sup>3</sup>. Generalmente, son utilizados para usos domésticos tales como bañarse, lavar ropa, regar el huerto familiar o dar de beber a los animales durante la época de verano o seca, durando aproximadamente de 2 a 3 meses, aunque claro, se debe de tomar muy en cuenta que este tiempo va a depender del número de miembros de la familia y del tamaño del pozo básicamente.

#### 3.2.4.2 Construcción de 2 filtros recicladores de aguas grises

Al igual que para la construcción de los pozos captadores de agua de lluvia, la base fue la de COSECHA de López y Bunch, con la cual se construyó un filtro vertical de 5 llantas Ring 15 y un filtro horizontal de 75cm x 60cm x 3.0m. Con los cuales se logra garantizar hasta cierto punto el abastecimiento de agua que sirve para hacer pequeños riegos en cualquier época del año en un huerto familiar o cualquier otra siembra de poca extensión e inclusive para regar todo un cultivo

durante la estación seca. También son utilizados para comunidades donde existe agua potable pero es prohibido usarla para regar los cultivos, convirtiéndose estos en muy buena alternativa para usos agrícolas. En la mayoría de comunidades se pierde esta agua gris totalmente, aun en las comunidades donde hay escasez de agua. En muchos casos el agua gris solamente sirve para formar charcos criaderos de zancudos y moscas. En lugar de tener este problema, es mejor filtrar el agua gris y así tener la oportunidad de regar árboles frutales, hortalizas y otros cultivos en los huertos familiares.

#### **3.2.4.3 Monitoreo, toma de muestras y análisis físico-químicos y bacteriológicos de los pozos captadores de agua de lluvia**

Después de la construcción de los pozos, se inició un plan de monitoreo y toma de muestras, efectuándose a partir del mes de junio del año en curso y finalizando en octubre del mismo año, con el fin de monitorear y controlar la calidad del agua depositada en los pozos. Durante los primeros días de cada mes se procedió a tomar dos muestras por pozo, una de ellas para los análisis físico-químicos y la segunda para los análisis bacteriológicos, los cuales se llevaron a cabo en los laboratorios de la Facultad de Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, teniendo 8 muestras por mes para un total de 40 muestras a lo largo de los 5 meses muestreados. Se presentaron en su mayoría y según las Normas COGUANOR para los análisis físico-químicos resultados positivos; mientras que en los resultados de los análisis bacteriológicos no fueron tan positivos como se hubiese querido, de los cuales se hablará más a fondo en la investigación.

#### **3.2.4.4 Creación de un banco de herramientas**

La idea básica de tener un banco de herramientas es la disponibilidad inmediata de las herramientas para las y los señores que forman parte y que se integren a formar parte de la Asociación Madre Tierra (Qachualom), y que en algún momento dado deseen utilizarlas para diversas actividades como la construcción de otros pozos y filtros, la siembra de plantas medicinales y hortalizas, etc.

### **A. Listado de materiales**

- Palas
- 3 Piochas
- 1 Sierra
- 8 Cucharas para albañilería
- Planchas para albañilería
- 2 Tenazas
- 1 Tenaza tipo pico de perico
- 1 Martillo macho
- 1 Cincel
- 1 Bolsa de cemento
- 13 m de Maya para cerco
- 1 Repuesto para sierra
- 1 Chorro
- 1 Copla
- 2 Abrazaderas
- 2 Uniones para tubo
- 1 Unión de tuerca
- 2 Canales
- 1 Libra de Alambre de amarre
- 1 Piedra para afilar
- 2 Machetes
- 1 Martillo

#### **3.2.4.5 Participación comunitaria**

La participación comunitaria en la construcción de los pozos captadores de agua de lluvia y los filtros recicladores de aguas grises se midió de la siguiente manera: con la participación de 40 personas para la construcción de dichos pozos y filtros.

El servicio de desarrollo de talleres de captación y cosecha de agua de lluvia y filtros recicladores de aguas grises, de acuerdo a los objetivos y metas trazadas inicialmente, se llevó a cabo en un 100%, siendo satisfactoria su ejecución.

