



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA  
DESARROLLO RURAL

**CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DEL AGUA DE  
LLUVIA A NIVEL FAMILIAR Y SU IMPACTO EN LAS  
COMUNIDADES RURALES DE TLAXCALA**

VERONICA RAMÍREZ CASTEL

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS**

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2008



## CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE CUADROS.....	vii
LISTADO DE ABREVIATURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
SUMMARY.....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO DE REFERENCIA.....</b>	<b>5</b>
2.1. ESPAÑITA.....	6
2.1.1. <i>Características geográficas</i> .....	6
2.1.2. <i>Características sociodemográficas</i> .....	7
2.1.3. <i>Actividades productivas</i> .....	8
2.2. IXTACUIXTLA DE MATAMOROS.....	8
2.2.1. <i>Características geográficas</i> .....	8
2.2.2. <i>Características sociodemográficas</i> .....	9
2.2.3. <i>Actividades productivas</i> .....	9
2.3. TERRENATE.....	10
2.3.1. <i>Características geográficas</i> .....	10
2.3.2. <i>Características sociodemográficas</i> .....	10
2.3.3. <i>Actividades productivas</i> .....	11
2.4. EXPERIENCIAS DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS ECOLÓGICAS EN TLAXCALA.....	11
2.5. ESCASEZ DEL AGUA EN EL MUNDO.....	13
2.5.1. <i>Derecho al Agua</i> .....	13
2.5.2. <i>Consecuencias de la escasez de agua en el desarrollo humano</i> .....	14
2.5.3. <i>Situación del agua en el Mundo y en América Latina</i> .....	15
2.5.4. <i>Situación del agua en México</i> .....	15
2.5.4.1. <i>Perspectiva del agua en México</i> .....	16
2.6. USOS DEL AGUA EN MÉXICO.....	16
2.6.1. <i>Consumos de agua en actividades domésticas</i> .....	17
2.6.1.1. <i>Necesidades de agua en el cuerpo humano</i> .....	17
2.6.1.2. <i>Distribución de consumos de agua por tipo de actividad doméstica</i> .....	18
2.6.2. <i>Consumos de agua en actividades pecuarias</i> .....	18
2.6.3. <i>Consumos de agua en la agricultura en México</i> .....	19
2.7. CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA.....	20
2.7.1. <i>Antecedentes de la captación del agua de lluvia</i> .....	21
<b>III. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>23</b>
3.1. DESARROLLO RURAL.....	23
3.2. DESARROLLO A ESCALA HUMANA.....	24
3.3. DESARROLLO HUMANO.....	25
3.4. DESARROLLO SUSTENTABLE.....	26
3.4.1. <i>Agroecología</i> .....	27
3.4.2. <i>Agricultura orgánica</i> .....	28
3.5. AGRICULTURA EN PEQUEÑA ESCALA.....	28
3.5.1. <i>Importancia de la agricultura familiar</i> .....	29
3.5.2. <i>Importancia del traspaso</i> .....	29
3.5.3. <i>Ecotecnias</i> .....	30
3.6. SISTEMAS TRADICIONALES DE CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA.....	30
3.6.1. <i>Jagüeyes</i> .....	31
3.6.2. <i>Aljibes</i> .....	32
3.6.3. <i>Ollas de agua</i> .....	32
3.6.4. <i>Techos cuenca</i> .....	32
3.6.5. <i>Captación del agua de lluvia de los techos</i> .....	32

3.6.6.	<i>Componentes de un sistema de captación del agua de lluvia de los techos</i> .....	33
3.6.6.1.	<i>Área de captación del agua de lluvia</i> .....	33
3.6.6.2.	<i>Conducción del agua de lluvia</i> .....	34
3.6.6.3.	<i>Almacenamiento del agua de lluvia</i> .....	34
3.6.6.4.	<i>Filtración del agua de lluvia</i> .....	35
3.7.	TRANSFERENCIA Y ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN EN PEQUEÑA ESCALA....	35
3.7.1.	<i>Definición del proceso de la transferencia y adopción de tecnología</i> .....	36
3.7.2.	<i>Componentes del proceso de transferencia de tecnología</i> .....	36
3.7.2.1.	<i>Generación de tecnología</i> .....	37
3.7.2.2.	<i>Adopción de tecnología</i> .....	37
3.7.3.	<i>Factores que influyen en la adopción</i> .....	38
3.7.3.1.	<i>Características intrínsecas de los agricultores y características del medio ambiente</i> . 38	
3.7.3.2.	<i>Características de las tecnologías a transferir y adoptar</i> .....	38
3.7.3.3.	<i>Comunicación</i> .....	40
3.7.4.	<i>Formas de transferir la tecnología</i> .....	40
3.7.5.	<i>Modelos de transferencia de tecnología</i> .....	42
3.8.	FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN.....	43
3.8.1.	<i>Herramientas de la capacitación</i> .....	44
3.8.1.1.	<i>Capacitación campesina</i> .....	44
3.8.1.2.	<i>Capacitación por competencias laborales</i> .....	45
3.9.	DESARROLLO DE CAPACIDADES.....	46
3.9.1.	<i>Capital humano</i> .....	46
3.9.2.	<i>Concepto de desarrollo de capacidades</i> .....	46
3.9.3.	<i>Importancia del Proceso de Desarrollo de Capacidades</i> .....	48
3.9.4.	<i>El desarrollo de capacidades en territorios rurales</i> .....	49
<b>IV.</b>	<b>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>51</b>
4.1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	51
4.1.1.	<i>Preguntas de investigación</i> .....	52
4.1.2.	<i>Justificación</i> .....	53
4.1.3.	<i>Objetivos</i> .....	54
4.1.3.1.	<i>Objetivo General</i> .....	54
4.1.3.2.	<i>Objetivos Particulares</i> .....	54
4.1.4.	<i>Hipótesis</i> .....	55
<b>V.</b>	<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>56</b>
5.1.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	56
5.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	57
5.3.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	58
5.3.1.	<i>Revisión de documentos</i> .....	58
5.3.2.	<i>Entrevista</i> .....	58
5.3.3.	<i>Observación participante</i> .....	60
5.4.	POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	60
5.5.	CAPTURA Y ANÁLISIS DE DATOS.....	60
<b>VI.</b>	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>61</b>
6.1.	SITUACIÓN SOCIODEMOGRÁFICA Y PRODUCTIVA DE LOS PARTICIPANTES DEL PROYECTO.....	61
6.1.1.	<i>Características sociodemográficas de las familias estudiadas</i> .....	62
6.1.1.1.	<i>Tamaño de la familia</i> .....	62
6.1.1.2.	<i>Género de los jefes de familia</i> .....	62
6.1.1.3.	<i>Edad de los jefes de familia</i> .....	62
6.1.1.4.	<i>Escolaridad de los jefes de familia</i> .....	63
6.1.1.5.	<i>Capacitación de los jefes de familia en aspectos agropecuarios</i> .....	63
6.1.1.6.	<i>Ocupación ó empleo de los jefes de familia</i> .....	63
6.1.1.7.	<i>Migración</i> .....	64

6.1.2.	<i>Características de los traspatios de las familias estudiadas y su uso.</i>	64
6.1.2.1.	<i>Superficie del traspatio.</i>	65
6.1.2.2.	<i>Infraestructura del traspatio.</i>	65
6.1.2.3.	<i>Tecnología disponible en el traspatio.</i>	67
6.1.2.4.	<i>Aspectos que limitan el aprovechamiento del traspatio.</i>	67
6.1.2.5.	<i>Apoyo recibido para la producción de los traspatios.</i>	68
6.1.2.6.	<i>Aprovechamiento de los traspatios.</i>	68
6.1.2.7.	<i>Actividades agrícolas realizadas en el traspatio.</i>	69
6.1.2.8.	<i>Actividades pecuarias realizadas en el traspatio.</i>	73
6.1.2.9.	<i>Participación de los miembros de la familia en la producción agropecuaria</i>	74
6.1.2.10.	<i>Destino de la producción de los traspatios</i>	75
6.1.2.11.	<i>Significado de los traspatios</i>	75
6.2.	<i>DISPONIBILIDAD DE AGUA EN LAS COMUNIDADES DE ESTUDIO.</i>	76
6.2.1.	<i>Fuentes de abastecimiento de agua en las comunidades de estudio.</i>	76
6.2.1.1.	<i>Abastecimiento de agua potable.</i>	78
6.2.1.2.	<i>Abastecimiento de agua de lluvia.</i>	81
6.2.1.3.	<i>Abastecimiento de agua de jagüey.</i>	83
6.2.1.4.	<i>Abastecimiento de agua de pipa.</i>	86
6.2.1.5.	<i>Otras fuentes.</i>	87
6.2.1.6.	<i>Acarreo del agua.</i>	88
6.2.2.	<i>Disponibilidad de agua para las familias rurales</i>	90
6.2.3.	<i>Efectos de la escasez de agua en la calidad de vida de las familias rurales.</i>	91
6.2.4.	<i>Servicio de drenaje en las comunidades de estudio.</i>	94
6.2.5.	<i>Consumos de agua por las familias rurales en las comunidades de estudio.</i>	94
6.2.5.1.	<i>Consumo de agua en actividades domésticas y consumo humano.</i>	94
6.2.5.2.	<i>Consumo humano</i>	96
6.2.5.3.	<i>Consumos de agua en actividades agrícolas</i>	99
6.2.5.4.	<i>Consumos de agua en actividades pecuarias.</i>	102
6.2.5.5.	<i>Consumos de agua total para una familia rural.</i>	104
6.3.	<i>DISPONIBILIDAD DE AGUA DE LLUVIA EN LAS COMUNIDADES DE ESTUDIO.</i>	105
6.3.1.	<i>Precipitación pluvial en las comunidades de estudio.</i>	105
6.3.2.	<i>Cálculo de la precipitación pluvial neta</i>	106
6.3.3.	<i>Magnitud de la Implementación y Uso de la Captación y Almacenamiento del Agua de Lluvia a Nivel Familiar.</i>	109
6.3.5.	<i>Implementación del proyecto de captación y almacenamiento del agua de lluvia en las comunidades rurales de Tlaxcala</i>	110
6.3.6.	<i>Objetivo del proyecto</i>	111
6.3.7.	<i>Número de beneficiados</i>	111
6.3.7.1.	<i>Características de los beneficiarios</i>	112
6.3.7.2.	<i>Requisitos a cumplir por los beneficiarios</i>	113
6.3.8.	<i>Apoyo económico para la implementación de la captación del agua de lluvia en las comunidades de estudio.</i>	113
6.3.8.1.	<i>Distribución de aportaciones</i>	115
6.4.	<i>INFRAESTRUCTURA INSTALADA PARA LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA EN LAS COMUNIDADES DE ESTUDIO</i>	116
6.4.1.	<i>Componentes del sistema de captación, conducción y almacenamiento del agua de lluvia</i>	116
6.4.2.	<i>Funcionamiento de la captación y almacenamiento del agua de lluvia.</i>	117
6.4.3.	<i>Captación del agua de lluvia</i>	118
6.4.3.1.	<i>Tipo de material de los techos.</i>	118
6.4.3.2.	<i>Formas de los techos.</i>	121
6.4.3.3.	<i>Superficie de los techos.</i>	121
6.4.3.4.	<i>Ventajas y desventajas de la infraestructura de captación</i>	123
6.4.3.5.	<i>Costo.</i>	123
6.4.3.6.	<i>Mantenimiento.</i>	124
6.4.3.7.	<i>Problemas.</i>	125

6.4.4.	<i>Conducción del agua de lluvia.</i>	125
6.4.4.1.	<i>Características de la tubería de conducción.</i>	126
6.4.4.2.	<i>Ventajas y desventajas.</i>	126
6.4.4.3.	<i>Costo.</i>	127
6.4.4.4.	<i>Mantenimiento.</i>	127
6.4.4.5.	<i>Problemas.</i>	128
6.4.5.	<i>Filtración del agua de lluvia.</i>	128
6.4.6.	<i>Almacenamiento del agua de lluvia.</i>	129
6.4.6.1.	<i>Tipos de materiales para cisternas de almacenamiento del agua de lluvia.</i>	129
6.4.6.2.	<i>Forma de las cisternas.</i>	136
6.4.6.3.	<i>Capacidad de las cisternas.</i>	137
6.4.6.4.	<i>Cisternas enterradas.</i>	139
6.4.6.5.	<i>Techo de la cisterna.</i>	139
6.4.6.6.	<i>Materiales y costos de las cisternas.</i>	140
6.4.6.7.	<i>Procedimiento de construcción de la cisterna de ferrocemento.</i>	147
6.4.6.8.	<i>Duración de la construcción de la cisterna.</i>	155
6.4.6.9.	<i>Mantenimiento.</i>	156
6.4.6.10.	<i>Problemas.</i>	157
6.4.7.	<i>Extracción del agua captada.</i>	159
6.5.	<i>IMPORTANCIA DE LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA EN LAS COMUNIDADES DE ESTUDIO.</i>	162
6.5.1.	<i>Porcentaje de familias que captan agua de lluvia para su aprovechamiento.</i>	162
6.5.2.	<i>Usos del agua de lluvia captada.</i>	164
6.5.3.	<i>Beneficios de la captación del agua de lluvia.</i>	165
6.5.4.	<i>Significado de la captación del agua de lluvia para los productores.</i>	167
6.5.5.	<i>Calidad del agua de lluvia.</i>	168
6.5.6.	<i>Perspectivas del uso de la captación y almacenamiento del agua de lluvia.</i>	170
6.6.	<i>ASPECTOS QUE INFLUYERON EN LA ADOPCIÓN DE LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA.</i>	171
6.6.1.	<i>Aspectos técnicos.</i>	171
6.6.1.1.	<i>Utilidad de la ecotecnia.</i>	172
6.6.1.2.	<i>Aplicación y uso de la ecotecnia.</i>	172
6.6.1.3.	<i>Materiales asequibles.</i>	173
6.6.1.4.	<i>Otras características.</i>	174
6.6.2.	<i>Aspectos económicos y financieros.</i>	174
6.6.2.1.	<i>Apoyo institucional.</i>	174
6.6.3.	<i>Aspectos de capacidades.</i>	175
6.6.3.1.	<i>Capacitación recibida.</i>	175
6.6.3.2.	<i>Asesoría técnica.</i>	177
6.6.3.3.	<i>Experiencia previa de los participantes.</i>	177
6.6.3.4.	<i>Motivación y participación de los productores en el proyecto.</i>	178
6.6.3.5.	<i>Productos obtenidos en el proyecto.</i>	179
6.6.3.6.	<i>Comunicación de sus conocimientos sobre la ecotecnia.</i>	180
6.6.3.7.	<i>Seguimiento.</i>	180
6.7.	<i>DESARROLLO DE CAPACIDADES DE LOS INTEGRANTES DE UNA FAMILIA RURAL EN EL MANEJO DE LAS ECOTECNIAS.</i>	181
6.7.1.	<i>Proceso de desarrollo de capacidades.</i>	182
6.7.1.1.	<i>Reuniones de sensibilización.</i>	182
6.7.1.2.	<i>Capacitación.</i>	184
6.7.1.3.	<i>Asesoría técnica.</i>	189
6.7.2.	<i>Capacidades Técnicas adquiridas en el proyecto.</i>	192
6.7.2.1.	<i>Capacidades técnicas para la captación y almacenamiento del agua de lluvia.</i>	193
6.7.2.2.	<i>Capacidades para la producción de jitomate en microtúnel.</i>	201
6.7.3.	<i>Otras capacidades técnicas.</i>	210
6.7.4.	<i>Capacidades gerenciales.</i>	215
6.7.5.	<i>Actitudes adquiridas en el proyecto.</i>	221

6.7.6.	<i>Propuesta de desarrollo de capacidades para el aprovechamiento de los traspatios ...</i>	223
6.7.7.	<i>Factores que influyeron en el Desarrollo de Capacidades .....</i>	225
6.7.7.1.	<i>Capacidad técnica de los técnicos .....</i>	226
6.7.7.2.	<i>Uso de técnicas didácticas y pedagógicas .....</i>	228
6.7.7.3.	<i>Aspectos operativos .....</i>	228
6.7.7.4.	<i>Programa de capacitación .....</i>	230
6.7.7.5.	<i>Material didáctico.....</i>	232
6.7.7.6.	<i>Capacitación orientada a resultados tangibles para los productores .....</i>	232
6.7.7.7.	<i>Experiencia previa de los participantes .....</i>	233
<b>VII.</b>	<b>DISCUSION .....</b>	<b>234</b>
<b>VIII.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>248</b>
<b>IX.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>256</b>
<b>X.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>262</b>

## INDICE DE FIGURAS

No. de figuras	Descripción	Página
Figura 1.	Mapa de ubicación del área de estudio. Municipios de Españita, Ixtacuixtla y Terrenate. ....	7
Figura 2.	Usos del agua en México. ....	17
Figura 3.	Porcentaje de productores de acuerdo al tipo de infraestructura que poseen en el traspatio. 65	
Figura 4.	Porcentaje con respecto al número de productores participantes y no participantes que tienen cultivos en el traspatio. ....	69
Figura 5.	Porcentaje de productores por tipo de animales que se crían en el traspatio.....	74
Figura 6.	Fuentes de abastecimiento de agua en las comunidades de estudio.....	77
Figura 7.	Recipientes para la captación del agua de lluvia. Españita y San Nicolás Terrenate, Tlaxcala. 82	
Figura 8.	Captación del agua de lluvia. San Nicolás Terrenate, Tlaxcala. ....	82
Figura 9.	Jagüeyes, Españita y San nicolás, Terrenate. ....	83
Figura 10.	Escurrimientos que abastecen los jagüeyes. San Nicolás, Terrenate. ....	85
Figura 11.	Abastecimiento de agua en pipa. San Nicolás, Terrenate. ....	86
Figura 12.	Consumos de agua promedio en las actividades domésticas de las familias rurales. ....	95
Figura. 13.	Componentes del sistema de captación y almacenamiento del agua de lluvia. Españita, Tlaxcala .....	117
Figura 14.	Techos utilizados para la captación del agua de lluvia. San Nicolás Terrenate, Tlaxcala. ....	118
Figura. 15.	Techos de lámina de acero inoxidable para la captación del agua de lluvia. Ixtacuixtla, tlaxcala.....	119
Figura 16.	Tubería de PVC para la conducción del agua de lluvia. Españita, Tlaxcala. ....	125
Figura 17.	Sistema de filtración de impurezas del agua de lluvia captada. ....	128
Figura 18.	Porcentaje de productores de acuerdo con el tipo de cisternas.....	130
Figura 19.	Cisternas revestidas con geomembrana. Ixtacuixtla, Tlaxcala.....	132
Figura 20.	Cisterna de block. Toluca de Guadalupe, Terrenate, Tlaxcala. ....	133
Figura 21.	Cisterna de concreto. San Nicolás Terrenate, Tlaxcala. ....	135
Figura 22.	Extracción del agua, utilizando bomba de mecate. Españita, Tlaxcala.....	160
Figura 23.	Usos del agua de lluvia por las familias en las comunidades de estudio en porcentaje. ....	164
Figura 24.	Niveles de capacidades para la instalación y operación del sistema de captación del agua de lluvia.....	194
Figura 25.	Plan de desarrollo de capacidades, para el aprovechamiento integral del traspatio. ....	225

## INDICE DE CUADROS

No. de cuadros	Descripción	Página
Cuadro 1.	Distribución del uso del agua en las actividades domésticas por persona por día.....	18
Cuadro 2.	Requerimientos de agua de algunas especies ganaderas bajo condiciones normales. ....	19
Cuadro 3.	Consumo de agua promedio de plantas y árboles. ....	101
Cuadro 4.	Consumo de agua promedio por especie animal. ....	102
Cuadro 5.	Consumo de agua promedio por familia para actividades domésticas, agrícolas y pecuarias. 104	104
Cuadro 6.	Coefficientes de escurrimiento (ce) de los diferentes materiales en el área de captación. .	107
Cuadro 7.	Datos climatológicos históricos de las comunidades de estudio. ....	108
Cuadro 8.	Precipitación pluvial neta media (período: 23 años), en mm. ....	109
Cuadro 9.	Número de familias beneficiadas, en las comunidades de estudio. ....	112
Cuadro 10.	Fuentes de financiamiento del proyecto. ....	115
Cuadro 11.	Costos promedio de las cisternas construidas en las comunidades de estudio.....	145
Cuadro 12.	Temas del curso de capacitación. “producción de hortaliza bajo cubierta: jitomate en hidroponía”.....	186
Cuadro 13.	Temas del curso de capacitación. “producción de plantas”.....	186
Cuadro 14.	Porcentaje de productores según las capacidades técnicas adquiridas en el proyecto para la captación del agua de lluvia.....	195
Cuadro 15.	Porcentaje de productores según las capacidades técnicas adquiridas en el proyecto para la producción de jitomate en microtúnel. ....	203
Cuadro 16.	Porcentaje de productores según el nivel de capacidades sobre otras capacidades técnicas.....	211
Cuadro 17.	Capacidades gerenciales adquiridas en el proyecto. ....	216
Cuadro 18.	Actitudes adquiridas por los productores.....	221

## LISTADO DE ABREVIATURAS

CESPT	Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana.
CNA	Comisión Nacional del Agua.
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
CONAFOVI	Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda.
FIDA	Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola
FOMIX	Fondo Mixto Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - Gobierno del Estado de Tlaxcala.
OMS	Organización Mundial de la Salud.
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
SEFOA	Secretaría de Fomento Agropecuario.
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social.
SMN	Servicio Meteorológico Nacional
UNICEF	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia.

## **RESUMEN**

Esta investigación tuvo como objetivo el estudio comparativo de la incorporación de la ecotecnia “captación y almacenamiento del agua de lluvia en cisternas” en 18 familias rurales, para la producción de hortalizas en el estado de Tlaxcala. El estudio incluyó dos etapas. Una fase piloto financiada por el Fondo Mixto Gobierno del Estado de Tlaxcala - CONACYT y el respaldo institucional del Colegio de Postgraduados. Y otra fase de expansión financiada y coordinada por la Secretaría de Fomento Agropecuario del Estado de Tlaxcala. El método de investigación fue el descriptivo-analítico, en el que se combinaron métodos y técnicas cuantitativos y cualitativos. Los resultados indicaron que 1) En la fase piloto el 83.33% de las familias utilizaron el agua de lluvia, para la producción de hortalizas en microtúnel. Con una precipitación pluvial neta de 736.70 mm, un área de captación promedio de 85 m<sup>2</sup> y un área de almacenamiento de 31.4 m<sup>3</sup>, las familias participantes en la fase piloto obtienen agua suficiente y de calidad para el riego de dos cosechas de jitomate al año (3.75 m<sup>3</sup> demanda mensual). 2) En la fase de expansión, aún con financiamiento, interés de los productores e información sobre experiencias exitosas, sólo el 9.09% de los productores captaron agua de lluvia. Esto fue debido a la limitada capacidad institucional para vincularse con instituciones y con los propios productores que tenían probada y demostrada la tecnología. Y a partir de esta, proporcionar capacitación y asesoría técnica a los productores de la fase de expansión como seguimiento al proyecto. El presente trabajo concluye, que sin respaldo institucional para capacitación y asesoría técnica a los productores y seguimiento al proyecto, la incorporación de la ecotecnia no resultó ni será satisfactoria.

Finalmente, los resultados de la investigación indican que con la captación y almacenamiento del agua de lluvia a nivel familiar, utilizando los techos de las viviendas y cisternas de ferrocemento, se puede contribuir a superar la escasez de agua de las familias rurales, para la producción de cultivos que les generen ingresos con la venta de excedentes. La captación y almacenamiento del agua de lluvia, a la par de la producción de hortalizas en microtúnel, es un complemento necesario para el aprovechamiento del traspatio.

**Palabras clave:** Agricultura en pequeña escala, desarrollo de capacidades, captación del agua de lluvia, transferencia de tecnología.

## **ABSTRACT**

This research had how aim to the comparative study of the incorporation of catchments and storage of rainwater in cisterns in 18 rural families in the state of Tlaxcala, for producing vegetables. The study included two phases. A pilot phase financed by the Fund Mixed Government of state of Tlaxcala – CONACYT and institutional backing of the Colegio de Postgraduados. And another phase of expansion funded by the Secretaria de Fomento Agropecuario of the state of Tlaxcala. The research method was descriptive – analytical, which were combined methods and techniques quantitative and qualitative. The results indicated that 1) In the pilot phase the 83.33% of families used rainwater for vegetable production in microtúnel. With a rainfall net 736.70 mm, a catchment area average of 85 m<sup>2</sup> and a storage area of 31.4 m<sup>3</sup>, families participating in the pilot phase and get enough quality water for irrigation two tomato crops a year (3.75 m<sup>3</sup> monthly demands). 2) In the expansion phase, even with funding, the interests of producers and information on successful experiences, only 9.09% of producers captured rainwater. This was by the reduced institutional capacity to link up with institutions and with the producers themselves who were tested and proven technology. And from this, providing training and technical advice to producers in the expansion phase up to the project. This paper concludes that without institutional support for training and technical advice to producers and monitoring the project, incorporating the ecotecnia not be proved nor satisfactory.

Finally, research findings indicate that are the catchments and storage of rainwater at the family level, using the roofs of houses and tanks they can help overcome water shortages in rural households, for production crop them generate income by selling surplus. The catchments and storage of rainwater, along with the production of vegetables in microtúnel is a necessary complement to harnessing the backyard.

**Keywords:** Small scale agriculture, capacity development, rainwater catchments, technology transfer.

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, en el mundo, casi dos mil millones de personas viven bajo la línea de pobreza y más de 800 millones están en condiciones alimentarias inseguras. Asimismo, la degradación y la sobreexplotación de los recursos naturales amenazan a millones de personas que sufrirán, en última instancia, el deterioro de su calidad de vida (Quispe, 2007).

La agroecología, propone enfrentar los problemas causados por la agricultura convencional; con estrategias para una agricultura sustentable, como las ecotecias, para producir alimentos sanos y nutritivos, especialmente en espacios pequeños, como el traspatio (Quispe, 2007).

Para los que se dedican a la agricultura, es innegable que para tener una cosecha, en cantidad y calidad, se requieren de cuatro recursos básicos: 1) un buen suelo, 2) energía solar suficiente, 3) agua suficiente (Quispe, 2007) y 4) recursos humanos capacitados.

De estos recursos, el agua y el desarrollo de capacidades de las personas, están considerados como dos elementos fundamentales, para el desarrollo humano (Jiménez, 2006 en Ocampo *et al*, 2006).

El agua es el origen de la vida de todas las cosas, es uno de los elementos indispensables para el desarrollo de la vida; su falta de disponibilidad o inaccesibilidad impide el desarrollo de cualquier iniciativa en el aprovechamiento del traspatio, ya que no es posible cultivar plantas o criar animales. La falta de agua es una limitante para el desarrollo humano, sin embargo, hoy día, su disponibilidad para el consumo humano y la agricultura, se torna cada vez más deficiente, afectando más a las familias rurales en la posibilidad de vivir mejor -sin agua es imposible

desarrollar actividades productivas, crear empleos y generar ingresos para la población, en el medio rural y urbano- (Jiménez, 2006).

Entre las propuestas viables a esta problemática, está la ecotecnia de “captación y almacenamiento del agua de lluvia”, que consiste en recolectar y almacenar el agua de lluvia para uso doméstico y agropecuario, sin embargo, en tiempos actuales esta ecotecnia es poco usada, por lo que se pretende que se valore y retome cada vez más (Quispe, 2006b).

En cuanto a los recursos humanos, la actual Ley de Desarrollo Rural Sustentable, los valora y sitúa como el eje principal del desarrollo de las comunidades rurales y reconoce que es fundamental desarrollar las capacidades y competencias de las familias rurales, para que ellas mismas puedan resolver sus problemas, sin necesitar de ayudas externas; esto a través de la formación y capacitación, que son el medio para dotar a las personas de valores, habilidades y conocimientos, que les facilite expresar su potencial (INCA RURAL, 2006).

Así, con base en registros de la literatura y experiencias prácticas de tecnologías apropiadas a las condiciones de los pequeños productores de pequeña escala, desde septiembre del 2004 un grupo de investigadores del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo; desarrollaron un proyecto de transferencia y adopción de tres ecotecnias -la producción de hortalizas en invernadero con sistema de riego por goteo, el composteo con lombrices, para obtener fertilizante orgánico y la captación y almacenamiento del agua de lluvia en cisternas de ferrocemento, para disponer del agua de lluvia suficiente para riego- en las comunidades rurales de Españita y Atlhuetzia, en Tlaxcala. Esta última ecotecnia, con el objetivo de atender la situación de escasez del agua y mejorar la calidad de vida de las familias participantes, principalmente en el acceso y disponibilidad del agua, para satisfacer sus necesidades de consumo de agua en las actividades domésticas y productivas a nivel traspatio y en su desarrollo de capacidades. Los resultados mostraron que el 82.91 % de los productores participantes adoptaron las ecotecnias introducidas lo

que se tradujo en un mejor ingreso familiar, una mejor alimentación y un incremento de la autoestima de los participantes (Chávez, 2007).

La difusión de los resultados logrados en este proyecto, motivó al Gobierno del Estado de Tlaxcala a través de la Secretaria de Fomento Agropecuario (SEFOA); para apoyar a 200 familias rurales, de escasos recursos económicos de 20 comunidades a implementar al menos dos de las ecotecnias -la captación del agua de lluvia y producción de hortalizas en invernadero con sistema de riego por goteo-. Para ello la Secretaria de Fomento Agropecuario (SEFOA) del Gobierno del Estado de Tlaxcala proporcionó apoyo económico, capacitación y asesoría técnica, a los productores usuarios de las ecotecnias, para su instalación, construcción, manejo y uso. Sin embargo, a la fecha se desconoce el nivel de implementación, uso y manejo de la ecotecnia de captación y almacenamiento del agua de lluvia en esta fase de expansión del proyecto; así como las capacidades que los productores han desarrollado para el manejo y uso de esta ecotecnia a lo largo de su participación en el proyecto.

Por lo anteriormente señalado, la presente investigación, se desarrollo con el propósito de conocer y analizar la situación actual de la captación y almacenamiento del agua de lluvia a nivel familiar, en las comunidades rurales de Españita, Ixtacuixtla, Toluca de Guadalupe y Terrenate, Tlaxcala; a partir del nivel de implementación y uso de la ecotecnia por las familias rurales, del aprovechamiento del agua de lluvia en sus actividades domésticas y productivas a nivel traspatio y de los conocimientos, habilidades y actitudes adquiridos por los usuarios y de los beneficios logrados.

Asimismo, se propuso conocer y estudiar las características de la ecotecnia de captación y almacenamiento del agua de lluvia, con base en las necesidades de consumo de agua a nivel familiar. Conocer y entender los factores que limitan o promueven la adopción de esta ecotecnia y el desarrollo de las capacidades - habilidades y conocimientos- de sus usuarios. Con la finalidad de facilitar la adopción

y uso de esta ecotecnia en otras comunidades con poca disponibilidad de agua y de contar con un referente que sirva para capacitar a otros productores rurales, para el uso óptimo y eficiente de esta ecotecnia.

Los resultados de esta investigación se presentan en siete capítulos de la siguiente forma: en el primer capítulo se incluye la introducción; en el segundo capítulo se presenta el marco de referencia que determina el contexto de la investigación, mostrando datos generales y específicos de las comunidades de estudio; las experiencias de transferencia de tecnologías ecológicas en Tlaxcala y la situación de escasez de agua en el mundo, América Latina y México y sus repercusiones, los usos del agua en México y los antecedentes de la captación del agua de lluvia. En el tercer capítulo se exponen los enfoques y conceptos teóricos que permiten conocer y comprender el problema de estudio, el cual se plantea en el cuarto capítulo. En el quinto capítulo se describe la metodología de investigación que se empleó para el estudio y se justifica el uso de la entrevista como método adecuado para realizar esta investigación. En el capítulo sexto se presentan los resultados de la investigación y su interpretación. En el capítulo séptimo se presenta la discusión de los resultados del estudio y finalmente en el capítulo octavo se incluyen las conclusiones y recomendaciones del estudio.

## II. MARCO DE REFERENCIA

El estado de Tlaxcala tiene un grado de marginación medio (CONAPO, 2005) y una población de 961,912 habitantes. Se ubica en la región central de México, en una zona semiárida, donde la presión demográfica y la creciente demanda de recursos ha generado que sea una de las zonas más degradadas del país (Magaña, 2006).

Actualmente, en el estado de Tlaxcala, 3 630 familias viven en condiciones de marginación. De este número, el 11.87 % vive en condiciones de muy alta marginación y están ubicadas en 23 comunidades rurales. Entre las que se registran los más altos índices de marginación están Españita y Terrenate (Quispe, 2006b), dos de los municipios seleccionados para este estudio.

El clima predominante en el estado de Tlaxcala es templado subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual estatal es de 27 °C. La lluvia media anual estatal es de 705 mm, con lluvias medias anuales mayores en el centro y sur de 600 a 1 200 mm. Las lluvias medias mensuales se concentran de junio a septiembre (70% del total anual) (Magaña, 2006).

Las actividades agropecuarias ocupan el 20.7% del total de las actividades económicas en el estado. La agricultura es el medio de autoconsumo para muchas familias. El 98% de la superficie agrícola, es agricultura de temporal, con sólo una cosecha al año, siendo el maíz el cultivo más importante (71% del total de la superficie sembrada) (Magaña, 2006).

En el estado de Tlaxcala el principal uso del agua es el riego. En total el sector agropecuario demanda 325.1 Mm<sup>3</sup>/año. La industria demanda un volumen anual de 39 Mm<sup>3</sup>/año y el abastecimiento a centros de población, demanda un volumen total del orden de 79 Mm<sup>3</sup>/año. Las hectáreas bajo riego se abastecen en un 60% de fuentes de agua superficial y en un 40% con fuentes de agua subterránea, para lo

cual se tiene una infraestructura hidroagrícola de 15 presas de almacenamiento con capacidad total de más de 79 Mm<sup>3</sup> y 483 pozos para riego (Magaña, 2006).

Las extracciones por uso muestran que se satisface en primer lugar el riego en agricultura y las demandas de las ciudades. La extracción actual en el estado de Tlaxcala es del orden del 61% de la disponibilidad. Este grado de presión se considera alto en el país (Magaña, 2006).

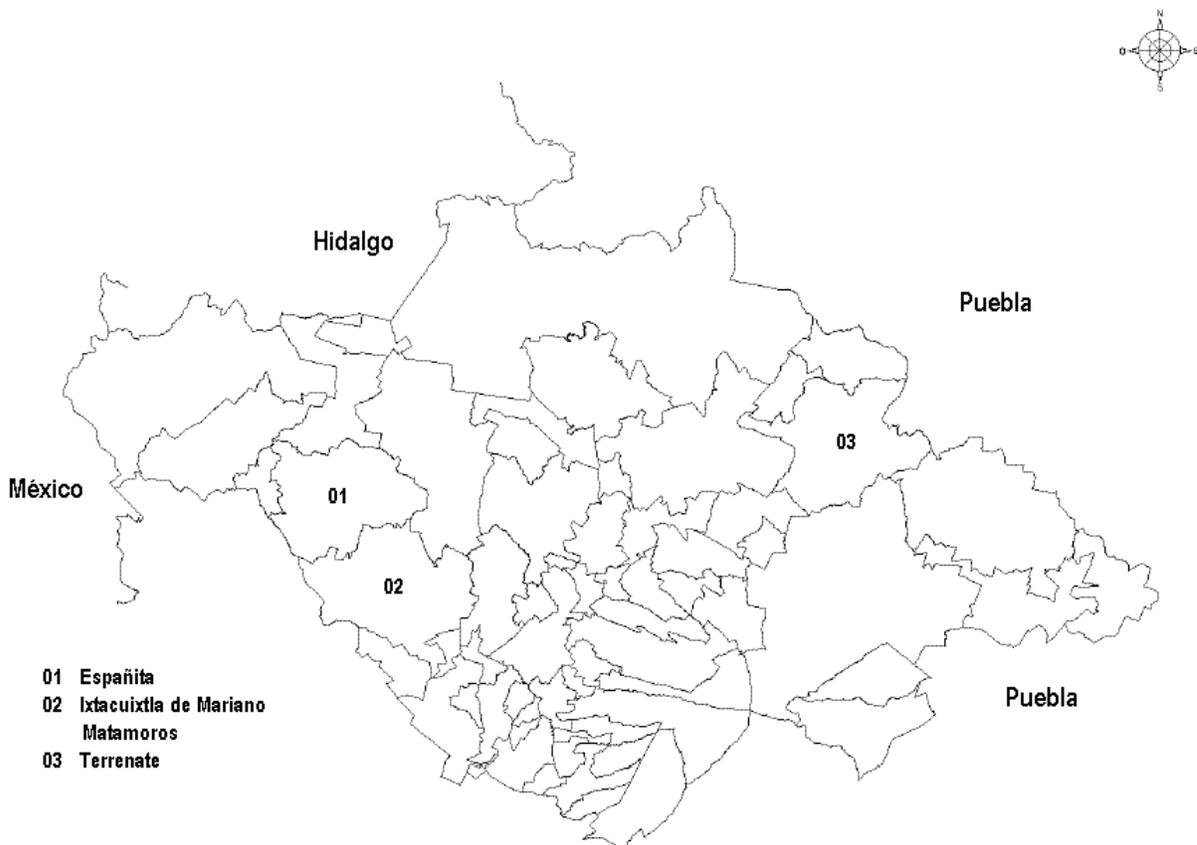
La situación actual del recurso hídrico en el estado de Tlaxcala es crítica debido a que la demanda de agua está aumentando como resultado del crecimiento de la población y del desarrollo económico, del abatimiento del manto acuífero por sobreexplotación y de la contaminación del agua por uso urbano e industrial. El estado de Tlaxcala ocupa el cuarto lugar en contaminación de las aguas en México, todos los ríos de la entidad son considerados zonas críticas y los afluentes resultan auténticos depósitos de aguas negras (Magaña, 2006).

A continuación se presentan las características principales del área de estudio:

## **2.1. Españaita.**

### **2.1.1. Características geográficas.**

*Ubicación y superficie.* Españaita esta ubicada en el Altiplano Central Mexicano a 2 640 msnm, su superficie es de 139 760 km<sup>2</sup>. Esta representa el 3.44 % del total del territorio estatal. Colinda al norte con el municipio de Sanctórum de Lázaro Cárdenas, al sur limita con el municipio de Ixtacuixtla, al oriente se establecen linderos con el municipio de Hueyotlipan, asimismo al poniente colinda con el municipio de Sanctórum de Lázaro Cárdenas y el Estado de Puebla (Gobierno del Estado de Tlaxcala, 2007). Figura 1.



**Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio. Municipios de Españaíta, Ixtacuixtla y Terrenate.**

**Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Gobierno del Estado de Tlaxcala, 2007.**

*Hidrografía.* Las principales fuentes hidrográficas del municipio son el río Españaíta, que cruza el municipio de norte a sur; el río Chico, nace en esta jurisdicción y es afluente del río Atoyac en el estado de Puebla y el río Ajejel, que atraviesa el municipio en dirección norte-sur.

*Clima.* El clima es templado frío y la precipitación promedio anual es de 1 195.2 mm (Gobierno del Estado de Tlaxcala, 2007).

### 2.1.2. Características sociodemográficas.

*Población total.* Para el año 2000, la población de Españaíta fue de 7 215 habitantes. De acuerdo con la definición del INEGI, la población es eminentemente rural. La

información censal muestra que en los últimos 25 años la totalidad de su población vive en localidades inferiores a los 2 500 habitantes.

*Servicios públicos, agua potable y drenaje.* Desde los últimos 20 años, el municipio ha contado parcialmente con servicios de agua, drenaje, luz, educación y salud básicos (Gobierno del Estado de Tlaxcala, 2007).

2.1.3. Actividades productivas. Las actividades más significativas son la agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza, en segundo lugar industrias manufactureras y en tercer lugar construcción. Entre los cultivos que destacan están maíz (58.0 %) y trigo (33.5 %). Otros cultivos son cebada, frijol, haba, frutales y escasamente hortalizas y forrajes (8.5 %). El 99.9 % de la superficie sembrada es de temporal, lo que indica la enorme carencia de agua para el riego. Entre los cultivos perennes hay 19 hectáreas de manzano, aunque también se cultivan frutales como la pera, ciruela, capulín, tejocote y nogal (Gobierno del Estado de Tlaxcala, 2007).

La ganadería representa el medio de autoconsumo para muchas familias del municipio. En el 2003 se registraron 7 215 cabezas de ganado porcino, 3 550 cabezas de ganado ovino, 3 101 de ganado caprino, 743 cabezas de bovino, 380 colmenas y en la variedad de aves existen 8 420 gallináceas y 4 230 guajolotes (COPLADET, 2004).

## **2.2. Ixtacuixtla de Matamoros.**

### **2.2.1. Características geográficas.**

*Ubicación y superficie.* Este municipio está ubicado en el Altiplano Central Mexicano a 2 240 msnm. Tiene una superficie de 165 840 km<sup>2</sup>, lo que representa el 4.08 % del total del territorio estatal. Colinda al norte con el municipio de Españita y Hueyotlipan; al sur colinda con los municipios de Tepetitla de Lardizábal y Santa Ana Nopalucan;

al oriente se establecen linderos con el municipio de Panotla; asimismo al poniente colinda con el Estado de Puebla (Gobierno del Estado de Tlaxcala, 2007).

*Hidrografía.* Los recursos hidrográficos son el río Atotonilco y sus afluentes que atraviesan la parte poniente del municipio y el arroyo Ajejel que es de caudal sólo en época de lluvias; además existen mantos freáticos, manantiales y pozos para extracción de agua (Gobierno del Estado de Tlaxcala, 2007).

*Clima.* El clima es templado subhúmedo, con régimen de lluvias en los meses de mayo a septiembre. Los meses más calurosos son de marzo a mayo. La precipitación media anual durante el período 1974 - 1996, es de 698.8 mm (COPLADET, 2004).

#### 2.2.2. Características sociodemográficas.

*Población total.* En 2005, la población era de 32 574 habitantes, lo que representa el 3.2 % de la población total del estado.

*Servicios públicos, agua potable y drenaje.* Para el 2005, 6 672 viviendas contaban con drenaje, 7 340 con energía eléctrica y con agua entubada 7 062 (Gobierno del Estado de Tlaxcala, 2007).

2.2.3. Actividades productivas. Durante el ciclo agrícola 2002/03 la superficie sembrada total de cultivos cíclicos fue 7 826 hectáreas, de las cuales 2 925 ha fueron de trigo, 2 170 ha de maíz grano, 1 556 ha de cebada grano, 464 ha de frijol y 103 ha de avena forrajera. Respecto a los cultivos perennes solamente se sembraron 781 hectáreas de alfalfa (COPLADET, 2004).

La ganadería es un medio de autoconsumo para muchas familias del municipio. Para el año 2003 se registraron una población de 4 187 cabezas de ganado bovino, 3 192 cabezas de ganado porcino, 2 356 cabezas de ganado ovino, 1 120 cabezas de

caprino, 526 colmenas y en la variedad de aves existen 2 0591 gallináceas y 4 550 guajolotes (Gobierno del Estado de Tlaxcala, 2007).

### **2.3. Terrenate.**

#### **2.3.1. Características geográficas.**

*Localización.* Terrenate esta ubicado en el Altiplano Central Mexicano a 2 680 msnm. Comprende una superficie de 213 670 km<sup>2</sup>, lo que representa el 5.26 % del total del territorio estatal. Colinda al norte con los municipios de Emiliano Zapata y Lázaro Cárdenas, al sur colinda con los municipios de Huamantla y Xaloztoc, al oriente se establecen linderos con el municipio de Alzayanca y el Estado de Puebla, asimismo al poniente colinda con el municipio de Tetla de La Solidaridad (Gobierno del Estado de Tlaxcala, 2007).

*Hidrografía.* Existen dos arroyos de caudal permanente; uno de ellos es la Caldera y el Arroyo Tlacaxolo, así como algunos arroyos con caudal sólo durante la época de lluvias y dos presas: Teometitla y Tenexac (Gobierno del Estado de Tlaxcala, 2007).

*Clima.* Tiene un clima templado subhúmedo, con régimen de lluvias en los meses de junio a septiembre. Los meses más calurosos son abril y mayo (COPLADET, 2004). La precipitación promedio máxima registrada es 681.8 milímetros (Servicio Meteorológico Nacional, 2007).

#### **2.3.2. Características sociodemográficas.**

*Población total.* En el 2000, existían 11 247 habitantes, de los cuales el 50.3 % son del sexo masculino y el 49.7 % del sexo femenino.

*Servicios públicos, agua potable y drenaje.* El municipio cuenta con un total de 6 sistemas de agua potable integrados por 8 pozos y 2 manantiales. Dichos sistemas brindan servicios a 2 509 tomas domésticas (Gobierno del Estado de Tlaxcala, 2007).

2.3.3. Actividades productivas. La actividad agrícola sigue siendo la más importante en el municipio. La superficie sembrada en 1996 con cultivos cíclicos, es de 9 954 hectáreas. La superficie sembrada de maíz grano ocupó el 53.7% del total; en trigo el 16.8 %; en cebada grano el 10.2 % y el resto (19.3 %), se dedicó a otros cultivos. En cuanto a cultivos perennes, destaca la alfalfa con una superficie sembrada de 25 hectáreas de riego. La superficie sembrada en tierras de temporal es 95 % y la de riego de 4.7 % (Gobierno del Estado de Tlaxcala, 2007).

En 1996, en el municipio se registraron 90 348 aves, 11 026 cabezas de ganado porcino y 1 073 cabezas de caprino (COPLADET, 2004).

#### **2.4. Experiencias de Transferencia de Tecnologías Ecológicas en Tlaxcala.**

En la documentación de experiencias de transferencia de tecnologías ecológicas en Tlaxcala, Quispe (2007), señala que 1975 se implementó el Plan Tlaxcala, que consistió en la mejora de los rendimientos de maíz en condiciones de temporal y con productores del nivel de subsistencia, desafortunadamente se desconoce su finalización, así como los resultados logrados. Otra experiencia es "El desarrollo de ecotecnias en Muñoztla", que consistió en aprovechar la energía solar para el servicio del hogar, el tratamiento de aguas residuales domésticas, producción de hortalizas y ganadería a nivel de traspatio, el uso racional de leña a través de la estufa Lorena, entre otras. Sin embargo, por carencias de recursos, no tuvo mayor impacto en las comunidades circunvecinas.