### **3.3 ESTABLECIMIENTO DE UN VIVERO FORESTAL COMUNAL CON LA ESPECIE *TECTONA GRANDIS* L. f. (TECA) CON FINES DE REFORESTACIÓN**

#### **3.3.1 OBJETIVOS**

##### **3.3.1.1 Objetivo general**

- Establecer un vivero forestal comunal con la especie *Tectona grandis* (Teca), con los habitantes de la comunidad de Pacux, municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz, en la Finca Sahomax, municipio de Chisec, departamento de Alta Verapaz, con fines de reforestación.

##### **3.3.1.2 Objetivos específicos**

- Desarrollar talleres con los habitantes de la comunidad de Pacux, para la elaboración y ejecución de un vivero forestal comunal en la finca Sahomax, Chisec, Alta Verapaz.
- Dar a conocer el rol tan importante que juegan los árboles desde el punto de vista ecológico, socioeconómico y cultural, a los habitantes de la comunidad de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz.
- Capacitar periódicamente a los pobladores de la comunidad de Pacux, en cuanto al manejo y mantenimiento del vivero forestal comunal de *Tectona grandis*.

### 3.3.2 METODOLOGÍA

#### 3.3.2.1 Fase de gabinete

- Revisión de información bibliográfica y experiencias de campo de diversos libros, documentos y manuales sobre aspectos generales de viveros forestales y de la especie seleccionada (Teca).
- Presentación y contacto con líderes de la comunidad de Pacux del municipio de Rabinal, Baja Verapaz, para planificar todo lo relacionado a las actividades forestales que se estarán llevando a cabo conjuntamente.
- Visitas preliminares de reconocimientos a la finca Sahomax para ubicar y seleccionar el sitio en donde se realizará el vivero forestal comunal de Teca (*Tectona grandis*) en el Municipio de Chisec, Alta Verapaz. Para la selección del sitio es preciso se tomaron en cuenta los siguientes factores:

#### A.1 Localización y accesibilidad del terreno

Un vivero debe localizarse en un sitio que sea lo más representativo posible de las condiciones del clima y suelo del lugar donde se desea reforestar. El lugar debe ser soleado y con buena orientación a la salida del sol, para así disminuir el efecto de la sombra en el crecimiento de las plantas.

El sitio seleccionado debe ser de acceso fácil, es decir que no se dificulte el transporte de todas las plantas al momento de trasladarlas al campo de cultivo.

Es necesario que el vivero se sitúe cerca de la casa de uno de los participantes responsables, en caso de un Vivero comunal, para así poder controlar los problemas de robo de plantas y daños causados por animales sueltos.

#### A.2 Clima

Se debe tener en cuenta la precipitación y la temperatura. La plantación debe aprovechar las primeras lluvias, con lo que se pretende lograr un buen prendimiento,

afianzamiento de la planta, crecimiento adecuado y plantas fuertes. La especie a plantar debe ser resistente a la temperatura que hay en el lugar de la plantación (heladas, altas temperaturas, cambios bruscos entre día y noche, etc.).

### **A.3 Disponibilidad de agua durante todo el año**

- Este es uno de los factores más importantes. Es importante saber si el lugar cuenta con agua no sólo en la época de lluvias, sino en la secas también; y tener presente la calidad de la misma.
- Se debe de buscar un lugar donde haya agua cerca o donde se pueda hacer llegar por medio de mangueras o canales.

### **A.4 Topografía**

De preferencia el área debe ser plana. De no ser así, el vivero se deberá construir en terrazas o andenes. La pendiente del terreno debe ser de 2 a 3 %, con adecuada estructura del suelo y buen drenaje, lo cual se logra más fácilmente en suelos livianos y permitirá la salida fácil del exceso de las aguas de lluvia.

Una ladera con exposición Este, recibe los primeros rayos solares del día y, por lo tanto, se calienta antes. En las zonas donde hay escasez de humedad, lo más importante serán las laderas con exposición Oeste para evitar la pérdida de humedad. En las húmedas, el hecho de que por las mañanas la temperatura del suelo sea mayor, ayudará al crecimiento de las plantas. La pendiente es importante; cuando es mayor a 70% ya no es posible hacer plantaciones. Las partes cóncavas son las que tienen mejores condiciones de suelo, ya que son más profundas y con mayor humedad, porque acumulan agua durante las lluvias.

### **A.5 Tamaño**

El tamaño está relacionado con la cantidad de plantas que se van a producir, lo que se define en función del área de terreno que se va a reforestar. Por estrategia, al principio se debe empezar con una producción moderada, para garantizar la calidad de

las plantas y lograr la participación de los campesinos, lo que más tarde motivará a incrementar la producción y aumentar el área del vivero.

### **A.6 Tipo de suelo**

Para el vivero se busca un sitio con buena tierra. Se deben evitar suelos arenosos porque no retienen agua y fertilizantes. También se deben evitar suelos muy arcillosos por ser compactos y porque no permiten la penetración del agua.

Si el suelo del sitio no es bueno, se debe considerar la localización de fuentes de tierra negra y arena no muy lejos del sitio para así hacer más fácil la preparación de semilleros y la mezcla de suelo para el llenado de bolsas.

### **A.7 Sombra**

La sombra de árboles grandes perjudica el crecimiento de las plantas. Si hay muchos árboles en el lugar donde se desea colocar el vivero es necesario podar o quitar algunos para que haya un poco de sombra, pero no demasiado.

### **A.8 Cercado**

Para evitar daños de animales sueltos y personas ajenas a la actividad de reforestación, es indispensable cercar bien el vivero.

## **A.9 Descripción de la especie**

### **A.9.1 Taxonomía**

- a. Nombre científico:** *Tectona grandis* L. f.
- b. Sinonimia:** Nombre común Teca.
- c. Origen:** Originaria de la India, Birmania, Tailandia, Java e Indonesia.
- d. Forma biológica:** Árbol que alcanza los 50 m de altura, fustes con un diámetro mayor de 29 cm y hasta un metro.
- e. Fenología:**  
Hojas: Árbol deciduo.

Flores: El florecimiento es inmediato a la caída de los frutos.

Frutos: Los frutos maduran y caen de febrero a marzo.

**f. Requerimientos Ambientales:**

Altitud (msnm):

Media: 378.2.

Mínima: 30; 0.

Máxima: 650; 900; 1,500

**g. Suelo:** Los mejores sitios son los suelos aluviales fértiles, bien drenados, con el manto freático profundo. La teca tolera un amplio intervalo de suelos, siempre y cuando éstos sean profundos y bien drenados. No tolera suelos poco profundos, compactos y mal drenados; aunque resiste inundaciones temporales.

**h. Temperatura (°C):**

Media: 24.7; 22 a 28; 25

Mínima: 21.3; 17

Máxima: 30.2; alrededor de 45; 46

**i. Precipitación (mm):** El óptimo se encuentra en torno a los 1,250 – 2,500 mm, con 3 a 5 meses de sequía.

Media: 1,578.7

Mínima: 1,200; 625

Máxima: 2,291; 3,000

**j. Usos:** La madera de esta especie es muy apreciada en el mercado mundial, es empleada para la fabricación de muebles, palmetas y chapas, floreros, ebanistería, puertas, paneles, muebles fijos en laboratorio, construcción de casas, vagones de ferrocarril, durmientes, cabinas de trabajo y carpintería en general.

**k. Propagación:** Propagación sexual. Generalmente es por semillas.

**l. Características de las semillas:** Las semillas son Ortodoxas, este tipo de semillas puede almacenarse con contenidos de humedad de 6 a 7% y temperaturas  $\leq 0^{\circ}\text{C}$ ; tales condiciones permiten mantener la viabilidad por varios años. Generalmente las semillas ortodoxas presentan algún tipo de latencia.

**m. Condiciones para mantener la viabilidad de las semillas:** Se almacenan en sacos que se cuelgan en lugares frescos, las semillas en estas condiciones germinan mejor, después de dos años.

**n. Tratamientos pre-germinativos:** Se colocan las semillas sobre un plástico al sol y se riegan de 2 a 3 veces al día, se repite hasta que la fruta se abra y emerja la radícula; o bien lavarlas con ácido sulfúrico diluido.