A fines de los setenta, en Vicente Guerrero, Españita pusieron en marcha, un proyecto de generación y promoción de experiencias y conocimientos para mejorar su nivel de vida. Proyecto que ha tenido logros sobresalientes en los ámbitos de conservación de suelos y agua, elaboración de abonos naturales, selección y mejoramiento de semillas criollas, horticultura, ganadería de traspatio y medicina

tradicional. Han puesto en práctica un modelo de transmisión de información denominado de “Campesino a Campesino” con el que han capacitado a cientos de agricultores tanto del país como del extranjero (Quispe, 2007).

Otro caso, que señala el mismo autor, es el proyecto en una comunidad del municipio de Tlaxco sobre la recuperación de áreas forestales con procedimientos orgánicos. Además de establecer plantas forestales, se acompaña con prácticas de recuperación del suelo, para lo cual usan el humus de lombriz (Quispe, 2007).

En 1996, dentro del Programa de Alianza para el Campo promovieron proyectos con las mujeres llamados "parcelas familiares" con el fin de apoyar la producción en los traspatios. Sin embargo, en la actualidad muy poco se conocen de sus resultados (Quispe, 2007).

En septiembre del 2004 el Colegio de Postgraduados llevó a cabo el Proyecto “Transferencia y adopción de tres ecotecnologías para el aprovechamiento de los traspatios”. En este proyecto participaron 20 familias de las comunidades de Españita y Atlihuahuetzia, con el propósito de que valoraran y adoptaran tres tecnologías alternativas, llamadas ecotecnias.

Los resultados satisfactorios de esta fase piloto del proyecto, motivó a los funcionarios de la Secretaría de Fomento Agropecuario (SEFOA) del Gobierno del Estado de Tlaxcala; a iniciar en el 2005 la fase de expansión de este proyecto a través del Programa Opciones Productivas. En esta fase del proyecto se apoyó a 200 familias rurales de escasos recursos económicos de 20 comunidades para implementar al menos dos de las ecotecnias -la captación y el almacenamiento del agua de lluvia en cisternas de ferrocemento y la producción de hortalizas en invernadero-. A la fecha, se desconocen los resultados de esta fase de expansión del proyecto, por lo que este estudio de investigación se propuso conocer y analizar la situación actual de la implementación y uso de la ecotecnia “Captación y almacenamiento del agua de lluvia” y sus capacidades de manejo y uso.

Estas experiencias de transferencia de tecnologías ecológicas en Tlaxcala, han estado dirigidas por iniciativa no gubernamental, a excepción del Plan Tlaxcala, el Proyecto Parcelas Familiares y la fase de expansión del Proyecto “Transferencia y adopción de tres ecotecnologías para el aprovechamiento de los traspatios”; que han estado apoyados por instituciones gubernamentales y de educación superior. Estas experiencias son un antecedente importante en el sector rural de Tlaxcala, que sientan las bases para la implementación de otros proyectos de desarrollo.

## **2.5. Escasez del agua en el mundo.**

La pobreza es un problema grave en los países del tercer mundo y se caracteriza entre otras cosas, por la falta de acceso o acceso limitado, a servicios destinados a satisfacer las necesidades básicas de las familias rurales como son la alimentación, salud, educación, vivienda, servicios de luz eléctrica, agua potable, entre otros (FIDA, 2002). La carencia del agua en la humanidad es una limitante muy grave para mejorar la calidad de vida y un obstáculo en la lucha contra la pobreza, la enfermedad y el subdesarrollo y por tanto una gran dificultad para cumplir con las Metas del Milenio fijadas para el 2015 (Grey y Sadoff, 2006).

2.5.1. Derecho al Agua. En 2002, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) declaró el Derecho al Agua, derecho “indispensable para llevar una vida con dignidad humana” y “un prerrequisito para la realización de otros derechos humanos”. El Comité sobre Derechos Económicos, Sociales y Culturales del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas afirmó que “el derecho humano al agua da derecho a todos a tener agua suficiente, segura, aceptable, físicamente accesible y a precios razonables para uso personal y doméstico” (Grey y Sadoff, 2006).

Las normas internacionales establecidas por organismos como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia

(UNICEF) sugieren un consumo mínimo de 20 litros al día de una fuente que se encuentre a un kilómetro del hogar. Esta cantidad es suficiente, para beber y para la higiene personal básica. Las personas que no acceden a esta cantidad de agua ven limitadas sus capacidades para mantener su bienestar físico y la dignidad que conlleva el estar limpio. Si se consideran las necesidades de agua para el baño y para lavar, aumentaría el límite por persona hasta aproximadamente unos 50 litros diarios (PNUD, 2006).

2.5.2. Consecuencias de la escasez de agua en el desarrollo humano. Dentro del desarrollo humano hay cuatro cosas que se identifican como lo más importante, para el desarrollo de las personas; tener agua, alimento, el desarrollo de capacidades y una vivienda digna. Sin embargo, el agua y el desarrollo de capacidades son condiciones para obtener una alimentación y una vivienda digna (Jiménez, 2006 en Ocampo *et al.*, 2006), de ahí su gran importancia.

En México existen zonas donde los grupos humanos, para su sobrevivencia dependen únicamente de la tierra y del agua disponible en su comunidad. En muchos de estos lugares regularmente tienen baja disponibilidad de agua, lo que limita el desarrollo adecuado de actividades productivas e inclusive de las actividades domésticas, impidiendo así el desarrollo de las comunidades (Pineda, 2007).

La escasez de agua limita, además de aspectos relacionados con la salud y la higiene, la producción de alimentos en el traspatio a lo largo del año. Cuando no se tiene agua no se tienen alimentos, ni producción, ni aseo, ni salud; no tienen ingresos y no pueden obtener vivienda (Jiménez, 2006 en Ocampo *et al.*, 2006).

La escasez de agua disminuye los niveles de salud al faltar para el aseo personal y de la vivienda, reduce todas las posibilidades productivas en la agricultura, acuacultura, turismo, servicios, ganadería e industria, impide el desarrollo de la vegetación y la fauna silvestre, creando escenarios de desolación, eleva los costos de abastecimiento e incrementa su precio en el mercado, reduce los ingresos para

las familias y genera confrontaciones entre individuos y comunidades, genera pobreza, reduce la autoestima de la gente y aumenta la desesperanza, provoca climas extremos y mayor costo para sobrevivir y elimina las posibilidades de desarrollo y la viabilidad de las ciudades (Jiménez, 2006 en Ocampo *et al.*, 2006).

La falta de agua es un problema prioritario. Esta restricción impide el desarrollo de cualquier iniciativa en el traspatio, ya que no es posible cultivar más plantas o criar más animales (Jiménez, 2006 en Ocampo *et al.*, 2006).

2.5.3. Situación del agua en el Mundo y en América Latina. En la actualidad existe una creciente escasez de agua, ocasionada por el crecimiento demográfico, la urbanización, el desarrollo industrial, las necesidades agrícolas y la explotación de este recurso en exceso.

De los 6 500 millones de habitantes en el mundo, 1 400 se encuentran sin acceso a la distribución de agua entubada, lo que provoca enfermedades relacionadas con el agua (ONU, 2006 citado en Juan, 2006). En América Latina de 550 millones de habitantes, 77 millones carecen de acceso al agua potable (UN-HABITAT y CEPAL, 2006 citado en Juan, 2006).

2.5.4. Situación del agua en México. En México, de los 107.5 millones de habitantes, 13 millones de habitantes carecen de acceso al agua potable en 33 mil comunidades (Anaya, 2004 citado en Pineda, 2007).

Uno de los principales problemas del país, es la carencia y desigual distribución del agua. El 53% del territorio es zona árida y semiárida. En la región centro, la demanda de agua se complica con la alta concentración demográfica y actividades económicas donde la presión para disponer del líquido ha provocado problemas de sobreexplotación de cuencas y acuíferos (CNA, 2006 citado en Juan, 2006).

El escurrimiento natural de agua es de tan sólo el 31 % en la zona centro, norte y noreste de México, sin embargo, comprenden el 79 % del territorio, se encuentra el 77 % de la población nacional y se produce el 86 % del PIB. En contraste, la región sur tiene el 69 % del escurrimiento de agua, representa solamente el 21% de la superficie nacional, se encuentra el 23 % de los habitantes y se produce el 14% del PIB (Juan, 2006). El volumen promedio nacional de disponibilidad natural del agua es de 474 637 mil km<sup>3</sup> y 4 547 m<sup>3</sup> hab./año lo que coloca a México en al ámbito mundial como uno de los países con baja disponibilidad de agua. De acuerdo a Naciones Unidas, México ocupa el 94 lugar en disponibilidad natural de agua (Anaya, 2004 citado en Pineda, 2007).

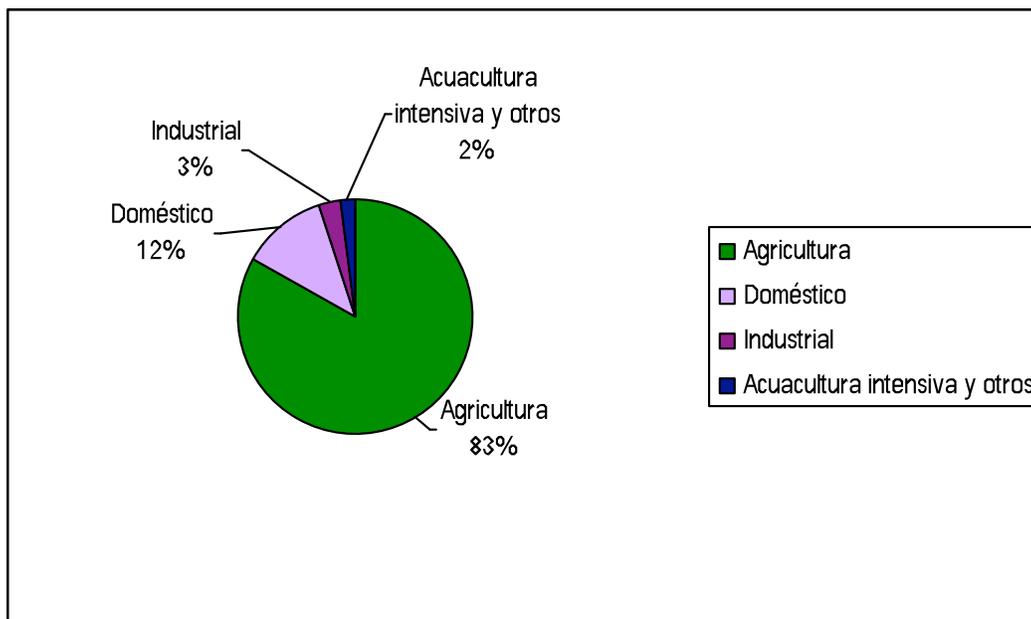
En México el abastecimiento de agua potable depende de 653 acuíferos, de los cuales 104 se encuentran sobreexplotados de 1970 al 2004. Del total de acuíferos se extrae más del 60% del agua subterránea destinada para todos los usos (Juan, 2006). México cuenta con más de 4 mil presas, cuya agua se destina para generar energía, uso público y agrícola (Pineda, 2007).

2.5.4.1. *Perspectiva del agua en México.* El uso del agua va en ascenso, en 1998 se consideraba que una persona utilizaba 25 litros diarios, para el 2006 varía de 40 a 70 litros por persona (Juan, 2006). De acuerdo con la ONU, cuando la disponibilidad natural de agua per cápita alcance valores inferiores a los 1 000 m<sup>3</sup> por habitante por año, la situación será crítica. En México, dentro de 25 años habrá más de 125 millones de mexicanos, por lo que posiblemente este indicador disminuirá (Jaime, 2001 citado en Juan, 2006).

## **2.6. Usos del agua en México.**

El agua tiene varios usos para satisfacer las necesidades de la humanidad: el doméstico, el industrial, el agrícola y pecuario, la acuicultura y la generación de energía eléctrica (Caballero, 2007). En México, el consumo de agua por sector es 83

% la agricultura, 12 % uso doméstico, 3 % uso industrial y 2 % acuacultura, uso industrial y otros (Caballero, 2007). Figura 2. Aunque el uso industrial representa un porcentaje menor, la cantidad y el tipo de contaminantes que descargan al agua son dañinos para el consumo humano y el ambiente (CNA, 2004).



**Figura 2. Usos del agua en México.**  
Fuente: Caballero, 2007.

### 2.6.1. Consumos de agua en actividades domésticas.

2.6.1.1. *Necesidades de agua en el cuerpo humano.* El hombre necesita el agua para desarrollar sus funciones vitales con normalidad. El cuerpo humano elimina diariamente más de un litro de su constitución, a través de la orina (1.5 litros), sudor (0.6 litros), respiración (0.3 litros) y heces fecales (0.1 litros). Para restablecer el equilibrio, el hombre tiene que reponer estas pérdidas bebiendo agua, directamente, o ingiriendo líquido o sólidos que la contengan. Los alimentos constituyen la segunda fuente de hidratación, las frutas y verduras alcanzan entre un 80 y un 90 % de su peso, la carne, el pescado y el queso tienen valores que van desde el 50 % al 70 % de agua; las harinas, las legumbres y los frutos secos son los que menos contienen agua; sumando estos contenidos a la dieta diaria se tiene de 1 a 1.5 litros de agua,

representando la mitad que nuestro cuerpo necesita diariamente en un país con clima templado (Water-Institute, 2006 citado en Juan, 2006).

2.6.1.2. *Distribución de consumos de agua por tipo de actividad doméstica.* Para uso doméstico, el consumo es variable; oscila desde unos 25 litros/persona/día en el medio rural, hasta más de 200 litros/persona/día en el medio citadino (Caballero, 2007). El consumo promedio de agua en una familia de 5 miembros es de 15 a 25 m<sup>3</sup> por mes, distribuyéndola en los siguientes usos: baño (40 %), regadera (30 %), lavar ropa (15 %), cocina (6 %), preparar alimentos (5 %) y varios (4 %). Lo que indica que una persona necesita diariamente de 100 a 167 litros de agua (CESPT, 2007). Esta cantidad depende de las condiciones de la vivienda (superficie del jardín, etc.), de las instalaciones, de las actividades que se realizan y de las costumbres personales.

En el Cuadro 1 se presentan los porcentajes de la distribución del uso de agua en las actividades domésticas en promedio por persona por día.

**Cuadro 1. Distribución del uso del agua en las actividades domésticas/persona/día.**

Actividad	Litros/persona/día	%
Baño (inodoro)	67	40
Regadera (higiene corporal)	50	30
Lavar ropa	25	15
Cocina (lavado de utensilios de cocina y vajilla)	10	6
Preparar alimentos (bebida y alimentación)	8	5
Varios (riego de jardines, lavado de automóviles, limpieza de vivienda, actividades de esparcimiento y otras)	7	4
<b>Total</b>	100 -167	100

Fuente: CESPT, 2007.

2.6.2. Consumos de agua en actividades pecuarias. Los consumos promedios diarios, propios de las actividades pecuarias, fluctúan dependiendo del tipo de crianza y de la región, de la temperatura ambiente, humedad, tipo de alimentación y tamaño del animal. En el Cuadro 2 se presentan los consumos de agua de diversas especies animales, que son comúnmente criadas en las comunidades rurales de México.

**Cuadro 2. Requerimientos de agua de algunas especies ganaderas bajo condiciones normales.**

<b>Especie</b>	<b>Litros de agua/día</b>
Vacas adultas secas (Córdova, 1967)	57
Vacas adultas grandes productoras (Córdova, 1967)	80 a 130
Vaca lechera en producción (Sánchez, 2004. Citado en Ramos, 2007)	110 a 140
Becerro 200 kg (Sánchez, 2004. Citado en Ramos, 2007)	30 – 40
Becerro 400 kg (Sánchez, 2004. Citado en Ramos, 2007)	40 – 60
Cerdos en crecimiento de 13.6 Kg PV (Escamilla, 1960)	2 a 6
Cerdos en la última etapa de crecimiento de 54.5 Kg PV (Escamilla, 1960)	6 a 8
Cerdos en finalización de 100 Kg PV (Escamilla, 1960)	8 a 12
Ovinos en crecimiento (Orcas, 1983)	3.0
Ovinos 5 meses de gestación (Orcas, 1983)	6.6
Pollos de 0.40 Kg PV (Biblioteca de Veterinaria y Zootecnia, 1976).	0.58
Pollos de 1.30 Kg PV (Biblioteca de Veterinaria y Zootecnia, 1976).	1.57
Gallinas de 1.30 Kg PV (Biblioteca de Veterinaria y Zootecnia, 1976).	3.25
Gallinas de 2.20 Kg PV (Biblioteca de Veterinaria y Zootecnia, 1976).	5.50
Pavos de 10 semanas de edad (Biblioteca de Veterinaria y Zootecnia, 1976).	4 a 5
Pavos de 20 semanas de edad (Biblioteca de Veterinaria y Zootecnia, 1976).	6 a 8
Caballo (Sánchez, 2004. Citado en Ramos, 2007)	40 – 50, 41

\*PV = Peso vivo.

**FUENTE: IICA, 1998**

2.6.3. Consumos de agua en la agricultura en México. En México, la agricultura de riego consume 72.2 millones de m<sup>3</sup> anuales de agua (Llamas, 2001). La gran cantidad de agua que se utiliza con fines agrícolas se debe a que la mayoría de los sistemas de irrigación son ineficientes (Caballero, 2007). De cada 100 litros que se retiran de los cuerpos de agua para riego, aproximadamente 50 se emplean realmente para los cultivos, el resto se pierde en las conducciones o se evapora (CNA, 2005 citado en Sánchez, 2004).

La superficie dedicada a la agricultura en México es de aproximadamente 21 millones de hectáreas y en promedio, durante el período 2000-2004 la superficie

cosechada aproximada fue de 19.6 millones de hectáreas por año. De la superficie cosechada, 6.5 millones de hectáreas son de riego y 14.5 de temporal. La productividad de las áreas de riego es en promedio, 3.7 veces mayor que las de temporal y a pesar de su superficie sustancialmente menor, la agricultura de riego genera más de la mitad de la producción agrícola nacional (Jiménez, 2006).

El consumo de agua por un cultivo o uso consuntivo, se define como la cantidad de agua necesaria, para reponer las pérdidas de agua producidas en el proceso de evapotranspiración. Siempre se refieren a las necesidades de un cultivo que crece en condiciones óptimas. Las necesidades de agua de los cultivos dependen principalmente del clima -como principales factores: luz solar, temperatura, humedad y velocidad del viento-; tipo de cultivo y estado de desarrollo (FAO, 2000a).

Producir alimentos requiere mucho agua, de 2 000 a 5 000 litros/persona/día dependiendo de las diferencias en la dieta y en el clima y de la eficiencia de los sistemas locales de producción de alimentos. Las plantas usan entre 500 y 4 000 litros de agua para producir un kilogramo de granos para la dieta básica, como arroz o trigo. Otros usos del agua indican que se requiere aproximadamente 250 litros de agua para producir 1 kg de alfalfa verde. El uso consuntivo total por planta de jitomate es de 66 litros, para las etapas de semillero, crecimiento, floración, fructificación y maduración, se requieren 0.61, 10.65, 13.03, 25.46 y 16.36 litros, respectivamente (FAO, 2000b).

## **2.7. Captación del Agua de Lluvia**

La captación del agua de lluvia es la intercepción, colección y almacenamiento de la misma en depósitos para su posterior uso. La captación y aprovechamiento del agua de lluvia es una importante fuente de abastecimiento de agua para uso y consumo humano, pecuario y agrícola para las comunidades rurales con población menor a 2 500 habitantes, que presentan problemáticas por su topografía, aislamiento,

dispersión o ausencia de fuentes de abastecimiento, ya sean superficiales o subterráneas (Juan, 2006).

2.7.1. Antecedentes de la captación del agua de lluvia. Los sistemas de captación del agua de lluvia se han practicado desde que surgieron los primeros asentamientos humanos, se tiene conocimiento de que se empezó a utilizar hace más de 4 mil años en la antigua Mesopotamia (Irak) y 4 ó 6 mil años en el desierto de Negev, en Israel, se han descubierto sistemas de captación que consistieron en el desmonte de lomeríos para aumentar el escurrimiento superficial, que eran dirigidos a predios agrícolas, así también disponían de almacenamientos subterráneos de unos 300 m<sup>3</sup>, suficientes para 10 familias con sus rebaños (Caballero, 2007).

En algunos países de América Latina y El Caribe, desde hace más de tres siglos se han practicado los sistemas de captación del agua de lluvia para uso doméstico, la recolección de agua proveniente de los techos se almacenaba en cisternas de diferentes tipos, el manejo y el almacenamiento de escurrimientos superficiales se ha realizado en presas de tierra, jagüeyes y aljibes, que aún representan la fuente principal de agua para uso doméstico en ejidos y ranchos (Anaya y Juan, 2007).

En el México prehispánico existen evidencias de captación del agua de lluvia, una evidencia son los baños de Nezahualcoyotl, en Texcoco, Estado de México. En la época precolombina las aguadas (depósitos artificiales) fueron utilizadas para regar cultivos en áreas pequeñas. En las zonas arqueológicas de la península de Yucatán y en Xochicalco, Morelos, desde el año 300 A.C. se emplearon sistemas de captación, conocidos como “chultus”, los cuales tienen como función colectar el agua de lluvia de los patios y conducirla mediante canales a depósitos construidos con piedra para ser utilizada posteriormente (Garrido, 2003 citado en Juan, 2006). En la época colonial era común observar los diversos sistemas de captación del agua de lluvia en las haciendas, en los conventos y en las casas - habitación. Algunos vestigios de estas tecnologías aún se pueden observar en los conventos Santo Domingo, en Oaxaca; en Acolman, Estado de México y en el convento de Zacatecas,

Zacatecas. En los estados de Campeche y Yucatán es común la utilización de agua de lluvia para consumo humano, ya que el agua potable en las ciudades tiene altas cantidades de sales, lo cual produce cálculos renales (Anaya, 1998 citado en Juan, 2006).

A principios del siglo pasado, los sistemas de captación de agua lluvia para uso doméstico perdieron su importancia debido al rápido crecimiento de las ciudades, a la gran cantidad de agua para la industria y el alto estándar de higiene del agua exigido por la población que sólo se alcanzó a través del tratamiento y abastecimiento centralizado con los sistemas de distribución del agua a nivel domiciliario. Sin embargo, por la crisis actual del agua que se da por crecimiento de población y degradación de recursos naturales, estos sistemas deben renacer, para hacer frente a la escasez y a la mala calidad del agua (Caballero, 2007).

Casos exitosos a nivel mundial, representan la solución real para hacer frente a la escasez de agua en las zonas rurales, como ejemplo los siguientes casos concretos:

- Brasil tiene un programa para la construcción de un millón de cisternas rurales.
- En España, Isla Vírgenes, Islas Caicos y Turkos, Singapur y Japón entre otros, existe un marco legal y normativo que obliga a la captación de agua de lluvia de los techos (Anaya, 2004 citado en Pineda, 2007).
- Hasta la fecha cerca de 750 edificios privados y públicos en Tokio han introducido sistemas de captación y la utilización de agua de lluvia. La utilización de agua de lluvia ahora está prosperando a niveles públicos y privados (Lo, 2003 citado en Pineda, 2007).
- En México, en los Estados de México, Jalisco, Guanajuato, Querétaro y Morelos se han desarrollado con éxito proyectos de captación del agua de lluvia. Además, el Centro Internacional de Demostración y Capacitación de Aprovechamiento del Agua de Lluvia del Colegio de Postgraduados, promueve esta alternativa a nivel nacional e Internacional a través de reuniones, capacitación y asesoría especializada (Pineda, 2007).

### **III. MARCO TEÓRICO**

La persistencia de la pobreza, la inequidad y el deterioro de los recursos naturales y el medio ambiente ha generado críticas al modelo de desarrollo seguido en los países en desarrollo -fincado originalmente en la idea de crecimiento económico- y consecuentemente propuestas para superar tales situaciones (Mata, 1992). A continuación se presentan los conceptos de desarrollo rural y desarrollo humano, conceptos que centran el desarrollo en las personas, así como el concepto de desarrollo sustentable, que promueve satisfacer las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para resolver las suyas (Quispe, 2006a).

#### **3.1. Desarrollo Rural.**

Mata (1992) define el desarrollo rural como un proceso que conjuga el crecimiento económico con el progreso social (salud, educación, cultura, agua potable, drenaje, caminos, centros de mercadeo, etc.) y para lograrlo se apoya en el proceso de educación y capacitación campesina autogestionaria, cuya finalidad es contribuir al empoderamiento de las comunidades rurales, para propiciar el desarrollo rural equitativo y sostenible.

Es un proceso que implica una diversidad de actividades, dentro de las cuales se pueden ubicar las relacionadas con la generación de innovaciones tecnológicas y su adopción pertinente, así como la educación y capacitación campesina considerada como una actividad fundamenta (Mata, 2002).

El desarrollo rural debe caracterizarse como un proceso integral y comunitario; pero además, debe posibilitar que los pobres del campo, tengan motivación e interés de participar y autogestionar en el proceso, de tal manera que como parte de la

construcción del desarrollo se logre educar y capacitar a los campesinos para el autodesarrollo. Entendiendo que el autodesarrollo será una consecuencia de las actividades y metodologías educativas participativas y autogestionarias que se implementan durante y en todas las actividades que demande la construcción del proceso de desarrollo y sobre todo, que capaciten a los pobres del campo en las formas y mecanismos que les permitan (gradualmente, mediante su autoorganización) ir empoderándose y comenzar a tomar en sus manos todos sus problemas y todos sus asuntos; para estudiarlos y analizarlos con el fin de generar mecanismos que posibiliten encontrar alternativas de solución a nivel comunitario o regional (Mata, 2002).

Este concepto de desarrollo rural a diferencia del concepto convencional toma en cuenta además de los planteamientos economicistas, los aspectos sociales y culturales de los beneficiarios del desarrollo; es decir, pugna por un desarrollo centrado en la gente o un desarrollo humano (Mata, 2002).

### **3.2. Desarrollo a Escala Humana.**

El desarrollo a escala humana se fundamenta en la teoría de las necesidades humanas para el desarrollo, sus postulados son dos: primero, el desarrollo se refiere a personas y no a objetos; y segundo las necesidades humanas fundamentales son finitas, pocas y clasificables; e iguales en todas las culturas y en todos los períodos históricos. Lo que cambia -en el tiempo y las culturas- son la forma y los medios utilizados para satisfacerlas (Mata, 2002).

La Dimensión Humana del Desarrollo trasciende de considerar solo planteamientos meramente economicistas, basados en aspectos técnicos y materiales; a comprender, entender y reconocer que la gente es lo más importante en los procesos de desarrollo (Mata, 2002).

El desarrollo humano da prioridad al desarrollo y formación de miembros de la sociedad, formación caracterizada por la capacitación y educación de ellos mismos; formación que les permita mejorar e incrementar sus destrezas y habilidades en el manejo y administración de sus recursos, que les oriente en generar iniciativas para superar su calidad de vida, que les posibilite una distribución justa y equitativa de sus productos y beneficios, y que responda a la obtención de satisfacciones con base a sus propias aspiraciones (Mata, 2002).

Los nuevos enfoques sobre el desarrollo humano y social, enfatizan y priorizan las necesidades, las demandas, los derechos, las expectativas, las experiencias y las capacidades de los individuos. El problema de la pobreza sólo podrá solucionarse si se involucran en el proceso a los pobres y sus familias. Lo que requiere generar un proceso genuino y verdaderamente participativo, autogestivo y democrático, que parta de lo local y comunitario hacia lo regional y nacional, visualizando su inserción crítica en un esquema de desarrollo equitativo y sostenible (Mata, 2002).

### **3.3. Desarrollo Humano.**

En este mismo sentido, el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo Humano señala que el desarrollo humano consiste en permitir a las personas tener una vida que valoren y en permitirles aprovechar su potencial como seres humanos. El desarrollo humano se basa en la realización del potencial de las personas -en lo que pueden hacer, en lo que pueden convertirse (sus capacidades) y en la libertad de disponer de opciones reales en la vida- (PNUD, 2006).

El desarrollo humano tiene dos aspectos, la formación de capacidades humanas -tales como un mejor estado de salud, conocimientos y destrezas- y el uso que la gente hace de las capacidades adquiridas -para el descanso, la producción o las actividades culturales, sociales y políticas- (PNUD, 2006).

Sen (2000 citado en González, 2007), señala la importancia del desarrollo humano a través de la educación, el aprendizaje y la formación de capacidades, pues la gente puede volverse más productiva con el tiempo, esto contribuye en mayor medida al proceso de crecimiento económico o por medio de la mitigación de la pobreza y el deterioro ambiental.

Estos autores y corrientes teóricas que proponen el desarrollo humano o su variante la dimensión humana del desarrollo, cuestionan el desarrollo convencional o crecimiento económico y ponen en primer lugar a las personas. En palabras de Max Neef “el desarrollo se refiere a personas y no a objetos” y debe ser “humano, social, autosostenido, participativo, autocentrado pero no aislado y colectivo (Mata, 2002).

#### **3.4. Desarrollo Sustentable.**

Con relación al desarrollo sustentable existen dos posiciones ideológico-políticas, la primera sostiene que la naturaleza será aprovechada por la sociedad armónicamente y que los bienes y servicios producidos se distribuirán equitativamente para combatir la pobreza, de tal manera que la sociedad accederá a los adecuados niveles de bienestar y los recursos naturales serán restaurados y si, es posible, redimensionados (Mata, 2002).

La segunda posición sostiene que reconocer que el desarrollo sustentable sólo será posible con el apoyo de los trabajadores del campo y de la ciudad, como grupo social mayoritario, se genera y se lucha por implementar un modelo de desarrollo alternativo al convencional, que relacione la conservación de los recursos naturales con los problemas totales de la sociedad: es decir, la soberanía alimentaria, la diversidad cultural, la dignidad de las personas, la generación de fuentes de trabajo, el respeto a los derechos humanos, el fomento y respeto a la democracia, y la participación de las organizaciones sociales como protagonistas del desarrollo social (Mata, 2002).

A nivel mundial, está emergiendo un consenso en cuanto a la necesidad de nuevas estrategias de desarrollo agrícola, para asegurar una producción estable de alimentos y que sea acorde con la calidad ambiental. Entre otros, los objetivos que se persiguen son: la seguridad alimentaria, erradicar la pobreza y conservar y proteger el ambiente y los recursos naturales (Quispe, 2006a).

La idea del desarrollo sustentable, como “aquel que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para resolver las suyas” (Goldsmith y Brinkerhoff, 1990 citado en Quispe, 2006a), supone un replanteamiento ético y político de la concepción misma del desarrollo. El desarrollo sustentable es concebido como "un proceso en busca de la equidad y de una mejor calidad de vida con protección del medio ambiente, que incluye transformaciones económicas, culturales y políticas que requiere de la modificación de líneas productivas, de distribución y de consumo, de que se supere el déficit social (SEMARNAT, 2004 citado en Quispe, 2006a).

3.4.1. Agroecología. Para que una familia rural o una determinada sociedad logren la seguridad y soberanía alimentaria, es necesaria la práctica de la agricultura basada en la agroecología (Altieri, 1996, Gliessman, 2002).

La agroecología surge como un campo del conocimiento para enfrentar los problemas causados por la agricultura convencional. Es la ciencia que aplica conceptos y principios ecológicos para el diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles, es decir, que son productivos y conservadores del recurso natural, y que también sean culturalmente sensibles, socialmente justos y económicamente viables (Altieri, 1996, Gliessman, 2002). En términos prácticos, la aplicación de los principios agroecológicos se traduce en una serie de estrategias y sistemas alternativos de producción que pretenden conservar la base de recursos y hacer un uso eficiente de los recursos localmente disponibles, entre otros. Entre las estrategias agroecológicas

de mayor potencial para mejorar la agricultura campesina se puede mencionar la “Cosecha de agua” (Quispe, 2006a).

3.4.2. Agricultura orgánica. La agricultura orgánica surge en respuesta a la agricultura convencional. La agricultura orgánica es uno de los varios enfoques de la agricultura sostenible, que dirige sus esfuerzos mayormente a la salud de los ecosistemas, incluyendo la diversidad biológica y la actividad biológica del suelo (Meneses, 2003 citado en Quispe, 2006a). Es un sistema productivo que propone evitar e incluso excluir totalmente los fertilizantes y pesticidas químicos de la producción agrícola. En lo posible reemplaza las fuentes externas tales como sustancias químicas y combustibles adquiridos comercialmente por recursos que se obtienen dentro del mismo predio o en sus alrededores (Altieri, 1996).

La agricultura orgánica combina las técnicas agrícolas conservacionistas tradicionales con tecnologías modernas (Altieri, 1996). La agricultura orgánica es una alternativa para los productores para la producción de alimentos sanos en los traspatios (Quispe, 2006a).

### **3.5. Importancia de la Agricultura en Pequeña Escala en la Seguridad Alimentaria.**

852 millones de personas pasan hambre y dos mil millones sufren malnutrición. De ellas, 815 millones viven en países en desarrollo y 15 millones de ellas mueren cada año como consecuencia del hambre y la malnutrición. Según la FAO (2000b) existe Seguridad Alimentaria cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a alimentación suficiente, segura y nutritiva para satisfacer sus necesidades dietéticas y preferencias alimentarias para una vida activa y sana” (Esquinas, 2006). Rosset (1999) afirma que la alternativa para eliminar el hambre es crear una agricultura viable y productiva de pequeñas unidades de producción, donde se apliquen los principios de la agroecología, señala que este es el único

modelo eficaz para eliminar la pobreza rural, alimentar a todos, proteger el ambiente y conservar la productividad de la tierra para las generaciones futuras.

3.5.1. Importancia de la agricultura familiar en México. La agricultura familiar tiene un importante papel en la seguridad alimentaria, es parte de un sector social relevante en los países en desarrollo, en la absorción de mano de obra de la actividad agrícola y en la retención de la migración campo - ciudad, que es el principal contribuyente a la formación de cordones peri -urbanos de pobreza. El objetivo de la agricultura en pequeña escala o familiar es principalmente el autoconsumo y la venta al mercado, trueque o comercialización directa al consumidor de los excedentes (Rosset, 1999).

De acuerdo con Bueno (2004 citado en Quispe, 2006a) en México, de los 5 millones de unidades de producción rural, la mayoría es minifundista, 3.3 millones posee sólo 5 hectáreas o menos. Sin embargo, a pesar de que este tipo agricultura ha contribuido a la economía y la seguridad alimentaria del país, ha tenido un acceso limitado a los recursos, la tecnología y otros medios de producción.

3.5.2. Importancia del traspatio. En las áreas rurales e incluso en las semiurbanas de México y otros países de América Latina y el Caribe es común observar que las familias cuenten con superficie adyacente a la casa, llamado traspatio o solar. Estos espacios tienen usos múltiples, pero mayormente son utilizados para la producción agropecuaria. Sin embargo, a pesar de la importancia real del traspatio para la economía familiar, en la mayoría de casos no son aprovechados en forma eficiente, por diversas razones, entre las que se destacan: la falta de conocimiento sobre las tecnologías apropiadas por parte de las familias, la escasez de recursos para mejorar la infraestructura y la falta de políticas y programas gubernamentales para apoyar a este tipo de agricultura (Quispe, 2006a).

El traspatio manejado con principios agroecológicos y enfoques alternativos de agricultura orgánica permite obtener rendimientos de alimentos de 2 a 4 veces más que cuando son producidos en un sistema agrícola convencional. Para lograr este

propósito es necesario cumplir con ciertas recomendaciones tales como: trabajar decididamente procurando aumentar cada vez la actividad biológica de la tierra, de la que se desprenderán fertilidad y productividad de alimentos sanos y nutritivos; aplicar compostas, usar al máximo los recursos y energías renovables como la energía solar, el viento, *el agua de lluvia*, entre otros (Quispe, 2006a).

3.5.3. Ecotecnias. Actualmente, se entiende que la aplicación de los principios agroecológicos y de la agricultura orgánica a nivel de traspatio se requiere de procedimientos y técnicas viables, amigables y apropiadas para producir alimentos y fibras sin agredir al ambiente ni perjudicar a los recursos naturales. A este tipo de técnicas se ha denominado ecotecnias (Quispe, 2007).

Estas tecnologías se caracterizan por el uso mínimo de los recursos no renovables, no contaminan el ambiente, no suponen un peligro para la salud de la comunidad y causan menos interferencias posibles a los ciclos ecológicos y naturales (Romero, 2004 citado en Quispe, 2007). Entre las ecotecnias conocidas en América Latina y El Caribe para la agricultura y el desarrollo rural se puede mencionar la “*Captación del agua de lluvia en cisternas de ferrocemento*” y la “*Bomba de mecate o sogas manual*” (Quispe, 2007).

### **3.6. Sistemas Tradicionales de Captación del Agua de Lluvia.**

En las zonas rurales el acceso al agua es dispar, el agua para riego agrícola apenas beneficia al 30% de la superficie cultivable y tiende a concentrarse en algunas entidades del noreste del país, cuya producción es de exportación. La agricultura a pequeña escala y de subsistencia, orientada a cubrir las necesidades alimentarias de la población de bajos ingresos, depende del temporal o tiene sistemas de riego precarios y poco tecnificados (Arendar, 2005 citado en Ramos, 2007). Por lo que en pequeñas comunidades agrícolas de México han desarrollado una serie de técnicas

tradicionales de captación, y prácticas agronómicas para el aprovechamiento del agua de lluvia (Ramos, 2007).

En México existe amplio conocimiento tecnológico, autóctono y tradicional en el aprovechamiento del agua de lluvia sobre todo para la producción agrícola (López, 2002 citado en Ramos, 2007).

Existe una amplia variedad de técnicas sobre captación del agua de lluvia, para diferentes aplicaciones. Los usos productivos incluyen provisión de agua para uso doméstico y para abrevaderos, concentración de escorrentía superficial para uso agrícola, recarga de acuíferos y de manera menos frecuente para el abastecimiento de agua para peces y estanques para aves. La recolección de agua en pequeños o grandes volúmenes para consumo humano, animal o agrícola en las poblaciones establecidas dentro de las regiones de poca o escasa precipitación, es una práctica de la cual muchas veces depende en gran medida la sobrevivencia. La cosecha de agua de lluvia ha llevado al desarrollo de algunos sistemas o técnicas para coleccionar y almacenar el agua (Ramos, 2007). Ejemplos de estos sistemas son los que a continuación se describen:

3.6.1. Jagüeyes. Los jagüeyes son embalses artificiales contruidos por el hombre, que almacenan agua de escorrentía, procedente de la lluvia. Son construcciones posiblemente prehispánicas, en las que se aprovechan los cauces naturales de los excedentes del agua de lluvia, para que la conformación del terreno facilite su construcción, requieren de una organización social para su mantenimiento y funcionamiento; ocasionalmente funciona como almacén temporal de agua con fines de riego de parcelas para asegurar la producción agropecuaria. El agua se utiliza para satisfacer las necesidades de los hogares, en donde se incluye el consumo humano y para que los animales domésticos abrevan durante la época de sequía. (Ramos, 2007).

3.6.2. Aljibes. Se ubican en las partes más altas, para captar el agua de escorrentía sobre todo la de lluvia. Son cuerpos que almacenan agua, los cuales son excavados de acuerdo al desnivel del terreno y revestidos con mampostería (piedra y cemento). El agua almacenada está por completo expuesta al sol, lo que significa que hay gran pérdida por evaporación (Ramos, 2007).

3.6.3. Ollas de agua. Son recipientes excavados de forma cónica, impermeabilizados con una película de polietileno, la cual es cubierta con una capa de tierra de 10 a 15 cm. de grueso. Esta capa de tierra es a su vez estabilizada por una capa de piedra (Velasco 2000 citado en Ramos, 2007).

Los jagüeyes, aljibes y ollas de agua no son eficientes en cuanto a duración, limpieza, ni al manejo del agua. Al estar contruidos a cielo abierto, el agua se ensucia muy fácilmente, hay pérdida por evaporación y por filtración. Son poco accesibles por el costo (Quispe, 2006b) y su capacidad de almacenamiento se reduce significativamente por la acumulación de sedimentos, lo que a su vez provoca importantes maniobras para su mantenimiento -desasolve- (Ramos, 2007).

3.6.4. Techos cuenca. Son estructuras diseñadas para la recolección de agua de lluvia. Estos constan básicamente de dos secciones, el techo que funciona como un área de escurrimiento y retardador de evaporación simultáneamente y el tanque o cisterna de almacenamiento localizado debajo del techo. El techo está formado por dos superficies que convergen en un canal central, lo cual permite que el agua de lluvia recibida por el techo caiga por gravedad a la cisterna a través de unas cajas con tamiz. El sistema de conducción del agua consiste en una válvula de salida, continuada por una tubería que termina en una llave para consumo humano (Velasco, 1991 citado en Ramos, 2007).

3.6.5. Captación del agua de lluvia de los techos. Esta es una antigua práctica que consiste en conducir el agua de lluvia que cae sobre los techos de cualquier tipo de edificación a fosas excavadas o simplemente a recipientes que se colocan en la

superficie del suelo, cerca del sistema, donde se almacena y posteriormente se utiliza (Ramos, 2007). A continuación se describe el sistema de captación de agua de los techos, el cual se implementó en las comunidades rurales de estudio.

3.6.6. Componentes de la captación del agua de lluvia de los techos. Los componentes para el aprovechamiento del agua de lluvia a nivel familiar, utilizando los techos de las viviendas son:

- a) Área de captación
- b) Sistema de conducción
- c) Infraestructura de almacenamiento
- d) Filtración (Anaya y Juan, 2007).

3.6.6.1. *Área de captación del agua de lluvia.* El área de captación es la superficie sobre la cual cae la lluvia. Las áreas que se utilizan para este fin son los techos de casas habitación, escuelas, bodegas, invernaderos y laderas revestidas o tratadas con materiales que la impermeabilizan. Es importante que los materiales con que están construidas estas superficies, no desprendan olores, colores y sustancias que puedan contaminar el agua pluvial o alterar la eficiencia de los sistemas de tratamiento. En las zonas urbanas los techos están contruidos de concreto, aleación de lámina galvanizada y antimonio; en las zonas periurbanas y rurales, de concreto, láminas de asbesto, lámina galvanizada, madera y paja; también se pueden utilizar las superficies impermeables (canchas, patios, estacionamientos), que no desprendan residuos o contaminantes al contacto con el agua e incrementen el costo del tratamiento para obtener un producto de calidad. En el caso de materiales de concreto se deben limpiar antes de impermeabilizar; si son de lámina galvanizada o asbesto se recomienda revisar si tienen algún deterioro y en su caso sustituirlas por otros, antes de su impermeabilización. Además, se requiere asegurar y verificar que sus estructuras soporten el peso de las canaletas más el agua de lluvia (Anaya y Juan, 2007).

La superficie debe ser de tamaño suficiente para cumplir la demanda y tener la pendiente requerida para facilitar el escurrimiento pluvial al sistema de conducción; es importante mencionar que solo se debe considerar la proyección horizontal del área de captación y expresarla en m<sup>2</sup> (Anaya y Juan, 2007).

3.6.6.2. *Conducción del agua de lluvia.* La conducción se refiere al conjunto de canaletas o tuberías de diferentes materiales y formas que conducen el agua de lluvia del área de captación al sistema de almacenamiento a través de bajadas con tubo de PVC (Anaya y Juan, 2007).

Las canaletas se instalan en los bordes más bajos del techo, en donde el agua de lluvia tiende a acumularse antes de caer al suelo; el material debe ser liviano, resistente, fácil de unir entre sí, debe combinar con los acabados de las instalaciones (zonas urbanas), que no contamine con compuestos orgánicos o inorgánicos; por lo que se recomienda se coloquen mallas que detengan basura, sólidos y hojas, para evitar la obstrucción del flujo en la tubería de conducción; así mismo, realizar en los techos labores de limpieza al inicio de la época de lluvias. Los materiales utilizados son aluminio, lámina galvanizada, PVC y recursos maderables de cada región (Anaya y Juan, 2007).

3.6.6.3. *Almacenamiento del agua de lluvia.* Son cisternas o tanques donde se almacena el agua de lluvia captada. Los materiales más utilizados para la construcción de las cisternas o tanques de almacenamiento son los siguientes:

*Plásticos:* Fibra de vidrio, polietileno y PVC

*Metales:* Barril de acero, tanque de acero galvanizado.

*Concreto:* Ferrocemento, piedra y bloque de concreto.

*Madera:* Madera roja, abeto, ciprés (es eficiente pero cara) (Anaya y Juan, 2007).

3.6.6.4. *Filtración del agua de lluvia.* La filtración es el proceso para separar un sólido del líquido en el que está suspendido, al hacerlo pasar, a través de un medio poroso (filtro) y por el cual, el líquido puede pasar fácilmente (Anaya y Juan, 2007).

Cuando el agua de lluvia es captada de los techos, se debe instalar un tanque para almacenar temporalmente las primeras lluvias contaminadas por basura, hojas y polvo, para utilizarla en el riego de frutales, hortalizas u otras aplicaciones que no requieran una alta calidad del agua. El dispositivo más sencillo consiste en colocar una malla a la mitad de un bote de 19 litros y en la parte del fondo se adapta a la tubería de la línea de conducción (Anaya y Juan, 2007).

### **3.7. Transferencia y Adopción de Tecnologías para la Producción en Pequeña Escala**

La generación y difusión de tecnologías es un factor importante para el logro de los objetivos del desarrollo agrícola y rural, que pueden influir en el éxito o fracaso de los productores de pequeña escala (Seixas, 2002 citado en Quispe, 2007). Sin embargo, en América Latina existe muy poca investigación aplicada a la generación de tecnología adecuada a las características del agricultor en pequeña escala y aún cuando existen tecnologías que pueden ser utilizadas por los productores, estas son desconocidas por ellos. A esto se suma la débil o casi inexistente programas de extensión rural, que incluya asistencia técnica y capacitación de los productores (Lacki, 2004).

La adopción es un asunto y una decisión individual; por tanto, está afectada por factores de conocimiento, de disponibilidad de recursos económicos y físicos, de habilidades y destrezas, y en gran medida por la disposición del productor de cambiar parcial o totalmente su forma tradicional de practicar la agricultura (Ojeda, 2000).

A continuación se presentan los conceptos de los procesos de transferencia y adopción de tecnología que retoman al productor y su entorno como el principal actor en estos procesos:

3.7.1. Definición del proceso de la transferencia y adopción de tecnología. La transferencia de tecnología es un proceso cuidadoso a través del cual una o más tecnologías son dadas a conocer a un grupo de interesados para que las utilicen. En ese proceso se dan una serie de acciones que deben ser previamente planeadas para lograr su adopción. La transferencia implica pasos cuidadosos de comunicación; para lograr con éxito la transferencia de una tecnología hasta su adopción, ésta debe seguir los principios de la formación, capacitación y educación (Quispe, 2007).

Por su parte Ojeda (2000) define la transferencia de tecnología como el proceso, las acciones, la estrategia, traspaso o el flujo de tecnología, de conocimientos, de capacidades, de destrezas, de medios y de experiencias individuales, colectivos o institucionales, desde un centro generador, que puede ser público o privado, hasta donde son utilizados para satisfacer necesidades públicas o privadas, en el mismo o diferente sitio, aplicándose en unidades de producción pecuaria, en la comercialización o mejoramiento de productos y/o procesos, como estrategia para alcanzar metas o en el desarrollo de comunidades rurales.

3.7.2. Componentes del proceso de transferencia de tecnología. El proceso de transferencia de tecnología consta de tres componentes:

1. Generación de tecnología, conocimientos, experiencia, capacidades y materiales entre otros; que se lleva a cabo en el centro generados por los investigadores y/o científicos.
2. Adopción de tecnología, conocimientos, experiencias, destrezas, etc., por un usuario o demandante de estas.
3. Llevar la tecnología desarrollada desde el centro generador hasta el usuario. En este componente se menciona desde un profesional de enlace que puede ser el asesor, el extensionista, el divulgador, el agente de cambio, el promotor,

el demostrador; el mecanismo de transferencia y condiciones de la misma; el proveedor de tecnología y el organismo para la aplicación y desarrollo local; la validación y traspaso; hasta la adquisición de tecnología.

3.7.2.1. *Generación de tecnología.* Puede identificarse en el centro generador de ciencia y tecnología, al científico o profesional responsable de la generación de la ciencia y tecnología, a quien en este trabajo se le denominara el investigador.

3.7.2.2. *Adopción de tecnología.* La adopción de tecnología se define como la apropiación y aplicación por parte del usuario final (el productor), de aquella que le ha sido transmitida (Oakley, 1991 citado en Chávez, 2007). De acuerdo a este autor, la adopción tiene las siguientes etapas:

*Apropiación.* Consiste en los siguientes pasos:

- Recepción. Cuando el destinatario tiene conocimiento de la información.
- Comprensión. El destinatario entiende el significado de lo que se le ha dado a conocer.
- Incorporación de la tecnología. Cuando el destinatario hace suya la tecnología, complementando con ello la apropiación de la información que le fue dirigida, convirtiéndose así en virtual usuario.

El término apropiación, ha sido señalado por varios autores, destacando la aportación que Freire (1979 citado en Chávez, 2007) hace de la apropiación del conocimiento en el proceso de aprendizaje: "sólo aprende verdaderamente aquel que se apropia de lo aprendido, transformándolo en aprehendido; con lo que puede por eso mismo reinventarlo; aquel que es capaz de aplicar lo aprendido-aprehendido a situaciones existenciales concretas".

*Aplicación de la tecnología.* La aplicación de la tecnología esta determinada por el tiempo y la amplitud de la misma:

- Tiempo de aplicación. Momento en que el productor que se ha apropiado de la tecnología decide aplicarla.
- Amplitud de aplicación. Sí el productor aplica parte o toda la información que se ha apropiado.

### 3.7.3. Factores que influyen en la adopción.

3.7.3.1. *Características intrínsecas de los agricultores y características del medio ambiente.* La adopción es un asunto y una decisión individual; por tanto está afectada por factores internos del agricultor, que en sí son sus características intrínsecas, edad, escolaridad, alfabetismo, cosmopolitismo, origen, habilidades, destrezas, lenguaje, disponibilidad y por factores externos, ambiente físico, biológico, social, económico, político o institucional y cultural determinan el proceso de adopción de tecnología, en los que se desenvuelve el productor.

3.7.3.2. *Características de las tecnologías a transferir y adoptar.* Las tecnologías deben poseer ciertas características, sobre todo cuando deseamos que sean adecuadas o apropiadas para el tipo de productores que las van a usar. Según Cernuda (1980 citado por Díaz, 1998), la tecnología debe poseer dos tipos de adecuación: 1) a las características sociales de aquellos que la utilizan y 2) al recurso natural al cual es aplicada. Las características más importantes de una tecnología apropiada para el agricultor de bajos ingresos son las siguientes:

- Bajo costo del capital necesario a su adquisición.
- Utilización del material local, en la medida de lo posible, por el menor costo y para evitar la dependencia de los proveedores externos.
- Que genere fuentes de trabajo.
- Aplicación de la tecnología en pequeña escala, debido a las dimensiones reducidas de las parcelas.
- Manipulación de la tecnología por los propios campesinos, sin necesidad de una formación técnica especial, es decir, no debe ser compleja para su uso.
- Utilización de la tecnología en grupo.

- Utilización de fuentes de energía renovables, tales como el agua de lluvia, el viento, el sol, la tracción animal o la fuerza humana, el gas metano y otras fuentes.
- Por las características ya mencionadas no debe pagarse por derechos de patentes.
- La tecnología no debe provocar la alteración brusca de la organización interna y los valores culturales del grupo que la utiliza.
- Que sirva para trabajar en varios cultivos, ya que los campesinos tienen el hábito de diversificar sus cultivos, asociándolos simultáneamente en el mismo terreno.
- Que tenga ventaja relativa. Para que sean adoptadas, las prácticas recomendadas deben ser significativamente superiores en rendimiento o considerablemente menos costosas.
- Sea compatible con la cultura campesina
- Tenga comunicabilidad, es decir, que los resultados de una innovación pueden ser descritos difundidos a otros.
- Que sea complementario. Normalmente no se adoptan nuevas prácticas aisladamente, sino como parte de un conjunto o secuencia de adopciones.

En complemento a lo anterior, para que una tecnología sea aceptada, debe reunir las siguientes características (Mata, 1992; Altieri, 1996):

- La tecnología debe ser útil. Esto significa que debe responder a necesidades o problemas percibidos por los productores como tales.
- La tecnología debe ser asequible. Esto significa, si pueden conseguirla con sus recursos. Estos recursos -no son sólo económicos, sino de tiempo, esfuerzo o capacidad de comprenderla y aplicarla con los medios que disponen o a los que pudieran tener acceso.
- La tecnología debe adaptarse al sistema global de producción. Esto es, si su adopción y puesta en práctica no compite en forma: brusca con alguno de los elementos del sistema global de producción, de los agricultores. Debe ser adecuada a las condiciones agroecológicas.

- La tecnología debe adaptarse al sistema social y cultural y su puesta en práctica no debe competir con creencias o vivencias fuertemente arraigadas en éste.

3.7.3.3. *Comunicación.* Es uno de los instrumentos que contribuyen en el proceso de cambio tecnológico. Se debe adecuar los métodos y técnicas de enseñanza - aprendizaje del proyecto a las características de diferentes usuarios a fin de tener mayores posibilidades de concretar el proceso de apropiación del conocimiento y aplicarlo a su propia realidad, así como compartirlo con otras personas en su comunidad (Díaz, 1998 y González, 1999 citado en Quispe, 2007).

Para que la tecnología a transferir sea adoptada y usada por el usuario, de acuerdo a Díaz (1998), se debe establecer una comunicación verdadera (Freiré, 1979 citado en Chávez, 2007), es decir, el diálogo entre sujeto a sujeto, quines coparticipan en la comprensión de la significación del significado. Relaciones de diálogo, del extensionista con el agricultor, utilizando métodos de investigación-acción interactiva que lleven a una integración de actividades compatibles con la producción y permitan al segundo autorrealizarse e impulsar la autoexteriorización de su valor como persona y su sentimiento de pertenencia a una comunidad.

Díaz (1998), asigna a la comunicación un papel fundamental en el proceso educativo al sostener que ésta “sirve para que las personas se relacionen entre sí, transformándose mutuamente o transformando la realidad que los rodea”, cumpliendo también una función técnica definida.

3.7.4. Formas de transferir la tecnología. Un factor importante en el proceso de transferencia de tecnología, sobre todo para los agricultores en pequeña escala, es la forma de cómo transferir la tecnología. En este aspecto se incluyen todos aquellos procesos que tienen que ver con la enseñanza -aprendizaje de las tecnologías que se consideran apropiadas para los agricultores de pequeña escala, procesos que reciben diversos nombres, tales como información agrícola, comunicación rural,

extensión rural; divulgación, animación rural, capacitación, formación, educación de adultos y otros (Quispe, 2007).

Estos procesos educativos comprenden diversos métodos y técnicas de enseñanza. Todos los procesos educativos, así como sus respectivas metodologías y medios de enseñanza y aprendizaje, se basan en una determinada pedagogía; esto es, en una concepción de cómo se consigue que la gente aprenda alguna cosa y modifique su comportamiento. La pedagogía seleccionada, a su vez, se fundamenta en una determinada epistemología -o teoría del conocimiento-. Cada opción pedagógica, cuando se ejerce de manera dominante durante un período bastante prolongado, tiene consecuencias discernibles sobre la conducta del individuo (Quispe, 2007).

Díaz (1998 citado en Quispe, 2007), señala que aunque existen muchas concepciones pedagógicas, pueden agruparse en tres modelos fundamentales. Los tres modelos son:

- 1) La pedagogía de la transmisión (Educación que pone énfasis en los contenidos)
- 2) La pedagogía del condicionamiento (Educación que pone énfasis en los efectos)
- 3) La pedagogía de la problematización (Educación que pone énfasis en el proceso).

*La pedagogía de la transmisión.* Parte de la premisa de que las ideas y conocimientos son los más importantes de la educación y que por consiguiente, la experiencia fundamental que el alumno debe vivir para alcanzar sus objetivos es la de RECIBIR lo que el enseñante le entregan. El resultado es tener educandos pasivos y repetitivos. Parece evidente que la pedagogía de la transmisión no es compatible con las aspiraciones de lograr un desarrollo basado en la transformación de las estructuras, el crecimiento pleno de las personas y su participación activa en el proceso de cambio (Quispe, 2007).

*La pedagogía de condicionamiento.* Esta pone su énfasis en los resultados comportamentales, es decir, las manifestaciones empíricas y operacionales del cambio de conocimientos, actitudes y destrezas. Esta pedagogía se concentra en el

moldeo de la conducta mediante un juego eficiente de estímulos y recompensas capaz de "condicionar" al aprendiz a emitir respuestas deseadas por el enseñante. Al igual que la anterior pedagogía descrita, los resultados son incongruentes con lo que se pretende los cambios cualitativos en el educando y consecuentemente con su participación activa en los procesos de cambio de una sociedad (Quispe, 2007).

*La pedagogía de la problematización.* Parte de la base de que, en un mundo de cambios rápidos y profundos, lo importante no son los conocimientos ni las ideas o los comportamientos correctos y fieles a lo esperado, sino el aumento de la capacidad del alumno para detectar los problemas reales y buscarles solución original y creativa. Por esta razón, la capacidad que se desea desarrollar es la de hacer preguntas relevantes en cualquier situación para entenderla y colocarse en condiciones de resolverla adecuadamente. Por su metodología y enfoque, esta pedagogía es la más relevante para los fines del desarrollo agrícola y rural, en el que para lograr avances importantes es necesario el continuo cuestionamiento y búsqueda de solución a los problemas y dificultades (Quispe, 2007).

3.7.5. Modelos de transferencia de tecnología. Hasta el día de hoy se han llevado a cabo diversos modelos de transferencia de tecnología, de manera general para el caso de México, González (1999) señala que existen dos tipos de programas de educación y capacitación de adultos:

1. Modelos tradicionales o convencionales, cuyo objetivo es transferir información y conocimientos tecnológicos de los centros de investigación a los productores a través de los servicios de extensión, a través de la capacitación a productores para que adopten paquetes tecnológicos, y
2. Modelos alternativos, que centran su trabajo en la participación de los productores en el proceso educativo y en los procesos de investigación, planeación, evaluación y monitoreo de las acciones educativas.

Existen diferentes formas de participación que va desde la inclusión de los productores, para respaldar un proyecto ya definido (consulta) hasta la apropiación del proyecto o programa en sus distintas, fases de gestación hasta su puesta en marcha (Díaz, 1998).

### **3.8. Formación y capacitación.**

El proceso de transferencia y adopción de tecnología demanda el conocimiento y la aplicación de procesos de educación y capacitación. La educación se conceptualiza como una forma de aprendizaje, un aprendizaje selectivo, orientado, potencializado y apoyado por otro o más sujetos diferentes a aquel que aprende. En esta perspectiva se asume la posición de promover la educación libertadora, que en palabras de Paulo Freiré (1979 citado en Chávez, 2007), dice: La educación verdadera es praxis, reflexión y acción del hombre sobre el mundo para transformarlo.

La capacitación es una variante del proceso de educación y tiene como finalidad ofrecer a las personas la posibilidad de desarrollar un conjunto determinado de nuevos conocimientos, aptitudes y destrezas orientados a transformar parcialmente la realidad que los rodea. Implica un proceso de enseñanza - aprendizaje cuyo propósito es que los grupos se apropien de los conocimientos y habilidades que les permitan realizar en forma óptima actividades para el logro de sus propios fines (Mata, 1999).

La formación - capacitación en el medio rural es una forma de educación para la acción en la que los individuos y los colectivos participan como actores potenciales de transformación de sus procesos y condiciones de trabajo y de vida, es decir, el proceso educativo busca propiciar aprendizajes que estén directamente relacionados con nuestras actividades, mediante las cuales obtenemos satisfacción del conjunto de necesidades económicas, sociales y culturales. La formación - capacitación busca lograr que las personas sean capaces de enfrentar problemas, que además de

habilidades o destrezas, la gente adquiera conocimiento de causa, motivación y una actitud de lucha, para conocer y resolver los problemas que se le pueden presentar (Mata, 1999).

En un proceso de capacitación, el aprender es un hecho organizado y propuesto en forma dirigida en el que se sistematizan los aprendizajes surgidos del análisis de las experiencias vividas y se planean acciones más concientes a las que se le van incorporando, periódicamente, conocimientos y formas nuevas de trabajo que mejoran las actividades de las personas y de las organizaciones, así como la productividad de las mismas (Duch, 2005). En un programa de desarrollo, la capacitación permite que los sujetos asuman la conducción plena de todos los procesos que tienen que ver con sus actividades productivas, desde la selección del proceso de producción, la innovación tecnológica, entre otros (Mata, 1999).

En la tarea de encontrar formas eficaces de capacitar, han surgido herramientas de apoyo para facilitar la participación y aprendizaje de las personas del campo.

3.8.1. Herramientas de la capacitación. A continuación se presentan dos metodologías que muestran mucho potencial para una capacitación que busca devolverle al hombre su dimensión humana y al trabajo su verdadero sentido de actividad transformadora de la realidad y del hombre mismo.

3.8.1.1. *Capacitación campesina.* La capacitación campesina se caracteriza por un intercambio directo de conocimientos y experiencias entre campesinos -en el que se da prioridad a la práctica y al empleo de recursos propios y accesibles-. El promotor rural es normalmente un agricultor con poca o ninguna educación formal, que a través de un proceso de capacitación, experimentación, aprendizaje y práctica incrementa sus conocimientos y está en capacidad de compartirlos, cumpliendo las funciones de extensionista rural. El papel del promotor en las comunidades campesinas es el de agente de cambio, que promueve procesos de desarrollo rural (Ramos, 1998).

Tres premisas básicas podrían explicar el éxito de la capacitación campesino a campesino. La primera es el rescate de la agricultura tradicional, desde sus raíces culturales. La segunda premisa consiste en que los campesinos produzcan más, sin deterioro de sus terrenos y con amplia posibilidad de recuperar la tierra perdida, su textura y el agua necesaria para altos rendimientos de sus cultivos. La tercer premisa, es la convicción del gran potencial que tienen los campesinos de aprender nuevas técnicas, practicarlas y compartirlas con sus vecinos (Ramos, 1998). La capacitación campesina es un proceso de capacitación autogestionaria que pone énfasis en la participación, cohesión y sentimiento de pertenencia al grupo, disposición para el trabajo en equipo, construcción de un liderazgo colectivo y los elementos culturales que posibilitan la identidad del grupo (Mata, 2002).

3.8.1.2. *Capacitación por competencia laboral.* La competencia laboral es el conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes que son aplicables al desempeño de una función laboral a partir de los requerimientos de calidad esperados. Las competencias se adquieren a lo largo de la vida, son aprendidas a través de la repetición de comportamientos y conducen a resultados (INCA RURAL, 2006).

La formación basada en competencia laboral, es la construcción social de aprendizajes significativos y útiles que se obtiene no solo mediante la instrucción, sino también por la experiencia en situaciones reales de trabajo. Este enfoque toma en cuenta la forma de aprender de los participantes, se concede mayor importancia a la manera de aprender que a la asimilación de conocimientos y se logra mayor pertinencia que en disciplinas académicas así como una mayor flexibilidad (González, 2007). La competencia laboral utiliza la andragogía -especialidad pedagógica, que contribuye al conocimiento del adulto y sus diferencias pedagógicas-. Existen ciertas características propias del adulto como la autonomía, la experiencia, la libertad y la responsabilidad, que deben ser consideradas en la capacitación a fin de definir estrategias metodológicas, recursos, objetivos

pertinentes y coherentes. La relación de la extensión y la andragogía deberá ser cada vez más estrecha, permitiendo resignificar los procesos educativos no formales de adultos como procesos integrales orientados a la totalidad de la persona, su entorno, y donde el sujeto se involucra activamente (Frank y Tornado, 2006).

### **3.9. Desarrollo de capacidades.**

El proceso de estructuración de una nueva sociedad rural, se basa en una serie de principios que destacan el papel protagónico que deben jugar los actores locales en el impulso de su propio desarrollo. El desarrollo de capacidades constituye una tarea esencial, para sostener el desarrollo local y reducir los problemas estructurales de la pobreza. Exige la creación y fortalecimiento del capital social, con actores locales más participativos dispuestos a fortalecer sus conocimientos, habilidades y actitudes para comprometerse en la definición, ejecución y evaluación de los asuntos públicos en su propio ámbito territorial (INCA RURAL, 2004).

3.9.1. Capital humano. El capital humano son las capacidades, motivaciones y valores que las personas adquieren a través de la educación, experiencia, la capacitación o la instrucción, además de las condiciones de salud y nutrición que les permiten expresar su potencial de desarrollo (INCA RURAL, 2004).

3.9.2. Concepto de desarrollo de capacidades. Amartya Sen (2000 citado en INCA RURAL, 2004) aborda un concepto concreto y útil al definir que las capacidades comprenden todo aquello que una persona es capaz de hacer o ser, como estar bien nutrido(a), escribir, leer y comunicarse, así como tomar parte de la vida comunitaria. Entonces, y siguiendo esta perspectiva, el bienestar se incrementará cuando las personas son capaces de leer, comer y elegir.

- Estar alfabetizado no es importante por la utilidad que se deriva de ello, sino por el tipo de persona que puedes llegar a ser cuando sabes leer y escribir.

- Comer tendría valor no porque a las personas les guste la comida, sino porque es necesario para la vida y la salud.
- Las personas eligen, no por incrementar su beneficio personal, sino porque valoran un determinado plan de desarrollo local, proyecto comunitario o un determinado sistema político. (INCA RURAL, 2004).

El conjunto de capacidades son las libertades que disfrutan los individuos; esto es, el conjunto de alternativas de donde el individuo puede escoger. La pobreza es vista como una privación de capacidades, y por lo tanto, injusta, que se combate con esfuerzos para que la gente adquiera nuevos conocimientos o capacitarse en vez de ser desplazada (Sen, 2000 citado en González, 2007).

El número de opciones que las personas tienen y la libertad de elección sobre estas opciones también contribuyen al bienestar humano. De esta forma, desde el enfoque de las capacidades, se postula que más libertad y más capacidad de elección, tiene un efecto directo sobre el bienestar social.

Por otra parte, Horton (2004), al hablar de capacidades se refiere al conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes, valores, relaciones, motivaciones y condiciones que permiten tanto a los individuos como a las organizaciones, redes sociales, sectores e instituciones el desempeño de sus funciones y alcanzar los objetivos que se han planteado en torno a su desarrollo. Cuando a esta definición la complementamos con el término desarrollo de capacidades, estaríamos hablando de los procesos, estrategias y metodologías, con las que las instancias de apoyo ayudan a las personas, las organizaciones, los sectores e instituciones a mejorar sus conocimientos y habilidades con el fin de llevar a cabo sus funciones para alcanzar los resultados deseados a través del tiempo.

El desarrollo de capacidades implica más experimentación y aprendizaje que trazar un proyecto, implica un proceso orgánico de crecimiento y desarrollo (Horton, 2004). Esta definición destaca dos puntos importantes: que el desarrollo de capacidades es

en gran parte un proceso de crecimiento y desarrollo interno, y que los esfuerzos para desarrollar las capacidades deben estar orientados hacia los resultados (INCA RURAL, 2006).

3.9.3. Importancia del Proceso de Desarrollo de Capacidades. El desarrollo de capacidades está al centro de las estrategias actuales de muchas agencias para el desarrollo. En el pasado, la cooperación para el desarrollo ponía énfasis en la transferencia de recursos físicos y financieros y de tecnologías modernas a zonas pobres, unida a la educación y capacitación técnica. Se suponía que estas inversiones y transferencia de tecnología generarían el crecimiento y desarrollo económico. A veces esto ocurría, pero también muchos países y comunidades se estancaban y se volvían dependientes de la ayuda. Con frecuencia los esfuerzos fracasaban porque las capacidades locales no tenían el desarrollo apropiado para gestionar las actividades y mantener las instalaciones. Además, una vez que las agencias externas se retiraban, los grupos locales carecían de poder para encabezar las actividades de desarrollo (Horton, 2004).

En la era actual de tecnología acelerada y cambios institucionales y de decrecimiento de presupuestos para esta clase de cooperación, es esencial mejorar las capacidades de las personas individuales y de las organizaciones para sostener el desarrollo local y reducir la pobreza (Horton, 2004).

En el mismo sentido, actualmente el INCA RURAL especifica en el qué y cómo hacer para promover el desarrollo rural, la capacitación a todos los miembros de las familias y empresas pequeñas familiares en el sector, para desarrollar su potencial humano, ampliar sus conocimientos y habilidades productivas y gerenciales, adquirir mayor capacidad para transformar realidades adversas y protagonizar la solución de sus propios problemas con menor dependencia de ayuda externa, elevar la productividad de la mano de obra familiar y estimular el cambio de actitudes y valores. Así como promover la formación basada en competencias, que es la que se

planea, imparte y evalúa con base en la necesidad y demanda de las personas, no en la oferta institucional (INCA RURAL, 2004).

3.9.4. El desarrollo de capacidades en territorios rurales. Actualmente, el proceso de estructuración de una nueva sociedad, coloca en la más alta prioridad el aprendizaje centrado en las personas y la acción social, en el valor de uso y en productos útiles que contribuyan a mejorar sus procesos de vida y trabajo (INCA RURAL, 2006). Por lo anterior, la misión del sector rural para el 2025 es impulsar responsablemente el desarrollo integral del sector, tomando como eje central el desarrollo de las personas e incrementar de manera sostenible los niveles de bienestar de la población rural (INCA RURAL, 2004).

Los actores locales deben jugar el papel protagónico en el impulso de su propio desarrollo, debido a que son ellos quienes tienen una visión integral de su territorio, en el que pueden promover una amplia gama de actividades para el aprovechamiento primario de los recursos naturales, su transformación y comercialización con el propósito de fortalecer la economía rural. Trabajar en la mejora de las capacidades de las personas y de las organizaciones sociales, públicas y privadas, es una tarea esencial, para sostener el desarrollo local y reducir los problemas estructurales de la pobreza (INCA RURAL, 2006).

Así, es necesario superar y vencer inercias y rezagos sociales y económicos, como son la limitada escolaridad y calificación de la población en edad productiva, la insuficiencia de empleos y la inestabilidad laboral, que actualmente limitan el aprovechamiento pleno del potencial productivo de los enormes contingentes de la población en edad laboral, tanto en el sector rural como en el urbano. Por esta razón, aún se tiene un importante camino que recorrer para superar el reto de brindar con suficiencia y oportunidad una adecuada atención a la amplia demanda del medio rural en materia de trabajo, capacitación, asesoría, consultoría e información, necesarias para impulsar al conjunto de actividades productivas y sociales que llevan a cabo, con el fin de propiciar su desarrollo territorial (INCA RURAL, 2006).

Gran parte del aumento en la producción y en la competitividad logrado en los países desarrollados se ha debido a los procesos de profesionalización de sus productores y agroempresarios. De esta manera, los altos niveles profesionales y las competencias de sus recursos humanos son el principal factor que les permite a dichos países mantenerse integrados a los mercados mundiales y sobreponerse constantemente a los cambios que en estos se producen, sin generar desarticulaciones en sus economías internas. Muchos organismos internacionales y multilaterales han colocado la educación y la capacitación como ejes estratégicos de sus tareas de cooperación orientadas a enfrentar los retos de la agricultura, el sector agroalimentario y la economía rural en su conjunto (Ramírez, 2006).

En apoyo al desarrollo de capacidades en México, tenemos a la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, particularmente en su capítulo sobre Capacitación y Asistencia Técnica, así como a la Alianza para el Campo, el Programa Especial Concurrente y el Acuerdo Nacional para el Campo, instrumentos de política en los que se plantea una nueva perspectiva del territorio rural, espacios inéditos de expresión para discutir, analizar y planear el desarrollo regional, incluyendo a los programas locales de capacitación rural integral. El desarrollo de capacidades exige la creación y fortalecimiento del capital social, con actores locales más participativos dispuestos a fortalecer sus conocimientos, habilidades y actitudes para comprometerse en la definición, ejecución y evaluación de los asuntos públicos en su propio ámbito territorial.

El éxito de los procesos de desarrollo de capacidades en territorios rurales, debe sustentarse en el liderazgo local. Los agentes externos sólo pueden fungir como promotores o facilitadores de información, capacitación y otros apoyos (INCA RURAL, 2006).

## **IV. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **4.1. Planteamiento del problema de investigación.**

Actualmente, la pobreza, la falta de seguridad alimentaria y el deterioro del medio ambiente, subsisten en el medio rural. Entre las opciones para enfrentar esta situación, está la producción de alimentos sanos en los traspatios; sin embargo, para producir se requiere contar con considerables volúmenes de agua, además de recursos humanos capacitados.

El agua es una de las bases para el desarrollo humano -el agua para la vida en el hogar y el agua para la producción-, cuando alguien carece del acceso a agua limpia y suficiente en su casa o como recurso productivo, sus opciones quedan limitadas por las enfermedades, la pobreza y la vulnerabilidad.

La captación y almacenamiento del agua de lluvia en cisternas, es una ecotecnia que puede resolver el problema de escasez del agua en las zonas rurales, principalmente en época de estiaje; proporcionando agua en cantidad y calidad suficiente, para realizar actividades domésticas y productivas. A diferencia de otras técnicas tradicionales de captación del agua, como los jagüeyes, ollas de agua o aljibes, en donde el agua almacenada, al estar expuesta al sol por completo; presentan grandes pérdidas por evaporación y filtración y deterioro de la calidad del agua.

En México, existen evidencias del uso de la captación y almacenamiento del agua de lluvia desde la época prehispánica, sin embargo, hoy día, existe desconocimiento en las comunidades rurales de una técnica efectiva, para el aprovechamiento y uso eficiente del agua de lluvia en las actividades domésticas y productivas. Asimismo, se desconocen los conocimientos y las habilidades que las familias rurales requieren para diseñar, construir, operar y mantener en condiciones de funcionamiento la

captación y almacenamiento del agua de lluvia a nivel familiar, a fin de lograr hacer frente al problema de escasez del agua en su comunidad.

Actualmente, las comunidades rurales de Tlaxcala, viven una situación de poca disponibilidad de agua, lo que limita a varias familias en la realización de sus actividades domésticas y productivas a nivel traspatio, afectando su calidad de vida. Para atender esta necesidad básica, a partir del 2004 se implementó el proyecto “Transferencia y adopción de tres ecotecnias para el aprovechamiento de los traspacios” para promover el uso de la ecotecnia de captación y almacenamiento del agua de lluvia en estas comunidades, para satisfacer las necesidades de consumo de agua de las familias rurales. Sin embargo, aún se desconocen los resultados de este proyecto; por lo cual se requiere investigar y dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación:

4.1.1. Preguntas de investigación. Para conocer y entender el problema de investigación se plantearon las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el nivel de implementación y uso de la ecotecnia de captación y almacenamiento del agua de lluvia en las comunidades rurales de Tlaxcala?
2. ¿Qué características tiene la ecotecnia de captación del agua de lluvia a nivel familiar?
3. ¿Cómo usan y manejan la captación y almacenamiento del agua de lluvia las familias rurales?
4. ¿Qué usos le dan al agua de lluvia captada y en que actividades la utilizan?
5. ¿Qué aspectos limitan o favorecen el uso de la captación y almacenamiento del agua de lluvia?
6. ¿Cuáles son los conocimientos y habilidades que han adquirido los productores para el manejo del sistema de captación del agua de lluvia?
7. ¿Qué conocimientos y habilidades se requieren para el uso y manejo adecuado de la captación y almacenamiento del agua de lluvia?

4.1.2. Justificación. En el Estado de Tlaxcala, en las comunidades de Españita y Atlihuahuetzia, en el 2004; inició un proyecto piloto, con el propósito de que valoraran y adoptaran tres tecnologías alternativas llamadas ecotecnias, en el que participaron 20 familias. La primera de estas para producir hortalizas, con altos rendimientos y de calidad, en su traspatio o solar. La segunda el composteo con lombrices, para obtener fertilizante orgánico y la tercera la captación y almacenamiento del agua de lluvia en cisternas de ferrocemento, para disponer del agua de lluvia suficiente para riego.

La difusión de los resultados de este proyecto por productores, técnicos, promotores, funcionarios del estado, académicos y estudiantes, motivó al gobierno del estado de Tlaxcala a través de la Secretaria de Fomento Agropecuario (SEFOA); a apoyar a 200 familias rurales de escasos recursos económicos de 20 comunidades a usar las experiencias generadas en esta fase piloto, para implementar al menos dos de las ecotecnias, 1) la captación y el almacenamiento del agua de lluvia en cisternas de ferrocemento y 2) la producción de hortalizas en invernadero. Asimismo, proporcionó capacitación y asesoría técnica para la producción de jitomate, utilizando el agua de lluvia para el riego.

Sin embargo, actualmente, se desconoce la situación actual de este proyecto y si el uso que se le esta dando a esta infraestructura, es el adecuado, de acuerdo con las características de las familias rurales y sus necesidades de consumo de agua. Así mismo, se desconocen los aspectos que influyeron en la adopción de la ecotecnia y si la capacitación proporcionada por la SEFOA, fue suficiente para que las familias lograran adquirir los conocimientos y las habilidades -las capacidades- suficientes, para un uso óptimo y eficiente de esta ecotecnia.

Así, con esta investigación se propuso estudiar la situación actual de la captación y almacenamiento del agua de lluvia, para lo que se requiere describir las características de la ecotecnia de captación y almacenamiento del agua de lluvia a nivel familiar, los diferentes usos del agua de lluvia captada, los factores que

influyeron en su adopción y finalmente identificar los conocimientos y las habilidades que las familias participantes en el proyecto han adquirido para el uso y manejo de la ecotecnia.

#### 4.1.3. Objetivos

##### 4.1.3.1. *Objetivo General*

- Determinar la situación actual de implementación y uso de la ecotecnia de captación y almacenamiento del agua de lluvia a nivel familiar, en cisternas de diferentes capacidades y materiales; así como los usos del agua de lluvia en las actividades domésticas y productivas a nivel traspatio de las familias rurales; los factores que influyen en su implementación y uso; y las capacidades -conocimientos y habilidades- que se requieren para su óptimo funcionamiento.

##### 4.1.3.2. *Objetivos Particulares*

1. Determinar las características de la ecotecnia de captación y almacenamiento del agua de lluvia en cisternas de diferentes capacidades y tipos de materiales que permita abastecer agua de calidad y en cantidad suficiente a una familia rural.
2. Determinar la magnitud de la implementación y funcionamiento de la ecotecnia de captación y almacenamiento del agua de lluvia a nivel familiar.
3. Conocer y describir las diferentes formas de uso del agua de lluvia captada para satisfacer los requerimientos de una familia rural en sus actividades productivas y domésticas.
4. Conocer y describir los aspectos técnicos, económicos, financieros y de capacidades que influyen en la adopción de la ecotecnia.
5. Conocer y entender el proceso de desarrollo de capacidades de las familias rurales, así como las capacidades mínimas requeridas para su uso su instalación, construcción, uso y manejo.

#### 4.1.4. Hipótesis

- La situación de poca disponibilidad del agua que limita las actividades domésticas y productivas a nivel traspatio en las comunidades rurales de Tlaxcala ha sido resuelta mediante la adecuada implementación de la ecotecnia de captación y almacenamiento del agua de lluvia a nivel familiar, así como del uso y manejo eficiente tanto de la ecotecnia como del agua de lluvia captada y almacenada; lo que ha sido posible debido al apoyo técnico, económico y financiero de las instituciones promotoras del proyecto y a las capacidades adquiridas por los productores en diferentes niveles.

Esta hipótesis propone las siguientes variables:

1. Las características de la ecotecnia,
2. Los consumos de agua en las actividades domésticas y agropecuarias,
3. Los apoyos económicos y financieros de las instituciones participantes,
4. La capacitación y asesoría técnica proporcionada y
5. Los conocimientos y las habilidades adquiridas por las familias rurales.

La implementación, uso y manejo de la ecotecnia, y la capacitación y asesoría técnica proporcionada dio como resultado la satisfacción de las necesidades de consumo de agua de las familias rurales, para la realización de sus actividades productivas a nivel traspatio; así como de las actividades domésticas. Además, de la adquisición de conocimientos y habilidades técnicas, para el aprovechamiento del agua de lluvia captada y almacenada; capacidades gerenciales para la gestión, organización y administración del proyecto y actitudes requeridas para el logro de los objetivos del proyecto.

## V. METODOLOGÍA

### 5.1. Método de Investigación.

Este estudio se considera un "Estudio de caso", ya que se investigó durante un tiempo determinado a un grupo en especial de productores participantes en el proyecto "Transferencia y adopción de tres ecotecnias para el aprovechamiento de los traspatios" que promovió el Colegio de Postgraduados en una fase piloto en la comunidad de Españita y la SEFOA en una fase de expansión, en las comunidades de Ixtacuixtla, Toluca de Guadalupe y San Nicolás, Terrenate.

El estudio de caso, es un estudio de investigación dentro de una situación realista, es una investigación científica no experimental dirigida a descubrir las relaciones e interacciones entre variables sociológicas, psicológicas y educativas en estructuras sociales reales. Permite observar una situación social y estudia las relaciones entre las actitudes, los valores, las percepciones y los comportamientos de los individuos y de los grupos en dicha situación. El estudio de caso es sólido en cuanto a realismo, significancia y calidad heurística (Kerlinger, 1988 citado en Ojeda, 2000).

Esta investigación fue no experimental de diseño transversal, porque es una indagación empírica y sistemática, en la cual, no se tiene control sobre las variables independientes porque sus manifestaciones ya han ocurrido o porque son inherentemente no manipulables (Kerlinger, 1988 citado en Ojeda, 2000). Así, el grupo de productores participantes se observó en un solo momento, con el objeto de determinar la situación actual de la implementación de la ecotecnia de captación y almacenamiento del agua de lluvia, el efecto del uso del agua de lluvia captada en los aspectos social y económico y el desarrollo de capacidades de las familias participantes.

El método general utilizado en la investigación fue descriptivo - analítico, con un enfoque mixto, donde se analizaron datos cuantitativos y datos cualitativos.

## **5.2. Diseño de la Investigación.**

De acuerdo con los objetivos de este estudio de investigación, las partes centrales de este trabajo fueron el avance de la implementación de la ecotecnia de captación y almacenamiento del agua de lluvia, el efecto del uso del agua de lluvia captada y las capacidades adquiridas por los productores participantes.

Los aspectos de la situación de implementación y uso de la ecotecnia de captación y almacenamiento sobre los cuales se investigó fueron:

- Las características de la captación y almacenamiento del agua de lluvia,
- Los diferentes usos del agua de lluvia captada en las actividades productivas y domésticas,
- Los apoyos económicos y financieros y de capacitación y asesoría técnica,
- Las capacidades -conocimientos y habilidades- adquiridas por las familias participantes, para el uso y manejo adecuado de la ecotecnia.

La información que permitió definir las características de la ecotecnia empleada fue obtenida a través de la revisión de documentos del proyecto, entrevistas personales a los usuarios de la ecotecnia, funcionarios y técnicos promotores del proyecto, complementándose a través de la observación.

Para conocer los diferentes usos del agua de lluvia captada en las actividades productivas y domésticas, se realizaron entrevistas personales a productores participantes, a funcionarios y técnicos promotores de la ecotecnia y se complementó con la observación.

Para conocer las capacidades adquiridas para el uso y manejo adecuado de la ecotecnia, se realizaron entrevistas personales a los productores participantes y no participantes y a los técnicos capacitadores que transfirieron la ecotecnia. La determinación de las capacidades adquiridas se hizo a partir de los conocimientos y habilidades que los productores adquirieron sobre el uso y manejo de la ecotecnia.

El uso de la ecotecnia implementada por el proyecto, impactó diversos aspectos sociales de las familias participantes, que se estudiaron en esta investigación. Para conocerlos en primer lugar, se obtuvieron las características socioeconómicas de las familias participantes, los aspectos productivos del uso de los traspatios a través de entrevistas personales, así como la disponibilidad de agua para las familias participantes y las características de la ecotecnia implementada, sus condiciones de uso y mantenimiento.

Además, se realizó una comparación con productores de las mismas comunidades de estudio que no participaron en el proyecto, a quienes se les aplicó una entrevista, para determinar sus características a fin de comparar ambos grupos.

### **5.3. Técnicas de Recolección de Datos.**

Las técnicas de recolección de datos que se emplearon en este estudio fueron la revisión de documentos, la entrevista y la observación participante.

5.3.1. Revisión de documentos. Se revisaron los documentos del proyecto antes de la fase de campo, con el propósito de conocer mejor el proyecto y cada uno de sus elementos. Se revisaron Censos de Población y Vivienda, así como datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

5.3.2. Entrevista. La fase de campo se realizó durante los meses de agosto y septiembre del 2007. En este período se realizaron 20 entrevistas, tanto a los

productores participantes en el proyecto, como a productores no participantes, de las comunidades de Españita, Ixtacuixtla, Toluca de Guadalupe y San Nicolás, Terrenate. Además, se realizaron 4 entrevistas a funcionarios y técnicos promotores del proyecto. Se hicieron observaciones de la situación real de las familias rurales, las cuales se evidenciaron con fotografías.

Se aplicaron tres tipos de entrevistas, de acuerdo con las características de los entrevistados y los datos específicos que interesaba obtener en cada caso. La primera entrevista estuvo dirigida a los productores participantes en el proyecto. Otra entrevista específica fue para los productores no participantes y la tercera entrevista para los funcionarios y técnicos promotores del proyecto. Las entrevistas contenían preguntas abiertas, sin opción de respuesta, con el objetivo de obtener la mayor información con base en la percepción de los participantes en el proyecto. Estas entrevistas permitieron obtener datos cualitativos y cuantitativos de algunas características de la muestra de estudio. Principalmente, se recopilaron datos de aspectos sociales, económicos y tecnológicos del año 2007.

A través de la técnica de la entrevista se obtuvo información relevante al objeto de estudio mediante la comunicación verbal con los entrevistados quienes expresan su conocimiento, expectativas, actitudes o puntos de vista, los cuales se registran de la misma manera en que se expresan (Casián y Castillo, 1990, Mancebo *et al*, 1999 citado en Ojeda, 2000). La entrevista personal es quizás la herramienta más útil y poderosa de la investigación social científica de encuestas. El principal inconveniente de la entrevista es que consume mucho tiempo, obtener información de un individuo, puede tomar hasta una o dos horas, lo que implica esfuerzo y dinero (Kerlinger, 1988 citado en Ojeda, 2000).

Durante los meses de octubre y noviembre se realizó una revisión de las entrevistas y de los datos obtenidos, para su posterior captura y análisis.

5.3.3. Observación participante. Con la observación participante se logró tener una visión directa de la realidad del grupo de estudio, con respecto a la implementación y uso de la ecotecnia y del agua de lluvia y del impacto en el aspecto social, económico y cultural de la aplicación de la ecotecnia.

La observación se enfocó en los siguientes aspectos:

- Características de los productores participantes y no participantes.
- Conducta y comportamiento de los productores, técnicos y funcionarios en el proceso.
- Las relaciones dentro de la familia y de la comunidad.
- Características de la ecotecnia, uso y nivel de implementación y aplicación.

#### **5.4. Población de estudio.**

El estudio de investigación se realizó en cuatro comunidades rurales del Estado de Tlaxcala, las cuales tenían características diferentes que facilitaron la obtención de información. En Españita, se inició la fase piloto del proyecto en el 2004. En Ixtacuixtla fue el único caso en el que se implementó la infraestructura de almacenamiento del agua de lluvia en cisternas de geomembrana. Y Toluca de Guadalupe y San Nicolás, ambas comunidades del Municipio de Terrenate, debido a que al igual que el Municipio de Españita, registran los más altos índices de marginación del estado de Tlaxcala (Quispe, 2005).

La población de estudio estuvo conformada por 20 productores agropecuarios de las comunidades de Españita, Ixtacuixtla, Toluca de Guadalupe y San Nicolás Terrenate, participantes y no participantes en ambas fases del proyecto.

#### **5.5. Captura y análisis de datos.**

Los datos obtenidos de las entrevistas fueron capturados en el programa EXCEL para Windows, en el mes de diciembre. Posteriormente en el mes de enero, se analizaron los datos obtenidos en el mismo programa, obteniéndose los promedios, porcentajes y totales, para su interpretación.

## **VI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En el presente capítulo se muestran los resultados de la investigación en cinco secciones. La primera sección abordará una descripción de las características sociodemográficas y productiva a nivel traspatio, de las familias en las comunidades de estudio, Españita, Ixtacuixtla, Toluca de Guadalupe y San Nicolás, Terrenate, Tlaxcala. La segunda sección presenta una descripción de las fuentes de abastecimiento de agua que existen en las comunidades estudiadas, así como de las formas de abastecimiento de agua, para el uso doméstico, agrícola y pecuario, con la finalidad de conocer la situación que viven las familias rurales entorno a la disponibilidad de agua. En la tercer sección se presentan los consumos de agua de las familias, para los diferentes usos. La cuarta sección presenta los datos de la infraestructura y la situación actual del uso de la ecotecnia de captación y almacenamiento del agua de lluvia que permite abastecer de agua a las familias rurales, se presentan sus características, las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de materiales utilizados, al igual que los costos. Finalmente, la quinta sección describe el proceso de desarrollo de capacidades de las familias que han participado en el proyecto, se presentan los conocimientos y las habilidades técnicas y gerenciales, así como las actitudes han desarrollado con su participación en el proyecto.

### **6.1. Situación Sociodemográfica y Productiva de los Participantes del Proyecto.**

En este apartado se presentan y discuten los resultados de los estudios llevados a cabo en la investigación sobre las características sociodemográficas de las familias rurales. Los datos se recabaron a través de entrevistas con los productores y técnicos, la revisión de documentos del proyecto y la observación participante.

### 6.1.1. Características sociodemográficas de las familias estudiadas.

6.1.1.1. *Tamaño de la familia.* El tamaño de la familia es definido como el número de miembros que viven en una misma casa, que está conformado generalmente por el padre, la madre, los hijos e hijas y otros como pueden ser los padres de los padres o algún pariente ó no, pero que dependen económicamente de los ingresos de sus miembros y comparten el producto generado de los mismos (Quispe, 2007). Con base en esta definición, el tamaño de la familia promedio en las comunidades de estudio fue de 5.41 miembros, el cual es ligeramente menor al promedio nacional de las familias rurales de 5.6.

6.1.1.2. *Género de los jefes de familia.* El jefe de familia es la persona que está al frente de la familia en la parte económica y social de sus miembros; liderea las decisiones y acciones para el funcionamiento del núcleo familiar y su relación con su entorno social. Si bien en la mayoría de los casos el jefe de familia es el padre, esto, no siempre es así (Quispe, 2007).

En este estudio se encontró que el 73.7 % específicamente de los jefes de familia eran del sexo masculino y el 26.3 % del sexo femenino. Lo que muestra que aún los hombres continúan estando al frente de la familia, no obstante la participación de la mujer, es considerable. Esto puede deberse a que en los últimos años los esposos tienden a emigrar a otros lugares en busca de trabajo, quedando la esposa como responsable de la familia. En todos los casos se encontró que el jefe de familia es el padre o la madre.

6.1.1.3. *Edad de los jefes de familia.* La edad promedio de los jefes de familia fue de 53.28 años, con un mínimo de 35 y un máximo de 76 años. Este promedio de edad indica que los jefes de familia están en una edad productiva, para trabajar y enfrentar los retos que la familia necesita, para satisfacer sus necesidades básicas. Respecto a la edad del cónyuge, el promedio de edad fue de 46.4, con un mínimo de 35 y un máximo de 62 años.

6.1.1.4. *Escolaridad de los jefes de familia.* La escolaridad promedio de los jefes de familia fue de 7.53, con un mínimo de 3 y un máximo de 12 años de asistencia a la escuela. Este promedio es superior al establecido en los municipios rurales de 4.7 años (INCA RURAL, 2006).

Estos datos sugieren que los jefes de familia, en promedio han terminado la primaria. En ningún caso se encontró analfabetismo, lo cual es muy significativo, ya que poseen las capacidades básicas de lectura y escritura. Solamente se encontró un caso en que el jefe de familia estudió hasta nivel de educación preparatoria.

6.1.1.5. *Capacitación de los jefes de familia en aspectos agropecuarios.* La capacitación en aspectos agropecuarios de los jefes de familia fue de 1.35 cursos en promedio, con un mínimo de 1 y un máximo de 4. Estos datos indican que en su mayoría los jefes de familia, han carecido de capacitación, para el aprovechamiento de su traspatio. En el caso de los jefes de familia que han recibido capacitación fue a través del trabajo y de su participación en otros proyectos relacionados con el apoyo a la producción en traspatio.

6.1.1.6. *Ocupación ó empleo de los jefes de familia.* La principal ocupación o empleo de los jefes de familia, según este estudio fue 40 % productor agropecuario. Otras actividades productivas encontradas fueron servicios 45 % (albañilería, herrería y pequeño comercio), obrero temporal 10 % y empleado permanente 5 %. Estos datos indican, que las actividades agropecuarias están siendo desplazadas por otro tipo de actividades tales como la albañilería, herrería, comercio y otros servicios, debido principalmente a la baja rentabilidad del campo.