**ñ. Porcentaje de germinación obtenido:** Tiempo necesario para la germinación de las semillas 20 a 30 días.

### **3.2.2.2 Fase de campo**

- Una vez tomados en cuenta los factores para la ubicación del sitio y los requerimientos de la planta, se procede al establecimiento del vivero.

#### **A.1 Preparación de la mezcla de suelos**

- La mejor clase de suelo es una mezcla de tierra negra, arena y materia orgánica. Esta tierra negra es suelta, se mantiene húmeda y tiene nutrientes para las plantas. Esta mezcla se puede hacer y usar en el vivero para tener buena tierra para las plantas.
- Antes de usar la tierra con la mezcla apropiada, se deberá cernir para quitar todas las piedras. Para esto es bueno usar un cedazo con espacios de  $\frac{1}{4}$ ".

#### **A.2 Mezcla para bolsa**

- Con el objeto de obtener un buen desarrollo de plantitas será necesario usar la siguiente mezcla: una parte de arena, dos partes de suelo (tierra negra) y una parte de materia orgánica, es decir una proporción 2:1:1.

#### **A.3 Tratamiento del suelo**

- Al tener la mezcla de suelos, el siguiente paso será desinfectarla o sea, matar los hongos, insectos, huevos o bacterias que tenga la tierra. Existen diferentes formas de tratar la tierra, entre ellas:

### **A.3.1 Con calor**

Aplicando suficiente agua hirviendo sobre el suelo del semillero. Se echa en una regadera de agua hirviendo por metro cuadrado. Al enfriarse la tierra se podrá sembrar.

### **A.3.2 Con pesticidas**

Se aplican fungicidas e insecticidas en polvo a la tierra y se revuelve con palas, para que se suavice y le entre aire y luz; con tres a cinco días de anticipación.

### **A.4 Llenado de bolsas**

- Para el llenado de las bolsas se puede auxiliar de una palita o de una estaca de bambú, o simplemente se pueden llenar con la mano.
- Las bolsas se llenarán hasta la mitad y se golpearán contra el suelo, a modo de que se vaya compactando la tierra y que no vaya quedando espacios ocupados por el aire, ya que a la hora de la siembra y colocación de las bolsas en el área destinada, éstas tienden a doblarse, romperse e inclusive hasta caerse por el peso.
- Seguido, se terminará de llenar la bolsa y se volverá a golpear otra vez contra el suelo, a fin de que se siga compactando la mezcla.

### **A.5 Siembra directa a la bolsa**

- La siembra directa a bolsa, no es más que colocar directamente la semilla en la bolsa, perforando un pequeño agujero en el centro de la bolsa donde se colocará la semilla, luego se cubrirá ésta con una capa de suelo, de aproximadamente el doble del diámetro de la semilla.
- Es necesario conocer y considerar el porcentaje de germinación de la semilla, con el objeto de colocar la cantidad necesaria en cada bolsa; así para el caso de

Teca (*Tectona grandis* L.F.) su porcentaje de viabilidad es del 80%, por lo cual se colocarán dos semillas por bolsa.

## **A.6 Prácticas culturales**

### **A.6.1 Riegos**

- Al establecerse el vivero, se regará dos veces al día, a los 15 días se bajará a un riego por día, a los 30 días de nacidas las plantas se regarán un día sí y otro no.
- De los 20 a 40 días antes de la reforestación, se dejará de regar, hasta que la planta presente signos de marchitamiento, y luego se volverá a regar, con el objeto de que el tallo se endurezca.

### **A.6.2 Limpias y deshierbas**

Existen diferentes tipos de limpieas, las que generalmente se llevan a cabo en forma manual.

### **A.6.3 Chapeo**

Se realizará eliminando parcialmente las malezas que se lleguen a encontrar alrededor del vivero.

### **A.6.4 Limpia de calles**

Consistirá en eliminar totalmente las malas hierbas que se lleguen a encontrar en las calles del vivero.

### **A.6.5 Deshierbado**

Después del riego se realizará esta actividad eliminando las malezas que se lleguen a encontrar en las bolsas de plásticas.

### **A.6.6 Fertilización**

- Existen dos opciones para fertilizar: la primera consistió en incorporar una libra de fertilizante granulado completo a un metro cúbico, que es aproximadamente 12 carretillas de mezcla de suelo, o bien, la segunda en la que se fertilizó planta por planta en bolsa aplicando una pizca de fertilizante, en cada bolsa.
- Luego se aplicó un riego ligero a las plántulas después de la incorporación del abono granulado.

### **A.6.7 Fecha de trasplante al lugar definitivo**

En general, se deberá plantar durante la época de lluvias.

### **A.7.8 Selección y preparación de la planta en vivero**

- Se elegirán las plantas más vigorosas, libres de plagas y enfermedades. Aunque las características físicas dependerán de la especie, existen criterios generales que indican la buena calidad en las plantas. La raíz deberá ocupar por lo menos el 50% del volumen total del envase, el diámetro basal del tallo deberá ser  $\geq 0.25$  cm, la altura total del vástago no mayor a 30 cm, y por lo menos  $\frac{1}{4}$  parte de la longitud total del tallo con tejido leñoso, endurecimiento. Se recomienda aplicar un riego a saturación un día antes del transporte de las plantas.

### **3.2.2.3 Fase de gabinete final**

Se recopiló y analizó la información obtenida a través del taller y experiencias de los agricultores al establecer el vivero forestal con Teca (*Tectona grandis* L.F.), y con ello se elaboró un informe final del servicio evaluando la metodología utilizada para la elaboración de los mismos.

### 3.3.3 RESULTADOS

- Establecimiento de un vivero forestal,
- Diversificación del vivero forestal,
- Participación comunitaria.

### 3.3.4 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

#### 3.3.4.1 Establecimiento de un vivero forestal

Se eligió una especie disponible y adaptable al área, y, que a la vez cumpliera con otras funciones como: árboles energéticos, protección de suelos y fuentes de agua, alto valor comercial a nivel nacional e internacional, por sus distintos usos en la fabricación de muebles en general, entre otros.

Al principio se estableció una cantidad de 3,000 semillas de Teca, de las cuales germinaron 1,200 plántulas, esto debido a varias razones entre las que se tienen: la poca cantidad de personas (3) y por ende poca mano de obra por parte de los señores de la comunidad de Pacux quienes trabajábamos en el vivero, el abandono en que se dejaba el vivero cuando todos los encargados no se encontraban presentes en la finca, el exceso de agua de lluvia y la fuerza con que esta caía a las bolsas con lo cual sacaba las semillas y la tierra dejando al descubierto las semillas por un lado, y por el otro ahogándolas.

El resto de las semillas de Teca que aún no habían germinado se resembró, ya que se observó que un buen porcentaje de las semillas se encontraban rompiendo ya la testa (cáscara), alcanzando aproximadamente 2,500 plántulas germinadas.

#### 3.3.4.2 Diversificación del vivero forestal

Con el fin de diversificar y principalmente con la iniciativa de las personas encargadas del vivero forestal de Teca (*Tectona grandis* L. f.) de querer sembrar más de una especie con fines de reforestación, se realizó un segundo vivero forestal con

especies de Palo Blanco (*Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert) y de Pino (*Pinus caribaea*). Estos dos nuevas especies se sembraron primero en camas germinadoras para garantizar la germinación de todas o de la mayoría de semillas, teniendo de las 9,000 semillas de Palo Blanco (*Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert), 8,000 semillas germinadas; y de las 3,000 semillas de Pino (*Pinus caribaea*), 2,500 semillas germinadas respectivamente. Estas semillas germinadas se dejaron ya listas para ser transplantadas a las bolsas para su óptimo desarrollo.

Estas especies fueron elegidas al igual que la Teca (*Tectona grandis* L. f.), para incentivar la reforestación en la finca Sahomax, y además porque son especies que se encontraban disponibles y son adaptables a las condiciones climáticas de la finca.

#### **3.3.4.3 Participación comunitaria**

La participación comunitaria en la elaboración del vivero forestal, se pudo medir a través de la participación de tres personas en la implementación del vivero de Teca (*Tectona grandis* L. f.), las cuales son provenientes de la comunidad de Pacux, municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz.