Respecto a la ocupación de los cónyuges el 46.67 % fueron amas de casa, el 26.67 % comerciantes, el 13.33 % empleados permanentes y el 13.33 % empleados temporales. Las principales actividades de los empleados permanentes fue promotora social y de los empleados temporales fue la costura. Estos datos

demuestran que ser ama de casa es la principal actividad en las familias rurales, sin embargo, también se observa que la participación de las mujeres se está incrementando en actividades productivas remuneradas, tales como el comercio, la costura y la promotoria social, que permite a las mujeres del campo emplearse de forma temporal o permanente y por lo tanto obtener ingresos.

6.1.1.7. *Migración.* El 58% de las familias participantes mencionaron que algún miembro de su familia está trabajando fuera de la comunidad, principalmente, los hijos (55.56 %), jefes de familia (27.45 %) y otro familiar (16.99 %). Generalmente, los lugares a los que migran las personas fueron la capital del estado de Tlaxcala (64.83 %), Puebla (18.44 %), México (11.43 %) y Estados Unidos (5.30 %). La totalidad de los emigrantes contribuyen a la economía del hogar y en su mayoría tienen más de 2 años fuera de su comunidad.

Estos datos indican que más de la mitad de las familias entrevistadas tienen un integrante trabajando fuera de la comunidad. Las ciudades a las que migran con mayor afluencia son las ciudades más cercanas, no obstante se observa que un porcentaje de 5.30 % decide migrar a Estados Unidos. Entre los motivos que mencionaron tener los productores para migrar fue la busca de mejores oportunidades y un mejor ingreso.

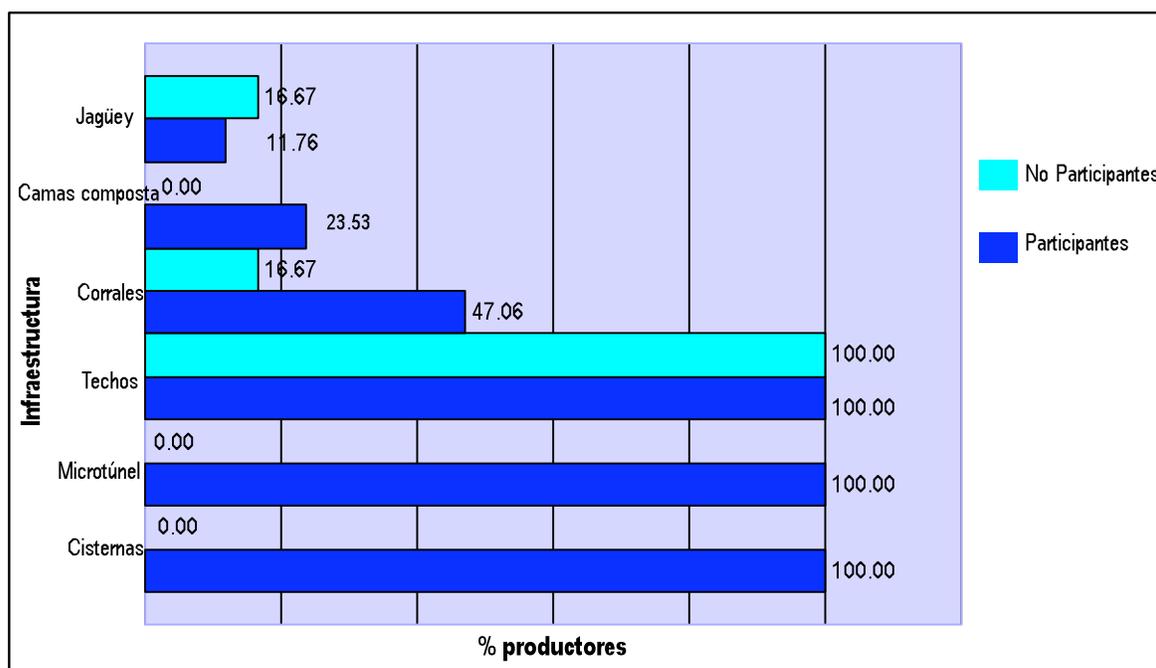
6.1.2. Características de los traspacios de las familias estudiadas y su uso. El traspacio o solar es el espacio ubicado contiguo, detrás o a un costado de la casa de los productores, que tiene múltiples usos, aunque mayormente es usado para la producción agropecuaria (Quispe, 2006a). Como se observó en las comunidades de estudio.

En este apartado se presentan los datos sobre las características de los traspacios, tales como, superficie promedio, infraestructura, tecnología, uso y aprovechamiento; con el propósito de conocer y entender la importancia y significado que tienen los traspacios para las familias rurales de las comunidades de estudio.

6.1.2.1. *Superficie del traspatio.* La superficie promedio de los traspacios de las familias fue de 1,793.7 m<sup>2</sup>, con un mínimo de 80 m<sup>2</sup> y un máximo de 10 000 m<sup>2</sup>, la cual concuerda con lo establecido por Quispe (2007) que señala que la mayoría de los pequeños productores poseen predios de 5 hectáreas o menos.

Estos datos indican que en la mayoría de los casos, las familias rurales poseen una superficie disponible para la producción agrícola y pecuaria a nivel familiar.

6.1.2.2. *Infraestructura del traspatio.* En la Figura 3 se observa el porcentaje de productores participantes y no participantes en el proyecto “Transferencia y adopción de tres ecotecnologías para el aprovechamiento de los traspacios”, de acuerdo con el tipo de infraestructura que poseen en su traspatio.



**Figura 3. Porcentaje de productores de acuerdo al tipo de infraestructura que poseen en el traspatio.**

El 100 % de los productores participantes y no participantes en el proyecto de estudio tienen techos de concreto, material recomendable para realizar la captación

del agua de lluvia. Por lo que los productores no participantes en el proyecto, también pueden captar el agua utilizando los techos de sus viviendas.

El 100 % de los productores participantes en el proyecto poseen cisternas de diferentes materiales y capacidades, para el almacenamiento del agua de lluvia y microtúnel con sistema de riego por goteo para la producción de hortalizas, aunque de éstos, solamente el 79.05 % estaban en condiciones de producción por el deterioro del plástico, dada la baja calidad de los materiales que proporcionaron los proveedores. Es importante, señalar que los productores que poseen esta infraestructura fue debido a su participación en el proyecto. A diferencia de éstos productores, los productores no participantes en el proyecto no cuentan con esta infraestructura y aunque comentan que la necesitan para mejorar sus condiciones de vida, no la pueden adquirir por falta de recursos económicos. Estos datos indican que el proyecto, ha sido muy relevante para dotar de infraestructura a los productores y motivarlos para el mejor aprovechamiento de sus traspatios.

El 47.06 % y 16.67 % de las familias participantes y no participantes, respectivamente, tienen corrales para aves, puercos y vacas. Esta infraestructura, al igual que la utilizada para la producción agrícola, potencia a los productores para obtener alimentos sanos para el autoconsumo e inclusive para obtener ingresos por la venta de excedentes. Sin embargo, otro elemento indispensable para lograr este resultado es el desarrollo de capacidades de los productores.

El 23.53 % de las familias participantes tienen camas para la elaboración de composta, el total de estas familias pertenecen a Españita, debido a que esta ecotecnia se implementó solamente en la fase piloto del proyecto. En cambio ninguna de las familias no participantes, posee esta infraestructura. Finalmente, el 11.76 % de las familias rurales participantes poseen jagüeyes, para el aprovechamiento del agua de lluvia. Asimismo, el 16.67 % de las familias no participantes poseen esta infraestructura.

Estos datos indican que algunos productores poseen ciertos conocimientos sobre la captación y aprovechamiento del agua de lluvia y que aunque el agua que obtienen de esta fuente solo es recomendable para el uso agrícola o pecuario, es una forma de tener acceso a este recurso.

6.1.2.3. *Tecnología disponible en el traspatio.* Se encontró que a partir del 2004 que inició el proyecto piloto “Transferencia y adopción de tres ecotecnologías para el aprovechamiento de los traspatios” en Españita, las familias cuentan con las ecotecnias de producción de hortalizas en microtúnel, captación y almacenamiento del agua de lluvia y elaboración de lombricomposta. Y en el 2005 en la etapa de expansión del proyecto, las familias de Ixtacuixtla, Toluca de Guadalupe y San Nicolás Terrenate, cuentan con al menos dos de las ecotecnias, la producción de hortalizas en microtúnel y la captación y almacenamiento del agua de lluvia. Estos datos indican la importancia que ha tenido la ejecución del proyecto piloto para la introducción y adopción de estas ecotecnias por las familias rurales.

En cambio, solamente algunas familias no participantes en el proyecto poseen alguna experiencia en la captación y aprovechamiento del agua en jagüey. Por lo que existe una gran diferencia en cuanto a la experiencia en el uso y manejo que han desarrollado las familias participantes en el proyecto de las familias no participantes, quienes usan y manejan tres ecotecnias, mismas que permiten una mejor coexistencia entre la naturaleza y el desarrollo (Quispe, 2007).

6.1.2.4. *Aspectos que limitan el aprovechamiento del traspatio.* En opinión de los productores, varios aspectos fueron los que los limitan en el aprovechamiento del traspatio. Entre los aspectos más mencionados fue la falta de agua en época de sequía (44.24 %), la falta de recursos económicos (40.47 %) y la falta de capacitación para una mejor producción (15.29 %).

Esto indica la gran importancia del agua para la producción en el traspatio y como su falta de disponibilidad en la época de sequía limita su aprovechamiento, así como,

también la carencia de recursos económicos impide que los productores tengan posibilidad de contar con infraestructura adecuada. En cuanto a la capacitación, es importante que los productores la identifiquen como un aspecto importante, ya que como lo menciona Horacio Santoyo Cortés, Director General de Servicios Profesionales para el Desarrollo Rural (INCA RURAL; 2004, citado en Arredondo, 2005), el dotar de activos, el acceso a financiamiento, la existencia de recursos naturales en abundancia, no sirven de nada si la gente no tiene capacidades para manejarlos de manera sostenible, para administrarlos. Por ello se plantea el desarrollo de capacidades de la población rural para transformar su nivel de vida.

6.1.2.5. *Apoyo recibido para la producción de los traspatios.* Antes del 2005, del total las familias rurales entrevistadas, solo el 15.79 % había recibido apoyo de un programa estatal, para la construcción de jagüeyes en el traspatio. A partir del 2005, el 85.00 % de las familias rurales recibieron apoyo del Colegio de Postgraduados, del Fondo Mixto Gobierno del Estado de Tlaxcala - CONACYT y de la SEFOA, para la construcción de cisternas, camas de composteo e instalación del microtúnel durante la fase piloto y de expansión del proyecto.

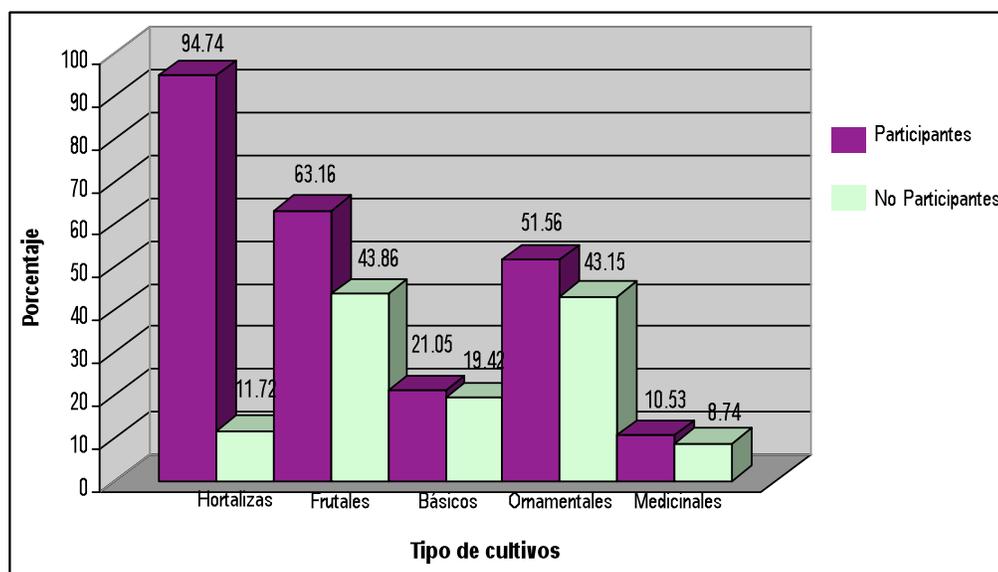
Estos datos indican que los apoyos para este tipo de necesidades en la agricultura familiar en traspatio, han estado muy limitados. Por lo que a partir de la ejecución del proyecto “Transferencia y adopción de tres ecotecnologías para el aprovechamiento de los traspatios”, los productores han podido invertir en infraestructura para la producción en su traspatio, debido al apoyo económico y financiero que recibieron. Lo cual muestra que el proyecto ha sido muy acertado en proveer a los productores de recursos económicos, para contar con infraestructura y se mejore el aprovechamiento de los traspatios.

6.1.2.6. *Aprovechamiento de los traspatios.* Sobre el uso de los traspatios se encontró en todos los casos eran aprovechados para la producción agrícola y pecuaria. Afortunadamente, las características climáticas y agroecológicas de las comunidades de estudio han permitido el desarrollo de actividades y sistemas

agropecuarios diversos. Todos los productores participantes, afirmaron que utilizan toda la superficie del traspatio, ya que comentan que a partir de su participación en el proyecto, conocen y utilizan ecotecnias, además de disponer de agua suficiente para la producción agrícola y pecuaria.

Sin embargo, solo el 31.15 % de las familias no participantes ocupó toda la superficie del traspatio, el 68.85 % ocupó la mitad o menos de la superficie de traspatio. Lo cual indica que la superficie del traspatio, es subutilizada por el 68.85 % de las familias.

6.1.2.7. *Actividades agrícolas realizadas en el traspatio.* Los cultivos más comunes en los traspacios fueron las hortalizas, los frutales, algunos cultivos básicos, plantas ornamentales y medicinales. Figura 4.



**Figura 4. Porcentaje con respecto al número de productores participantes y no participantes que tienen cultivos en el traspatio.**

*Hortalizas.* El 94.74 % de las familias participantes en el proyecto producen hortalizas en microtúnel o a cielo abierto, debido principalmente a que el proyecto en la fase piloto y de expansión, así lo promovía. Entre las hortalizas cultivadas predominan el jitomate (*Lycopersicum esculentum Mill*), brócoli (*Brassica oleracea L.*) y chile (*Capsicum nahum L.*) en microtúnel; y zanahoria (*Daucus carora L.*), rábano

(*Raphanus sativus L.*), lechuga (*Lactuca sativa L.*) y cilantro (*Coriandrum sativum L.*) a cielo abierto.

El cultivo que predominó en condiciones de microtúnel fue el jitomate. El 79.05 % de las familias lo cultivan, debido principalmente a que el proyecto así lo promovió y a que las familias han obtenido ingresos por la venta de esta hortaliza, por lo cual lo continúan cultivando. El 35.75 % de las familias han cultivado brócoli, debido a que la SEFOA recomendó el cultivo de esta hortaliza en la fase piloto del proyecto y el 9.80 % de los productores han realizado el cultivo de chile, por iniciativa propia.

Aunque cada microtúnel cuenta con sistema de riego por goteo, la mayoría de los productores, realizan el riego en forma manual con manguera, debido principalmente a la baja eficiencia del sistema instalado; los hoyos de la manguera frecuentemente se tapan, lo que desmotivó a los productores a continuar utilizándolo. Sin embargo, lo deseable sería que los productores utilizaran este sistema de riego u otro que les apoye para realizar un uso eficiente del agua.

En el caso de las familias no participantes en el proyecto, en la Figura 4 se observa que solamente 11.72 % producen hortalizas a cielo abierto, ya que como se mencionó en el punto 6.1.2.2. carecen de infraestructura para la producción en microtúnel y por que no cuentan con suficiente agua para cultivar estas plantas que requieren mayor cantidad de agua y que son menos resistentes a la sequía.

A diferencia, de estos productores, los productores participantes en el proyecto comentaron que a partir de que cuentan con la cisterna para almacenar agua, tienen la posibilidad de enfrentar mejor la situación de poca disponibilidad de agua, para el riego de las plantas cultivadas.

*Frutales.* El 63.16 % de las familias participantes tienen frutales, tales como peral, manzanos (*Malus domestica Borkh*), tejocotes (*Crataegus mexicana*), ciruelos (*Prunus domestica L.*) y nogal (*Juglans regia*). Entre los frutales más cultivados

predomina el manzano, debido a que tiene mayor demanda y por lo tanto los productores la pueden comercializar más fácilmente. Asimismo, el 43.86 % de las familias no participantes tienen frutales.

Los productores participantes comentaron que los frutales son de temporal y que solamente en casos muy necesarios, hacen un riego a la semana, lo cual se facilita a partir de que cuentan con suficiente agua en la cisterna, a diferencia de los productores no participantes, quienes en su totalidad afirmaron que los frutales únicamente son de temporal.

*Cultivos básicos.* El 21.05 % de los productores participantes cultiva granos básicos, los cuales fueron maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), haba (*Vicia fava L.*) y chícharo (*Pisum sativum*), principalmente para el autoconsumo. En cambio, solo el 19.42 % de los productores participantes cultivan estos granos. En todos los casos estos cultivos fueron de temporal y solo en casos necesarios, los productores realizan algún riego de auxilio. Actividad que a los productores participantes se les facilita a partir de que cuentan con agua almacenada en su cisterna, a diferencia de los productores no participantes, que en época de escasez requieren acarrear agua de los jagüeyes o bien dejar de regar los cultivos.

*Plantas ornamentales.* El 51.56 % y el 43.15 % de las familias participantes y no participantes, tienen plantas ornamentales, respectivamente. Entre las plantas cultivadas se encontraron bugambilias (*Bougainvillea glabra*), geranios (*Pelargonium zonale*), alcatraces (*Zantedeschia aethiopica*), rosas (*Rosaceae*), cactáceas (*Cactaceae*) y tuberosas (*Begonia tuberosa*). Los productores no participantes comentaron que en caso de falta de agua este tipo de plantas se dejan de regar, solamente en dos casos los productores comentaron que este tipo de planta las cuidan por que les genera ingresos por su venta, por lo que ante la escasez de agua en época de sequía tienen la necesidad de acarrear agua para el riego, situación que ya dejaron de enfrentar los productores participantes en el proyecto, ya que opinaron tienen agua suficiente para regar este tipo de plantas, además, de que aseguraron

que estas plantas requieren muy poco agua para su riego y que generalmente, son también de temporal.

Esto indica que este tipo de plantas cultivadas también pueden generar ingresos a los productores por su venta, por lo que representa una alternativa para la diversificación de cultivos.

*Plantas medicinales.* El 10.53 % de los productores participantes cultiva plantas medicinales, asimismo, el 8.74 % de los productores no participantes, tuvo este tipo de plantas. Entre las plantas medicinales cultivadas destacan la hierbabuena (*Mentha spicata L.*), manzanilla (*Chamomilla L.*) y epazote (*Chenopodium ambrosioides*). Entre las razones por las que cultivan pocas plantas de este tipo fueron la escasez de agua y por que prefieren otros cultivos para obtener alimentos.

Los datos obtenidos sobre la producción agrícola en el traspatio, indican que el cultivo de hortalizas representa para las familias rurales, una gran oportunidad de diversificar su producción, que por usos y costumbres, ha estado orientada predominantemente a obtener productos básicos, como maíz, frijol y haba, así como productos como trigo, avena y cebada que se producen a mayor escala.

Asimismo, para el caso de los productores participantes en el proyecto, el aprovechamiento de los traspacios con la producción de hortalizas, les esta permitiendo obtener productos que son principalmente demandados para su alimentación, tal es el caso del jitomate. Por lo que obtienen beneficios al dejar de comprar este tipo de productos y en su caso contar con excedentes ingresos al venderlo, lo que representa recursos extras para solventar el gasto familiar. Sin embargo, para que estos resultados sean más efectivos, hay que tener presente que un aspecto fundamental es que los productores deben obtener rendimientos aceptables y un producto de buena calidad que les permita recuperar su inversión tanto económica como de mano de obra, por lo que es necesario que cuenten en primer lugar con agua suficiente para el riego de estos cultivos a fin de que

produzcan en condiciones óptimas y en segundo lugar que los productores cuenten con las capacidades necesarias para saber producir bien, para mejorar la producción de sus cultivos, así como para hacer un manejo más sustentable.

Hay que resaltar que la mayoría de los cultivos eran producidos bajo el régimen de temporal y usando tecnología tradicional. Sin embargo, en el caso de los productores participantes, a partir de que cuentan con la cisterna para el almacenamiento de agua, disponen de agua suficiente para el riego de sus cultivos. A diferencia de los productores no participantes, que precisamente por carecer de este recurso, tienen menor posibilidad de obtener productos agrícolas, tales como las hortalizas.

#### *6.1.2.8. Actividades pecuarias realizadas en el traspatio*

Los traspatios también eran utilizados para realizar actividades pecuarias. Entre las especies animales encontradas fueron gallinas, guajolotes, borregos y cerdos; y en menor cantidad caballos, vacas y burros.

En la Figura 5 se muestran los datos del porcentaje de familias rurales según la especie animal que poseen. Para el caso de los productores participantes, el 68.42 % de las familias tenían aves, tales como gallinas y guajolotes; el 42.11 % borregos, el 21.05 % cerdos, 10.53 % caballos y solamente el 5.26 % tenían vacas y burros. Asimismo, se muestra que solamente el 31.27 % de los productores no participantes tienen aves, el 22.45 % borregos y el 17.66 % cerdos.

También, se observa que estos productores no tienen caballos y vacas, esto debido a que estas especies mayores consumen grandes cantidades de agua, recurso del que disponen escasamente para esta actividad. Finalmente, se observa que el 3.05 % de los productores no participantes tienen burros, ya que es una especie necesaria para el transporte y barbecho.

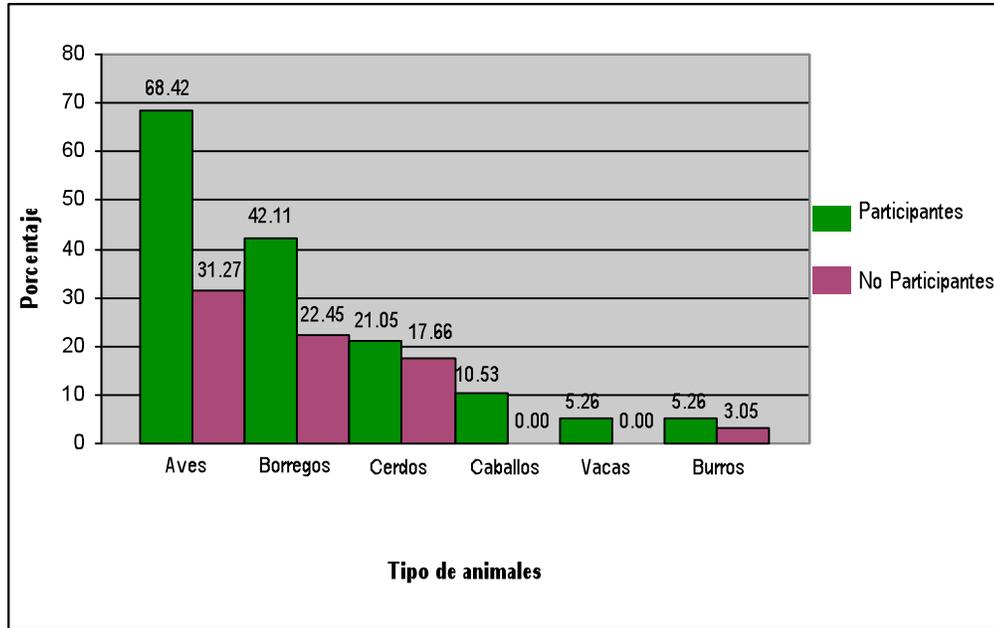


Figura 5. Porcentaje de productores por tipo de animales que se crían en el traspatio.

Los productores participantes comentaron que a partir de que cuentan con la cisterna para el almacenamiento de agua, disponen de agua suficiente para suministrar agua a los animales. En cambio los productores no participantes, en época de escasez de agua requieren realizar el acarreo de agua de los jagüeyes cercanos, lo cual implica un mayor esfuerzo para estos productores.

En la mayoría de los casos, los animales pequeños como aves, borregos y cerdos fueron adquiridos por medio de apoyos otorgados por instituciones gubernamentales. En el caso de animales mayores como caballos y burros, las familias los poseen debido a que son animales necesarios para el transporte y barbecho. En general, los productores no participantes tienen menor número de animales, debido principalmente a la falta de agua, para su crianza.

#### 6.1.2.9. Participación de los miembros de la familia en la producción agropecuaria.

La principal característica del traspatio es su cercanía a la casa, lo que facilita que los integrantes de las familias en edad de trabajo, participen en las actividades

agrícolas y pecuarias; como sucedió en este proyecto, donde los miembros de las familias participantes se involucraron en el aprovechamiento de los traspatios.

Este hecho resulta muy importante, ya que se están capacitando otros miembros de la familia al apoyar el trabajo de los jefes de familia. Para la mayoría de las familias el traspatio, significa una fuente temporal de empleo.

6.1.2.10. *Destino de la producción de los traspatios.* La mayoría de la producción obtenida en traspatio por las familias se ocupa para el autoconsumo. Como lo menciona Rosset (1999 citado en Quispe, 2007), la agricultura en pequeña escala o familiar es principalmente para el autoconsumo y la venta de excedentes al mercado.

Indudablemente, el traspatio en las comunidades de estudio tiene una gran importancia para la producción de alimentos más sanos y nutritivos, y por ende para la economía familiar como lo señala Quispe (2006a).

6.1.2.11. *Significado de los traspatios.* Todos los productores opinaron que el traspatio, tiene mucha importancia y respecto a su significado comentaron que es un espacio de su casa que pueden aprovechar para producir cultivos para su alimentación. Además, mencionaron que es parte de su patrimonio y trabajándolo es una fuente de ingresos y de empleo. En el caso de los productores participantes en el proyecto, comentaron que el aprovechamiento de los traspatios ha mejorado a partir de que hacen uso de las ecotecias que promovió el proyecto, especialmente la ecotecia de captación y almacenamiento del agua de lluvia. Asimismo, los productores no participantes, insistieron que el traspatio es muy importante para ellos, pero que debido a la falta de recursos económicos, falta de agua y capacitación, no pueden aprovechar eficientemente su traspatio.

En todos los casos se encontró que el traspatio fue utilizado para la producción agrícola y pecuaria, lo que les permite a las familias obtener alimentos para el autoconsumo y en caso de excedentes, alimentos para la venta. Sin embargo, en el

caso de los productores no participantes, los traspatios no son aprovechados en forma eficiente, por diversas razones, entre las que se destacan: la falta de conocimiento sobre las tecnologías apropiadas, la escasez de recursos para contar con infraestructura y la falta de agua suficiente. Aunado a estas razones Quispe (2007) señala otra razón, la falta de políticas y programas gubernamentales para apoyar a este tipo de agricultura. Así como la falta de desarrollo de capacidades de los productores para el manejo adecuado de los cultivos y la producción eficiente de productos agropecuarios en el traspatio.

El traspatio tiene un gran potencial para que las familias lleven a cabo una agricultura y ganadería intensivas a pequeña escala, lo que puede contribuir a la seguridad alimentaria, en la absorción de mano de obra de la actividad agrícola y en la retención de la migración campo - ciudad (Rosset, 1999 citado en Quispe, 2007). El traspatio es fuente de una considerable cantidad de productos de origen vegetal y animal., por lo que se deben superar estos aspectos que limitan el aprovechamiento de los traspatios que mencionaron los productores.

## **6.2. Disponibilidad de Agua en las Comunidades de Estudio.**

En este apartado, se presentan las características de las fuentes y formas de abastecimiento de agua que utilizan las familias rurales, así como sus ventajas y desventajas. Además, se presenta la situación que enfrentan las familias rurales de disponibilidad de agua para satisfacer sus necesidades de consumo.

### **6.2.1. Fuentes de abastecimiento de agua en las comunidades de estudio.**

Actualmente, la mayoría de la población de estas comunidades se abastece principalmente del sistema de distribución de agua potable. Sin embargo, también poseen y utilizan otras fuentes de abastecimiento de agua, como son el agua de lluvia, el agua acarreada de los jagüeyes y el agua de pipa, que son utilizadas,

debido a las deficiencias en el abastecimiento del agua potable del sistema de distribución.

En la Figura 6 se muestran los porcentajes que ocupan las diferentes fuentes de abastecimiento de agua utilizadas por las familias en las comunidades de estudio. Se observa que la principal fuente de abastecimiento durante los últimos 20 años ha sido el agua entubada, la segunda fuente de abastecimiento fue el agua de lluvia lo que significa que los productores, ya vienen realizando esta práctica y cuentan con experiencia previa para el uso de los sistemas de captación del agua de lluvia.

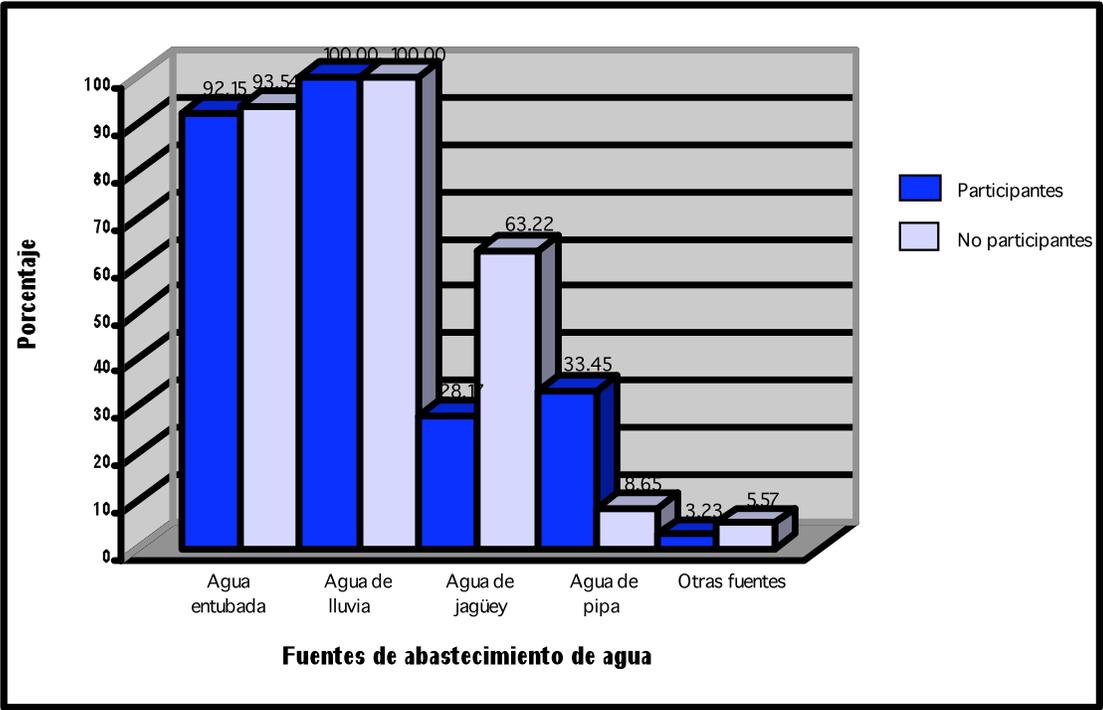


Figura 6. Fuentes de abastecimiento de agua en las comunidades de estudio.

En menor medida se utiliza el agua de jagüey como tercera fuente de abastecimiento, sin embargo, la principal desventaja de esta fuente, es que solo es recomendable para uso pecuario y en su caso para uso agrícola. Ya que debido a la mala calidad del agua, no es apta para consumo humano ni doméstico.

En último caso se encontró que los productores se abastecen con agua de pipa. Este porcentaje es menor, debido principalmente al costo que implica para las familias la compra de esta agua y a que no todas las familias cuentan con depósitos de suficiente capacidad almacenar el agua que requieren.

A continuación se describen las características de las diferentes fuentes de abastecimiento de agua que utilizan por las familias rurales en las comunidades de estudio. Y se analiza y discuten sus ventajas y desventajas.

6.2.1.1. *Abastecimiento de agua potable.* El agua potable del sistema de distribución se ha utilizado en las comunidades de estudio desde hace 20 años en promedio. El 92.15 % y el 93.54 % de los productores participantes y no participantes, respectivamente cuenta con servicio de agua potable, tal como lo señala el Gobierno del Estado de Tlaxcala (2007), el 90.87 % de la población de Españita tiene una cobertura de agua entubada, el 90.78% en el caso de Ixtacuixtla y el 94.16 % de Terrenate.

Para contar con el servicio de distribución de agua potable, los productores tuvieron que hacer una solicitud al Comité de Agua de la comunidad, pagar \$ 250 por el contrato del servicio en el Municipio, hacer la conexión a la red de distribución por la cantidad de \$ 450 y pagar \$ 50 por el primer pago del servicio. La conexión a la red de distribución va de tres a cuatro días, el costo por esta conexión incluye el costo del material (abrazadera, manguera, tubería para el domicilio, llave, conexiones, coples, tramo de tubo galvanizado y codos) y el pago por la mano de obra. El costo total por instalación del servicio en las comunidades de estudio fue de \$ 750.

Además, de cubrir este pago por instalación, los productores también pagan \$ 50 mensualmente, para el bombeo del agua a su domicilio -costo de la energía eléctrica-. Así un productor paga anualmente \$ 600, para contar con agua potable en su casa.

El servicio de distribución de agua potable se otorga a todas las personas que viven en la comunidad, sólo requieren hacer el contrato y hacer los pagos correspondientes. Inclusive a las personas que requieran el servicio y que no sean originarios de la comunidad, se les otorga el servicio, pero tienen que pagar una mayor cantidad por el contrato, \$ 500 en promedio, lo que significa que el costo se duplica.

El suministro de agua potable a través de la red de distribución en las comunidades fue de 3 días a la semana durante 2 horas al día en promedio, por lo que los productores afirmaron que la cantidad de agua suministrada es insuficiente y no satisface sus necesidades de consumo. Los productores comentaron que el Municipio, suministra solo esta cantidad de agua, por que tiene que distribuir agua a varias comunidades del Municipio, y que de esta forma distribuye unos días a unas comunidades y otros días al resto. Asimismo, los productores comentaron que cada vez hay menos disponibilidad de agua por que la población se ha incrementado considerablemente, por lo que cada vez hay más habitantes que demandan este recurso y que la infraestructura del sistema de distribución instalada no es suficiente para satisfacerla. Otro aspecto que limita la distribución de agua potable, es la ubicación y condiciones topográficas de algunas viviendas con respecto a la ubicación del pozo de agua, hay viviendas que se encuentran distantes de los pozos y cuya ubicación va en contra de la pendiente de la ubicación del pozo, por lo que se dificulta la llegada de suficiente agua por la tubería. *“El pozo que abastece esta lejos, la fuerza del agua no alcanza a subir”.*

Los productores comentaron que en algunas comunidades se está haciendo el esfuerzo por que cuenten con su propio pozo de agua, sin embargo, para esto se requiere de una alta inversión económica, por lo que el Municipio, ha tardado en cumplir con esto. Varios productores comentaron que este tema de abastecimiento de agua se ha hecho un asunto político, por que las autoridades prometen que van a resolver el problema del agua, pero a la fecha no ha sido así.

Aunado a estas causas que generan esta situación de escasez de agua, se encontraron otras causas que provocan que los productores se enfrenten cotidianamente a una situación de escasez de agua potable durante el año, tales como la suspensión del servicio por falta de pago de la energía eléctrica para el bombeo del agua; fallas frecuentes en el equipo de bombeo, rompimiento de tuberías y disminución de la cantidad de agua disponible en el manto freático en la época de sequía, debido a la disminución de la recarga de los acuíferos ante la ausencia del agua de lluvia.

Este tipo de fallas ocasiona que durante el año las familias rurales enfrenten escasez de agua por períodos de tiempo que van de quince días hasta un mes, por lo que necesitan recurrir a otras fuentes de abastecimiento. Esta situación de poca disponibilidad de agua que enfrentan los productores, se acentúa durante la época de sequía o estiaje, que dura 6 meses en promedio, de noviembre a abril. *“Sucede siempre entre abril y mayo, hay desabasto de agua”*.

Estos resultados muestran que aunque la principal fuente de abastecimiento es el agua potable para el 92.15 % de los productores participantes en el proyecto, y para el 93.54 % de los productores no participantes, esta no garantiza el abasto de agua a las familias rurales, por lo que cotidianamente están enfrentando una situación de escasez de agua, que los limita en varias de sus actividades.

Respecto, al pago por el servicio de agua potable, la mayoría de los productores consideraron que la cantidad por el pago de este servicio, es alta, debido a que durante el año, se quedan sin servicio hasta 4 veces en promedio, por largos períodos de tiempo que van de 15 días hasta un mes. A lo que se atribuye que la mayoría de los usuarios se atrasan en realizar este pago -situación muy común-, lo que a su vez provoca la suspensión del servicio por falta del pago oportuno de la energía eléctrica. Además, comentaron que la falta de un adecuado servicio de agua potable, también ha influido en la participación de las personas en las faenas que el Comité del Agua de cada comunidad solicita para mantener en funcionamiento la red

de distribución. Actualmente, la poca participación de los productores en las faenas también afecta en casos el funcionamiento de todo el servicio *“Ya la gente no va a las faenas, y luego las tuberías ya están asomándose, por eso se rompen y nos quedamos sin agua hasta que la reparan”*.

Respecto a la calidad del agua potable de la red de distribución, los productores comentaron que tiene una alta concentración de cloro, la cual detectan fácilmente a través de su olor y sabor. En opinión de los productores esta alta concentración de cloro afecta la producción agrícola. *“El problema con el agua potable es que esta muy clorada y perjudica a las plantas”*.

6.2.1.2. *Abastecimiento de agua de lluvia*. El agua de lluvia es la segunda alternativa de la que disponen las familias rurales, para abastecerse de agua, debido a que en ocasiones las comunidades llegan a carecer del servicio de la red de distribución de agua potable hasta por un mes. Aunque el 100 % las familias participantes y no participantes utilizan el agua de lluvia en sus actividades domésticas y productivas, éstas últimas, carecen de la tecnología e infraestructura apropiada para un eficiente aprovechamiento del agua. *“Luego que avisan no va a haber agua potable, formamos en los canales los toneles para el baño”*. *“Cuando llueve harto, pongo mi rosario de cubetas en todos los canales de las láminas”*. *“Si nada más ponemos un bote en la caída del tubo agua y se llena el tambo”*.

A diferencia de las familias participantes en el proyecto, que cuentan con infraestructura para la captación y almacenamiento del agua de lluvia, las familias no participantes realizan la captación del agua de lluvia, en el mejor de los casos colocando recipientes, tales como botes, tinas, toneles, tanques de plástico de diferentes capacidades; alrededor del techo para que se llenen con el agua que cae sobre el techo, como se muestra en la Figura 7.



**Figura 7. Recipientes para la captación del agua de lluvia. Españita y San Nicolás Terrenate, Tlaxcala.**

La desventaja de captar el agua de lluvia de esta forma es que las familias solo tendrán agua disponible durante la temporada de lluvias en forma inmediata y no en la temporada de sequía que es la época más difícil, como ya se mencionó. Esto debido a que las familias carecen de cisternas para el almacenamiento de agua que les permita disponerla en temporada de sequía, época en que la demanda de agua se incrementa. Figura 8.



**Figura 8. Captación del agua de lluvia. San Nicolás Terrenate, Tlaxcala.**

Respecto al agua de lluvia, los productores no participantes opinaron que es un recurso que esta a su alcance, para satisfacer algunas de sus necesidades básicas, por lo que comentaron continuaran aprovechándola, aunque carezcan de la tecnología apropiada para su mejor aprovechamiento.

6.2.1.3. *Abastecimiento de agua de jagüey.* El jagüey es un bordo de tierra compactada que recibe el agua de los escurrimientos de los cerros y es utilizada tanto para satisfacer las necesidades elementales de la población como para que los animales abreen. La captación y almacenamiento del agua en jagüey es una técnica simple y sencilla, pero su uso es recomendable, para que el ganado obtenga agua permanente durante la época de sequía, contribuyendo a reducir los problemas de abastecimiento de agua que afrontan los hatos ganaderos (Fernández y Oropeza, 1999). Figura 9.



**Figura 9. Jagüeyes, Española y San Nicolás, Terrenate.**

Como se mencionó en el punto 6.1.2.2, el 11.76 % de las familias rurales participantes poseen jagüeyes en su traspatio, para el aprovechamiento del agua de lluvia. Asimismo, el 16.67 % de las familias no participantes poseen esta infraestructura. Sin embargo, los productores comentaron que la capacidad de estos jagüeyes es pequeña, que aunque les permite sobrellevar la escasez de agua en

época de sequía, también requieren en ocasiones acudir a otros jagüeyes de la comunidad.

Así, el 28.17% de los productores participantes y el 63.22 % de los no participantes, recurren a abastecerse de agua de jagüey, para satisfacer sus necesidades. A diferencia de los productores participantes, los productores no participantes recurren en mayor porcentaje a utilizar esta forma de abastecimiento, cuando el agua escasea. *“A nosotros cuando falta agua traemos de los jagüeyes de alrededor, para bañar a los niños o lavar la ropa”.*

El agua de jagüey puede ser utilizada para regar plantas y dar de beber a los animales, por lo que aún las familias participantes en el proyecto recurren a esta fuente de abastecimiento para que los animales abrevan. Y aunque el uso del agua de jagüey no es recomendable en actividades domésticas ni para consumo humano, por tener mala calidad al estar expuesta al medio ambiente, algunos de los productores no participantes en el proyecto mencionaron que al carecer de agua en la época de sequía, utilizan el agua de jagüey inclusive para la higiene personal y otras actividades domésticas -que son las más apremiantes- lo que los expone a enfermedades gastrointestinales y de la piel, principalmente a los niños. En el caso de los niños comentaron los productores sufren de salpullido en la piel, por bañarlos con agua de los jagüeyes. *“Algunas gentes que van a las presas por agua para bañar a sus niños tienen granitos, alergias”.* Así como de enfermedades gastrointestinales *“Mis niñas se me enfermaron de diarrea, de calentura, por no haber agua usamos la del jagüey”.*

La mala calidad del agua de jagüey se debe principalmente a que el agua esta depositada en el bordo de tierra por largos períodos de tiempo, en contacto directo con la tierra del bordo, además, al estar a cielo abierto el agua esta expuesta al ambiente y a todo tipo de contaminantes. Aunado a esto, el agua del jagüey se va contaminando durante su conducción, como se observa en la Figura 10 donde los escurrimientos del agua de lluvia de las calles y zanjas se conducen hacia los

jagüeyes y en casos arrastran basura y contaminantes, asimismo, el agua esta en contacto con contaminantes de los animales que llevan a abrevar.

Otra desventaja del jagüey que comentaron los productores fueron las pérdidas de agua por evaporación e infiltración. La evaporación es ocasionada por la presencia de vientos y la exposición al sol y la infiltración debido a que tarda un par de años en compactarse la tierra del fondo del jagüey. Además, se requiere que cada año durante el período de secas los productores ejidatarios, realicen labores de mantenimiento, para su buen funcionamiento; se asigna a cada familia alrededor de un metro cúbico de azolve, es decir, excavar del fondo del jagüey los sedimentos, para colocarlo y compactarlo sobre el bordo, a fin de incrementar año con año la capacidad de almacenamiento como lo señala Galindo (2006).



**Figura 10. Esgurrimientos que abastecen los Jagüeyes. San Nicolás, Terrenate.**

El abastecimiento de agua del jagüey, implica para las familias rurales invertir tiempo para realizar el acarreo, ya sea por mujeres o niños, o bien el pago de \$ 25 por viaje de agua acarreada en vehículo.

Los productores comentaron que todas las familias de ejidatarios tienen acceso a los jagüeyes, ya que estos pertenecen a la comunidad ejidal y aunque hay jagüeyes privados, comentaron que usualmente acuden a los jagüeyes ejidales. Para mantener los jagüeyes en condiciones de funcionamiento, los ejidatarios requieren darle mantenimiento, el cual consiste en realizar faenas una vez al inicio de las lluvias, para rehabilitar los caños que conducen al jagüey y en desasolvar 3 a 5 m por familia. Esta actividad cada vez cuenta con menos productores para realizarla por lo que comentan que la consecuencia es que se tapan los caños y no se llenan las presas, no les entra suficiente agua en la temporada de lluvia.

6.2.1.4. *Abastecimiento de agua de pipa.* El 33.45 % de las familias participantes se abastecen de agua de pipa. En cambio sólo el 8.65 % de las familias no participantes utilizan este tipo de agua, esta diferencia se debe principalmente a que las familias participantes cuentan con cisternas de suficiente capacidad para el almacenamiento del agua. *“Contamos con una cisterna para el almacenamiento del agua potable, nos vamos racionando para que dure esos días que no hay servicio, cuando tarda más de un mes; cuando se acaba la de la cisterna, compramos pipas de \$ 400 cada pipa y se paga entre 3 ó 4 personas”.* Figura 11.



**Figura 11. Abastecimiento de agua en pipa. San Nicolás, Terrenate.**

En algunos casos en que el sistema de distribución de agua potable presenta fallas, el municipio suministra agua a través de pipas, por lo que el agua no tiene un costo. Sin embargo, los productores comentaron que solo les abastecen un tonel de 200 litros por familia (5.41 miembros en promedio), por lo que es insuficiente para satisfacer sus necesidades, ya que regularmente los períodos de tiempo en que se reestablece el suministro va de quince a un mes. *“En la presidencia tienen una pipa y ellos nos abastecen de agua, nada más que es muy poquita viene siendo un tonel por casa, no por familia, es muy poca”.*

Algunas familias recurren a la compra de agua potable en pipas. Cuando esto sucede algunas de las familias se organizan para comprar el agua, principalmente por el alto costo que les implica y por la insuficiente capacidad de los recipientes, tanques o cisternas de almacenamiento. *“Entre varios vecinos compramos la pipa y nos repartimos el agua en lo que cada quien puede apartar”.* *“Algunos nos organizamos, la mayoría somos muy antipáticos, a algunos les vale, cada quien se las arregla”.*

El costo de una pipa con capacidad de 10m<sup>3</sup> fue de \$ 450 en promedio, el costo mínimo fue de \$ 400 y el máximo de \$ 600. Para el caso de las familias que se abastecen de agua de pipa, llegan a comprar hasta 2 pipas de agua al año en promedio, lo que implica un gasto de \$ 900 al año.

Los productores comentan que eligen comprar agua de pipa por que es mejor que el agua de jagüey, que también tiene un costo para ellos. *“Compramos agua de pipa, por que sale igual, si buscamos quien nos traiga agua del jagüey, tenemos que pagarle a una persona que tenga transporte para traernos el agua”.*

6.2.1.5. *Otras fuentes.* El 3.23 % y el 5.57 % de los productores participantes y no participantes, respectivamente, utilizaron otras fuentes de abastecimiento. Entre estas fuentes se encuentran el agua de garrafón, principalmente para la preparación de alimentos y para beber. La desventaja de esta forma de abastecimiento, es el precio, ya que un garrafón de 19 litros cuesta \$ 25 y abastece a una familia solo por

una semana “*Cuando nos quedamos sin agua, la tenemos que comprar para la comida*”.

Otra de las fuentes a la que acuden los productores de San Nicolás, Terrenate; para acarrear agua en época de escasez, es un nacimiento de agua, sólo que como el caudal disminuye, sólo pueden disponer de poca agua. En el resto de las comunidades las familias carecen de este tipo de fuentes naturales, por que aunque existen cauces de algunos ríos, éstos únicamente tienen caudal en época de lluvias.

6.2.1.6. *Acarreo del agua.* Antes de que las comunidades contaran con el servicio de agua potable a través de la red de distribución -hace 20 años en promedio- el acarreo de agua era una práctica cotidiana para abastecerse de agua de los jagüeyes y los nacimientos. No obstante, hoy día el acarreo de agua aún prevalece en las comunidades de estudio, generalmente en temporada de sequía o cuando la red de agua potable falla dejando sin agua potable a las familias por períodos de tiempo de hasta un mes.

El acarreo de agua lo realizan los productores principalmente del jagüey, ya que comentan que los cauces de los ríos solo tienen agua en temporada de lluvia y los manantiales se han secado. Como ya se señaló en el punto 6.2.2.2 solo el 28.17 % de las familias participantes en el proyecto, utilizan el agua de jagüey, esto debido a que no cuentan con cisternas de capacidad suficiente, para el almacenamiento ya sea de agua potable, de agua de lluvia o de agua de pipa, por lo que el uso del agua de jagüey es fundamentalmente para los animales del traspatio. En cambio el 63.22 % de las familias no participantes utilizan el agua de jagüey.

Generalmente, los productores que realizan el acarreo de agua lo hacen con cubetas y con carretilla. Pocos productores son los que pueden acarrear el agua, con camionetas o pagar por el acarreo, en el caso del acarreo de agua en camioneta, este se realiza en toneles de 200 litros, lo que les permite enfrentar de mejor manera el problema del acarreo. Sin embargo, es solo un pequeño porcentaje de familias las

que cuentan con este apoyo, por lo que generalmente, el acarreo de agua representa una gran inversión de esfuerzo, tiempo y recursos humanos y económicos, por parte de las familias rurales.

El acarreo de agua es realizado en un su mayoría por mujeres y niños, ocasionando que disminuya el tiempo dedicado a otras actividades del hogar e inclusive a otras actividades productivas, y en el caso de los niños inasistencia a la escuela. Las mujeres sufren más la escasez de agua, ya que ellas son las encargadas de contar con agua en la casa para beber, cocinar y lavar, así como para el aseo personal de los miembros de la familia, como lo señala Pineda (2007), el acarreo de agua implica esfuerzos importantes, a la ya pesada carga que tienen las mujeres, quienes tienen la necesidad de cumplir con las actividades del hogar. *“El señor al trabajar, no te ayuda”*.

Hay productores que realizan el acarreo de agua hasta dos veces al día o más, hay quienes acarrean agua diariamente o cada tercer día y caminar distancias que van de 500 m hasta 2 km. *“Pues a veces hay que ir a diario al jagüey, 2 ó 3 veces al día traer unos dos botes de 20 litros, caminando, si, si se nos hace difícil”*. *“Si vamos a la presa acarreamos agua para bañarnos, para las plantas, los animales”*. *“Afecta tan solo en el traslado de un lugar a otro y la mujer se dedica a su comida, lavar, sus animales y al ir a otro lado, ocupa tiempo, siempre es laborioso”*.

El acarreo de agua ocasiona varios aspectos negativos en la salud y seguridad de las mujeres y niños encargados de realizarlo, generalmente se presentan dolores de cuello, espalda y cintura (Pineda, 2007). La mayoría de los productores que realizan el acarreo comentaron que tienen problemas de dolor de cabeza, espalda y cintura. Principalmente, a las mujeres y niños, que además de acarrear agua trasladan consigo ropa y trastes para lavar. Algunas productoras no participantes en el proyecto que realizan el acarreo de agua comentaron *“Vamos a lavar a las presas, si caminando con una carretilla se lleva uno la maleta de la ropa y el lavadero en medio por lo pesado, yo así bajo haya a la presa”*, *“Diario acarrear, me dolía la cabeza, me*

*dolía la espalda, la cintura de tanto acarrear botes diario diario, agarraba mi lavadero, trastes, para ir a lavar, un kilómetro de distancia, si me ponía a acarrear acababa bien cansada”. “Acarreaba antes de que saliera el sol, sientes que te sale sangre del sol”, “Me llevó el bote, allá busco la leña para bañar a mis hijos, lavar para no traer la ropa sucia”.*

El acarreo de agua continúa siendo una actividad realizada por varias familias no participantes en las comunidades de estudio, al carecer de cisternas de suficiente capacidad para almacenar ya sea agua potable, agua de lluvia o agua de pipa. Desafortunadamente, aún esta actividad forma parte de la vida cotidiana de algunos productores principalmente por desconocimiento o falta de recursos, no han implementado la captación y almacenamiento del agua de lluvia. Esta difícil y pesada actividad puede dejar de realizarse, si las familias contaran con infraestructura para realizar la captación y almacenamiento del agua de lluvia, lo que les facilitaría a las mujeres y a los niños, acortar el tiempo que emplean en tareas relacionadas con los cuidados familiares y del hogar y les daría más tiempo para dedicarlo a actividades productivas, de educación, de descanso y recreación. Y disminuiría algunos aspectos negativos a la salud y seguridad de quienes la realizan.

6.2.2. Disponibilidad de agua para las familias rurales. Para conocer la opinión de los productores sobre la disponibilidad de agua para la realización de sus actividades, se les cuestionó si consideraban que el agua era suficiente, para satisfacer sus necesidades de higiene en el hogar y para realizar actividades agrícolas y pecuarias.

Los productores participantes en el proyecto, comentaron que a partir del proyecto logran realizar sus actividades con el agua disponible, ya que al contar con cisternas de suficiente capacidad para almacenar agua potable o de lluvia; consideran que disponen de agua suficiente para satisfacer sus necesidades básicas de higiene personal, consumo humano, aseo doméstico e inclusive para disponer de agua para el riego de plantas como el jitomate, entre otras; así como para darles a los animales.

En cambio, los productores no participantes, comentaron que disponen de poca agua para realizar sus actividades; tanto para las productivas como para las básicas que son indispensables, para tener una vida digna. La falta de agua es parte de su vida cotidiana y la enfrentan acarreado el agua de los jagüeyes cercanos a sus comunidades, ya que no pueden comprar agua de pipa por que carecen de recipientes de suficiente capacidad para almacenar el agua, tampoco pueden almacenar suficiente agua potable al presentar fallas la red de distribución y menos agua de lluvia, ya que solo la aprovechan durante la temporada de lluvias.

Estos resultados indican que el proyecto ha beneficiado considerablemente a los productores participantes al dotarlos de cisternas para el almacenamiento de agua; quienes satisfacen su necesidad de disponer de agua potable suficiente y de calidad para realizar actividades no solo sus necesidades básicas sino también productivas. Y aunque como se analiza en el punto 6.5 no en todos los casos los productores captan y almacenan el agua de lluvia, como lo señalaban los objetivos el proyecto; al menos tienen la posibilidad de almacenar suficiente agua potable y enfrentar su situación de escasez de agua más fácilmente. Es importante, considerar que el uso del agua potable que hacen para el riego de jitomate y para la crianza de animales compite con el uso doméstico, por lo que se debe insistir en concienciar a los productores en el aprovechamiento del agua de lluvia, para realizar estas actividades productivas.

Así, la escasez de agua potable en estas comunidades de estudio, es un problema que afecta el desarrollo de los productores y la realización de sus actividades domésticas y productivas.

**6.2.3. Efectos de la escasez de agua en la calidad de vida de las familias rurales.** En las comunidades rurales estudiadas, la mayoría de los productores no participantes al carecer de un abasto de agua suficiente, dejan de realizar actividades básicas para su bienestar, tales como el aseo personal y el aseo en la vivienda, lo que

impacta directamente en la salud de las personas. *“Más que nada afecta en la higiene personal y en las labores de la casa.”*

Los productores comentaron que en época de escasez, una actividad que dejan de realizar con la frecuencia requerida es bañarse. Esta actividad no se realiza diario, sino cada tercer día y en algunas ocasiones llega a ser solo una vez por semana. *“La falta de agua más que nada nos afecta hasta en no bañarse diario, solo una vez a la semana”. “Hasta bañarse por que hay que cuidar el agua y para lavar la ropa solo lo necesario”.*

Otra de las actividades básicas que dejan de realizar los productores, es el cambio de ropa. Ante la escasez de agua, el cambio de ropa llega a realizarse en ocasiones cada tres días, para que el lavado de ropa sea solo una vez a la semana. *“No te cambias la ropa diario, tienes que cambiarte cada tres días para que no haya mucha ropa para lavar”.* Otra alternativa para el lavado de ropa es ir a las presas a lavar o acarrear agua a la casa *“Para lavar para no estar acarreando nos llevábamos la ropa para no estar dando vueltas, para mi se me hace más fácil o a veces se queda el lavadero debajo de los árboles para no andarlo cargando”, “Cuando no tenemos agua, lavamos la ropa una vez a la semana y nos apoyamos con el agua de las presas que tenemos alrededor, es cuando vamos por agua”.* Asimismo, otra alternativa que utilizan las productoras es reciclar el agua que sale algo limpia del lavado de ropa, para actividades como regar plantas o trapear.

El consumo humano, que incluye beber agua y preparar alimentos, también se afecta, ya que los productores se adecuan a la situación de racionar los usos de agua, para que les alcance durante los períodos de escasez. *“Pues hace uno puras cositas secas, para que no se ocupe mucho agua”.*

El lavado de trastes se realiza ocupando la mínima cantidad de agua posible, así como el aseo de la casa *“Dejamos de trapear, limpiar, se agarra agua nada más para tomar y para guisar”.*

Los productores comentaron que la escasez de agua potable, también afecta la realización de sus actividades agropecuarias. Las plantas se riegan con menos frecuencia y con menos cantidad de agua. *“Las plantas también se racionan, no tenemos agua para regar las plantas, tenemos que ir a las presas”*. *“Pues dejamos de regar las plantas, si tenemos tiempo vamos a traer agua y cuando no pobrecitas se secan”*.

La mayoría de los productores comentaron que el agua es una limitante, para la cría de animales, ya que el tipo y la cantidad de animales en el traspatio, dependen principalmente de este recurso. Comentaron que en época de sequía requieren acarrear agua de los jagüeyes, para darles de beber a los animales y en casos de especies mayores trasladarlos a los jagüeyes para abreviar, lo que implica mayor esfuerzo e inversión de tiempo para los productores. *“En tiempo de secas los llevamos a las presas, pero es cuando más beben y cuando menos tenemos”*.

La escasez de agua potable que enfrentan las familias rurales de las comunidades de estudio, repercute en los aspectos de su aseo personal, en la realización de actividades de aseo del hogar, lavado de ropa, lavado de trastes y en el desarrollo de actividades productivas, tanto agrícolas como pecuarias; lo que limita fuertemente sus condiciones de vida.

Estos resultados indican que la poca disponibilidad de agua, afecta fuertemente las condiciones de vida de las familias rurales desde las necesidades básicas de higiene personal y aseo doméstico, hasta las actividades agrícolas y pecuarias, que significan la obtención de alimentos e ingresos, para los productores. Es evidente que las familias rurales enfrentan varias dificultades, para sobrellevar esta situación de escasez de agua, por lo cual es necesario, cuenten con infraestructura para realizar la captación y almacenamiento del agua de lluvia y desarrollar capacidades para su uso y manejo.

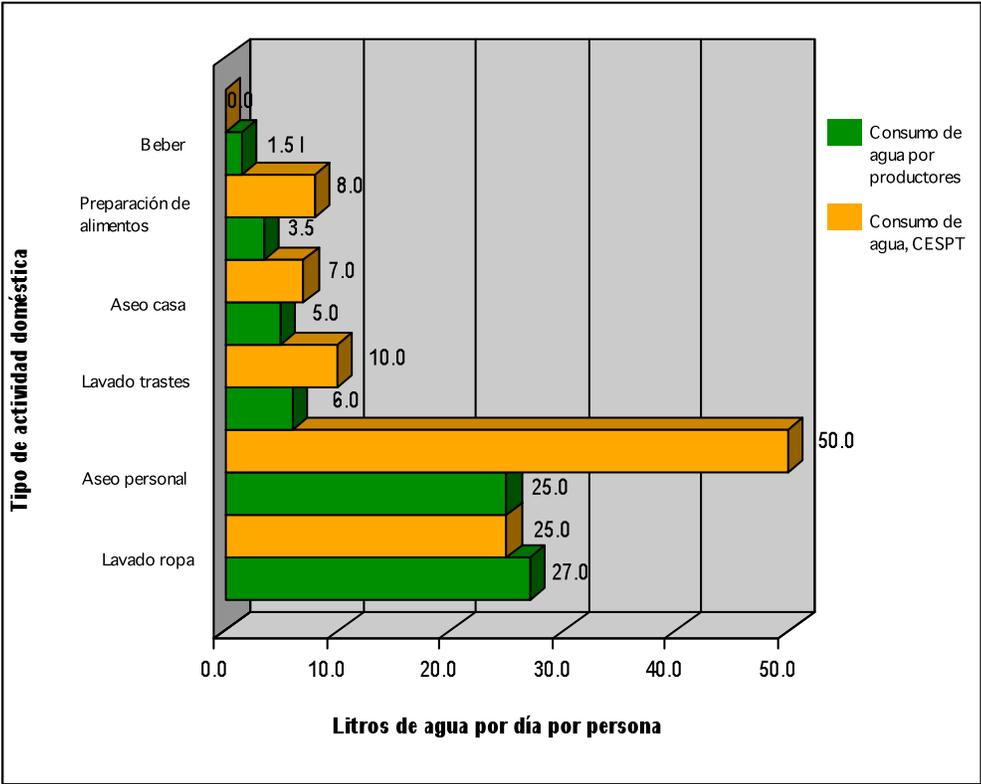
6.2.4. Servicio de drenaje en las comunidades de estudio. La disponibilidad de agua está asociada a los servicios de saneamiento, la carencia de agua limita el servicio de saneamiento. Solamente el 15.8% de las familias cuentan con servicio de drenaje y el 84.2% restante tiene letrina. Generalmente, la descarga del drenaje se hace a las barrancas, a una distancia de 500 metros de la población, por lo que es común que haya problemas por el mal olor *“En tiempo de soles”* y contaminación; problema que se agravará, por el aumento de la población, como lo comentan los productores *“Pienso que más adelante se estarán contaminando nuestras barrancas, nuestras aguas”*.

Para no acrecentar esta contaminación, algunos productores señalaron que reutilizan en ocasiones algún tipo de agua, *“Hacemos que las aguas que usamos para bañarnos y las del lavadero, que las aguas que no están tan contaminadas, se usen para regar el patio y las plantas”*.

6.2.5. Consumos de agua por las familias rurales en las comunidades de estudio. En este apartado se presentan los diferentes consumos de agua de las familias rurales en sus actividades domésticas, agrícolas y pecuarias en el traspatio. Se consideró necesario estimar los consumos de agua para calcular la demanda de agua que los productores requieren en sus actividades domésticas y productivas y calcular el área de captación y el área de almacenamiento, a fin de determinar si la capacidad de la ecotecnia instalada corresponde con las necesidades de las familias rurales.

6.2.5.1. *Consumo de agua en actividades domésticas y consumo humano.* Las familias rurales realizan diversas actividades para su aseo y arreglo personal, como bañarse, lavado de manos y cepillado de dientes. Así mismo, realizan otras actividades para el aseo en la vivienda, como son el lavado de ropa, lavado de trastes y limpieza de la vivienda. Todas estas actividades influyen en el cuidado de la salud de los integrantes de las familias, de ahí la importancia de disponer de agua suficiente y con calidad, para que las familias las realicen.

En la Figura 12 se presentan los consumos de agua promedio de las familias rurales en cada una de sus actividades y los consumos recomendados por la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (CESPT, 2007) a fin de compararlos.



**Figura 12. Consumos de agua promedio en las actividades domésticas de las familias rurales.**  
**Fuente: Investigación directa, Agosto, 2007.**

Como se observa, el mayor consumo de agua fue de 27 litros por persona por día, los cuales son utilizados para el lavado de ropa. Este consumo de agua es ligeramente superior a lo reportado por la CESPT (2007) que es de 25 litros de agua por persona.

Para el aseo personal, las familias consumieron 25 litros de agua en promedio por persona por día, en cambio la CESPT (2007) reporta 50 litros para esta actividad, lo que indica que los productores de las comunidades rurales utilizan 23 litros menos. Este ahorro en agua puede deberse a que la mayoría de los productores, no cuentan

con regadera, por lo que el baño lo realizan utilizando botes de 19 litros, así logran economizar agua.

En el lavado de trastes las familias rurales ocupan 6 litros de agua por persona por día, los cuales utilizan en esta actividad que se realiza tres veces al día. Este consumo es inferior a lo reportado por la CESPT (2007) de 10 litros por persona por día. Por lo que las familias rurales utilizan menos cantidad de agua para realizar esta actividad.

Para el aseo de la casa, el consumo fue de 5 litros, menor al reportado por la CESPT (2007) de 7 litros, esto puede deberse a que en este último dato incluyen el consumo de agua para otras actividades como el riego de jardines, lavado de automóviles, actividades de esparcimiento y otras, además de la limpieza de vivienda.

6.2.5.2. *Consumo humano.* Otra de las actividades que deben satisfacer las familias es preparar alimentos y beber agua cada día. Actividades indispensables para mantener su salud. Para satisfacer estas necesidades es muy necesario que además de disponer de agua suficiente, las familias tengan agua de calidad.

En la preparación de alimentos, las familias gastan en promedio 3.5 litros de agua por persona por día. El agua utilizada en esta actividad incluye el agua ocupada para la cocción de los alimentos y el lavado de las verduras y frutas, entre otras materias primas. Asimismo, se encontró que el consumo de agua para beber agua, fue 1.5 litros por persona por día. Teniendo un total de 5 litros por persona por día para estas actividades. En cambio, la CESPT (2007) reporta un consumo de 8 litros por persona por día, para estas actividades. Lo que indica que los productores utilizan y consumen 3 litros menos agua de lo recomendado, para reponer las pérdidas por deshidratación y satisfacción de las necesidades fisiológicas. Hay que tener presente que este consumo de agua se debe satisfacer, para tener condiciones de bienestar y la salud. La cantidad de agua que requiere cada ser vivo para su funcionamiento óptimo, se encuentra determinada por las necesidades fisiológicas y las condiciones

climatológicas de la zona donde se desarrolla (Water-Institute, 2006 citado en Juan, 2006). Las organizaciones de salud han determinado que los requerimientos mínimos de agua que el ser humano necesita para sobrevivir son de 2 litros por día (Sánchez, 2004, CNA, 2006), por lo que podemos señalar que el consumo de los productores es inferior a lo recomendado.

En total cada productor consume en promedio 68 litros por día, para realizar sus actividades domésticas y consumo humano, consumo inferior al reportado por la CESP (2007) de 100 a 167 litros por día. Esto significa que en las comunidades rurales hay un ahorro que va de 32 a 99 litros por persona por día. Y aunque los requerimientos de agua del ser humano para uso doméstico varían de acuerdo a su disponibilidad en el sitio, este consumo inferior, también depende de las condiciones de la vivienda o instalaciones de trabajo y de las actividades que se realizan en ellas. Así en la mayoría de las comunidades de estudio la mayoría de las familias rurales carecen de inodoros, por lo que dejan de utilizarse 67 litros persona por día, para la descarga en los inodoros (CESPT, 2007).

Por su parte Pineda (2007), reporta un consumo de 55 litros diarios per cápita en promedio en México en cuanto al agua utilizada con fines domésticos en comunidades rurales, consumo inferior al encontrado en este estudio de 68 litros por persona.

Por lo que hay que considerar que el empleo que los habitantes de una región hacen del agua esta directamente relacionado con factores como las costumbres, educación, grado de desarrollo y región donde vive. Así los requerimientos de agua del ser humano en zonas urbanas donde el agua se distribuye por tuberías se ha estimado entre 100 y 167 litros, por persona por día (CESPT, 2007). Por otra parte, en las zonas rurales en donde hay que traer el agua de manantiales, ríos o extraerla de norias el consumo promedio diario por persona puede variar desde 5 hasta 35 litros (Sánchez, 2004, CNA, 2006). En el caso de las comunidades rurales de estudio como se ha analizado, depende de sus costumbres y tipo de instalaciones. Al

carecer de regadera e inodoros, tienen un ahorro de agua para uso doméstico de 32 a 99 litros por persona por día.

En total una familia rural requiere para satisfacer sus necesidades de consumo humano y doméstico una cantidad de 68 litros por persona por día. Para conocer la demanda mensual y anual de agua para consumo humano y uso doméstico de una familia rural considerando un número promedio de 5.41 integrantes, utilizando las fórmulas (1) y (2) propuestas por Juan (2006). Se obtendría una demanda mensual de 11.03 m<sup>3</sup> y anual de 132.43 m<sup>3</sup>.

- Fórmulas (1) y (2). Cálculo de la demanda de agua para consumo y uso doméstico.

$$D_j = \frac{Nu * Dot * Nd_j}{1000} \quad (1)$$

$$D_{anual} = \sum_{j=1}^{12} D_j \quad (2)$$

$j = \text{No. del mes}, j = 1, \dots, 12$

Donde:

D<sub>j</sub> = demanda de agua en el mes j, m<sup>3</sup>/mes/población,

Nu = número de beneficiarios del sistema,

Dot = dotación, en l /persona/ día,

Nd<sub>j</sub> = número de días del mes j,

D<sub>anual</sub> = demanda de agua para la población,

j = número del mes (j = 1, 2, 3, ..., 12)

1000 = factor de conversión de litros a m<sup>3</sup>

Esta metodología para obtener la demanda de agua, puede realizarse variando el número de animales, plantas e integrantes de la familia para determinar el área de captación, el diámetro de las canaletas y el volumen de la cisterna a construir.

Cabe mencionar, que esta demanda de agua de lluvia calculada es en caso de que los productores no dispongan de agua de otra fuente y solo considerando los meses de sequía en que se acentúa la escasez de agua.

6.2.5.3. *Consumos de agua en actividades agrícolas.* Una de las principales actividades agrícolas que realizaron los productores fue el cultivo de jitomate en microtúnel. El microtúnel con una superficie de 48 m<sup>2</sup> tiene en promedio 226 plantas de jitomate. El riego lo realizan cada tercer día, dos veces al día, por la mañana y por la tarde; en cada riego el consumo de agua por día fue de 125 litros. Teniendo un consumo de 0.5530 litros agua por planta, solamente similar al reportado en la primera etapa de crecimiento por Resh (1992, citado en Sánchez, 2007), en la que señala que durante los primeros 30 días después del trasplante el jitomate requiere de 0.4 litros por planta al día, 0.8 litros diarios por planta durante los siguientes 40 días y de 1 a 1.5 litros por planta por día el resto del ciclo.

Es importante señalar, que aunque el proyecto consideró que los productores realizaran el riego por goteo, el mal funcionamiento de este equipo desmotivó a los productores para utilizarlo, así es que la mayoría de los productores realizan el riego manualmente con manguera. Sin embargo, sería muy recomendable que los productores pudiesen retomar este sistema de riego por goteo, para un manejo del agua más eficiente.

En el caso del cultivo de chile y el brócoli en microtúnel los productores realizan el riego de la misma forma que el jitomate, por lo que el consumo promedio fue de 125 litros al día, para cada cultivo. En promedio un microtúnel tuvo 260 plantas de chile y 180 plantas de brócoli.

Para los cultivos de zanahoria, rábano y lechuga a cielo abierto en camas de 2 m de ancho por 5 m de largo, se encontró que los productores consumen en promedio 25 litros diarios, por cama de siembra. El riego de estas hortalizas también se realiza cada tercer día. En promedio una cama de siembra tuvo 1 500 plantas de zanahoria, 1 200 plantas de rábano y 160 plantas de lechuga.

Para el cilantro en camas de 1 m por 1.5 m, los productores utilizan en promedio 25 litros por día por cama de siembra, el riego se realiza 3 veces a la semana, por lo

que el consumo fue de 10.71 litros por día. En promedio una cama de siembra tuvo 30 manojos de cilantro. *“Los cultivos son de temporal pero en temporada de sequía hay que regarlos”.*

Entre los cultivos básicos más producidos por los productores fue el maíz, haba, frijol y chícharo. Estos cultivos se riegan cada tercer día, por lo que los productores utilizan en promedio 75 litros de agua por día por cama de siembra, para el riego de estos cultivos. *“Son cultivos de temporal, nada más los regamos en lo que no llueve”.* En promedio cada cama de siembra tuvo 30 plantas de maíz, 200 plantas de haba, 360 plantas frijol y 250 plantas de chícharo.

En el caso de los frutales, el consumo promedio de agua por árbol fue 20 litros por semana por árbol. Por lo que el consumo por árbol por día fue de 2.85 litros. Los frutales también son de temporal, el riego se realiza solamente en temporada de sequía una vez a la semana. En promedio el número de frutales que tuvieron los productores fue manzanos 3, ciruelos 2, peral 1, tejocotes 0.55 y nogal 0.33, 7 árboles frutales en total.

El consumo de agua promedio de las plantas de ornato fue de medio litro por planta. El riego de estas plantas es cada tercer día, por lo que el consumo para este tipo de plantas fue de 0.25 litros por día. En promedio las familias tuvieron 15 plantas de ornato. Por lo que el consumo total para estas plantas fue de 3.75 litros por día.

Para el caso de las plantas medicinales el consumo promedio también fue de medio litro por planta, el riego de estas plantas es cada tercer día, por lo que el consumo por día fue de 0.25 litros por planta. En promedio los productores tuvieron 6 plantas por lo que el consumo para estas plantas fue de 1.5 litros por día.

El consumo total de agua por un productor para la producción agrícola por día, considerando el número promedio de plantas que posee, fue de 8.5613 litros. Hay que considerar que este consumo de agua varía por que un productor solo posee un

microtúnel, por lo tanto solo puede cultivar un cultivo, ya sea jitomate, brócoli o chile. Asimismo, este consumo puede variar si el productor, cultiva solo un tipo de cultivo a cielo abierto o algún tipo de frutal, sin embargo, lo relevante es que estos consumos de agua estimados, permitirán estimar la demanda de agua que el productor tiene para la producción agrícola. Así con este volumen de agua se puede verificar si la capacidad de la cisterna de almacenamiento del agua de lluvia instalada fue suficiente para realizar el riego a los cultivos. Hay que considerar que la demanda de agua a satisfacer es solamente en la temporada de sequía que en promedio en las comunidades de estudio es de 6 meses.

El en Cuadro 3. Se observan los consumos de agua por planta por día. Asimismo, se observa la demanda mensual y anual calculada. Para el caso del jitomate la demanda mensual es de 3.75 m<sup>3</sup> y la demanda anual es de 44.9 m<sup>3</sup>. La demanda mensual para las actividades agropecuarias es de 22.37 m<sup>3</sup> y la demanda anual es de 268.53 m<sup>3</sup>, considerando el número promedio de plantas por familia.

**Cuadro 3. Consumo de agua promedio de plantas y árboles en el traspatio.**

<b>Tipo de cultivo</b>	<b>Consumo de agua Litros/día/planta</b>	<b>Demanda mensual m<sup>3</sup></b>	<b>Demanda anual m<sup>3</sup></b>
<b>Hortalizas en microtúnel</b>			
Jitomate	0.5530	3.75	44.99
Chile	0.4807	3.75	44.99
Brócoli	0.6944	3.75	44.99
<b>Hortalizas a cielo abierto</b>			
Zanahoria	0.0166	0.75	9.00
Rábano	0.2080	0.75	9.00
Lechuga	0.1562	0.75	9.00
Cilantro	0.3570	0.32	3.86
<b>Básicos</b>			
Maíz	2.1667	1.95	23.4
Haba	0.3250	1.95	23.40
Frijol	0.1806	1.95	23.40
Chícharo	0.2600	1.95	23.40
<b>Frutales</b>	2.8500	0.60	7.18
<b>Ornamentales</b>	0.2500	0.11	1.35
<b>Medicinales</b>	0.2500	0.05	0.54
<b>TOTAL</b>	8.5613	22.37	268.53

Fuente: Investigación propia. Agosto, 2007.

6.2.5.4. *Consumos de agua en actividades pecuarias.* Otra de las principales actividades que realizan los productores en el traspatio es la cría de animales, por lo que requieren tener agua suficiente para proporcionarles a los animales, para su desarrollo y producción.

En el Cuadro 4 se presentan los consumos de agua promedio por especie. Se observa que los productores utilizan en promedio para la cría de gallinas 0.5 litros de agua por animal por día, consumo inferior a los 3.25 - 5.50 litros reportados por el IICA (1998). En promedio los productores poseen 15 gallinas, por lo que la demanda mensual para las gallinas es de 0.225 m<sup>3</sup> y la demanda anual de 2.7 m<sup>3</sup>, calculada con base en las fórmulas (1) y (2) propuestas por Juan (2006).

**Cuadro 4. Consumo de agua promedio por especie animal.**

<b>Especie</b>	<b>Consumo de agua litros/ día/ animal</b>	<b>Demanda mensual m<sup>3</sup></b>	<b>Demanda anual m<sup>3</sup></b>
Gallinas	0.5	0.225	2.7
Guajolotes	0.5	0.165	1.98
Borregos	3	0.27	3.24
Cerdos	3	0.18	2.16
Caballos	20	0.6	7.2
Vacas	40	0.804	9.648
Burros	10	0.099	1.188
<b>Total</b>	<b>77</b>	<b>2.343</b>	<b>28.116</b>

**Fuente: Investigación propia. Agosto, 2007.**

Para la cría de guajolotes los productores utilizan 0.5 l de agua/ animal/ día, consumo inferior comparado con los 4 a 8 litros reportados por el IICA (1998). En promedio las familias rurales tienen 11 guajolotes. Estos datos indican que los productores utilizan muy poca agua para la cría de las gallinas y guajolotes, por lo que estas especies representan una alternativa para la obtención de alimentos como carne y huevo, para los productores. Aunque hay que tener presente que es importante cuenten con asesoría técnica y capacitación para conocer los consumos de agua adecuados por especie animal criada.

Para la cría de borregos los productores utilizan 3 litros de agua/animal/día. Por su parte IICA (1998). reporta para ovinos en crecimiento 3.0 y para ovinos de 5 meses de gestación 6.6 litros. Lo que indica que los productores utilizan el mínimo de agua para el desarrollo de los borregos. En promedio las familias rurales tienen 3 borregos.

En el caso de los cerdos los productores utilizan en promedio de 3 litros de agua/animal/día. El IICA (1998), reporta para los cerdos en crecimiento de 13.6 Kg, de 2 a 6 litros, para cerdos en la última etapa de crecimiento de 54.5 Kg, de 6 a 8 litros y para cerdos en finalización de 100 Kg, de 8 a 12. Lo que indica que los productores proporcionan a estos animales menos cantidad de agua de lo recomendado. En promedio las familias rurales tienen 2 cerdos.

Entre las especies mayores encontradas fueron caballos, vacas y burros. Para los caballos, el productor utiliza en promedio 20 litros de agua/animal/día, el cual corresponde a la mitad del consumo de 40 – 50 litros reportado por el IICA (1998). Para las vacas el productor utiliza 40 de agua/animal/día, consumo inferior al recomendado por el IICA (1998), de 57 litros para vacas adultas secas, 80 a 130 para vacas adultas grandes productoras y de 110 a 140 para vaca lechera en producción (IICA, 1998). En promedio las familias rurales tienen 1 caballo, 0.67 vacas y 0.33 burros.

El consumo total de agua que utilizan los productores para realizar actividades pecuarias, fue en promedio de 77 litros/día, considerando el número promedio de animales. La demanda mensual fue de 2.343 m<sup>3</sup> y la demanda anual fue de 28.116 m<sup>3</sup>.

Estos resultados indican que en todos los casos los productores utilizan los consumos de agua mínimos recomendados, para la crianza de los animales. Esto debido a que los productores han aprendido a manejar el agua de manera muy racionada y porque en época de escasez carecen del agua para poder darles la

necesaria Sánchez (2004) señala que los consumos de agua diarios fluctúan dependiendo del tipo de crianza acostumbrado y de la región, además están en función de la temperatura ambiente, humedad, tipo de alimentación y tamaño del animal.

Sin embargo, hay que considerar que los consumos de agua de los animales que están por debajo de los indicadores recomendados lo que repercute en la eficiencia de la producción, por lo que es importante, que los productores se capaciten y tengan conocimiento de la cantidad de agua que les deben proporcionar a cada especie animal.

Es importante, destacar que los productores, pueden orientar sus actividades pecuarias principalmente a la crianza de especies menores que tienen un menor requerimiento de agua para su desarrollo. Asimismo, hay que considerar que la demanda de agua que requieren los animales, la pueden satisfacer con el aprovechamiento del agua de lluvia.

Asimismo, hay que considerar que el consumo agrícola (245.13 m<sup>3</sup>) es muy superior a los consumos requeridos para la crianza de animales (28.116 m<sup>3</sup>).

6.2.5.5. *Consumos de agua total para una familia rural.* En total una familia rural requiere un total de m<sup>3</sup> para satisfacer sus necesidades de agua, para realizar tanto para consumo humano, uso doméstico, uso agrícola y uso pecuario.

**Cuadro 5. Consumo de agua promedio por familia para actividades domésticas, agrícolas y pecuarias en el traspatio.**

<b>Especie</b>	<b>Consumo de agua m<sup>3</sup></b>	<b>Consumo de agua m<sup>3</sup></b>
Consumo y uso doméstico	11.03	132.43
Consumo agrícola	20.42	245.13
Consumo pecuario	2.343	28.116
<b>Total</b>	<b>1 126.89</b>	<b>202.84</b>

Fuente: Investigación propia. Agosto, 2007.

Como se observa en el Cuadro 5, el consumo de agua agrícola es muy superior a los consumos de agua para uso doméstico y para el consumo pecuario. Hay que tener presente que estos consumos están calculados con base en las cantidades que los productores acostumbran proporcionar tanto a las plantas que cultivan como a los animales que crían, sin embargo, como se ha analizado estos consumos son inferiores a los recomendados en la literatura por lo que sería importante capacitar a los productores sobre las cantidades de agua que deben proporcionar de acuerdo con los requerimientos y recomendaciones técnicas para cada especie tanto vestal como animal.

Estos consumos de agua han sido calculados con la finalidad de analizar en el próximo apartado de diseño del sistema, las dimensiones del área de captación que se debería tener para captar este volumen de agua y también el volumen de la cisterna de almacenamiento.

### **6.3. Disponibilidad de Agua de Lluvia en las Comunidades de Estudio.**

Las comunidades de estudio, se caracterizaron por ser zonas templadas, donde el agua es escasa en la época de sequía y abundante en época de lluvia. Según la COPLADET (2004), Españita tiene un clima templado frío e Ixtacuixtla al igual que Toluca de Guadalupe y San Nicolás, Terrenate, tienen un clima templado subhúmedo.

6.3.1. Precipitación pluvial en las comunidades de estudio. La época de lluvias en las tres comunidades de estudio fue en los meses de mayo a octubre, tal como lo establece el Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2007) y la COPLADET (2004). Por lo tanto, la época de sequía dura los seis meses restantes del año, de noviembre a abril. Aunque los productores reiteradamente comentaron que al pasar de los años esta época cada vez es más irregular.

La cantidad de agua de lluvia por captar es muy variable de una región a otra. En las comunidades de estudio la precipitación pluvial anual oscila de 613.3 mm (Toluca de Guadalupe, Terrenate), 681.8 mm (San Nicolás, Terrenate), 698.8 mm (Ixtacuixtla) a 1152.40 mm (Españita) (SMN, 2007)

Considerando que por cada milímetro de agua de lluvia que cae sobre un metro cuadrado, se obtendrá un litro de agua (Anaya, 2004), existe un alto potencial de realizar la captación y almacenamiento del agua de lluvia, ya que se podría almacenar anualmente 613.3 litros en Toluca de Guadalupe y 681.8 litros en San Nicolás, Terrenate y 698.8 litros a 1 152.40 litros por metro cuadrado en Ixtacuixtla y Españita, respectivamente.

En algunas ocasiones, la lluvia puede ser abundante en sólo dos o tres noches o días y después no caer nada, por lo que se recomienda captar el agua de lluvia y contar con un depósito donde almacenarla, para su aprovechamiento en diferentes usos en la época de secas. La captación y almacenamiento del agua de lluvia es una actividad casi indispensable para que las familias rurales cubran sus necesidades básicas de agua en la época de escasez de agua potable, ya que evita temporalmente el acarreo de agua de jagüeyes y la compra de agua de pipa y garrafón, y que el uso agrícola de agua potable compita con el uso doméstico.

6.3.2. Cálculo de la precipitación pluvial neta. De acuerdo con la metodología para el diseño de los Sistemas de Captación y Almacenamiento del Agua de Lluvia (Juan, 2006); se requiere calcular la Precipitación Pluvial Neta de cada una de las comunidades de estudio, ya que no toda la lluvia es aprovechable por pérdidas de escurrimiento de acuerdo con el tipo de material del área de captación.

El procedimiento consiste en obtener las precipitaciones medias mensuales promedio de por lo menos 10-15 años de registro de las comunidades de estudio, para determinar la cantidad de agua de lluvia que precipita durante cada mes y el

periodo de lluvias. Cuando las precipitaciones medias mensuales sean menores de 50 mm y de baja intensidad (mm/hr), se recomienda no considerarlas, sobre todo si se presentan durante las épocas secas, ya que la cantidad y calidad del agua de lluvia no será de consideración para su almacenamiento y se utilizan para la limpieza del área de captación y canaletas (Juan, 2006).

A continuación se presenta la fórmula (3) para estimar la precipitación pluvial neta:

$$PN_{ijk} = P_{ijk} * \eta_{captacion} \quad (3)$$

Donde:

PN<sub>ijk</sub> = precipitación pluvial neta del día i, mes j y año k, mm,

P<sub>ijk</sub> = precipitación pluvial total del día i, mes j y año k, mm,

η captación = eficiencia de captación del agua de lluvia, 0.765.

- Eficiencia de captación.

La eficiencia de la captación del agua de lluvia depende del coeficiente de escurrimiento de los materiales del área de captación, el cual varía de 0.0 a 0.9 (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Coeficientes de escurrimiento (Ce) de los diferentes materiales en el área de captación.**

Tipo de Captación	Ce
Cubiertas superficiales	
Concreto	0.6 – 0.8
Pavimento	0.5 – 0.6
Geomembrana de PVC	0.85 - 0.90
Azotea	
Azulejos, teja	0.8-0.9
Hojas de metal acanaladas	0.7-0.9
Orgánicos (hojas con barro)	< 0.2
Captación en tierra	
Suelo con pendientes menores al 10%	0.0-0.3
Superficies naturales rocosas	0.2-0.5

Fuente. Juan, 2006.

Para este caso, considerando que el área de captación de las comunidades de estudio fue el techo de las viviendas y que éste es de concreto, se selecciona un

coeficiente de escurrimiento de 0.8 y con una probabilidad de lluvia de 90%, se obtiene una eficiencia de captación del agua de lluvia de 0.765.

- Cálculo de las precipitaciones medias mensuales promedio.

En el Cuadro 7 se presentan los datos de la precipitación media mensual para cada una de las comunidades de estudio, la precipitación media mensual de Españita es de 1,152.40 mm; en los meses de mayo a octubre. Para la comunidad de Ixtacuixtla es de 683.70 mm. Y para las comunidades de Toluca de Guadalupe y San Nicolás, Terrenate, de 613.60 y 681.90 mm, respectivamente.

**Cuadro 7. Datos climatológicos históricos de las comunidades de estudio.**

Meses	Españita	Ixtacuixtla	Toluca de Guadalupe	San Nicolás
	Pj (23 años)	Pj (25 años)	Pj (17 años)	Pj (16 años)
Enero	15.50	6.70	11.40	6.90
Febrero	12.10	7.20	9.30	11.10
Marzo	22.20	11.40	20.10	22.50
Abril	41.70	27.90	44.10	66.70
Mayo	102.80	68.90	70.20	91.00
Junio	190.10	125.20	108.10	133.50
Julio	204.70	117.10	81.90	80.00
Agosto	210.50	125.00	107.80	109.40
Septiembre	215.70	115.40	83.20	79.00
Octubre	99.40	57.10	54.80	52.70
Noviembre	24.00	13.00	16.00	21.00
Diciembre	13.70	8.80	6.70	8.10
<b>Total</b>	<b>1152.40</b>	<b>683.70</b>	<b>613.60</b>	<b>681.90</b>

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, 2007

- Precipitación pluvial neta.

Utilizando la Fórmula 1 y considerando los meses con precipitaciones mayores a 40 mm, se obtiene la precipitación pluvial neta. En el Cuadro 8, se observan los datos obtenidos de la precipitación pluvial neta calculada para cada una de las comunidades de estudio. Para la comunidad de Españita es de 736.70 mm, para la comunidad de Ixtacuixtla, 438.26 mm; para la comunidad de Toluca de Guadalupe la PPN es de 324.86 mm y para la comunidad de San Nicolás es de 402.91.

**Cuadro 8. Precipitación pluvial neta media (Período: 23 años), en mm.**

Meses	Españita	Ixtacuixtla	Toluca de Guadalupe	San Nicolás
	Coef. PN j diseño	Coef. PN j diseño	Coef. PN j diseño	Coef. PN j diseño
Enero	0.00	0.00	0.00	0.00
Febrero	0.00	0.00	0.00	0.00
Marzo	0.00	0.00	0.00	0.00
Abril	0.00	0.00	0.00	48.02
Mayo	74.02	49.61	50.54	65.52
Junio	136.87	90.14	77.83	96.12
Julio	147.38	84.31	58.97	57.60
Agosto	151.56	90.00	77.62	78.77
Septiembre	155.30	83.09	59.90	56.88
Octubre	71.57	41.11	0.00	0.00
Noviembre	0.00	0.00	0.00	0.00
Diciembre	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total</b>	<b>736.70</b>	<b>438.26</b>	<b>324.86</b>	<b>402.91</b>

Fuente: Elaboración propia, 2007.

Estos datos indican que existe un potencial importante de agua de lluvia para captarla y almacenarla, por lo que su aprovechamiento es viable en las comunidades de estudio. Cabe mencionar, que los datos obtenidos de la Precipitación Pluvial Neta obtenida es un dato que se utilizará para determinar el área de captación.

6.3.3. Magnitud de la Implementación y Uso de la Captación y Almacenamiento del Agua de Lluvia a Nivel Familiar. En este apartado se presenta la magnitud de la implementación y uso de la captación y almacenamiento del agua de lluvia por las familias de las comunidades de estudio. Además, se describen las características y número de beneficiarios, así como los requisitos que cumplieron para contar con apoyo para la infraestructura.

Actualmente, 40 familias ubicadas en las comunidades rurales de Españita, Ixtacuixtla, Toluca de Guadalupe y San Nicolás, Terrenate, Tlaxcala; cuentan con alguna infraestructura para captar y almacenar el agua de lluvia. Esto a través del proyecto de "Transferencia y adopción de ecotecias para el aprovechamiento de los

traspacios” que promovió en su fase piloto el Colegio de Postgraduados y en su fase de expansión la Secretaría de Fomento Agropecuario, SEFOA, del Gobierno del Estado de Tlaxcala.

6.3.4. Implementación del proyecto de captación y almacenamiento del agua de lluvia en las comunidades rurales de Tlaxcala. La implementación de los proyectos en las comunidades rurales de Tlaxcala surge en el 2004, a partir del interés del Colegio de Postgraduados de transferir tecnologías apropiadas a las familias rurales para el aprovechamiento de sus traspacios, a fin de producir alimento suficiente y más sano para autoconsumo e inclusive para vender.

Para superar la situación de los traspacios, sobre todo lo relacionado con la escasez de agua, los cambios bruscos de temperatura y la escasa fertilidad de los suelos, se introdujeron en esta fase piloto del proyecto tres ecotecnias. 1) La captación y almacenamiento del agua de lluvia, para disponer de agua durante todo el año, para el riego de cultivos. 2) Producción de hortalizas, para superar los problemas de cambios bruscos de temperatura y humedad, incidencia de plagas y enfermedades y 3) Composteo de residuos orgánicos con lombrices para mejorar la calidad nutritiva de la tierra.

Los resultados logrados de esta fase piloto del proyecto fueron que el 82.91% de los productores adoptaron las ecotecnias introducidas. Asimismo, el impacto del proyecto fue un mejor ingreso familiar, una mejor alimentación y un incremento de la autoestima de los participantes (Chávez, 2007).

Con base en esta experiencia fue que la Secretaría de Fomento Agropecuario del Estado de Tlaxcala, SEFOA, dirigida en el 2005 por el Lic. Ignacio López Sánchez; decidió apoyar a 200 familias de 20 comunidades rurales, para la implementación de al menos dos de las ecotecnias 1) La captación y almacenamiento del agua de lluvia y 2) La producción de hortalizas, para promover el aprovechamiento de los traspacios en las comunidades rurales.

La fase de expansión del proyecto inicio en el 2006, sin embargo, a partir de junio de ese mismo año, el director de la SEFOA fue el Lic. Alejandro Villar Borja. Los resultados de la fase de expansión, respecto a la implementación la ecotecnia de captación y almacenamiento del agua de lluvia y su impacto para disponer de agua durante todo el año, para el riego de cultivos; aún se desconocen los resultados, por lo que en este estudio fueron investigados estos avances.

6.3.5. Objetivo del proyecto “Transferencia y adopción de tres ecotecnias para el aprovechamiento de los traspatios”. El objetivo de este proyecto fue que los productores puedan aprovechar sus traspatios, para obtener alimentos sanos y suficientes, utilizando las ecotecnias de producción de hortalizas en microtúnel y captación y almacenamiento del agua de lluvia, para disponer de suficiente agua para regar los cultivos.