El servicio de establecimiento de un vivero forestal comunal con la especie *Tectona grandis* L. f. (teca) con fines de reforestación, se realizó en un 70% de acuerdo a los objetivos y metas establecidas inicialmente, siendo medianamente satisfactoria su ejecución. Esto debido a que no se contó con suficiente interés por parte de los comunitarios ni mano de obra que se encontrara presente permanentemente en el área de trabajo.

### **3.4 SERVICIOS NO PLANIFICADOS**

#### **3.4.1 OBJETIVOS**

- Complementar mediante la prestación de servicios adicionales el Ejercicio Profesional Supervisado-EPSA-.
- Apoyar en cuestiones técnicas a todo ente individual o colectivo de las comunidades del Municipio de Rabinal y Purulhá, Departamento de Baja Verapaz, que lo requieran.

#### **3.4.2 SERVICIOS INSTITUCIONALES Y OTROS**

- Organización del primer taller de pozos captadores y cosechadores de agua de lluvia y de filtros recicladores de aguas grises, impartido por Gabino López de COSECHA, Honduras, en la comunidad de El Jute, Purulhá, Baja Verapaz (Marzo de 2006).
- Levantamiento de la memoria para el primer taller de pozos captadores de agua de lluvia y filtros recicladores de aguas grises (Abril de 2006).
- Colaboración en el primer Foro del Agua realizado en el salón municipal de Purulhá, Baja Verapaz, organizado por Vecinos Mundiales Polochic (VMP), Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN) (Junio de 2006).
- Colaboración en la búsqueda de financiamiento para la construcción de pozos 30 captadores de agua de lluvia en asocio con ACDIJ (Asociación de desarrollo Integral de El Jute) ante ADP (Asociación Amigos del Desarrollo de la Paz) (Septiembre-Diciembre de 2006).
- Reuniones y acercamiento con ACDIJ (Asociación de Desarrollo Integral de El Jute), Madre Tierra (Qachualom), PPAS (Programa de Producción de Alimentos y Semillas), ASCRA (Asociación Campesina 13 de Marzo, Río Negro, Maya-Achí) (Febrero-Noviembre de 2006).

- Asistencia en visitas de equipo de Vecinos Mundiales Oklahoma (VMOk), Vecinos Mundiales Honduras (VMH), Rotary International Club (Febrero- Noviembre de 2006).
- Asistencia técnica en manejo de cámaras digitales y manejo de computadoras a miembros del equipo de Vecinos Mundiales Polochic (VMP) (Febrero- Noviembre de 2006).
- Elaboración del Plan Operativo Anual (POA) (Julio 2006 – Junio 2007).
- Asistencia al foro de agua en Guatemala y al curso de estudio de la capacidad y uso de la tierra (ECUT) (Agosto-Septiembre de 2006).
- Asistencia técnica en la elaboración de un reglamento de créditos de agua, de hortalizas y pecuarios (Octubre de 2006).

### 3.5 COMENTARIO GENERAL

Los servicios que se realizaron dentro de la Organización No Gubernamental (ONG's) de Vecinos Mundiales Polochic (VMP), fueron en base al plan de trabajo 2005-2006 del componente de manejo comunitario de los recursos naturales (MACRENA), donde la población es quien jugó el principal papel dentro de este componente para que así, éste fuese auto sostenible a largo plazo, durante los períodos antes mencionados, requiriendo para ello a tres EPSistas, una por cada año para el desarrollo del componente .

El área de estudio se localizó a nivel de las Verapaces, abarcando los municipios de Rabinal y Purulhá, Baja Verapaz y; el municipio de Chisec, Alta Verapaz. Dichas áreas se encuentran amenazadas con la destrucción de los recursos naturales y con la extinción de la fauna. Una de las causas de esto, es que no existe educación ambiental en la población, tanto en el área urbana como en el área rural; aunado a esto la escasa participación del gobierno local y nacional. Entre otra de las causas está la falta de personal técnico capacitado en el tema de los recursos naturales y el medio ambiente además, del recurso físico y económico.

La pobreza es extrema en la mayoría de las de las comunidades, debido a la falta de oportunidades de trabajo, la certeza jurídica, educación, poco acceso a la tierra, topografía, características de los suelos, clima, carencia de servicios básicos y el difícil acceso al área rural, entre otras.

Es urgente el apoyo e intervención de las municipalidades, para la elaboración de políticas públicas para tener bases y así, crear programas para la realización de proyectos productivos, forestales. También es necesario que las instituciones y ONG's que se encuentran presentes dentro de los municipios, fomenten el desarrollo de las comunidades con proyectos innovadores, sin buscar intereses personales.

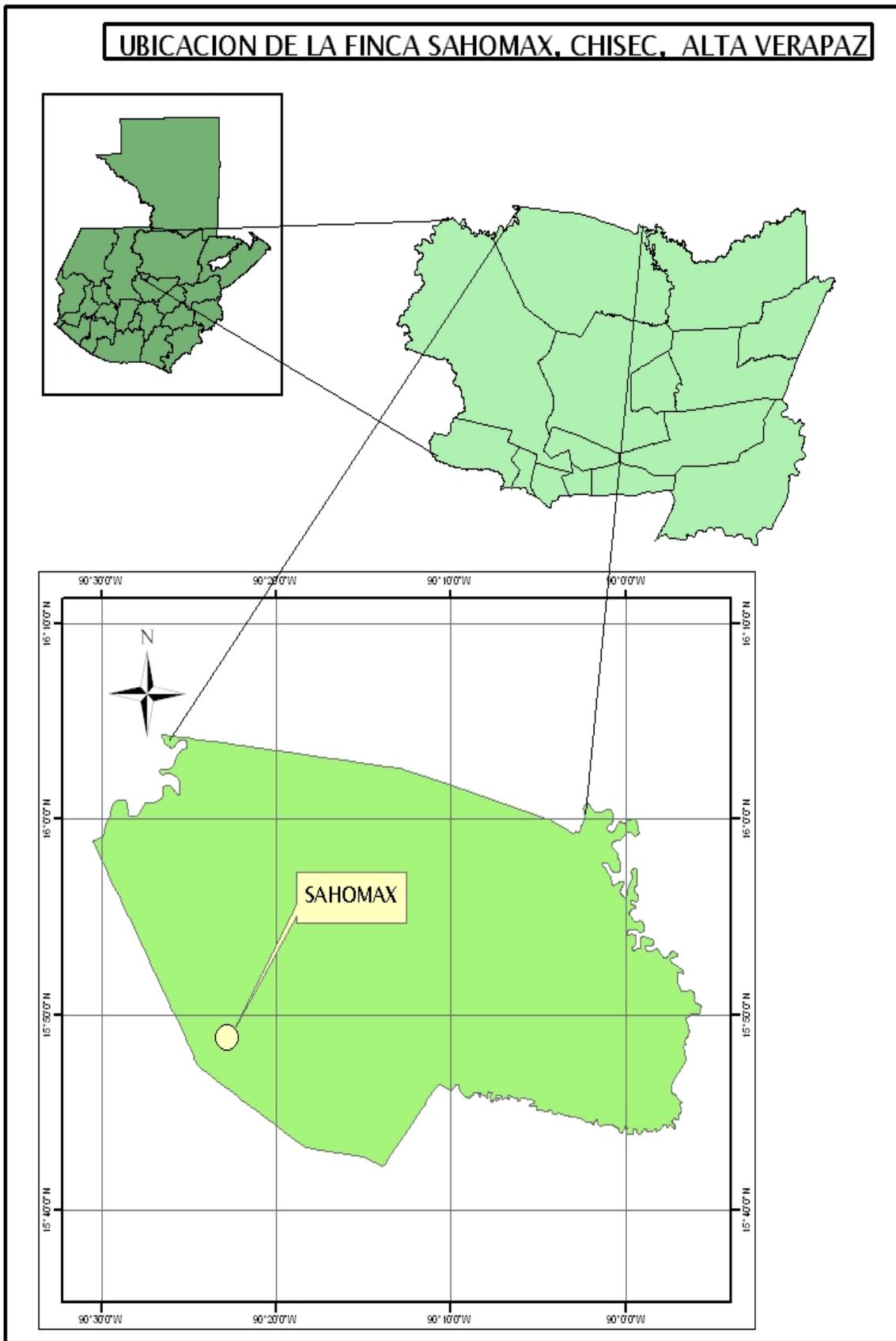
Los servicios que se realizaron durante el Ejercicio Profesional Supervisado durante el período de 8 meses, contribuyeron en parte, a generar información básica de calidad de la comunidad de Pacux, Rabinal, Baja Verapaz a través de una serie de talleres desarrollados sobre la captación y cosecha de agua de lluvia y filtros recicladores de aguas grises y su construcción; además de elaborar un vivero forestal comunal con la especie *Tectona grandis* L.f. (Teca) con fines de reforestación en el municipio de Chisec, Alta Verapaz. En ambos servicios la presencia de las mujeres y niños fue alta.