Lo que concuerda con lo señalado por el Lic. Ignacio López, Ex Secretario de la SEFOA *“El objetivo del proyecto fue apoyar a los productores, para que tuvieran un medio de hacerse llegar algún ingreso que les permitiera resolver sus problemas de alimentación, consideramos que este programa, fue la mejor alternativa, la principal herramienta para lograr esta autosuficiencia alimentaria”*. *“De ahí se derivaron otros objetivos que sinceramente no los teníamos planeados, que fueron lograr un mayor ingreso en las familias, lograr con estos ingresos un movimiento económico importante en las localidades y tener toda la posibilidad de que las gentes tuvieran un trabajo permanente”*.

6.3.6. Número de beneficiados. En la fase piloto del proyecto, se beneficiaron 10 familias rurales de la comunidad de Españita con infraestructura para la captación y almacenamiento del agua de lluvia, sin embargo, en la etapa de expansión se beneficiaron 200 familias, en 20 comunidades rurales de Tlaxcala con apoyos económicos y financieros para implementar la ecotecnia de captación y

almacenamiento del agua de lluvia. Anexo 1. Lista de Proyectos de Opciones Productivas 2005 (SEFOA, 2007).

En el Cuadro 9 se observa el porcentaje de productores beneficiados en cada comunidad, respecto del total de la población.

**Cuadro 9. Número de familias beneficiadas, en las comunidades de estudio.**

Comunidad	Número de familias beneficiadas	Total de habitantes de la comunidad	% de la población beneficiada
Españita	10	7,215	0.8
Ixtacuixtla	10	32, 574	0.2
Toluca de Guadalupe y San Nicolás, Terrenate	30	11,247	1.6

Fuente: Elaboración propia, 2007.

Los resultados indican que el porcentaje de la población beneficiada con el proyecto en cada comunidad es muy bajo, no obstante es muy significativo que a partir de la experiencia piloto en la comunidad de Españita, actualmente 200 familias a través de la Secretaria de Fomento Agropecuario del Estado de Tlaxcala, SEFOA; haya implementado y financiado la instalación y construcción de estas ecotecnias, principalmente por que estas comunidades se caracterizan por enfrentar una situación de escasez de agua, que los limita fuertemente en la realización de sus actividades productivas y domésticas.

6.3.6.1. *Características de los beneficiarios.* Los productores beneficiados en la fase piloto del proyecto fueron en su mayoría productores agropecuarios, que mostraron interés y compromiso en participar. En cambio, en la fase de expansión, se beneficiaron a grupos de mujeres de escasos recursos, que estaban organizadas en figuras legalmente constituidas.

El Lic. Ignacio López Sánchez afirmó que *“El proyecto lo manejamos con mujeres de escasos recursos, porque hay que tener en cuenta que el campo se ha despoblado de la mano de obra activa que se ha ido a Estados Unidos y que las esposas se han*

*quedado con los hijos pequeños. A ellas se les dio la oportunidad de que se capacitaran y tuvieran un ingreso familiar”.*

6.3.6.2. *Requisitos a cumplir por los beneficiarios.* En la fase piloto del proyecto los productores se enteraron del proyecto, por invitación directa del promotor del proyecto y por vecinos y conocidos. *“Me invitaron a participar en el proyecto, conocí al Dr. Quispe y hemos tenido una buena relación, nos ha tenido paciencia, nos ha ido orientando, pues así me integre al grupo”.* *“Un vecino nos invitó fue como decidimos mi hermana y yo participar en el programa”.*

En el caso de la fase de expansión los productores debían cumplir ciertos requisitos, para contar con el apoyo económico de la Secretaría de Fomento Agropecuario (SEFOA). Entre los requisitos que se encontraron fueron pertenecer a algún grupo prioritario como son mujeres, jóvenes, personas de la tercera edad y discapacitados. Además, presentar una solicitud dirigida al Secretario de Fomento Agropecuario o al Delegado de la SEDESOL, estar organizados en una figura legalmente constituida, acreditar que cuentan con agua, superficie suficiente para instalar la infraestructura y experiencia en la producción agropecuaria. Así, para apoyar a las productoras para contar con agua suficiente el proyecto consideraba captar y almacenar el agua de lluvia para la producción de jitomate en microtúnel.

6.3.7. Apoyo económico para la implementación de la captación del agua de lluvia en las comunidades de estudio. Para el caso de la fase piloto del programa, en la comunidad de Españita, se realizaron gestiones conjuntamente con los responsables de cada grupo, para que cada familia tuviera un invernadero, una cisterna de ferrocemento y una compostera gemela.

Resultado de las gestiones se logró establecer la ecotecnia de producción de hortalizas en invernaderos con el apoyo económico de la Secretaría de Fomento Agropecuario (SEFOA) del Gobierno del Estado de Tlaxcala, lográndose 10 invernaderos (microtúneles) de 48 m<sup>2</sup> (12 x 4 m) cada uno, con sistemas de riego por

goteo y paquetes de herramientas menores. Para la ecotecnia de captación del agua de lluvia se contó con el apoyo del Gobierno Municipal de Españita. El apoyo consistió en la excavación de los hoyos para cada una de las diez cisternas, mediante una máquina excavadora propiedad del municipio. El financiamiento para la construcción de las cisternas fue en un 47.4 % del Fondo Mixto CONACYT - Gobierno del Estado de Tlaxcala y el otro 52.6 % de los propios productores.

En el caso de la fase de expansión del proyecto, se implementaron solo dos ecotecnias 1) La producción de hortalizas y 2) La captación y almacenamiento del agua de lluvia, con el apoyo económico del 53.27 % de la Secretaría de Fomento Agropecuario (SEFOA) del Gobierno del Estado de Tlaxcala, para cada una de las ecotecnias.

Los productores que recibieron el apoyo comentan que de no haber sido por estos apoyos, hubiera sido muy difícil que pudieran implementar las ecotecnias *“Comprar un microtúnel o construir una cisterna hubiera sido imposible”*. Por lo que consideraron muy útil el apoyo económico que les dieron estas instituciones para el establecimiento de la infraestructura de estas ecotecnias. Esto coincide con la opinión de productores no participantes entrevistados, que comentan que no cuentan con estas ecotecnias debido a que no cuentan con los recursos económicos para utilizarlas.

Cabe señalar que el pleno convencimiento de las autoridades de la SEFOA influyó favorablemente para facilitar a los productores los apoyos económicos para implementar las ecotecnias *“Nosotros tenemos plena convicción de que cualquier recurso que se diera para estos proyectos resulta magnífica inversión, que les da uno a la gente la oportunidad de que resuelva de manera permanente su cuestión alimenticia y de tener un ingreso extra para su economía familiar”* (Lic. Ignacio López, Ex Secretario de la SEFOA). Sin embargo, como se mencionó anteriormente en la SEFOA hubo cambio de Secretario, lo que influyó en el desarrollo del proyecto y en los resultados obtenidos.

6.3.7.1. *Distribución de aportaciones.* De acuerdo a los datos de las diferentes fuentes se estimaron los costos de la infraestructura de la ecotecnia de captación del agua de lluvia. En la fase piloto el promedio total de la infraestructura fue de \$12 645.00 por familia. De este total, la mayor proporción (52.56%) correspondió a la aportación de los productores seguido por la aportación de las instituciones (47.44%).

En el caso de la fase de expansión el promedio total de la infraestructura fue de \$ 10 840.50 por familia. Del total, la mayor proporción (53.27 %) fue la aportación de la SEFOA seguido por la aportación de los productores (46.73 %). El apoyo que proporcionó la SEFOA en la fase de expansión provino del programa de empleo temporal, con 55 jornales que equivalen a \$ 3 775 y \$ 2 000 para la compra de materiales, en total \$ 5 775.00.

Al analizar por fuente de los recursos, en términos generales, la mayor proporción vino de los apoyos de los productores. Cuadro 10.

**Cuadro 10. Fuentes de financiamiento del proyecto.**

Fuente de financiamiento	Fase piloto		Fase de expansión	
	\$	%	\$	%
Familia rural	6 000.00	47.44	5 065.50	46.73
SEFOA	0	0	5 775.00	53.27
FOMIX	6 645.00	52.56	0	0
Total	12 645.00	100	10 840.50	100

Fuente: Elaboración propia, 2007.

#### **6.4. Infraestructura Instalada para la Captación y Almacenamiento del Agua de Lluvia en las Comunidades de Estudio**

En este apartado se presentan los resultados de la infraestructura que se encontró instalada en las comunidades de estudio, sus características, ventajas, desventajas y costos.

Para realizar la captación y almacenamiento del agua de lluvia, de manera eficiente y óptima, se requiere contar con varios componentes. A continuación se presentan y describen los componentes, implementados en las comunidades de estudio.

6.4.1. Componentes del sistema de captación, conducción y almacenamiento del agua de lluvia. La captación y almacenamiento del agua de lluvia esta integrada por los siguientes componentes, tal como lo señala Anaya y Juan (2007).

1. Techos de las casas
2. Tubería de PVC
3. Filtración
4. Cisterna
5. Bombeo manual o con energía eléctrica

En las comunidades de estudio, se encontró que al menos tres de estos componentes fueron implementados para la captación y aprovechamiento del agua de lluvia. Figura 13. Cada uno de estos componentes tiene una función específica importante, sin embargo, se encontró que en varios casos se prescinde de algunos de estos. Enseguida se describe el funcionamiento del sistema de captación y almacenamiento del agua de lluvia, con el fin de entender la función e importancia de cada uno de estos componentes.



**Figura. 13. Componentes del sistema de captación y almacenamiento del agua de lluvia.  
Españita, Tlaxcala**

6.4.2. Funcionamiento de la captación y almacenamiento del agua de lluvia. La captación y almacenamiento del agua de lluvia que realizan las familias en las comunidades de estudio, se realiza utilizando los techos de las casas de los productores.

El agua de lluvia cae sobre el techo y se dirige hacia la tubería instalada en la parte con mayor pendiente del techo; a fin de que el agua se conduzca a través de un tramo de tubería instalado del techo hasta la cisterna para su almacenamiento y posterior uso.

Al final del tramo de tubería para la conducción del agua de lluvia, se tiene colocada una malla que funciona como filtro para retener basura, para que el agua entre lo más limpia posible a la cisterna. En algunos casos se cuenta con un sedimentador, que tiene la función de retener el agua por un período de tiempo para que los sólidos del agua se sedimenten a fin de que el agua entre a la cisterna más limpia. El agua

de lluvia se almacena en cisternas de diferentes materiales y capacidades, para disponer de esta en períodos de escasez.

Otro elemento con el que se cuenta es una bomba manual o eléctrica, para extraer el agua almacenada.

A continuación se presentan cada uno de los componentes del sistema y se describen sus características, materiales, ventajas, desventajas y costos, con el propósito de entender su funcionamiento e importancia.

6.4.3. Captación del agua de lluvia. En las comunidades de estudio se encontró que las familias realizan la captación del agua de lluvia utilizando la superficie de los techos de sus casas, la mayoría fueron de concreto y cuentan con tubería para desaguar el agua de lluvia a la calle. Enseguida, se mencionan las características de los techos a fin de conocer su potencial para la captación del agua de lluvia.

6.4.3.1. *Tipo de material de los techos.* Todas las familias de la fase piloto cuentan con techos de concreto o colado adaptados para la captación del agua de lluvia. Figura 14.



**Figura 14. Techos utilizados para la captación del agua de lluvia. San Nicolás Terrenate, Tlaxcala.**

Esto a diferencia de varias comunidades rurales en las que aún prevalecen viviendas con techos de paja o de lámina de asbesto (PESA, 2007). El concreto es considerado como un material que no genera problemas de contaminación del agua de lluvia captada a diferencia de otros materiales como son la paja, lámina de asbesto y lámina galvanizada de fierro que contaminan el agua de lluvia al entrar en contacto, lo cual es una gran ventaja para captar el agua de lluvia en las comunidades de estudio.

En cambio, aunque el 54.55 % restante de las familias cuentan con este tipo de techos aún no están adaptados, debido principalmente a que las familias desconocen el procedimiento para adaptar los techos e instalar la tubería de conducción y la falta de recursos económicos. El 45.45 % restante de las familias cuentan con techos de lámina de acero inoxidable para la captación del agua de lluvia y corresponde a la comunidad de Ixtacuixtla. Figura 15. Asimismo, cuentan con rollos de plásticos de 10 m de largo por 10 m de ancho, llamados cosechadores.



**Figura. 15. Techos de lámina de acero inoxidable para la captación del agua de lluvia. Ixtacuixtla, Tlaxcala.**

Los techos de lámina de acero inoxidable tienen la doble función de captar agua de lluvia y tapar la cisterna de almacenamiento de agua. Como se observa en la Figura 23 las láminas del techo están colocadas sobre una cadena de block a determinada altura y desnivel que permite que al caer el agua de lluvia sobre éstas, el agua se conduzca directamente a la cisterna. *“Le hicimos el cuadrito, bueno una cadenita toda cuadrada y sobre la cadena le puse block y le quedo una bajadita como un techo”*. Al igual que el concreto la lámina de acero inoxidable es un material sin problemas de contaminación para el agua.

La captación del agua de lluvia con los cosechadores consiste en extender el plástico sobre la ladera ubicada en la parte adyacente a las cisternas, para que el agua que cae sobre el plástico se conduzca en forma directa a la cisterna. Esta actividad fue recomendada por técnicos de la SEFOA, para complementar la cantidad de agua que se requiere para el riego del jitomate. *“Hay que poner hules para captar agua sino no vamos a juntar nada este año”*. Sobre esta forma de captar el agua las productoras comentan que no les funciona muy bien, por que *“Hay que correr a poner los hules cuando vemos que va a llover y hay veces que no estamos cerca del lugar, por lo que ya no nos da tiempo ir a ponerlos”*.

Hay que destacar que aún con este sistema de captación complementario las productoras insisten que el agua de lluvia no es suficiente para el riego, por lo que optaron por pagar dos tomas de agua para realizar el riego de sus cultivos.

La razón principal por la que se instaló esta infraestructura de captación, fue debido a que las familias de Ixtacuixtla, decidieron ubicar los invernaderos para la producción de jitomate en un mismo lote, el cual pertenece a la organización de productoras. Por lo que, también las cisternas se construyeron en ese mismo lote. Y al carecer de techos de viviendas propios, decidieron tapar las cisternas con lámina de acero inoxidable para poder captar el agua de lluvia. La decisión de invertir en este tipo de techos fue por su durabilidad y por que comentan que no contaron con asesoría técnica.

6.4.3.2. *Forma de los techos.* La forma de los techos de las casas de todas las familias entrevistadas fue cuadrada o rectangular y de una sola pieza. El techo de una sola caída es el más apropiado y de menor costo, ya que se utiliza una sola canaleta, para captar el agua de todo el techo y sólo uno o dos tubos para comunicar a la cisterna (Quispe, 2006a). Aunque existen otros tipos de techos, éstos requerirían una canaleta en cada lado y al menos dos tuberías descendentes en las esquinas.

Todos los techos de concreto cuentan con tubería para desaguar el agua de lluvia a la calle y en ocasiones tienen una ligera pendiente que conducen los escurrimientos hacia un punto. Esta infraestructura se utilizó en el proyecto para conectar la tubería principal que conduce el agua captada a la cisterna.

6.4.3.3. *Superficie de los techos.* La superficie promedio de los techos de concreto de las casas en las comunidades de estudio fue de 88 m<sup>2</sup>, con un mínimo de 60 m<sup>2</sup> y un máximo de 100 m<sup>2</sup>. De acuerdo con los comentarios de los productores la superficie de los techos varía de acuerdo con la situación económica de cada familia.

La superficie promedio de los techos de las casas de las familias de Españita fue de 90 m<sup>2</sup>, en la comunidad de Ixtacuixtla con techos de lámina de acero inoxidable la superficie promedio fue de 16 m<sup>2</sup>. En la comunidad de San Nicolás y Toluca de Guadalupe, Terrenate fue de 110 y 85 m<sup>2</sup>, respectivamente.

Un aspecto a considerar para determinar la eficiencia técnica del componente de captación, es verificar si la superficie de techos es suficiente para satisfacer la demanda calculada para la producción de jitomate en microtúnel en el punto 6.2.5.3. de 44.99 m<sup>3</sup>.

Así utilizando la fórmula 4 (Juan, 2006), que a continuación se presenta se obtuvo para el caso de las comunidades de estudio el área de captación necesaria para abastecer la demanda de la familia:

- Fórmula (4) para calcular el área de captación del agua de lluvia.

$$A_{ec} = \frac{D_{anual}}{\sum_{j=1}^{12} \overline{PN}_j}$$

$j = \text{No. del mes con lluvia, } j = 1, \dots, 12$  (4)

Donde:

$A_{ec}$  = es el área de captación necesaria para abastecer la demanda de agua, en  $m^2$

$D_{anual}$  = demanda de agua anual,

$\sum_{j=1}^{12} \overline{PN}_{anual}$  = Suma de las precipitaciones netas medias mensuales que originan escurrimiento, mm.

Para el caso de Españita con una demanda de  $44.99 \text{ m}^3$  para la producción de jitomate en microtúnel y una precipitación pluvial neta de  $736.70 \text{ mm}$  (obtenida en el punto 6.3.2), el área calculada fue de  $61.07 \text{ m}^2$ . Por lo que la superficie promedio de las viviendas de las familias de  $85 \text{ m}^2$ , sería suficiente para abastecer la demanda calculada.

En cambio para la comunidad de Ixtacuixtla, también con una demanda de  $44.99 \text{ m}^3$  y con una precipitación pluvial neta de  $438.26 \text{ mm}$ , el área calculada fue de  $102.65 \text{ m}^2$ . Este dato permite confirmar que la superficie promedio de techos de  $16 \text{ m}^2$  es insuficiente para satisfacer la demanda, como lo afirmaron las productoras. Por lo que sería necesario que acondicionar los techos de las casas vecinas, como lo comentaron a fin de satisfacer esta demanda de agua.

En el caso de Toluca de Guadalupe y San Nicolás Terrenate, con una demanda de  $44.99 \text{ m}^3$  y con una precipitación pluvial neta de  $324.86 \text{ mm}$  y  $402.91 \text{ mm}$ , respectivamente, el área calculada fue de  $138.21$  y  $111.66 \text{ m}^2$ . Por lo que la superficie promedio de  $100$  y  $80 \text{ m}^2$  de techos disponibles, respectivamente, son insuficientes para satisfacer la demanda, por lo que se pudiera implementar adaptar los techos de los invernaderos ( $48 \text{ m}^2$ ) para captar agua y satisfacer la demanda.

6.4.3.4. *Ventajas y desventajas de la infraestructura de captación.* La infraestructura de captación del agua de lluvia de techos de concreto presenta varias ventajas, entre las principales fueron que forma parte de la infraestructura de las casas de las familias, por lo que no implica un costo en efectivo utilizarla. Asimismo, el concreto es un material que facilita mantener la calidad del agua de lluvia, al lavarse antes de la temporada de lluvias, para eliminar basura y posibles fuentes de contaminación.

La única desventaja que se encontró fue en el caso de Ixtacuixtla, donde la superficie de 16 m<sup>2</sup> de techos de lámina de acero inoxidable, es insuficiente para captar agua para el riego de los cultivos. La falta de planeación y de asesoría técnica ocasionó esta situación, sin embargo, técnicamente puede subsanarse si las productoras, logran captar agua utilizando los techos de casas vecinas como lo plantearon. La falta de capacidad técnica de los asesores técnicos y el mal funcionamiento del sistema influyeron negativamente en la decisión de las productoras de dejar de captar agua de lluvia y contratar el servicio de dos tomas de agua para el riego del jitomate. Asimismo, afectó el ánimo de las productoras, logrando inclusive desincentivar su participación en el cultivo de jitomate al no disponer de suficiente agua para el riego del jitomate.

6.4.3.5. *Costo.* La infraestructura de captación del agua de lluvia, no implica costos para el productor, al ser parte de las casas de las familias; lo que significa una enorme ventaja para la promoción y uso de esta ecotecnia.

En algunos casos los productores recomendaron adecuar los techos, para un mejor funcionamiento. Entre las recomendaciones mencionadas fueron impermeabilizar la superficie y dar una ligera pendiente, para facilitar la conducción del agua de lluvia hacia las canaletas o tubería de PVC. Sin embargo, comentaron que estas actividades no las han realizado debido a que requieren invertir recursos

económicos, de los cuales carecen. Es importante, señalar que para impermeabilizar se debe elegir un producto que contamine el agua captada.

En cambio, en el caso de los techos lámina de acero inoxidable el costo promedio fue de \$ 9 250 cada uno. Las productoras de Ixtacuixtla comentaron que fue muy costoso y que ellas pagaron el 100 % de esta infraestructura, la cual lamentablemente no funciona eficientemente, por que no se capta agua suficiente para llenar las cisternas, aún utilizando los “cosechadores de agua”. Por lo que solicitaran apoyo a los vecinos cercanos a este predio para que les permitan utilizar los techos de sus casas para captar agua de lluvia, lo cual sería viable ya que las distancias de estas viviendas son cercanas y no implica gran inversión.

6.4.3.6. *Mantenimiento.* Los productores consideraron que el mantenimiento de los techos para la captación del agua de lluvia, es fácil, debido a que consiste simplemente en barrerlos y lavarlos al menos una vez antes de la temporada de lluvias y eliminar el agua de las primeras lluvias a fin de que no entren a la cisterna, para eliminar posibles contaminantes. Asimismo, el agua que entra en contacto con el techo o la superficie de captación, puede arrastrar a la cisterna varios tipos de bacterias, protozoarios, algas, moho y otros contaminantes, por lo que es importante la limpieza y lavado frecuente de los techos de las viviendas (Gleason, 2005). *“Dejamos escurrir las primeras aguas de la lluvia para que arrastren los contaminantes y algunas impurezas que pudieran estar presentes en los techos y que debe impedirse se arrastren a la cisterna y así se puede captar y almacenar agua de muy buena calidad” “Cuando va empezar la temporada de lluvia yo me subo y me pongo a barrer la azotea. Y la primera lluvia dejo que se salga el agua que se vaya y se lava”.*

Una actividad deseable para la infraestructura de captación es la impermeabilización de los techos para una mayor eficiencia, sin embargo, en ningún caso las familias de las comunidades de estudio han realizado esta actividad. Hay que tener presente

que en caso que se impermeabilicen los techos deberá utilizarse productos que eviten contaminar el agua captada.

6.4.3.7. *Problemas.* En el caso de Ixtacuixtla la falta de superficie de los techos para captar agua de lluvia, promovió el uso de agua potable para el riego de los cultivos, opuesto a los objetivos del proyecto, que promueve el aprovechamiento del agua de lluvia para actividades agrícolas. Debido a que la cantidad de agua cosechada depende del área de captación, así como de la precipitación de la localidad.

6.4.4. Conducción del agua de lluvia. El agua de lluvia captada a través de los techos, es conducida hacia la cisterna por medio de tubería de PVC - Policloruro de Vinilo - de 4 pulgadas. Figura 16.



**Figura 16. Tubería de PVC para la conducción del agua de lluvia, Españita Tlaxcala.**

En la fase piloto del proyecto se encontró que solamente el 42.9% de las familias cuentan con infraestructura para la conducción del agua de lluvia. En la fase de expansión, el 31.2% de las familias corresponden a la comunidad de Ixtacuixtla y debido a que actualmente captan el agua de las tapas de las cisternas, ésta cae directamente a la cisterna, por lo que no requieren tubería para conducir el agua. Sin

embargo, en caso que logren captar agua de los techos de las casas vecinas, requerirán instalar tubería para conducir el agua.

El 25% restante de familias pertenecen a las comunidades de Toluca de Guadalupe y San Nicolás, Terrenate, también carecen de infraestructura para la conducción del agua de lluvia, debido que la mayoría no captan el agua de lluvia, sino que almacenan agua potable para realizar el riego del jitomate, entre otros usos. Sólo en un caso, la productora capta agua de lluvia para el jitomate y debido a que su cisterna no esta techada, se llena sin requerir tubería. Sin embargo, el agua captada esta contaminada al estar sin protección y expuesta al medio ambiente.

Los productores comentaron que la instalación de la tubería fue fácil, ya que consiste únicamente en conectar los tubos de desagüe de los techos con la tubería principal que conducirá el agua a la cisterna, utilizando coples, para unir los tubos.

6.4.4.1. *Características de la tubería de conducción.* La longitud de la línea de conducción principal tuvo en promedio 22.5 m, variando de acuerdo con la distancia que existe de los techos a la cisterna de almacenamiento. El diámetro de la tubería de PVC que se utilizó para la conducción del agua de lluvia captada fue de 4 pulgadas, debido a que con este diámetro se asegura no haya problemas por la presión del agua.

6.4.4.2. *Ventajas y desventajas.* El PVC es una combinación química de carbono, hidrógeno y cloro. Su bajo costo y sus propiedades físicas, químicas, térmicas y mecánicas ofrecen un gran número de posibilidades de aplicación (CONAFOVI, 2007).

Los productores comentaron que la principal ventaja por la que utilizaron tubería de PVC para conducir el agua de lluvia, es por que tiene un costo accesible, es higiénico, no requiere mantenimiento y es muy durable. Tal como lo señala CONAFOVI (2007) el PVC es ligero, completamente inocuo, resistente a la

intemperie, económico en cuanto a su calidad, alta resistencia a la corrosión, reciclable, impide filtraciones y fugas si los tubos cuentan con una junta hermética posee resistencia bacteriológica. Su instalación es rápida, fácil y económica, y el mantenimiento nulo.

Los productores señalaron no conocer desventajas del PVC, sin embargo, de acuerdo con la CONAFOVI (2007), la resistencia del PVC puede ser afectada por raspaduras o golpes durante su manejo, la exposición prolongada a los rayos solares reduce su resistencia mecánica, presenta susceptibilidad al ataque de roedores y baja resistencia al intemperismo. Así, resulta muy importante que los productores conozcan estas desventajas, para que las prácticas de manejo que realicen preserven su calidad.

Además, del PVC se pueden utilizar canaletas de lámina galvanizada u otros materiales, para la conducción del agua captada. Aunque, en un caso se encontró este tipo de canaletas en la comunidad de Española, esta infraestructura no fue la que promovió, el proyecto.

6.4.4.3. *Costo.* El costo de la tubería de PCV y su instalación fue de \$ 480 en promedio, para cada cisterna. Los productores afirmaron que este costo es bajo, por lo que continuarán promoviendo el uso de este material, para la conducción del agua de lluvia.

La mayoría de los productores hicieron la instalación de la tubería de conducción del agua de lluvia, por su cuenta, debido a que afirman es fácil. Por lo que no representó un costo para la infraestructura de conducción del agua de lluvia.

6.4.4.4. *Mantenimiento.* Los productores comentaron que el mantenimiento a la tubería de conducción del agua de lluvia, fue nulo, tal como lo especifica el fabricante.

6.4.4.5. *Problemas.* Los productores manifestaron no tener problemas para la instalación de la tubería de conducción, ni con el funcionamiento y mantenimiento de este componente. Por lo que el PVC, es uno de los materiales bastante recomendables, para la conducción del agua de lluvia.

6.4.5. Filtración del agua de lluvia. El agua captada puede contener sólidos en suspensión, por lo que es recomendable, filtrar el agua. La filtración consiste en la remoción de partículas suspendidas y coloidales presentes en una suspensión acuosa que escurre a través de un medio poroso (Juan, 2007).

En las comunidades de estudio solamente el 45% de los productores realizaron la filtración del agua, utilizando una malla de plástico, como coladera, en la tubería de acceso, para evitar el paso de materias extrañas, separar basura tales como hojas de árboles y evitar que ingresen a la cisterna muchos sólidos que ocasionarían problemas de contaminación. *“Se acumula basura, pero en la entrada de la tubería le ponemos una coladera cuando vemos que se retiene el agua en la azotea lo limpiamos para que el agua fluya libre. Se hace cada que nos damos cuenta que el agua se estanca de la basura que se acumula”.*



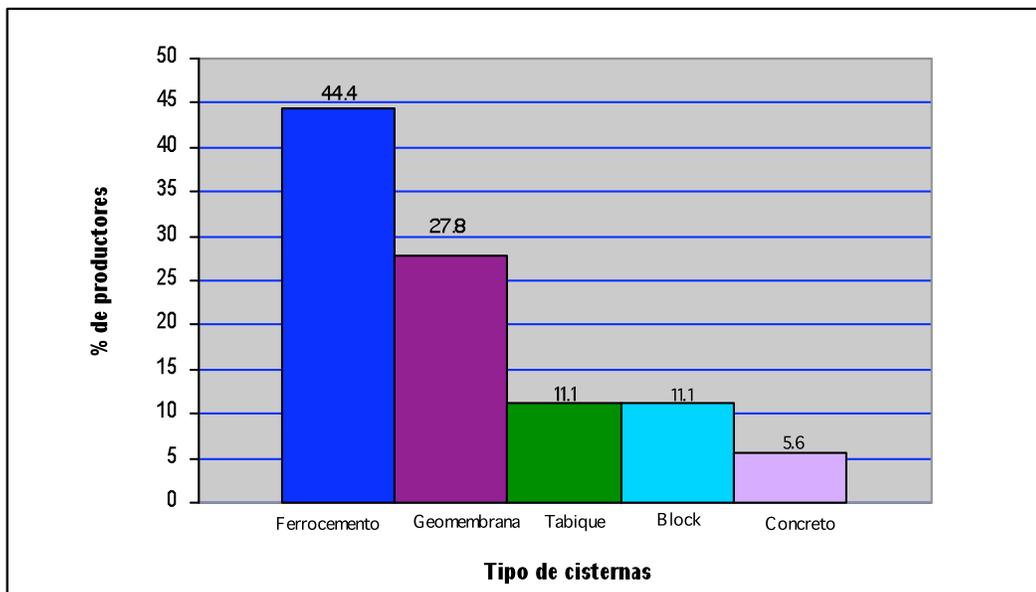
**Figura 17. Sistema de filtración de impurezas del agua de lluvia captada.**

Solamente el 12.6 % de los productores, construyeron un depósito de tabique o block de 40 cm. de ancho por 60 cm. de largo por 60 cm. de altura, o de 50 cm. por 50 cm. llamado registro, donde circula el agua y se depositan los sedimentos, a fin de separarlos del agua. Figura 17.

6.4.6. Almacenamiento del agua de lluvia. Las cisternas para la captación y almacenamiento del agua de lluvia construidas en las comunidades de estudio, fueron de diferentes materiales, formas y capacidades. Cada tipo de material de construcción presenta ventajas y desventajas que se mencionan y discuten en este apartado, con la finalidad de determinar el tipo de cisterna más adecuado a las necesidades de las familias rurales.

6.4.6.1. *Tipos de materiales para cisternas de almacenamiento del agua de lluvia.* Los materiales utilizados en la construcción de las cisternas en las comunidades de estudio fueron ferrocemento, geomembrana, tabique, block y concreto. En la Figura 18 se observa que el 44% de las familias construyeron cisternas de ferrocemento, el 83.33 % de estos productores pertenecen a Españita y el 16.67 % restante a San Nicolás, Terrenate. La decisión de los productores de construir este tipo de cisternas fue principalmente por las ventajas del ferrocemento y por que el proyecto así lo establecía. *“Yo construí mi cisterna por que así venía el proyecto y por que íbamos a invertir mucho en tabique”.*

Entre las ventajas que mencionaron los productores del ferrocemento fueron la resistencia a sismos, *“Vino un especialista y nos comentaba que era mejor redonda, menos se iba a tronar, por que el agua llevaba una forma circular”.* Asimismo, comentaron que la durabilidad era de más de 50 años, dato superior a lo señalado por Caballero, 2007, de 25 a 30 años de vida útil. *“El ferrocemento era el más económico y duraba muchísimo más, hasta 50 años”.*



**Figura 18. Porcentaje de productores de acuerdo con el tipo de cisternas.**

Varios productores mencionaron que este tipo de cisterna era más económica que otras, debido a que utiliza menos material. *“La de ferrocemento es más barata, la de block y ladrillo es más cara, tienes que hacer las paredes, 4 castillos, con cadena y cimbra, lleva más cemento, más arena, es más el tiempo que hace el albañil”.*

Otra ventaja que mencionaron fue que las cisternas no tenían filtración *“Como toda la mezcla entra entre las mallas, el cemento se endurece y nos dijeron que era más difícil que se filtrara”.* Asimismo, comentaron que *“Estas cisternas se les puede dejar sin agua y no les pasa nada, no como las de block, tabique o concreto que truenan”.* Sin embargo, en algunos casos se presentó este problema, por lo que se requiere hacer énfasis durante la capacitación en los puntos críticos que hay que atender en la construcción de la cisterna, para evitar filtración.

Además de las ventajas mencionadas Caballero (2007), menciona la disponibilidad de los materiales. Los materiales de construcción se consiguen fácilmente en las comunidades rurales a diferencia de otros como la geomembrana. Asimismo, estas cisternas pueden ser construidas por personas de la localidad, cualquier miembro de la familia puede participar en su construcción, previo a un corto entrenamiento. Sin

embargo, en las comunidades de estudio solamente el 40% de las cisternas de ferrocemento fueron construidas por las familias participantes, el 50% restante tuvieron que contar con el apoyo de un albañil y el 10% recurrió a la contratación de un albañil.

Entre las desventajas que mencionaron los productores fueron que las cisternas pueden tener filtraciones, sin embargo, esta desventaja se puede subsanar siguiendo las recomendaciones durante la construcción de la cisterna. *“Pues lo único que tiene es que se llena como a  $\frac{3}{4}$ , se filtra”*.

Estos datos indican que es importante que los responsables del programa, enfaticen durante la capacitación los aspectos que se deben atender o en su caso supervisar durante la construcción de las cisternas a fin de evitar fallas por filtración. De las cisternas construidas, todas se encontraron en funcionamiento, aunque algunas de manera parcial debido a problemas de filtración, sólo en un caso la cisterna no se ha terminado.

El 22.7% de los productores cuenta con cisternas revestidas de geomembrana. Figura 18. Este tipo de cisternas se encuentran únicamente en la comunidad de Ixtacuixtla. La razón principal por la que las productoras utilizaron este material fue por que el proyecto así lo indicaba y por que era el mejor material *“A nosotras nos dijeron en SEFOA que era el mejor material y el que salía más barato”*. Aunado a esto, la SEFOA, tenía el interés de implementar esta tecnología para obtener experiencia con este tipo de cisternas, además, técnicos de la SEFOA comentaron que este era el único material que permitía tener lo más pronto posible la cisterna en funcionamiento, *“Este fue un caso especial nos urgía muchísimo realizar estas cisternas, venía el Secretario de Agricultura, teníamos que hacerlas en 4 días”*. Esto indica que los productores decidieron construir las cisternas de geomembrana con poca información sobre las ventajas y desventajas de este material y que sin duda prevaleció el interés de la SEFOA, para revestir las cisternas con geomembrana.

El grupo de productoras de Ixtacuixtla, solo cuenta con 3 cisternas, cada cisterna es usada por 3 productoras, debido a que el recurso que les proporcionaron en SEFOA no iba a ser suficiente para construir cisternas de ferrocemento, ni para construir una cisterna para cada productora; por lo que la mejor opción fue reunir el recurso, para construir cisternas con suficiente capacidad, para el riego de los cultivos en microtúnel. Estas cisternas fueron ubicadas en el mismo lugar, al igual que los microtúneles en donde cultivan jitomate. Figura 19.



**Figura 19. Cisternas revestidas con geomembrana. Ixtacuixtla, Tlaxcala.**

Entre las ventajas y desventajas que mencionaron conocer las productoras fueron la durabilidad de más de 20 años y la instalación rápida. Lo que coincide con lo mencionado por Juan (2007), la geomembrana tiene una garantía de 10 años y una durabilidad de 25 años, sin embargo, las productoras desconocen otras ventajas tales como facilidad de instalación por ser termofusionable, elasticidad, resistencia a punzonamiento, recomendable para zonas sísmicas, debido a que es flexible, por lo que no ocurrirán desplazamientos.

En cuanto a desventajas las productoras comentaron que únicamente han observado que al no estar completamente cerrada, entra polvo y basura a la cisterna, por lo que el agua se esta poniendo verde, por lo que lavarla será muy difícil *“Para meternos,*

*pensamos que esta resbaloso*”. Las productoras desconocen otras desventajas como son que en terrenos arenosos se dificulta la compactación de las paredes de la cisterna, por lo cual es necesario considerar los taludes lo que aumenta la superficie a revestir con geomembrana y por consiguiente los costos de las cisternas (Juan, 2007).

El 11.1% de productores de las comunidades de Toluca de Guadalupe y San Nicolás, Terrenate construyeron cisternas de block. Figura 20, argumentando que era el material disponible en la comunidad, al que tienen más fácil acceso por su menor costo y uno de los que comúnmente se utiliza para construir cisternas en la comunidad. Señalaron que aunque conocieron las cisternas de ferrocemento durante la visita a Españita, desconocían sus ventajas y no tenían experiencia en la construcción de estas cisternas. Asimismo, comentaron desconocer la geomembrana, sus características y su proceso de construcción.



**Figura 20. Cisterna de block. Toluca de Guadalupe, Terrenate, Tlaxcala.**

Entre las ventajas del block que los productores mencionaron fue la vida útil de la cisterna de más 20 años y el menor costo, la única referencia que conocían fue el tabique, comentaron que aunque el tabique tiene mayor durabilidad es más costoso. Esto indica que el desconocimiento de los productores sobre otro tipo de materiales,

sus ventajas y costos fue por la falta de asesoría técnica y capacitación sobre este tema, influyó en su decisión de elegir el material que comúnmente han visto utilizar.

La durabilidad de la cisterna depende además del proceso de construcción, de las características del block, este es más poroso, por lo que la humedad puede atacarlo con mayor facilidad y sufrir filtraciones, como son piezas más grandes sufre cuarteaduras más fácilmente. En cuanto a la estructura el block es menos flexible que el tabique, por lo tanto menos resistente en caso de sismo u otro fenómeno natural. Por estas características la durabilidad de las cisternas de block, es menor a la de las cisternas de tabique, ferrocemento y concreto.

Otro 11.1% de los productores optaron por construir cisternas de tabique. Figura 18. Los productores comentaron que decidieron construir las cisternas de tabique por que es uno de materiales que comúnmente se utiliza en sus comunidades, además contaban con experiencia en construir este tipo de cisterna y desconocían las ventajas del ferrocemento y geomembrana y la técnica de construcción, aunado esto, comentaron que el recurso que les otorgó la SEFOA era insuficiente para construir la cisterna de ferrocemento, lo que indica que los productores daban por hecho que la cisterna de ferrocemento era más costosa.

Los productores comentaron que las cisternas de tabique son poco más costosas que las de block, pero que su vida útil es de más de 50 años; siempre y cuando su construcción haya sido como se recomienda, asimismo comentaron que tiene mayor resistencia, debido que los muros de la cisterna van reforzados con castillos y cadenas armadas con varilla y alambón y colado con concreto.

Los productores comentaron que la desventaja es que sino se construye adecuadamente, la cisterna puede llegar a tener filtraciones o rupturas mayores. Sin embargo, existen otras desventajas que no comentaron como son que por su forma cuadrada no es flexible a los movimientos ondulatorios del agua en caso de sismos,

ya que no resiste desplazamientos ni fuertes movimientos sísmicos por lo que tiende a fracturarse, esto a diferencia de las cisternas de ferrocemento y geomembrana.

Sólo el 5.6% de productores construyeron cisternas de concreto. Figura 18. Entre las razones por las que las familias decidieron construir esta cisterna fue porque ya tenían parte de la construcción y con el recurso que les proporcionó la SEFOA la terminaron, asimismo señalaron que esta cisterna tenía mayor durabilidad y resistencia que las de tabique o block, respecto a la de ferrocemento y geomembrana de las cuales comentaron no tener experiencia en la construcción. Figura 21.



**Figura 21. Cisterna de concreto. San Nicolás Terrenate, Tlaxcala.**

Los productores explicaron que el concreto es una mezcla cemento-arena, por lo que la vida útil de estas cisternas es de más de 50 años según el cuidado que le den a la cisterna y el proceso de construcción. *“Las ventajas de las cisternas de concreto es que queda mejor la construcción”*. Comentaron que para evitar filtraciones se debe cuidar no dejarle huecos al concreto para evitar grietas.

Entre las desventajas de este tipo de cisternas que mencionaron los productores fueron el alto costo. Y que el olor y el sabor del agua cambian.

Esta cisterna no cuenta con tapa, por lo que el agua era de mala calidad, enmohecida y con algas. Las familias comentaron que no la taparon por que los recursos fueron insuficientes.

En conclusión la mayoría de los productores construyeron cisternas de ferrocemento y aunque en la fase de expansión del proyecto, también se promovió la construcción de cisternas de ferrocemento por las ventajas que se han señalado y de geomembrana, faltó por parte de la SEFOA, sensibilizar y capacitar a los productores para que conocieran las ventajas y desventajas de este tipo de materiales.

Los productores de Toluca de Guadalupe y San Nicolás, Terrenate comentaron que no construyeron las cisternas de ferrocemento o geomembrana, por desconocimiento de las ventajas de este material y del proceso de construcción. Si bien la SEFOA les mostró a los productores esta tecnología a través de una visita por la comunidad de Españita, esto no fue suficiente, ya que aunque los productores observaron los beneficios de la cisterna, los productores de estas comunidades no se apropiaron de conocimientos suficientes; por lo que decidieron construir cisternas de block, tabique y concreto, material que conocen, usan tradicionalmente y tienen disponible.

6.4.6.2. *Forma de las cisternas.* Todas las cisternas de ferrocemento fueron cilíndricas, siendo esta forma la más recomendable (Caballero, 2007). Al igual que las tres cisternas de geomembrana construidas en Ixtacuixtla.

El ferrocemento permite la construcción de cualquier forma (Caballero, 2007), al igual que la geomembrana (Juan, 2006). Además, debido a su consistencia elástica el ferrocemento y la geomembrana permiten soportar un temblor de regular intensidad y dado el movimiento circular del agua no hay esfuerzos que ocasionen fracturas.

En el caso de las cisternas con block, tabique y concreto, todas fueron rectangulares, teniendo como desventaja mayor riesgo de fracturas en caso de sismos.

6.4.6.3. *Capacidad de las cisternas.* La capacidad de almacenamiento de las cisternas de ferrocemento en promedio fue de 31.4 m<sup>3</sup>, teniendo cisternas con capacidad de almacenamiento de 32 m<sup>3</sup> como mínimo y 50 m<sup>3</sup> como máximo. Las dimensiones de la cisterna más usuales fueron de 4 m de diámetro por 2.50 m de altura. Para el caso de cisternas mayores de 3m de diámetro, se recomienda, por seguridad; hacer un diseño estructural (Caballero, 2007), sin embargo, en el proyecto no se realizó este tipo de diseño.

La capacidad de almacenamiento de las cisternas de geomembrana construidas fue de 37.7 m<sup>3</sup>. Las dimensiones de la cisterna fueron de 4m de diámetro por 3m de altura, muy similares a las cisternas de ferrocemento. En ambos casos los productores comentaron que la capacidad de la cisterna fue suficiente para disponer de agua durante todo el año. Sin embargo, en la comunidad de Ixtacuixtla no tienen suficiente capacidad de techos, para llenar las cisternas.

En cuanto a las cisternas de block y de tabique, las dimensiones promedio fueron de 2 m de ancho por 2 m de largo por 2.5 m de altura. Por lo que su capacidad promedio fue de 10 m<sup>3</sup>. Los productores comentaron que esta capacidad se debe a que el recurso que les proporcionaron no era suficiente para mayor capacidad *“La SEFOA quería que las construyéramos de 4 por 4, pero no nos iba a alcanzar el recurso, apenas para estas, además, los del pueblo se iban a molestar por que estaríamos apartando mucha agua”*. *“De 4 por 4 pensamos que estaba grandísimo y con lo te dan no alcanza ni para el comienzo y decidimos que la íbamos a hacer de 2 por 2 y se iba a tronar con mucha agua”*. En la mayoría de los casos, los productores comentaron que esta capacidad de almacenamiento fue suficiente para disponer de agua y hacer frente a la demanda de agua de la familia durante todo el año, en sus actividades productivas y domésticas.

La capacidad de la cisterna de concreto fue de 12 m<sup>3</sup>. Las dimensiones de esta cisterna fueron de 3 m de largo, por 2 m de ancho por 2 m de altura. Asimismo, los

productores opinaron que la capacidad de la cisterna fue suficiente para abastecerse de agua durante todo el año.

Las dimensiones de las cisternas varían y por lo tanto también la capacidad de almacenamiento. El criterio que prevalece para determinar la capacidad y dimensiones de la cisterna de acuerdo a la metodología propuesta por Juan (2007) es la demanda a satisfacer.

Con la finalidad de verificar si la capacidad de almacenamiento instalada es suficiente, para satisfacer la demanda calculada para el riego de jitomate en microtúnel, se utilizará la siguiente fórmula (5) propuesta por Juan (2006) para calcular el volumen de la cisterna de almacenamiento del agua de lluvia.

El criterio para el diseño del volumen consiste en considerar la demanda de agua mensual que necesita una población durante los meses de sequía; para asegurar el abastecimiento al cien por ciento se adicionan dos meses.

- Fórmula (5) para calcular el área de almacenamiento del agua de lluvia.

$$V_{cisterna} = D_j * M_{sequia+2} \quad (5)$$

Donde:

$V_{cisterna}$  = volumen mínimo de la cisterna,  $m^3$ ,

$D_j$  = demanda mensual,  $m^3/mes$ ,

$M_{sequia + 2}$  = meses con sequía mas 2.

Sustituyendo los valores de la demanda de  $3.75 m^3$  mensual y los meses de sequía de las comunidades de estudio (seis meses) más dos. El cálculo del volumen de la cisterna obtenido para las comunidades de estudio fue de  $30 m^3$ . Este dato indica que la capacidad de  $31.4 m^3$  de las cisternas de ferrocemento construidas en la comunidad de Españita es suficiente para satisfacer la demanda de agua para la producción de jitomate. En cuanto a las cisternas de geomembrana construidas en Ixtacuixtla con capacidad de  $37.7 m^3$  es insuficiente para abastecer la demanda de

agua, ya que como se mencionó anteriormente cada cisterna abastece de agua para el riego de tres microtúneles.

Para el caso de las comunidades de Toluca de Guadalupe y San Nicolás, Terrenate; las cisternas de almacenamiento construidas tienen una capacidad de 10 m<sup>3</sup> y 12 m<sup>3</sup>, por lo cual es insuficiente para abastecer de agua para el riego del jitomate. Estos datos indican que en la fase piloto las cisternas tienen la capacidad suficiente para satisfacer la demanda del jitomate, no obstante, las cisternas construidas en la fase de expansión desafortunadamente, su capacidad es muy inferior a lo requerido por el cultivo.

Este cálculo del volumen de almacenamiento de la cisterna se realizó con la finalidad de conocer cuales deberían ser las dimensiones de las cisternas de acuerdo con los criterios de diseño recomendados. Hay que tener presente que solamente algunos productores se abastecen de agua de lluvia, la mayoría de estos utilizan la cisterna para el almacenamiento de agua potable, por lo que si se les acaba el agua pueden llenarla nuevamente, de ahí que aunque la cisterna de los productores de fase de expansión de las comunidades de Toluca de Guadalupe y San Nicolás Terrenate, sea significativamente menor a la de las comunidades de Españita e Ixtacuixtla, consideren que la capacidad de la cisterna es suficiente.

6.4.6.4. *Cisternas enterradas.* El 100% de las cisternas construidas fueron enterradas, aunque pueden construirse superficiales o elevadas; según Caballero (2007), se recomiendan los tanques superficiales para las familias de pocos recursos, para evitar el uso de energía para extraer el agua de una cisterna enterrada. El tanque superficial debe recibir por gravedad el agua proveniente del techo, así como su extracción por medio de un grifo.

6.4.6.5. *Techo de la cisterna.* Generalmente, el techo de la cisterna evita la contaminación del agua de lluvia, la entrada de polvo, de insectos que encuentren un

lugar apto para reproducirse, la entrada de luz para evitar la aparición de algas y previene la proliferación de microbios.

El 88.24 % de las cisternas de ferrocemento en las comunidades de estudio estaban techadas, el 11.76 % restante corresponde a la cisterna que aún no se ha concluido y por que el recurso no fue suficiente. Los productores decidieron construir techo a las cisternas por que comentaron *“Es más higiénico y más que nada para evitar accidentes con los niños, nos comentaron si la dejan abierta va a estar sucia, va a tener más problemas de tierra sería como un jagüey y esto es que el agua este lo más limpia posible, que sirviera para el consumo”*.

Las cisternas revestidas de geomembrana se encontraron cubiertas con un techo de lámina de acero inoxidable. La desventaja de esta instalación fue que la cisterna no esta cerrada completamente, ya que el techo no esta al ras de la cadena de block que sirve de base y soporte a las láminas de acero inoxidable, por lo que el agua se contamina.

Sólo en el caso de la cisterna de concreto estuvo descubierta por lo que el agua esta verdosa, por la presencia de algas y según comentarios de la productora seguirá así por que no tiene recursos para hacer el techo. Y aunque esta agua solo la utilizan para el riego del jitomate es recomendable que se construya el techo, para que pueda ser útil para satisfacer otro tipo de necesidades.

Las cisternas construidas cuentan con tapa de acceso al interior del tanque para la limpieza o reparaciones, a excepción de las cisternas revestidas de geomembrana y de la cisterna de concreto que no esta techada.

6.4.6.6. *Materiales y costos de las cisternas.* El ferrocemento es una combinación de alambres, cemento y arena (Lambot Louis Joseph, 1855 citado en Caballero, 2007). Su uso se ha extendido para la construcción de cisternas principalmente por su bajo costo (Caballero, 2007).

Entre los principales materiales para la construcción de la cisterna de ferrocemento se encuentran la malla electrosoldada y la malla de gallinero, que sustituyen a los materiales convencionales tales como tabique, block y concreto, para la construcción de paredes e inclusive para pisos y techos. La malla electrosoldada es utilizada para el refuerzo de los tanques, se comercializa en rollos de 2.50 m de ancho x 40 m de largo; por lo que se aprovecha esta longitud para definir la altura de los tanques. Las mallas hexagonales comúnmente denominadas de gallinero, son más económicas, usuales y comunes en el mercado, las más empleadas para la construcción de cisternas son con aberturas de 1/ 2" (13 mm), de 3/4" (19mm) o de 1" (25 mm), con alambres del calibre Núm. 22 o Núm. 23 (Caballero, 2007).

Las cisternas de ferrocemento tienen un menor costo de construcción, al utilizar menos material que el otro tipo de cisternas y materiales de la región como malla electrosoldada y malla gallinera (Caballero, 2007). No emplea grava, ni castillos, ni cadenas, como las cisternas de tabique, block y concreto, por lo que su uso se ha extendido. El costo promedio de las cisternas de ferrocemento fue de \$ 12 645. El costo promedio de material fue de \$ 7,145.00 y de mano de obra de \$ 5 500.00. El costo mínimo fue de \$ 12 000.00 y el máximo \$ 13 500.00. Por lo que el costo de agua almacenada fue de \$ 402.7 por m<sup>3</sup>. Este dato es similar a los \$ 383.00 reportados en el caso de Tarimoro, Guanajuato (Juan, 2006). Esta diferencia de \$19.7, puede deberse a que los costos en el caso de Tarimoro, Guanajuato incluyeron los gastos de instalación de la red de tuberías y colectores.

Para la construcción de las cisternas de ferrocemento se contó con el apoyo para la compra de material de construcción, del Fondo Mixto CONACYT - Gobierno del Estado de Tlaxcala y con maquinaria de excavación por parte de la presidencia municipal de Españita. La aportación en total de estas instituciones fue de 52.6 % en promedio del costo total de la cisterna.

El 50% de las cisternas de ferrocemento fueron construidas por las propias familias con la ayuda de albañiles, el 40 % algunas familias las construyeron ellas mismas y 10% recurrieron a un albañil. Algunas familias compraron materiales de construcción y aportaron la mano de obra o en su caso pagaron al albañil. Además hicieron algunos pagos para la gasolina y operador de la retroexcavadora. En promedio el aporte del productor fue del 47.4 % del costo total de la cisterna.

Las geomembranas son productos geosintéticos, impermeables a fluidos y partículas, evitan filtraciones, fugas y contaminación del agua almacenada. Algunas de sus propiedades son 25 años de vida y elongación del 200 % sin perder su estructura molecular. La impermeabilización obtenida con 1 mm de espesor de geomembrana de PVC equivale a la impermeabilidad de 1 m de arcilla compactada (Juan, 2006).

Entre los principales materiales que se utilizaron, para la construcción de las cisternas de geomembrana fueron la geomembrana y lámina de acero inoxidable cemento, grava, arena y block para el techo de la cisterna.

El costo de la cisterna de geomembrana fue de \$ 16,505.00. El costo de agua almacenada fue de \$ 437.8 por m<sup>3</sup>. Este dato es superior a los \$ 227.00 en el caso del COLPOS 1 reportado por Martínez (2005) y de \$ 138.00 reportados por Juan, 2006, quien afirma que el costo de la cisterna de geomembrana es de tres a cuatro veces más económica que una cisterna de ferrocemento.

Para la construcción de la cisterna la SEFOA aportó el 45.9% del costo total de la cisterna. El 56.1% restante correspondió a la aportación de las productoras con el pago de los techos.

La diferencia de costos entre las cisternas de geomembrana y de ferrocemento es de \$ 35.1 por m<sup>3</sup>. Pero hay que considerar que el costo de las cisternas de geomembrana en Ixtacuixtla se incrementó sustancialmente por el techo de lámina

de acero inoxidable que se les colocó, este costo fue de \$ 9 250 para cada una de las cisternas, lo que representa un 56.1% del costo total. Por lo que posiblemente, con otro tipo de techo, pueda reducirse el costo de este tipo de cisternas.

Otra diferencia sustancial de este tipo de cisternas es que las productoras no participaron en la construcción, debido a que el revestimiento de la geomembrana requiere equipo especial y es una función especializada, por lo que fue la empresa quien la realizó, la única participación fue la construcción de zanjas para el anclaje de la geomembrana.

El block es de arena, cemento y tezontle y esta compactado por la máquina; sus medidas son 20cm de ancho por 40 cm. de largo por 12 de altura, lo que permite avanzar más rápidamente en la construcción que el tabique. Así, para construir 1m<sup>2</sup> se requieren 16 blocks, en cambio se requerirían 100 tabiques. El block es más económico que el tabique, el millar de block cuesta \$1 000 en cambio el de tabique es de \$1 500.

El costo de las cisternas de block, construidas en las comunidades de estudio fue de \$ 7 750. El costo de mano de obra fue de \$ 3 000 y por material de \$ 4 750. Por lo que el costo por m<sup>3</sup> de agua almacenada fue de \$ 775.

Los materiales empleados para la construcción de una cisterna de block fueron block, cemento, varilla, alambre recocido, arena y grava.

Para la construcción de las cisternas de block la SEFOA aportó 54.8 % del costo total de la cisterna, el productor aportó en todos los casos la mano de obra, por lo que no fue un gasto para la familia debido a que los productores construyeron su cisterna sin tener que contratar un albañil, sin embargo las familias compraron algunos materiales de construcción, en total su aportación fue de 45.2 %.

El tabique esta constituido esencialmente por tierra arcillosa, sometido a un proceso de secado y cocción y se caracteriza por ser un buen aislante acústico y de temperatura. Sus dimensiones son 24 cm. de largo por 12 cm. de ancho por 6 cm. de altura. A diferencia, el tabique es más chico que el block, por lo que se ocupa mayor cantidad de éste por m<sup>2</sup>. Entre los principales materiales se encuentran el tabique, el cemento, la varilla, el alambre recocido, arena y grava.

El costo promedio de la cisterna de tabique fue de \$ 9,250.00, con un costo por mano de obra de \$ 3,500 y \$ 5 750, por lo que el costo fue de \$ 925 por m<sup>3</sup> de agua almacenada. Para la construcción de las cisternas de tabique la SEFOA aportó 56.8% del costo total de la cisterna, el costo de la mano de obra corresponde a la aportación del productor. En todos los casos los productores construyeron su cisterna sin tener que contratar un albañil, sin embargo, en algunos casos las familias compraron algunos materiales de construcción, en total la aportación de los productores fue de 43.2%

El costo de la cisterna de tabique es mayor, debido a que el tabique es más costoso que el block, asimismo el costo de la mano de obra es más elevada, debido a que el block es más grande de dimensiones por lo que se avanza más rápidamente la construcción que con el tabique, que es más pequeño. Las cisternas de block y tabique son más costosas que las cisternas de ferrocemento debido a que en su construcción ocupan realizar más actividades para la construcción de paredes, piso y techo que implica utilizar mayor cantidad de materiales y mano de obra *“En las cisternas de tabique hay que empezar a encuadrar y va subiendo con el tabique, hay que dejarle mínimo 10 días la cimbra, luego hay que dejarla 15 días y medio echándole agua para que fragüe bien el tabique -echarle con un traste a las paredes que este húmedo, no llenar”*.

Entre los materiales que se requieren para la construcción de una cisterna de concreto son el cemento, la varilla, arena, grava, alambre en mayor proporción que las cisternas de tabique y block. Las cantidades de estos materiales se incrementan

considerablemente a comparación de las cisternas de ferrocemento, block y tabique. Esto debido a que las paredes se construyen con una mezcla de cemento, arena y grava, a diferencia de las otras cisternas, que utilizan malla, tabique o block; por lo que su costo es mayor.

El costo promedio de la cisterna de concreto fue de \$12,875.00. El costo de mano de obra fue de \$ 4,500 y el costo de material fue \$ 8,375. El costo se eleva sustancialmente debido a que los costos por material se incrementan, principalmente cemento y varillas. El costo por mano de obra se incrementa a comparación a las cisternas de block y tabique. El costo de agua almacenada fue de \$ 1072.9 por m<sup>3</sup>. Costo similar de 70 USD citado por Juan (2006). Asimismo, coincide con la afirmación de que una cisterna de concreto resulta de cuatro a cinco veces más costosa que una recubierta con estos productos geosintéticos (Juan, 2006). Para la construcción de la cisterna de concreto la SEFOA aportó el 55.6% del costo total, el costo de la mano de obra corresponde a la aportación del productor.

En el Cuadro 11 se presentan los costos promedio de diferentes cisternas para el almacenamiento del agua de lluvia, en las comunidades de estudio:

**Cuadro 11. Costos promedio de las cisternas construidas en las comunidades de estudio.**

Tipo de cisterna	Costo promedio (\$)	Costo / m <sup>3</sup> (\$)
Ferrocemento	12,645.00	402.7
Geomembrana	16,505.00	437.8
Block	7,750.00	775.0
Tabique	9,250.00	925.0
Concreto	12,875.00	1,072.9

Fuente: Elaboración propia, 2007.

Estos resultados indican que la cisterna de ferrocemento fue la que tuvo un menor costo, seguida de la cisterna de geomembrana y las de block. Las cisternas más costosas son las de tabique y concreto. Los costos dependen de las características del material que se utiliza, como son resistencia, durabilidad y otras como flexibilidad

y facilidad en el manejo. Sin embargo, hay que tener presente que los materiales presentan ventajas y desventajas que también hay que tomar en consideración para seleccionar el más adecuado.

El block es el material más económico, pero es el que presenta más desventajas en cuanto a sus características, es el menos resistente y más fácil de fracturar, por lo que su vida útil es de menor tiempo.

Por otra parte, el concreto es un material muy resistente, su costo es muy elevado para la mayoría de los productores de las comunidades rurales, por lo que el ferrocemento puede ser una opción similar en cuanto a resistencia. Además, el concreto presenta las mismas desventajas que el ferrocemento y el tabique, ya que tiende a fracturarse y tener problemas por filtración, en caso de que el procedimiento de construcción no sea realizado siguiendo las especificaciones establecidas.

Si bien el tabique es un material recomendable por sus características de mayor durabilidad y resistencia en comparación con el block y de menor costo que el concreto, su costo por m<sup>3</sup> es bastante elevado comparado con el ferrocemento y la geomembrana.

El ferrocemento es el material que tiene un menor costo, tiene resistencia y una vida útil considerable, la principal desventaja es que puede presentar filtraciones. Sin embargo, este problema se puede subsanar proporcionándoles a los productores los conocimientos suficientes sobre los aspectos críticos que hay que cuidar durante la construcción en la capacitación para evitar este tipo de problemas. La geomembrana, tiene un costo mayor al ferrocemento, sin embargo, es más económica que el resto de los materiales, su costo se incrementó por el tipo de techo que construyeron las productoras, por que desconocían que podían techar al igual que otro tipo de cisterna. Además, la geomembrana al igual que el ferrocemento es resistente a sismos y tiene una vida útil muy similar.

6.4.6.7. *Procedimiento de construcción de la cisterna de ferrocemento.* La cisterna de ferrocemento se construyó a partir de la excavación en el suelo, posteriormente se colocó en lo que sería el piso y las paredes de la excavación, una electromalla que se entreteje con malla de gallinero; a la cual se le pone cemento y se aplana. La tapa de la cisterna es de concreto, esta se construye con varillas, cemento y arena. Cada una de estas etapas es importante, durante la capacitación se debe enfatizar en estos aspectos técnicos para que los productores los atiendan y eviten problemas de filtración.

A continuación se describen cada una de las etapas de construcción de la cisterna de ferrocemento. Las etapas de ubicación de la cisterna, limpieza del terreno, excavación y nivelación del sitio de construcción son similares para la construcción de las cisternas de block, tabique, concreto y geomembrana. Asimismo, la construcción del piso y techo pueden ser similares, la variación puede ser construirlos utilizando malla electrosoldada o emparrillado con varillas.

1. *Ubicación de la cisterna.* Entre los aspectos que tomaron en cuenta los productores, para la ubicación de la cisterna fueron principalmente que este lo más cerca posible al área de captación a fin de economizar en tuberías de conducción, que no obstruya el paso de personas y/o animales y que facilite las conexiones para el uso del agua. Sin embargo, otros aspectos que se recomiendan considerar son construir la cisterna en lugares más elevados que el área del huerto para que el agua tenga suficiente presión para el riego y que la parte superior del tanque este a desnivel con las canaletas, para que el agua captada pueda correr libremente hacia el tanque de almacenamiento (PESA, 2007). En este caso la cisterna es construida sobre la superficie.

Otro aspecto que consideraron algunos productores fue el tipo de suelo, ya que comentaron que si el suelo es tepetatoso influye a que la cisterna no tenga fracturas. Sin embargo, la construcción de las cisternas se llevó a cabo indistintamente del tipo de suelo.

2. *Limpieza del terreno.* Una vez ubicado el lugar donde se construirá la cisterna, los productores realizaron la limpieza de este lugar, la cual consiste en quitar toda la vegetación y materia orgánica con pico y pala.

3. *Excavación.* Consiste en hacer el hoyo donde se construirá la cisterna tomando en cuenta el diámetro y la altura establecida, se recomienda incrementar el radio del círculo excavado en 60 cm. y definir el centro del círculo y el perímetro con pequeños tramos de varilla.

En la fase piloto del proyecto todos los productores realizaron la excavación con una máquina excavadora, para la cual se contó con el apoyo del Ayuntamiento de Españita. El costo de la excavación fue de 150 pesos para el pago del combustible y el operador de la máquina.

En la fase de expansión, el 66 % de los productores realizó la excavación de forma manual con pico y pala, tuvo una duración promedio de 10 días y fue realizada por los integrantes de la familia, por lo que no representó un costo en dinero para la familia. El 34 % restante se realizó con excavadora, sólo en aquellos casos en que las condiciones del terreno permitieron el paso de la maquinaria, la duración de la excavación fue de 3 horas, con un costo promedio de 300 pesos por hora.

Las ventajas de realizar la excavación con maquinaria es que el tiempo de excavación y el costo se reducen significativamente de días a unas cuantas horas. Aunque implica un costo, los productores están convencidos que es un gran apoyo contar con maquinaria para este trabajo debido a que es el más pesado dado que en la mayoría de los casos, el suelo fue tepetatoso y duro.

Se debe cuidar que la superficie del hoyo excavado quede uniforme y sin protuberancias, para evitar problemas de filtración. *“Uno le tiene que emparejar por que la máquina no puede hacer la forma bien, para cuando baje la malla no se*

*desbalague la tierra, hay veces que la manita de chango ya le hizo hoyos, pero hay que rellenar con piedras y cemento". "Para emparejar le agarramos una regla que este lo más derecha posible entonces se mide el diámetro como de arriba hacia abajo; y lo que de la regla hay que ponerle o quitarle y en base a esa regla, vas luego plomeándole para que quede y hace uno la figura y ahora si adentro la malla y ya con su medida".*

4. *Nivelación del sitio de construcción.* En la nivelación los productores verificaron que el piso este uniforme, para lo que se recomienda apisonar la tierra.

5. *Construcción del piso.* Debe colocarse una capa de cemento-arena proporción 1:5 de 3 cm. de espesor o una capa de concreto pobre de 5 cm. de espesor o 10 cm. de espesor, con una mezcla de un bulto de cemento por cuatro de arena y cuatro de grava y posteriormente pulirlo. Debe tenerse cuidado de no perder la varilla que señala el centro del círculo y también los pequeños tramos de varilla que señalan el perímetro. Al momento de colar la mezcla queda fija la estructura metálica.

6. *Armado del cilindro.* El esqueleto de la cisterna se construye con la malla electrosoldada y la malla de gallinero, de acuerdo a la altura y diámetro de la cisterna. La malla de gallinero se entrelaza sobre la malla electrosoldada, por ambos lados. Las mallas deben quedar total y uniformemente pegadas una sobre la otra.

7. *Colocación del armado del cilindro en el hoyo.* El cilindro armado se coloca dentro del hoyo excavado, fijándolo a las paredes y nivelado tanto vertical como horizontalmente.

8. *Aplicación de la mezcla arena - cemento.* Consiste en aplicar manualmente la mezcla en las paredes para aplanarlas, con un grosor de 4 a 6 cm. se va embarrando con la cuchara de albañil de abajo hacia arriba. La mezcla de arena-cemento-agua se prepara en proporción 1:4:2, es decir, mezclar un bulto de cemento, 4 botes de arena y 2 botes de agua de 20 litros. *"Lo medimos por botes, aguanta hasta 6 botes*

*por bulto, pero yo la primera mano le echo cinco botes, pero ya en las demás le echo 4 y la afinada le hecho dos botes por bulto y la pulida que es puro cemento, con esas proporciones no ha tronado ni se filtra”.*

La primera capa de mezcla se aplica cuidando de dejar una superficie rugosa, para posteriormente aplicar una segunda capa, dando un terminado fino. Al aplicar la mezcla se recomienda presionar la mezcla para reducir los huecos. La segunda capa debe ser aplicada muy ligeramente sobre la primera capa, para cerrar las cuarteaduras y reducir la superficie áspera. Esta capa se aplica una vez que la primera haya fraguado suficientemente. Es recomendable que ningún segmento del cilindro quede descubierto por que con la humedad se corroe y provocaría debilitamiento de toda la estructura y filtración del agua. *“Yo le doy lo que se dice 4 manos, la primera es rellenar lo más hondo, la segunda más o menos emparejar, la tercera vienes dándole forma y la cuarta es pulir y no truena, no se filtra”.*

En todo este proceso deben realizarse los riegos de agua de forma continua para evitar agrietamientos y que el cemento se hidrate para lograr la resistencia deseada. Para atacar los puntos precisos de la construcción que generan constantes problemas de filtraciones se aplica algún sellador sintético para dar adherencia y resistencia a las temperaturas más extremas; en algunas zonas se utiliza “baba” de nopal y cal. En el caso de las cisternas construidas en Españita se aplicó sellador, en algunos casos con baba de nopal y cal.

**9. Colocación de tuberías.** Es recomendable que teniendo colocado todo el armado del cilindro se coloquen las tuberías para la limpieza y el vertedor de demasías, cuidando que queden bien unidos al armado. Sin embargo, en el caso de las comunidades de estudio, sólo se les dejó un espacio de 40 por 60 cm. o 50 por 50 cm., a manera de registro, para realizar la limpieza u otro manejo de la cisterna. Y en el caso de los productores que cuentan con bomba de mecate se colocaron antes de colar la tapa, dos pedazos de tubo de PVC de 4 pulgadas, con una separación de 0.25cm.

*10. Construcción de la tapa de la cisterna.* Es recomendable que las cisternas tengan tapa, para evitar la entrada de luz, pérdidas por evaporación y contaminación del agua por desarrollo de gérmenes patógenos, algas, ni plantas acuáticas. En todos los casos la tapa de la cisterna fue de cemento con malla reforzada con varillas.

Como el ferrocemento tiene un espesor no mayor de 5 cm., la losa o techo tiene un peso importante que se va incrementando con el tamaño del tanque; por lo que requiere un diseño estructural, pues el cilindro del tanque, debe soportar el agua (carga hidráulica) y el peso de la tapa.

El armado de la losa puede ser con un emparrillado de varillas o con doble malla electrosoldada. La colocación del concreto es en proporción 1:2:2.5 (1 bulto de cemento de 50kg por 4 latas de 19 litros de arena y 5 latas de grava), para formar una losa de 10 cm. de espesor.

Es necesario mantener húmeda la cisterna durante mínimo 10 días, para evitar grietas por contracción, por lo que se requiere contar con suficiente agua para el curado de la cisterna.

*Proceso de construcción de cisternas recubiertas con geomembranas.*

*1. Verificar la superficie de la excavación.* Se requiere verificar que la tierra donde se construirá la cisterna sea apta para terraplenes y compactación y que la superficie sobre la cual se colocará la geomembrana este sin objetos punzantes que puedan dañar la geomembrana.

*2. Instalación de geomembrana en estructuras y paredes.* Se requiere definir el tipo de geomembrana que se va a utilizar (PVC, polietileno, poliuretano); así como el color y espesor, y determinar el ancho y largo de las porciones de geomembrana.

El ensamblaje o soldadura térmica (termofusión) de la geomembrana fue realizado con equipo y personal especializado, calificado y certificado.

Se requiere realizar el afinamiento de taludes quitando materiales angulosos y punzocortantes y verificar que la colocación de los lienzos debe ir en dirección de la pendiente.

Se debe anclar el perímetro superior de la geomembrana alrededor de la cisterna, construyendo una cepa perimetral de 50x50x40 cm. para cubrirse con tierra. Asimismo, se debe proteger los taludes exteriores con pasto o con algún geo-textil. *“Nosotras rascamos a las orillas, hicimos una zanjita, luego se quedo como en un bordo para adentro y le echamos la tierra alrededor, quedó enterrada haga de cuenta como anclada”.*

Y se recomienda instalar un vertedor de demasías para prevenir los desbordamientos, sin embargo, en ningún caso de las cisternas en Ixtacuixtla cuenta con este componente.

El revestimiento de la cisterna con geomembrana lo realizó la empresa proveedora en dos días y otorgó una garantía de 10 años. Las productoras únicamente participaron en hacer las zanjas para la el anclaje de la geomembrana.

#### *Procedimiento de construcción de la cisterna de block y tabique.*

Las etapas de construcción de la cisterna de block son similares a las de las cisternas de tabique y concreto. Por lo que este procedimiento que se describe a continuación es igual para este tipo de cisternas, a excepción de los muros de concreto.

##### *1. Construcción del piso y del techo de la cisterna.*

*Armado y colado del piso y techo.* Se hace el armado con alambre y varilla, para recibir el resto de la construcción -el concreto-. Primeramente, se realiza el armado

con varillas de 3/8, de 15cm de espesor, para el piso se coloca doble emparrillado preferentemente, es decir, se arman dos parrillas que se colocan sobrepuestas a una distancia de 20 cm, para su colado. El emparrillado se forma colocando primero las varillas de carga a lo ancho y enseguida las varillas de sobrecarga a lo largo, a una distancia de 15 cm, sujetándolas con alambre recocado.

Para el caso del techo puede ser una sola parrilla, puede usarse varillas de 1/ 2 y de 15 a 10 cm. de espesor, si el tránsito es poco se utiliza varilla de 3/ 8 octavos.

*Cimientos de las trabes.* Se realiza con varilla, alambre, concreto, anillos, se arma una cadena alrededor de la que será la base de la cisterna, con 4 varillas de 3/8, con estribos de alambazón de 1/4, los cuales se colocan a una distancia de 25 cm, se corta la varilla a la medida establecida, se va armando y amarrando con alambre. También, se arman los castillos, uno en cada esquina de la base con 4 varillas de 3/ 8 y estribos de alambazón de 15 por 20 de altura, a una distancia de 25 cm. de separación.

*Cimbra del techo de la cisterna.* Una vez armado el piso o techo, la cadena y los castillos, se encajona o se cimbra, para lo que se arma un techo falso de madera a base de tablas, polines y clavos para recibir el armado a base alambre y concreto, se preparan los puntales y travesaños con polines y se cortan las tablas a la medida. Es importante checar la que cimbra a utilizar este bien colocada y reforzada, que no tenga movimientos.

*Colado de piso o techo y trabes.* El colado consiste en vaciar la mezcla en el doble emparrillado. La mezcla utilizada tiene una proporción de un bulto de cemento, 4 botes de arena, 4 botes de grava de 3/4 (la grava no debe ser muy delgada, si es delgada se le pone más grava, por que sino truena) y 30 litros de agua. Se debe tener cuidado de que al momento de hacer la mezcla el piso este limpio, sin basura para que no se contamine la mezcla. Es para reforzar la losa y no se cuelgue o se hunda.

Hay que verificar que no se dejen huecos al concreto y tratar de que el concreto vaya bien compactado. Para evitar fallas hay que evitar dejar huecos y que, en caso de haber dejado huecos o cuarteaduras está el aplanado reforzado con malla.

Se debe verificar que no tenga cuarteaduras y que se haya compactado bien el cemento. Terminada la obra se tiene que dar el seguimiento para descimbrar 15 días después, se verifica que al descimbrar no se cuelgue, que quede bien compactado el concreto y que no haya filtración. Hay que mojar dos veces al día el tanque para que el cemento fragüe correctamente.

Terminado el colado se pule el piso con cemento y agua, y se espera un día para continuar trabajando. Al terminar se debe pisonear, para que se compacte y se eviten cuarteaduras.

## *2. Construcción de paredes de block o tabique y muros de concreto.*

*Pegado y colocación de block o tabique.* En esta actividad se debe cuidar que el tabique o block vaya bien juntado con la mezcla al formar el muro. En caso de que hubiera alguna falla en el pegado de tabique o block y colado de castillos hay una opción de reforzar el aplanado con una malla para evitar futuras filtraciones.

El block o tabique se coloca sobre las traveses a plomo. Para pegar el block o tabique se usa una mezcla de 8 botes de arena por 1 bulto de cemento. Preferentemente, se deben construir todas las paredes juntas, aproximadamente se puede realizar en 1 día, para después hacer el colado del castillo.

*Construcción de muros de concreto.* Esta etapa es la que diferencia el procedimiento de construcción de las cisternas de block, tabique y concreto. La construcción de muros de concreto se realiza a base de reforzados con varilla, alambre y concreto. Para lo que se corta la varilla a la medida, se arma y se amarra con alambre y se suelda con el concreto. Es la base principal para recibir el agua y que no haya

filtraciones. Se verifica que este bien hecho al descimbrar que no aparezcan huecos en los muros.

*Armado y colado de castillos y cadenas.* Se arma la cadena, con 4 varillas de 3/8 con estribos de ¼ de 12 cm por 25 cm. Colando a una altura de 20 cm dejando descubierto 5 cm de fierro para el armado de losa. Se realiza la cimbra, se colocan la madera con las medidas de la cisterna y una viga, se debe verificar que este bien nivelado.

### 3. Acabados.

*Aplanado.* Es el recubrimiento de muros, con una mezcla de arena – cemento de 2 a 3 cm. El aplanado consiste en adherir una mezcla de 1 bulto de cemento y 8 de arena al muro, conforme se va echando la mezcla se va regleando para que la superficie quede uniforme, a fin de recubrir y reforzar el muro y tapar los poros que hayan quedado, para evitar filtraciones. El espesor del aplanado es de 2 cm, después el aplanado se deja unos 3 días para que cuartee, se verifica la aparición de cuarteaduras.

*Afinado (rebocado o repillado).* El afinado se realiza para tapar las cuarteaduras, para lo cual se arnea arena utilizando un arnero fino y se prepara la mezcla con cemento para adherirla con una pala y dejar que se oreo.

*Pulido.* Se prepara la pasta de cemento y agua y se aplica con una llana. A los tres días se puede llenar con agua. En el pulido no debe haber cuarteaduras. Las etapas de construcción de la cisterna de concreto fueron similares a las de las cisternas de tabique y concreto. La diferencia radica en que el procedimiento que se realiza para el armado y colado los muros.

#### 6.4.6.8. Duración de la construcción de la cisterna.

El tiempo de construcción de las cisternas de ferrocemento fue de mes y medio, debido a que las familias construyeron la cisterna, en sus tiempos disponibles. “Si es

*de más de 3 metros de altura, nos metemos dos gentes, para que no haya mucho espacio de una mano a la otra*". Las cisternas de ferrocemento puede construirse más rápidamente que las cisternas de block, tabique y concreto, por que el levantamiento de muros en estas ocupa más tiempo. *"Aquí se ahorra uno tiempo y parte del material por que ya baja la malla y ya está uno aplanando"*.

El tiempo de duración de la construcción de las cisternas de tabique, block y concreto fue de un mes y medio y aunque su capacidad es menor que la de ferrocemento, la razón principal de este tiempo de duración es por que los productores construyeron la cisterna en los tiempos que tenían disponibles.

En caso de las cisternas de geomembrana el tiempo de construcción fue de una semana, considerando la excavación y 3 días para el revestimiento con geomembrana, *"En un día hicieron una y en otro día hicieron las otras dos"*. Como ya se mencionó, estas actividades las realizaron técnicos especializados de la empresa proveedora. Sin embargo, el tiempo para techarlas fue de 1 mes.

Estos resultados indican a excepción de las cisternas de geomembrana, que el tiempo de construcción de las cisternas fue de mes y medio, debido a que las familias participaron solamente en sus tiempos disponibles. Al respecto, es importante considerar que los productores deben cuidar se recomienda no dejar pasar mucho tiempo entre los avances de una etapa de construcción y otra.

La cisterna de geomembrana fue la cisterna que se construyó en menos días, pero las productoras no participaron en su construcción, sino que la construyó la empresa proveedora, la desventaja en este caso es que las productoras no tuvieron la posibilidad de capacitarse y adquirir alguna habilidad sobre este tipo de cisterna.

6.4.6.9. *Mantenimiento*. El mantenimiento de las cisternas de ferrocemento en opinión de los productores es fácil, ya que consiste solamente en lavarla con agua,

jabón y cloro. Todos los productores comentaron que realizan el lavado de la cisterna cada 6 meses o antes de la temporada de lluvias.

En el caso de las cisternas de geomembrana los productores comentaron que a la fecha no le han realizado algún mantenimiento, en su opinión el mantenimiento consistiría en lavarla, sin embargo, como ya se describió las productoras aseguraron que les representa un problema realizar esta actividad por que la geomembrana es resbalosa. Y a la fecha no tienen conocimiento de cómo realizar el mantenimiento.

El mantenimiento de las cisternas de block y tabique consiste también en lavarlas con agua y jabón, 1 ó 2 veces al año. Los productores comentan que realizan el lavado de la cisterna al menos una vez al año.

En general, los productores realizan el mantenimiento de la cisterna, sin embargo, desconocen que el lavado de la cisterna debe hacerse únicamente con agua y con jabón, ya que el cloro pica el recubrimiento de cemento, lo recomendable es una vez lavada la cisterna agregar cierta cantidad de cloro al agua almacenada, para su desinfección. Este aspecto tan importante debería atenderse en la capacitación que se les brinda a los productores.

6.4.6.10. *Problemas.* En cada una de las etapas de construcción de las cisternas de ferrocemento hay puntos críticos, que se deben atender de acuerdo con las recomendaciones ya descritas, de lo contrario existe el riesgo de que las cisternas presenten fallas, ocasionando pérdidas de agua por filtración y en algunos casos, grietas que pueden fracturar la cisterna.

El principal problema en las cisternas de ferrocemento fue la filtración del agua, el 18.8% de los productores tuvieron problemas de filtración y por lo tanto pérdidas de agua. *“Se le nota unas partiditas, cuando rasco la máquina se hicieron unos hoyos grandes y la tierra se safó, entonces cuando se emparejaron con las palas, esos hoyos se tuvieron que rellenar con piedras y palos, pero por ahí se quedo alguno*

*abierto por eso se empezó a tronar”. “Aquí nuestra tierra se hunde entonces se trato de rellenar con alguna piedrita pero quedo alguna hendidura y se cuele”.*

Entre los aspectos que comentaron los productores provocaron los problemas en las cisternas fueron el afinado y el pulido. El afinado consiste en aplicar una mezcla de cemento, arena y agua de manera uniforme a la superficie interior de la cisterna a fin de tapar las posibles grietas o cuarteaduras, para que evitar la filtración de agua o grietas. Para evitar esta falla la mezcla cemento-arena debe prepararse en las proporciones recomendadas. *“Se debe conservar la misma proporción de la mezcla. Si la mezcla es pobre entonces hay problemas de filtraciones”.* El pulido consiste en aplicar una mezcla de cemento y agua, con el propósito de cubrir poros o cuarteadoras que hace el concreto -normalmente el concreto tiende a hacer cuarteaduras por el calor o por el movimiento- por lo que hay que cubrirlas completamente, para evitar que se cuarteen y fracturen. *“Pues que no se hecho bien el fino y quedo un hueco o algo, no cubrió bien un poro, y se escapa el agua”.*

Otro aspecto es que durante la aplicación de las capas de mezcla en las paredes, la obra no debe ser interrumpida, pues las capas subsecuentes del aplanado no se adhieren suficientemente entre sí. *Por lo que los productores comentan “Hay que evitar hacerlo por etapas, debe ser de una mano, pero parejo, otra capa pero todo y con espacios de hoy a mañana, para que no se filtre”.*

Otra recomendación es que al concluir su construcción, no debe dejarse sin agua, para que vaya fraguando. *“No más no dejándola sin agua. Cuando las hace uno no dejarla más de dos días de espacio de tiempo para terminarla”.* Es necesario procurar que la cisterna no se encuentre vacía, para evitar cuarteadoras, de preferencia debe tener agua de manera permanente, aunque para limpiar su interior es conveniente vaciarla completamente, cuando menos una vez al año.

Y aunque las cisternas de ferrocemento pueden repararse a diferencia de otro tipo de cisternas, implica un costo. *“En caso de cuarteaduras, se coloca un pedazo de malla*

*en la parte averiada y con clavos de concreto, como un parche, hay que picarle para hacerle un poco más grande la cuarteadora, un tanto de 10 cm, la malla centrada le clava uno con clavo y vuelve a enchapar y ya no pasa nada". En caso que se presenten fugas en el piso, lo que recomienda es echar un nuevo piso, con malla y que suba 50 cm en las paredes, se le aplana esos 50 cm, se le echa el piso en las esquinas que donde cuartea abajo, se sella ya lleva la malla ahí. Lo que puede tener un costo de \$300. "El costo de reparación de las cuarteaduras puede ser entre \$ 50 – 100".*

En cuanto a las cisternas revestidas con geomembrana las productoras comentaron que los principales problemas fueron que carecen de tubería para la salida del agua, además carecen de un registro para realizar el lavado y mantenimiento de la cisterna. Esto ocasionado como lo comentan las productoras por la falta de asesoría técnica y capacidad técnica de los técnicos. Las productoras comentan que aún no han presentado fallas por filtración, pero en caso de fallas, las reparaciones se realizan fácilmente y en corto tiempo (Juan, 2006).

En el caso de la cisterna de block y tabique los productores comentaron que puede haber filtración y se puede tronar, porque el block es frágil a la humedad, pero aún no se han presentado este tipo de problemas, esto puede deberse a que los productores cuentan con más experiencia en la construcción de este tipo de cisternas.

Estos resultados indican que la capacitación para la construcción de las cisternas debería hacer énfasis en los puntos críticos que los productores deben cuidar, para evitar fallas en su cisterna.

6.4.7. Extracción del agua captada. Las cisternas pueden ser construidas debajo o sobre la superficie, la ventaja de que estén construidas sobre la superficie es evitar el gasto de extracción de agua (Caballero, 2007). No obstante, el 100% de las cisternas construidas en las comunidades de estudio son enterradas, por lo que se requiere contar con un mecanismo para extraer el agua de la cisterna. Figura 22.

El 6.3% de los productores entrevistados cuentan con bomba de mecate, el 68.7% extrae el agua de la cisterna a mano con cubeta y una soga. Y el 25% restante utilizan bomba eléctrica.



**Figura 22. Extracción del agua, utilizando bomba de mecate. Españaita, Tlaxcala.**

La bomba de mecate es una ecotecnia que consiste en un mecate autoenlazado o “sinfín”, por medio del cual accionándolo en “circuito cerrado”, hace posible mover hasta la superficie porciones continuas de agua. Con esta bomba, el agua es transportada a través de unos tapones de plástico o hule, que amarrados a un mecate, pasan a un tubo de PVC. Al mover el mecate a través de la rueda, transporta el agua porque los tapones funcionan como pistones y el tubo de PVC como un cilindro.

Esta bomba es de bajo costo, fácil operación y mantenimiento y los materiales que se usan para su construcción se pueden obtener en la comunidad, como lo comentaron los productores *“Los componentes de la bomba de mecate se encuentran fácilmente y son muy baratos: cuerda, llantas de bicicleta usadas, cuadro y rueda de bicicleta vieja y tubo de plástico”*.

Los productores participantes en la fase piloto conocen el funcionamiento de la bomba de mecate, debido a que recibieron capacitación y asesoría sobre este tema, sin embargo, los productores de la fase de expansión no recibieron ninguna capacitación ni asesoría técnica sobre este tema.

Los productores que operan la bomba de mecate comentaron conocer el funcionamiento de la bomba de mecate, debido a que ellos mismos la construyeron. Comentaron que las ventajas de utilizar la bomba de mecate fueron que no hay gasto por consumo de energía y es muy útil, ya que hace la misma función que la bomba eléctrica y es barata.

Los productores que extraen agua en forma manual, comentan que aunque requieren contar con una bomba, sin embargo algunos comentaron que carecen de recursos para adquirir una bomba eléctrica y además desconocen como se construye y funciona la bomba de mecate.

Los productores que utilizan bomba eléctrica comentaron que es más cómodo el uso de este tipo de bomba, ya que no implica ningún esfuerzo para operarla como la bomba de mecate, sin embargo, si reconocen que es más costosa y que tienen que hacer el pago por consumo de energía eléctrica. *“La mayoría de la gente tiene bomba eléctrica, es más fácil y más que nada por comodidad”*.

**Costos.** El costo de la bomba de mecate fue de \$ 300. En cambio el costo de la bomba eléctrica fue de \$ 1 600 en promedio.

**Mantenimiento.** Los productores comentaron que como parte del mantenimiento verifican permanentemente la tensión del mecate, engrasan el eje, la rueda y la agarradera del maneral, con aceite, además revisan que los soportes y la rueda estén bien fijos.

Además, Quispe (2007) recomienda que también se debe limpiar y pintar la rueda cada año para evitar que se oxide y cambiar el mecate cada dos o tres años, en condiciones normales de uso.

En el caso de la bomba eléctrica los productores comentaron que no han realizado algún tipo de mantenimiento.

## **6.5. Importancia de la Captación y Almacenamiento del Agua de Lluvia en las Comunidades de Estudio.**

Probablemente la fuente de agua dulce más importante y hasta ahora la más desaprovechada, es la lluvia. Al captar y almacenar, aunque sea una parte de la lluvia, se puede contar con una reserva de agua de buena calidad, para los meses de sequía.

El agua de lluvia aprovechada es ambientalmente limpia, colabora a incrementar el agua subterránea, realza tierras húmedas, contribuye a la conservación del bosque, anima el cultivo ecológico y retrasa la construcción de presas para el abastecimiento de agua, lo que ayuda así al flujo ecológico (Gleason, 2005).

6.5.1. Porcentaje de familias que captan agua de lluvia para su aprovechamiento. El 86.32% de las familias participantes en la fase piloto, realizaron la captación y almacenamiento del agua de lluvia, para su aprovechamiento en actividades domésticas y productivas en el traspatio, conforme los objetivos del proyecto. En cambio el 13.68% restante y el 90% de los productores de la fase de expansión utilizan las cisternas para almacenar agua potable y agua de pipa en época de escasez, debido a que no han realizado la adecuación de los techos para la captación, no han terminado de instalar la tubería de conducción del agua y al desconocimiento del manejo adecuado del agua de lluvia, ya que comentaron que su calidad se deteriora al almacenarla en la cisterna *“El agua de lluvia almacenada se*

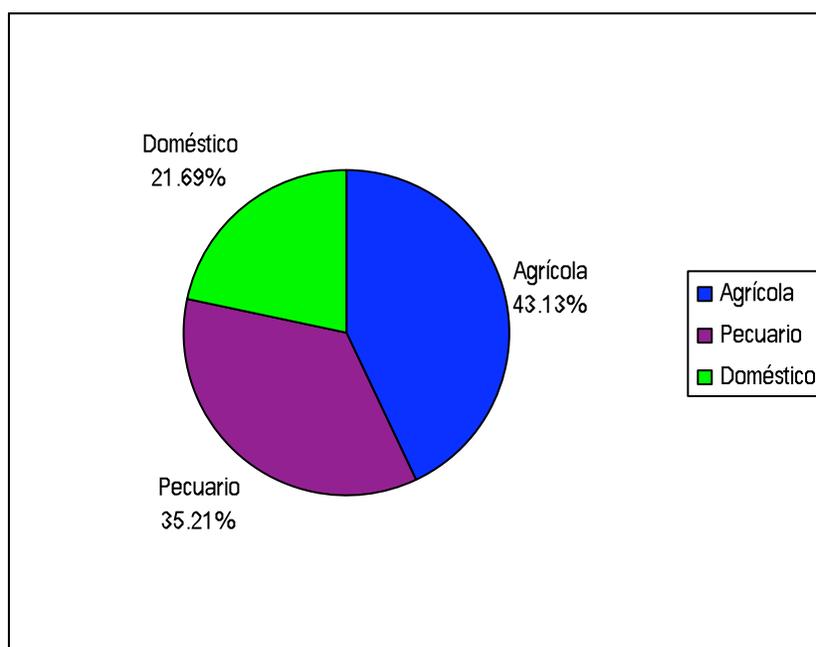
*pone verde*. El 10% restante de los productores de la fase de expansión no ha concluido la construcción de la cisterna.

La mayoría de las familias entrevistadas desconocieron que el agua de lluvia almacenada se pone verde porque la cisterna no esta completamente cerrada; por lo que entra polvo y microorganismos que al estar en contacto con el agua y el aire proliferan y deterioran la calidad del agua como lo señala Gleason (2005). *“Si mezclamos el agua de lluvia con la de llave se pone verde luego luego”*. *“Tenemos la idea de que se pone verde el agua al mezclar potable con la de lluvia, si mezclamos los dos tipos de agua, se pone verde”*.

En el caso de las familias de Ixtacuixtla, inclusive han decidido pagar dos tomas de agua, para el riego de sus cultivos, por que argumentan que la superficie de los techos no es suficiente para llenar las cisternas. Asimismo, en las comunidades de Toluca de Guadalupe y San Nicolás, Terrenate las productoras utilizan agua potable para el riego de sus cultivos y aunque están concientes que esta situación puede generarles problemas con la gente del pueblo, comentan que lo que tendrían que hacer es pagar dos tomas de agua. Los productores comentaron *“Los vecinos comentan que la producción de jitomate consume mucha agua y que quienes tenemos microtúnel deben pagar la cuota de otra toma de agua”*. Esto implica que se tendía que pagar otros \$50 mensuales, por el uso de agua, sin embargo, esta situación se evitaría si los productores tomaran conciencia de la importancia de captar el agua de lluvia, para que este consumo de agua para la producción de jitomate no compita con el de consumo doméstico.

Estos resultados indican que es fundamental que los productores reciban capacitación para que sean sensibles a los objetivos y beneficios que plantea el proyecto, de utilizar y aprovechar el agua de lluvia. Asimismo, es importante que durante las reuniones de sensibilización, se logre crear conciencia de la importancia del aprovechamiento del agua de lluvia, debido a que este recurso se debe cuidar ya que tiende a escasearse.

6.5.2. Usos del agua de lluvia captada. Los productores de la fase piloto del proyecto que captan el agua de lluvia, la utilizaron principalmente para realizar actividades agrícolas, el 43.13% del agua de lluvia captada la utilizan principalmente para el riego de jitomate, chile y brócoli en microtúnel. En algunos casos para el riego de otras hortalizas cultivadas a cielo abierto, cultivos básicos, plantas ornamentales, así como de algunos frutales. Figura 23.