### 3.6 BIBLIOGRAFÍA

1. Castañeda, L. 1983. Diagnóstico de los recursos naturales de Guatemala, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 28 p.
2. EAFG (Equipo de Antropología Forense de Guatemala, G). 1995. Las masacres en Rabinal: estudio histórico antropológico de las masacres de Plan de Sánchez, Chichupac y Río Negro. Guatemala. 238 p.
3. FAUSAC (USAC, Facultad de Agronomía, Área Integrada, Sub-Área de Ejercicio Profesional Supervisado, GT). 2005. Metodología para la ejecución del ejercicio profesional supervisado: EPSA plan 1998. Guatemala. 12 p.
4. Fernández R, CF. 1978. Estudio agrológico de suelos con fines de riego, del valle de Rabinal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 79 p.
5. García E, CR. s.f. Mitos danzarios en Rabinal. *In* CEFOL (USAC, Centro de Estudios Folklóricos, GT). 2004. Tradiciones de Guatemala no. 62. 152 p.
6. Geilfus, F. 1988. Ochenta herramientas para el desarrollo participativo IICA / Holand. 2 ed. San Salvador, El Salvador, EDICSA. 208 p.
7. Holdridge, LR. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.
8. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1980. Mapa geológico de la republica de Guatemala: hoja Cubulco, no. 146. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
9. \_\_\_\_\_. 1983. Mapa de zonas de vida, a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. Esc. 1:600,000.
10. \_\_\_\_\_. 1986. Mapa climatológico preliminar de la republica de Guatemala, según el sistema de Thornthwaite. Guatemala. Esc. 1:1,000,000. Color.
11. \_\_\_\_\_. 1996. Mapa topográfico de la republica de Guatemala: hoja Cubulco, no. 146. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
12. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2006. Listado de principales especies forestales de Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 18 nov 2006. Disponible en [www.inab.gob.gt/español/documentos/CODESP.xls](http://www.inab.gob.gt/español/documentos/CODESP.xls)
13. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2003. Características de la población y de los locales de habitación censados: censos nacionales XI de población y VI de habitación 2002. Guatemala. 271 p.
14. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrológica, GT). 2006. Registros históricos (en línea). Guatemala. Consultado 18 mar 2006. Disponible en [www.insivumeh.gob.gt](http://www.insivumeh.gob.gt)

15. Mosquera, MT. 2001. Conociendo la sabiduría Achí: salud y enfermedad en Rabinal. Guatemala, USAC, Instituto de Estudios Interétnicos. 205 p.
16. Municipalidad de Rabinal, Baja Verapaz, Equipo Municipal de Planificación, Capacitación y Catastro Municipal, Baja Verapaz, GT. 2000. Diagnostico del municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz. Guatemala. 50 p.
17. Osorio, C. 2006. Situación actual Pacux (entrevista). Río Negro, Alta Verapaz, Guatemala, ASCRA (Asociación Campesina 13 de Marzo).
18. Rodríguez, G. 2003. Diagnóstico general del uso y manejo de los recursos naturales renovables: bosque, agua y suelo del municipio de Rabinal, Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 24 p.
19. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto; JH. 1956. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la republica de Guatemala. Guatemala, Instituto Agrícola Nacional. 1000 p.

## 3.7 ANEXOS



**Figura 3.49A** Mapa de ubicación de la finca Sahomax, Chisec, Alta Verapaz.