**Figura 23. Usos del agua de lluvia por las familias en las comunidades de estudio en porcentaje.**

**Fuente: Investigación Directa, Agosto, 2007**

El 35.21% del agua de lluvia captada era utilizada para realizar actividades pecuarias, para dar de beber a los animales del traspatio, principalmente para aves tales como gallinas y guajolotes, borregos, cerdos, caballos, vacas y burros.

El 21.69% restante utilizó el agua para realizar actividades domésticas. Entre las que se encuentran el bañarse, lavado de ropa, lavado de trastes y limpieza de la casa.

Aunque la calidad del agua de lluvia es apta para el consumo humano con un adecuado manejo, en ningún caso los productores la utilizaron para el consumo humano, ya que prefieren consumir agua potable. Los productores comentaron que saben que para consumir el agua de lluvia, pueden desinfectarla con cloro o hervirla, sin embargo, no realizan esta práctica. El agua para beber y preparar alimentos es más recomendable someterla a un proceso de filtrado y desinfección según lo dicten las normas sanitarias y ambientales, porque durante la caída de las gotas de lluvia y su arrastre por el techo, se adhieren elementos químicos y biológicos que pueden causar daños a la salud humana (Gleason, 2005).

Pocos productores comentaron que para esta necesidad llegan a comprar garrafones de agua, sin embargo, no todos tienen acceso a esta agua debido al costo.

Cabe mencionar que existen otras actividades productivas que realizan las familias rurales tales como la elaboración de block, lo que implica para las familias un pago de una toma de agua extra, sin embargo, podemos decir que la captación del agua de lluvia pudiera ser útil para este otro tipo de actividades.

Los productores de la fase piloto realizan la captación del agua de lluvia desde el 2004 que inició el proyecto. Al investigar por qué no captaban antes el agua de lluvia los productores comentaron que se debe al desconocimiento de esta técnica y que no tenían a alguien que los orientará y que les diera la idea que estas aguas se podían aprovechar *“La idea fue la del Doctor”*.

6.5.3. Beneficios de la captación del agua de lluvia. En zonas secas, donde llueve poco y de forma irregular, el agua de lluvia garantiza contar con agua en la época seca, durante el invierno o en periodos de sequía prolongada.

En opinión de los productores que realizan la captación y almacenamiento del agua de lluvia, entre los beneficios más inmediatos fueron disponer y tener acceso a agua suficiente y de calidad, mencionaron que ahorran dinero y tiempo, evitan la

proliferación de enfermedades, pueden realizar el aseo personal con frecuencia. Esto al dejar de utilizar el agua de mala calidad del jagüey y al dejar de comprar agua de pipa. *“Tenemos agua limpia por que cae limpia, el ahorro de ya no comprar agua de pipa”. “La economía, por que ya no tenemos que comprar el agua no hay los recursos, nos estamos ahorrando dinero y tiempo.” “En caso de no haber agua, ya podemos asearnos más seguido, ya no tenemos que decir ahora no me baño por que no hay agua, el aseo cambió; las enfermedades disminuyen para las niños, ya se tiene más aseo”.*

Sin duda el que los productores dejen de invertir tiempo en el acarreo de agua, contribuye a que dispongan de tiempo para realizar otras actividades productivas que mejoren ingreso. Así, como evitar exponer a su familia a enfermar a su familia por el uso de agua contaminada.

Además de estos beneficios, el acceso y la disposición de agua que les permite la ecotecnia de captación y almacenamiento del agua de lluvia, posibilita a los productores para llevar a cabo otro tipo de actividades como las actividades productivas, por lo cual los productores, también afirmaron beneficiarse de esta forma. *“Los beneficios son bastantes son buenos, nos ha ayudado a resolver varios problemas que teníamos anteriormente con el agua, para los animales teníamos que agarrar agua potable, cuando carecíamos por problemas del equipo teníamos que caminar para traerlas de las presas ya nos evitamos eso, por que la sacamos de la cisterna, ya no compro agua de pipa”.*

**6.5.3.1. Producción de hortalizas en el traspatio.** Las familias participantes en el proyecto opinaron que disponen de suficiente agua, para producir hortalizas en condiciones controladas –microtúnel-, por lo que pueden obtener jitomate, brócoli o chile durante al menos dos temporadas al año, lo que les da la posibilidad de tener estos productos disponibles, para su consumo o bien para obtener ingresos por su venta. Así, las familias lograron hacer un mejor aprovechamiento de la superficie de traspatio disponible y valorar el uso de las ecotecnias a través de la obtención de

productos más limpios y más sanos. *“Ya no compramos la verdura, el jitomate, solo compramos abarrotes, es limpio, es orgánico”.*

6.5.3.2. *Incremento del ingreso.* Aunque no se cuantificó, los productores mencionaron reiteradamente que disponer de agua, les permitió llevar a cabo la producción de jitomate y de otras hortalizas, las cuales venden y les permite obtener ingresos, con los cuales han podido mejorar sus condiciones de vida. Asimismo, aunque solo pocos productores lo comentaron también obtienen algunos ingresos por la venta de huevo o carne de aves y otros animales en el traspatio. *“Es un beneficio tanto económico como en la alimentación más sana”.*

6.5.3.3. *Empleos generados.* Los productores consideraron que por medio de la captación del agua de lluvia, tiene posibilidad de realizar la producción de jitomate en microtúnel. La mayoría de los productores ocupan 2 horas al día para el cuidado del cultivo. Es importante mencionar que además de la participación del productor en la producción de jitomate, también se cuenta con el apoyo de algún otro miembro de la familia, lo que significa que también otras personas tienen la posibilidad de emplearse en esta actividad. Los productores comentan que tener el microtúnel en su traspatio les facilita realizar esta actividad, sin desatender otras más que realizan.

6.5.4. Significado de la captación del agua de lluvia para los productores. Para conocer el significado de la captación del agua de lluvia, se les preguntó a los productores que tan importante es para ellos tener infraestructura para captar y almacenar agua de lluvia. Todos los productores mencionaron que es muy importante. Lo cual muestra el gran valor que le dan a esta tecnología que les permite tener agua disponible no solamente para el cultivo de hortalizas sino para la satisfacción de otras necesidades familiares básicas. En opinión de los productores el agua de lluvia significa todo *“Mantiene viva la casa, por que hay plantas, animales, si no hay agua no hay nada de eso”.* *“Ya no sufrimos de agua y aunque sea poquito de dinero lo van a tener cuando haya cosecha”.* *“El agua es muy necesaria, sin agua no hacemos nada”.*

Algunos productores señalaron que la captación del agua de lluvia contribuye inclusive al cuidado del medio ambiente, ya que al aprovechar este recurso natural se deja de extraer agua de los mantos acuíferos *“Se aprovechan los recursos naturales, con la bomba ya no se consume energía”*. *“Al usar agua de lluvia los mantos acuíferos no se seguirían explotando, así se podría ahorrar el pago de energía eléctrica por el bombeo”*.

Otro de los comentarios frecuentes de los productores fue que la calidad del agua de lluvia, era mejor que la del agua potable que contiene alta concentración de cloro *“Es mejor utilizar el agua de lluvia por que no contiene cloro y que beneficia más a las plantas”*.

Finalmente, algunos productores comentaron que los productos obtenidos con el agua de lluvia son más naturales y por lo tanto de mejor calidad, por lo que para ellos significa una gran oportunidad para obtener productos más sanos. Los productores opinan que esta ecotecnia de captación y almacenamiento del agua de lluvia no tiene ninguna desventaja, ayuda en todo.

6.5.5. Calidad del agua de lluvia. Comparativamente el agua de lluvia recolectada de los techos es diferente del agua filtrada por procesos naturales que se pueden encontrar en pozos, manantiales, ríos, lagunas, entre otros. El agua filtrada por procesos naturales, arrastra y disuelve diferentes elementos y compuestos químicos que existen en el suelo y subsuelo; mientras que el agua de lluvia no los contiene. La lluvia se considera como agua blanda y puede remplazar perfectamente al agua potable. El sistema de captación de agua de techos permite obtener agua extremadamente limpia comparándola con otras fuentes de agua dulce y agua, como recurso esencialmente gratuito e independiente de la red de suministro convencional con alta calidad físico química (Gleason, 2005).

Respecto, a la calidad del agua de lluvia, el 98% de los productores en promedio opinaron que el agua de lluvia tiene buena calidad y consideraron el sabor y olor es agradable, pero en algunos casos huele y sabe ligeramente a tierra y que el color es claro. Además comentaron que es agua limpia, sin embargo, únicamente han llegado a beberla o utilizarla en la preparación de sus alimentos, en caso que no cuenten con agua potable y de manera inmediata a su captura. *“En ocasiones es un poquito como a tierra”. “Un tanto limpia, ya que contamos con montes para que se pueda limpiar de elementos que se encuentran en la atmósfera, aquí no tenemos esa contaminación que tenemos en el aire, si lo considero un poco limpia”.*

Sin embargo, la mayoría de los productores desconocen que el agua de lluvia tiene una calidad que cumple las especificaciones establecidas en la Norma Oficial Mexicana 041. Agua Potable, emitida por la Secretaría de Economía (Pineda, 2007). La falta de conocimiento de las características de calidad del agua de lluvia y del manejo adecuado en su captación y almacenamiento, provoca que los productores no tengan una buena aceptación para su uso en la preparación de alimentos y tomar. En el sur de Australia, el 42% de la población bebe el agua de lluvia y sólo 40% bebe de la principal fuente de abastecimiento de agua potable (Gleason, 2005).

En los casos en que los productores requieren utilizar el agua de lluvia para tomar o para la preparación de alimentos, los productores manifestaron conocer que es necesario hervirla o ponerle cloro para desinfectarla. Lo que concuerda con lo especificado por la Secretaría de Salud (2007), para el caso de consumir el agua de lluvia se le deben aplicar unas gotas de cloro, para desinfectar agua, utiliza una gota de plata coloidal o dos gotas de cloro por filtro y dejarla reposar durante media hora o hervirla por tres minutos. El cloro, oxidante poderoso, es, sin duda alguna, el desinfectante más importante que existe, debido a que reúne todas las ventajas requeridas, incluyendo su fácil dosificación y costo conveniente. Asimismo, la ebullición es uno de los métodos más eficaces y accesibles para la desinfección del agua. Sin embargo a pesar de su efectividad, la ebullición del agua como método normalizado para asegurar la calidad del agua de consumo es una opción

económicamente poco factible para la mayoría de las familias rurales en los países en desarrollo (Secretaría de Salud, 2007)

Estos conocimientos que poseen los productores sobre las formas de desinfección del agua, ya que la calidad del agua de lluvia captada, se puede conservar siguiendo algunas recomendaciones sencillas con el propósito que los productores la utilicen, para satisfacer necesidades de consumo doméstico, sin riesgos para la salud de quienes la utilicen para la preparación de alimentos o consumo directo.

6.5.6. Perspectivas del uso de la captación y almacenamiento del agua de lluvia. La mayoría de los productores opinaron que continuarán utilizando el agua de lluvia. Inclusive algunos productores consideran ampliar el área de captación e inclusive contar con una cisterna de mayor capacidad, para disponer de mayor volumen de agua para adquirir otro microtúnel o para utilizarla en otras actividades productivas como es la cría de peces, por lo que a futuro continuarán utilizando la infraestructura instalada. “Mi idea es tener un sembradío de peces, con la misma agua que riegas las plantas que crías tus animalitos, lo ideal sería conservar un buen de agua y como va a ser agua rodada ahí si crecen las carpas a la hora que tú quieras regar tus plantas pues no dañas para nada al animal y de ahí te sustentas te mantienes”. “Yo pienso que si ahorita llenamos esa capacidad de cisterna con lo que es una azotea quizá en un futuro ampliarla hacer otra, donde se pueda utilizar la otra parte del techo, es agua que se esta desperdiciando que llueve cae en las azoteas y se desperdicia por que no hay donde almacenarla entonces más que nada si ya hemos visto que si funciona y que si nos ayuda bastante pues no estaría mal captar lo más que se pueda”.

Asimismo, la mayoría de los productores de la fase piloto comentaron quieren obtener otro microtúnel, para producir más hortalizas ya que las hortalizas producidas son más sanas y nutritivas por que se riegan con agua limpia de lluvia y les permite incrementar sus ingresos. Los productores están consientes que las

ecotecnias aplicadas no son perjudiciales al ambiente y algunos señalan que son la forma de disminuir la contaminación.

Estos resultados indican que los productores de la fase piloto realizaron la captación y almacenamiento del agua de lluvia, tal como lo establecían los objetivos del proyecto, esto demuestra que los productores lograron entender la importancia del aprovechamiento del agua de lluvia, que es un nivel superior en cuanto al entendimiento del beneficio de utilizar la ecotecnia, a diferencia del que poseen los productores de la fase de expansión, quienes utilizan solamente la cisterna de almacenamiento para disponer de agua potable. Por esto es importante identificar los aspectos que se pueden implementar para que los productores, utilicen la infraestructura instalada para el aprovechamiento del agua de lluvia, no solo el agua potable.

A continuación se presentan algunos aspectos que favorecen y limitan el uso de la captación y almacenamiento del agua de lluvia.

## **6.6. Aspectos que Influyeron en la Adopción de la Captación y Almacenamiento del Agua de Lluvia.**

En los procesos de transferencia y adopción de tecnología, el ser humano y su entorno, son fundamentales. Entre los factores que favorecieron la adopción de la ecotecnia se encontraron principalmente las características de la ecotecnia, las características de los productos obtenidos, el apoyo institucional, la capacitación, la asesoría técnica, la motivación y participación de los productores en el proyecto y la actitud de quienes reciben y ofrecen la tecnología.

6.6.1. Aspectos técnicos. Entre los aspectos técnicos que favorecieron la adopción de la captación del agua de lluvia fueron:

6.6.1.1. *Utilidad de la ecotecnia.* Los productores participantes en ambas fases del proyecto manifestaron que la ecotecnia fue muy útil para ellos, pues satisface su necesidad de disponer de agua suficiente para realizar sus actividades domésticas y productivas.

La utilidad de la ecotecnia influyó en el interés mostrado por los productores hacia esta innovación y la aplicación de la misma. Mata (1992) y Altieri (1996), señalan que una de las características de las tecnologías innovadas que permite su adopción es la utilidad de ésta para los usuarios de las mismas, es decir, responde a las necesidades o problemas percibidos por los mismos agricultores. Por lo que esta característica favoreció la adopción de las mismas por los productores participantes en el proyecto.

6.6.1.2. *Aplicación y uso de la ecotecnia.* En la fase piloto del proyecto la mayoría de los productores participantes utilizaron la cisterna para almacenar agua de lluvia y en algunos casos para almacenar agua potable o agua de pipa, en época de escasez. Entre las principales ventajas que mencionaron los productores de contar con la cisterna fueron disponer de agua suficiente en todo el año y evitar el acarreo de agua de jagüeyes, actividad que implica un enorme esfuerzo, principalmente de mujeres y niños.

Los productores consideraron que la capacidad de la cisterna fue suficiente y que satisface sus requerimientos de agua. Los principales usos que le dieron al agua almacenada fueron para el riego de los cultivos en el microtúnel y en algunos casos para realizar actividades domésticas.

Sobre el uso de la ecotecnia la mayoría de los productores consideraron que fue fácil, debido a que es sencilla de operar y de mantener en condiciones de uso. Por lo que es otro factor que favorece la adopción de la ecotecnia, debido a que la manipulación de la tecnología por los propios campesinos, sin necesidad de una

formación técnica especial, es decir no debe ser compleja para su uso, como lo señala Mata (1999).

En la fase de expansión, a diferencia de la fase piloto, los productores utilizaron la cisterna en su mayoría para almacenar agua potable. Entre las razones por la que los productores no captan agua de lluvia, fueron que ningún productor ha realizado la adecuación de los techos para la captación, ni la instalación de la tubería de conducción. Además, los productores comentaron que el agua de lluvia almacenada carece de calidad, ya que se pone verde. Y aunque este aspecto se debe a la falta de conocimiento de los productores sobre el manejo del agua de lluvia, esto limitó la adopción de ecotecnia. Los productores desconocen que la calidad del agua de lluvia cumple las especificaciones de calidad de la NOM 041, de acuerdo a lo señalado por Pineda (2007).

En cuanto a la capacidad de la cisterna los productores opinaron que fue suficiente y que satisface sus requerimientos de agua, aunque la capacidad de la cisterna es mucho menor que la de la fase piloto.

Sin embargo, al igual que en la fase piloto los participantes comentaron que los principales usos que le dieron al agua almacenada fue para el riego de los cultivos en el microtúnel y en algunos casos para realizar actividades domésticas. Sobre el uso de la ecotecnia la mayoría de los productores consideraron que fue fácil, debido a que es sencilla de operar y de mantener en condiciones de uso.

6.6.1.3. *Materiales asequibles.* Otra característica que favoreció la adopción de la ecotecnia fue la utilización del material local, en el caso de los productores que adoptaron las cisternas de ferrocemento comentaron que los materiales son más fáciles de conseguir a diferencia de otros como por ejemplo la geomembrana, en la medida de lo posible las mallas de gallinero y la electrosoldada son materiales que tienen un menor costo y para evitar la dependencia de los proveedores externos como lo sería en el caso de la geomembrana. La tecnología debe ser asequible. Esto

significa, que los productores pueden conseguirla con sus recursos. Estos recursos - no son sólo económicos, sino de tiempo, esfuerzo o capacidad de comprenderla y aplicarla con los medios que disponen o a los que pudieran tener acceso (Mata, 1999).

6.6.1.4. *Otras características.* La ecotecnia de captación del agua de lluvia fue altamente valorada por los productores de la fase piloto del proyecto debido a que utilizan el agua de lluvia, que como lo menciona Mata (1999), la adopción se facilita si hay utilización de fuentes de energía renovables.

Aunado a esto la ecotecnia fue complementaria con la ecotecnia de producción de jitomate en hidroponía, Mata (1999), afirma que la adopción se facilita si la tecnología es complementaria. Además tiene la característica que esta complementariedad con la ecotecnia de producción de jitomate permite además que se cumpla con otra de las características señaladas por Mata (1999), que la tecnología genera fuentes de trabajo.

6.6.2. Aspectos económicos y financieros. Una de las principales razones por la que los productores implementaron la captación del agua de lluvia es debido a que recibieron apoyo económico de diversas instituciones para la infraestructura de captación, conducción y almacenamiento. Al igual que señala PESA (2007), el aspecto económico es uno de las principales desventajas, debido a que la inversión inicial alta que puede impedir la construcción del depósito, ya que las familias rurales son de escasos recursos económicos.

6.6.2.1. *Apoyo institucional.* De acuerdo con la opinión de los productores de ambas fases del proyecto, la implementación de la ecotecnia fue costosa, principalmente por la construcción de la cisterna. Por lo que es uno de los principales factores que limitan la adopción de la ecotecnia.

Así el apoyo económico y financiero que otorgaron diversas instituciones fue fundamental, para la implementación de la ecotecnia. En la fase piloto se contó con el apoyo económico del Fondo Mixto del Gobierno del Estado de Tlaxcala y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología para la construcción de las cisternas y para la capacitación sobre la ecotecnia. En la fase de expansión se contó con el apoyo económico y financiero de la Secretaría de Fomento Agropecuario del Estado de Tlaxcala.

En opinión de los productores participantes en ambas fases del proyecto el apoyo económico fue muy importante y muy útil, la mayoría comentó que sin el apoyo obtenido no podrían implementar la infraestructura de la ecotecnia, por que no disponen de los recursos suficientes.

En opinión de productores no participantes en el proyecto, la principal limitante fue la falta de recursos económicos para implementar la infraestructura. Comentaron que sería necesario contar con apoyo de algún programa para poder contar con este sistema.

### 6.6.3. Aspectos de capacidades.

6.6.3.1. *La capacitación recibida.* La capacitación permitió a los productores adquirir conocimientos de las características tecnológicas de las ecotecnias introducidas y habilidades para su uso y manejo, por lo que fue un factor que influyó en la adopción de esta ecotecnia.

La capacitación en la fase piloto del proyecto, estuvo a cargo del Dr. Aníbal Quispe Limaylla, Profesor - Investigador del Colegio de Postgraduados y abarcó contenidos sobre la captación del agua de lluvia y de la producción de jitomate en hidroponía. En cambio en la fase de expansión esta fue realizada por técnicos contratados por la SEFOA únicamente para la producción de jitomate, para la captación del agua de lluvia se realizó una visita a la comunidad de Española, por lo que los resultados

encontrados en ambas fases del proyecto fueron diferentes y no siempre satisfactorios.

En el caso de la comunidad de Españita, inicialmente los participantes realizaron una visita al Centro de Capacitación para el Desarrollo Rural Sustentable ubicado en Piedra Grande Huixquilucan, Estado de México. En este centro, se proporcionó una capacitación continua que facilitó la adopción de la ecotecnia. La mayoría de los productores participantes que recibieron capacitación opinó que fue muy útil, suficiente y muy buena, lo que motivó su participación activa en el proyecto en la implementación y uso de la ecotecnia. El 100% de los productores acondicionaron los techos de sus viviendas, instalaron la tubería de conducción y construyeron la cisterna de almacenamiento

Por su parte, los productores de Ixtacuixtla, Toluca de Guadalupe y San Nicolás Terrenate, en la fase de expansión del proyecto, opinaron que la capacitación fue insuficiente y la calificaron como regular y mala, debido principalmente a la falta de experiencia de los técnicos en el uso y manejo de la ecotecnia, lo que provocó desinterés y en algunos casos apatía de los productores a participar en el proyecto.

Lacki (2004), señala que la falta de adopción de tecnología, se debe a la débil o casi inexistentes programas de extensión rural, que incluyan asistencia técnica y capacitación de los productores. Y aunque en el proyecto se llevó a cabo la capacitación exitosamente en la fase piloto, desafortunadamente la falta de capacidad técnica de los técnicos en la fase de expansión limitó la adopción de la ecotecnia, ya que aunque los productores cuentan con cisternas de almacenamiento, no han adecuado los techos para la captación y conducción del agua.

Aunque los resultados de la capacitación no fueron los deseables en la fase de expansión del proyecto, la capacitación permitió a los productores conocer las ecotecnias y decidir implementarlas al conocer sus características, algunos productores opinaron que no hubieran podido implementar la ecotecnia sin la

capacitación “No hubiera podido realizar la ecotecnia solo, por que carecía de todos estos conocimientos”. “Pues Yo, sin en Dr. Quispe no hubiera construido la cisterna. No tenía la idea, no tenía ningún conocimiento, no lo había visto antes”. Lo que coincide cuando se cuestionó a productores no participantes en el proyecto, quienes señalan que no han realizado la captación y almacenamiento del agua de lluvia por la falta de conocimiento. Este resultado indica como lo señala Seixas (2002 citado en Quispe, 2007). Aún cuando existen tecnologías que pueden ser utilizadas por los productores, estas son desconocidas por ellos.

6.6.3.2. *Asesoría técnica.* La asesoría técnica en la fase piloto fue proporcionada por el promotor del proyecto y por personal contratado por la SEFOA. La mayoría de los productores opinaron que la asesoría proporcionada por el promotor fue periódica, buena y suficiente, pero en el caso de la asesoría proporcionada por los técnicos comentaron que fue entre regular y mala. Sin duda el desempeño y capacidad técnica del promotor fue fundamental para lograr que los productores se apropiaran de conocimientos y habilidades suficientes para la implementación y uso de la ecotecnia.

Asimismo, en la etapa de expansión del proyecto la asesoría técnica fue proporcionada por técnicos contratados por la SEFOA, la opinión de los productores sobre los técnicos coincidió con la de los productores participantes en la fase piloto. El deficiente desempeño de los técnicos por falta de experiencia en los aspectos técnicos del cultivo de jitomate y al poco conocimiento de la captación y almacenamiento del agua de lluvia, es motivo por el que los productores calificaron la asesoría proporcionada como mala e insuficiente.

6.6.3.3. *Experiencia previa de los participantes.* Uno de los aspectos que influyó en la adopción de la ecotecnia fue la experiencia en la fase previa de los productores en la captación y aprovechamiento del agua en época de escasez, que va de la simple práctica de colocar recipientes debajo del techo de su casa, al uso de tecnologías ancestrales como los jagüeyes.

Así la adopción de esta innovación se facilitó debido a que la tecnología innovada fue como lo señala Ramírez (2005 citado en Chávez, 2007) adaptada al sistema social y cultural de los productores que pretenden utilizarla, además de que su aplicación no debe competir con sus creencias o vivencias fuertemente arraigadas (Mata, 1992; Altieri, 1996; Ojeda 2000).

Asimismo, otra experiencia previa que se puede considerar que favoreció la adopción de la captación y almacenamiento del agua de lluvia fue sobre albañilería, por lo que la construcción de las cisternas se facilitó al partir de estos conocimientos previos.

6.6.3.4. *Motivación y participación de los productores en el proyecto.* La motivación y participación de los productores en el proyecto se logró a través de diferentes actividades en el proyecto.

En ambas fases del proyecto se realizaron reuniones de sensibilización que despertaron el interés de los productores en participar en el proyecto, al conocer los objetivos y beneficios del proyecto. No obstante el mayor interés en participar se logró con las visitas realizadas. En la fase piloto se realizó la visita al Centro de Capacitación para el Desarrollo Rural Sustentable (CEDER) del Grupo para Promover la Educación y el Desarrollo Sustentable, A. C. (GRUPEDSAC) en Piedra Grande, municipio de Huixquilucan, Estado de México. En el caso de la fase de expansión la visita se realizó a las casas de los productores de Españita que implementaron la ecotecnia. El impactó de las visitas fue relevante en el ánimo y participación de los productores en el proyecto.

La capacitación, en el caso de Españita, se realizó utilizando la metodología de aprender - haciendo, lo que facilitó la participación de todos los integrantes de proyecto y la integración del grupo de productores, generándose un ambiente propicio para mantener el interés de los productores en el proyecto.

Sin embargo, en la fase de expansión, no se realizó la capacitación sobre esta ecotecnia por lo que los productores realizaron la construcción de su cisterna del material, forma y tamaño que decidieron de forma individual. Por lo cual no se logró involucrar a los productores de la misma forma que en la fase piloto.

Otra actividad que ha permitido mantener la participación de los productores e incrementar su motivación, solo en el caso de los productores participantes en la fase piloto, fue su participación en la divulgación de las ecotecnias a otros productores, investigadores y estudiantes que les visitaron.

6.6.3.5. *Productos obtenidos en el proyecto.* Este elemento, fue fundamental para motivar la participación de los productores en el proyecto, es evidente el interés de los productores en trabajar e invertir su tiempo en actividades que les permita obtener resultados tangibles y a corto plazo, tal como lo señala Aguilar (1994) y Gliessman (2002).

El uso de esta ecotecnia permite a las familias disponer de agua en cantidad suficiente para utilizarla en los riegos de los cultivos que estas pretendan obtener. Además, los productores le dieron un alto valor e importancia al agua.

Asimismo, permitió la obtención de hortalizas sanas, tales como jitomate, brócoli y en algunos casos chile e inclusive para el riego de cultivos básicos en pequeña escala o de hortalizas a cielo abierto. Aunque estas ecotecnias por si mismas, no implica la aplicación de la tecnología en pequeña escala, debido a las dimensiones reducidas de las parcelas. Esto influyó en los productores para la adopción de la ecotecnia ya que los productores valoran altamente la calidad de las hortalizas obtenidas como fueron: el mejor sabor, son más sanas por que se producen con fertilizante orgánico, sin químicos, tienen una mejor consistencia y no se echan a perder fácilmente. Todos los productores que participaron en el proyecto consideraron que las hortalizas obtenidas con la aplicación de las ecotecnias fueron de excelente calidad.

A través de esta característica esta ecotecnia tendría un factor que potencia su uso y favorece su adopción.

6.6.3.6. *Comunicación de sus conocimientos sobre la ecotecnia.* Según Mata (1999) la comunicabilidad de la ecotecnia, se refiere a que los resultados de una innovación pueden ser descritos y difundidos a otros.

En el caso de la fase piloto, el promotor impulsó a los productores a comunicar sus experiencias a través de los grupos de visita que llevaba a las comunidades, y a través de la divulgación del proyecto en eventos organizados por las instituciones gubernamentales que apoyaron para el establecimiento de estas innovaciones (Chávez, 2007). En el caso de la fase piloto, la mayoría de los productores participantes han compartido sus conocimientos principalmente con grupos de visita que lleva el responsable del proyecto, grupos integrados por diversos tipos de personas como productores del mismo estado de Tlaxcala, académicos, investigadores y estudiantes.

En la fase piloto se elaboraron un folleto, un manual y un video, para difundir el uso de las tres ecotecnias.

6.6.3.7. *Seguimiento.* El seguimiento del proyecto en la fase piloto de Españita la realizó el promotor del proyecto, del Colegio de Postgraduados, lo que favoreció la adopción de la ecotecnia. Ya que los productores tenían oportunidad de consultarle sus dudas e inquietudes y resolverlas de forma más inmediata. En cambio en la fase de expansión en las comunidades de Ixtacuixtla, Toluca de Guadalupe y San Nicolás, Terrenate, el seguimiento se realizó por parte de técnicos de la SEFOA, sin embargo, la frecuencia de estas visitas fue muy esporádica por lo que no se logró el mismo nivel de confianza de los productores con los técnicos y mucho menos resolver las dudas respecto al uso de las ecotecnias. Lo que explica la baja adopción de los productores de la ecotecnia. Ya que como se señaló anteriormente los productores utilizan las cisternas para el almacenamiento del agua potable y no de

agua potable. Inclusive a varios productores les falta realizar la adecuación de los techos y de la instalación de las tuberías de conducción.

Los resultados encontrados indican que el grado de adopción de la ecotecnia fue mayor en Españita. Esto se debe a diversos aspectos como ya se mencionó, lo ideal para el proyecto hubiese sido contar con la participación del Dr. Aníbal Quispe Limaylla, promotor del proyecto, en la fase de expansión para asesorar a los coordinadores del proyecto de la SEFOA. Debido a que el aportó mucho durante la fase piloto y los resultados fueron más satisfactorios que en la fase de expansión.

#### **6.7. Desarrollo de Capacidades de los Integrantes de una Familia Rural en el Manejo de las Ecotecnias.**

En este apartado se presentan las capacidades adquiridas por los productores participantes en el proyecto “Transferencia y adopción de ecotecnias para el aprovechamiento de los traspatios”. Se describe el proceso de capacitación y asesoría técnica que tuvieron los productores participantes en el proyecto, que contribuyó al desarrollo de sus capacidades, tanto en la fase piloto en la comunidad de Españita, como en la fase de expansión en las comunidades de Ixtacuixtla, Toluca de Guadalupe y San Nicolás, Terrenate. Se presentan además de las capacidades técnicas para el uso y manejo de la ecotecnia de captación y almacenamiento del agua de lluvia, las capacidades técnicas para la producción de jitomate en microtúnel, las capacidades gerenciales y las actitudes, adquiridas por los productores durante su participación en el proyecto. Asimismo, se señala el nivel mínimo o básico que deberían poseer los productores, para el funcionamiento óptimo de las ecotecnias y el nivel avanzado al que sería deseable llegaran a dominar. Finalmente, se muestra una propuesta de las capacidades que idóneamente debería desarrollar un productor, para implementar y operar la ecotecnia de captación del agua de lluvia y para producir jitomate en microtúnel de forma eficiente, así como para realizar un óptimo aprovechamiento de su traspatio.

Las capacidades refieren al conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes, valores, relaciones, motivaciones y condiciones que permiten tanto a los individuos como a las organizaciones, el desempeño de sus funciones y alcanzar los objetivos que se han planteado entorno a su desarrollo (Horton, 2004). El término capacidades se ha extendido gradualmente hacia dos tipos diferentes de capacidades: técnicas y gerenciales (Cardona, 2000).

El desarrollo de capacidades es el proceso mediante el cual las personas, mejoran sus habilidades y competencias, para desempeñar sus funciones y alcanzar los resultados deseados a través del tiempo. Dado que se desarrolla en diferentes niveles, coadyuva a la atención de los problemas estructurales y mejora de los procesos de vida y de trabajo de las personas y de las organizaciones (INCA RURAL, 2005).

A continuación se presenta el proceso de sensibilización, capacitación y asesoría técnica que se realizó con los productores a fin de conocer la metodología utilizada, para desarrollar las capacidades, para el uso y manejo de las ecotecnias de “Captación del agua de lluvia” y “Producción de jitomate en microtúnel”.

6.7.1. Proceso de desarrollo de capacidades. En este punto se presenta el proceso de sensibilización, capacitación y asesoría técnica que se realizó en las dos fases del proyecto. Sin duda la sensibilización, capacitación y asesoría técnica fueron fundamentales, para el desarrollo de capacidades de los productores participantes en el proyecto. Cabe mencionar, que en este apartado se incluye el proceso de capacidades que les permitió a los productores utilizar y manejar no solo la ecotecnia de captación y almacenamiento del agua de lluvia, sino también la ecotecnia de producción de jitomate en microtúnel.

6.7.1.1. *Reuniones de sensibilización*. Antes de la capacitación se realizaron reuniones de sensibilización, tanto en la fase piloto como en la fase de expansión.

En la fase piloto, el promotor del proyecto realizó pláticas con los productores, para llevar a cabo el proyecto. Principalmente, les explicó en qué consistían las ecotecnias y su propósito fundamental, que era la obtención de alimentos sanos para las familias, logrando despertar interés y motivación en los productores, para participar en el proyecto.

En la fase de expansión, también, se realizaron reuniones de sensibilización, para explicar los beneficios del proyecto a los productores y recibir retroalimentación de los productores como comenta Ignacio López Sánchez, Ex secretario de la SEFOA. *“En las reuniones de sensibilización se explicó como realizar la captación del agua de lluvia y algunos principios de la agricultura bajo clima controlado, de aquí empezamos a invitar a la gente. Estas reuniones tenían el objetivo de motivarlos y comentarles los beneficios que obtendrían del proyecto. Un aspecto muy importante fue concientizar a los productores, sobre los beneficios de captar el agua de lluvia y conocer dudas de los productores que nos permitieron retroalimentarnos”*. Sin embargo, algunos productores comentaron que no les informaron que tenían que realizar el aprovechamiento del agua de lluvia *“Nos dijeron que nos iban a dar el invernadero y la cisterna, pero nunca nos dieron asesoría de cómo íbamos a trabajar y como hacerle, hasta la última plática nos dijeron que tendríamos que captar el agua de lluvia”*.

A través de las reuniones de sensibilización realizadas en ambas fases del proyecto, se logró el primer acercamiento de los promotores y coordinadores del proyecto con los productores, despertar el interés y motivación de los productores para participar en el proyecto y ajustar sus expectativas al alcance del proyecto. En la fase piloto los productores tuvieron suficiente información sobre los beneficios del proyecto, de la importancia del uso de ambas ecotecnias para el aprovechamiento del traspatio, lo cual generó interés y motivación para que participaran en el proyecto. Sin embargo, en la fase de expansión la información que proporcionaron los coordinadores del

proyecto a los productores fue insuficiente, ya que afirmaron que no les informaron sobre la necesidad e importancia de captar el agua de lluvia.

6.7.1.2. *Capacitación.* La capacitación tiene como finalidad ofrecer a las personas la posibilidad de desarrollar un conjunto de nuevos conocimientos y destrezas orientados a transformar parcialmente la realidad que los rodea y realizar en forma óptima actividades, para el logro de sus propios fines (Mata, 1999). En opinión del técnico de SEFOA *“La capacitación fue muy importante, por que al inicio del proyecto los productores empiezan de cero, se puede decir que no saben nada. Saben sembrar maíz, frijol, haba, chícharo, otro tipo de cultivos a cielo abierto, por lo que requieren capacitación, para aprender el manejo de fertilizantes, plagas, sustratos e insumos, en condiciones controladas del jitomate”.*

En la fase piloto del proyecto participaron veinte familias en el proceso de capacitación. La capacitación de los productores inició con una visita al Centro Educativo para el Desarrollo Rural (CEDER), del Grupo para Promover la Educación y el Desarrollo Sustentable, A. C. (GRUPEDSAC) en Piedra Grande, Huixquilucan, Estado de México.

Participaron dos representantes por familia, 42 personas en total, -jefes de familia, cónyuges, hijos u otros miembros-, con el objeto de conocer y observar diversas ecotecnias, dentro de las cuales se encontraban las que el proyecto proponía promover.

A esta visita, continuaron seis sesiones de dos horas, en distintos períodos, para explicar y demostrar sobre la construcción de la cisterna para captar el agua de lluvia, la instalación de los invernaderos y la producción de hortalizas. La capacitación se realizó utilizando la metodología, “aprender – haciendo”, combinando la teoría, la práctica y la reflexión. Además, de la capacitación los productores recibieron asesoría técnica frecuente durante el proceso de producción de hortalizas en el traspatio y en la captación y almacenamiento del agua de lluvia. La

capacitación y asesoría técnica la proporcionó el Dr. Aníbal Quispe Limaylla, Investigador del Colegio de Postgraduados y sólo en un ciclo productivo personal técnico contratado por la SEFOA.

La capacitación se realizó en varias sesiones con la finalidad de proporcionar al productor información para la producción de jitomate en microtúnel. Durante el proceso de producción de jitomate se proporcionó asesoría técnica a los productores, a fin de apoyarlos para obtener la primera cosecha de jitomate. Sin embargo, la asesoría técnica concluyó después de un período de 6 meses por lo que los productores comentan que fue tiempo insuficiente.

En la fase de expansión a diferencia de la fase piloto del proyecto, participaron en el proceso de capacitación solamente los productores del grupo -10 productores por comunidad- ningún otro integrante de la familia. Primeramente, se realizó una visita a la comunidad de Españita, con el propósito de que los productores conocieran y observaran las ecotecias de “Captación del agua de lluvia” y la “Producción de jitomate en microtúnel.

La decisión de involucrar a otros miembros de la familia en la capacitación de los productores en la fase piloto fue muy acertada, por que facilitó que los productores compartieran el interés de aprovechar el traspatio con otros miembros de su familia quienes también tuvieron posibilidad de apropiarse de las tecnologías propuestas.

Después de la visita, los productores debieron ser capacitados, sin embargo, sólo se les entregó la planta de jitomate. Y como comentó el técnico de la SEFOA *“Ellos produjeron como pudieron, se puede decir que los dejamos ahora si que a pie y andando, a lo mejor ni caminando o sea los dejamos con una venda en los ojos.”* Debido a que desafortunadamente la capacitación y asesoría técnica no se autorizó en el tiempo programado.

Fue hasta el segundo año del proyecto, en el 2006, que se realizaron 2 cursos de capacitación con enfoque de competencia laboral, por personal del CBETA contratado por la SEFOA, con 40 horas de duración y 5 sesiones de 8 horas en una semana. Anexo 2. Constancia del curso. *“Ya en el segundo año, ya saben que aplicar, ya saben más o menos que enfermedades le pega a su planta, creo que si se ha avanzado en base a la capacitación que se dio, además van agarrando experiencia y de alguna manera están sacando adelante su proyecto”.*

El primer curso “Producción de hortaliza bajo cubierta: Jitomate en hidroponía”, se realizó del 13 al 17 de marzo del 2006. Los temas de este curso se muestran en el Cuadro 12.

**Cuadro 12. Temas del curso de capacitación. “Producción de hortaliza bajo cubierta: Jitomate en hidroponía”**

Tema	Duración, horas
Introducción	2
Acondicionamiento de la infraestructura, (riego)	6
Preparación del sustrato	8
Siembra y trasplante	8
Manejo del cultivo	8
Cosecha y Postcosecha	8

El segundo curso “Producción de plantas” se realizó del 17 al 21 de julio del 2006., 4 meses después del primer curso. E incluyó los temas que se muestran en el Cuadro 13.

**Cuadro 13. Temas del curso de capacitación. “Producción de plantas”**

Tema	Duración, horas
Introducción	2
Acondicionamiento de la infraestructura, (riego)	2
Preparación de medios de germinación	10
Establecimiento del cultivo	10
Manejo del cultivo	12
Cosecha y Postcosecha	4

En ambos cursos de capacitación, se les proporcionó información teórica a los productores sobre aspectos del proceso de producción del jitomate y se realizaron visitas a invernaderos de la región, en donde se hicieron recorridos de las instalaciones y se realizaron algunas prácticas como la preparación y desinfección del sustrato. La limitante durante las visitas fue que al no contar con planta en las diferentes etapas de desarrollo, faltó realizar prácticas de otras actividades importantes para el cultivo como trasplante, poda, manejo del dosel, entre otras. Y aunque esta situación podría subsanarse durante la asesoría técnica, la cual se va proporcionando conforme se desarrolla el cultivo, este no fue el caso, como se explicará en el siguiente punto.

Respecto a los temas de los cursos, Cuadro 12 y Cuadro 13 se observa que tres de estos están repetidos “Acondicionamiento de la infraestructura (riego), manejo del cultivo y cosecha y postcosecha. En el caso del curso de producción de plantas, el tema de cosecha y postcosecha, no es requerido, ya que este curso de trata de obtener plántulas en vivero. Estos datos indican que faltó como lo señala Duch (2005), se vea a la capacitación como un hecho organizado y propuesto en forma dirigida en el que se sistematizan los aprendizajes surgidos del análisis de las experiencias vividas y se planean acciones más concientes a las que se le van incorporando, periódicamente, conocimientos y formas nuevas de trabajo. A pesar de este esfuerzo de capacitación los productores participantes en esta fase de expansión, aseguran carecer de suficientes capacidades para la producción de jitomate en microtúnel. Los productores calificaron la capacitación entre regular y mala y afirmaron que requieren más capacitación, por que mantienen el interés por aprender a producir bien, lo cual es una gran ventaja que la complementariedad de las ecotecnias ofrecen. *“Eso es lo que nos hace mucha falta, mucha capacitación, aprender más para saber las toneladas”*.

Varios productores mencionaron la necesidad e interés por aprender a producir bien, ya que a pesar de los pocos conocimientos y experiencia, han obtenido algunos resultados, que les ha permitido producir y tener ingresos por la venta del producto

*“Para mi lo que me hace falta que me expliquen que tipo de planta es, cuanto se le tiene que quitar de hojas, como que mantenimiento tiene, por que no creció –apenas van naciendo y ya se están cociendo- y es lo que yo no sabría contestar”.*

Los productores carecen de varios conocimientos, por lo que obtienen productos de baja calidad y con poco rendimiento, desconocen las dosis y tipos de fertilizante conforme el desarrollo del cultivo, realizar la poda, controlar las condiciones de temperatura y humedad, para evitar en lo posible la proliferación de plagas y enfermedades; entre otras cuestiones más. *“La planta se enchino y no sabíamos ni que echarle” “Tiene mosca negra, mosca blanca, luego se esta poniendo como pinta y todo eso nosotros no sabemos como atacarle las plagas”.*

A diferencia de la fase piloto en la fase de expansión, no se proporcionó capacitación para la construcción de la cisterna. En Españita después de tres días de capacitación se acordó en grupo que entre todos los productores participantes construirían una cisterna, con el fin de aprender-haciendo. Se sorteó entre las familias con quién se iniciaría y se construyó en grupo una cisterna, lo que les permitió mayor involucramiento y mayor apropiación de los conocimientos y habilidades para la instalación, construcción y operación de la ecotecnia. Esto es, la cisterna para captar el agua de lluvia.

En cambio los productores participantes en la fase de expansión al carecer de suficientes conocimientos decidieron construir la cisterna por cuenta propia. Ya que el único referente para implementar esta ecotecnia fue la visita realizada a la comunidad de Españita, los productores decidieron utilizar materiales para ellos conocidos como el tabique, el block y de concreto; así la visita a Españita y la práctica y experimentación continúa durante el desarrollo del proyecto fue la forma como se fueron apropiando de conocimientos y habilidades. Al respecto los productores participantes en esta fase opinaron que desconocían las ventajas, desventajas y procedimiento de construcción del ferrocemento, así mismo no han concluido la adecuación de los techos de sus viviendas, la instalación de la tubería y

por lo tanto la captación del agua y almacenamiento del agua de lluvia. Los productores mencionaron que deberían capacitarlos tanto para el diseño, instalación y construcción de la infraestructura, como para el uso y manejo de la captación del agua de lluvia. El técnico de la SEFOA comentó *“En la captación, en eso no se capacitaron nomás los invitaron a las visitas. La capacitación fue más en la producción en el microtúnel”*.

Desafortunadamente, los coordinadores del proyecto en la fase de expansión no replicaron la experiencia de la construcción de la cisterna con la metodología de aprender-haciendo que se utilizó en España. Lo más acertado era contar con la asesoría y participación del promotor del proyecto de la fase piloto, para que retroalimentara y enriqueciera con su experiencia la fase de expansión del proyecto. El resultado de la falta de capacitación fue que los productores aún no han concluido la instalación de la ecotecnia y utilizan la cisterna de almacenamiento para captar agua potable.

6.7.1.3. *Asesoría técnica.* En la fase piloto del proyecto, los productores recibieron asesoría técnica frecuente durante el proceso de producción de hortalizas en el traspatio y en la captación y almacenamiento del agua de lluvia. La asesoría técnica la proporcionó el Dr. Aníbal Quispe Limaylla, Investigador del Colegio de Postgraduados y en tanto que en la fase de expansión sólo en un ciclo productivo el personal técnico contratado por la SEFOA proporcionó mínimo de las ecotecnias involucradas.

En la fase de expansión la asesoría técnica fue por un período de 6 meses -a partir de que recibieron la autorización de su proyecto- una vez por semana, con una duración de 3 horas en promedio al día. La asesoría técnica la proporcionaron técnicos del Programa de Desarrollo de Capacidades, PRODESCA, programa federal que ejecuta el INCA RURAL-SAGARPA.

La asesoría técnica consistió en realizar reuniones con los productores en las que se les proporcionó información teórica y práctica sobre aspectos agronómicos del cultivo y de la organización de productores, al respecto algunos productores comentaron *“La asesoría técnica consistía en hablar mayormente sobre aspectos teóricos de la producción de jitomate”*. Además, se realizaron visitas a los microtúneles, para observar el desarrollo del cultivo, la incidencia de plagas o enfermedades y las deficiencias nutricionales en las plantas entre otros aspectos, para hacer recomendaciones conforme lo observado.

Si bien es muy acertado realizar visitas a los proyectos exitosos, como una actividad dentro del proceso de capacitación, es importante considerar que esta actividad no cumplió completamente los objetivos de un curso de capacitación, por lo que debe complementarse con sesiones de capacitación, sobre todo con la metodología *“aprender – haciendo”* como la utilizada en la fase piloto, la cual les permitiría a los productores, por una parte, obtener los conocimientos suficientes y adquirir las habilidades necesarias para el diseño, instalación, construcción y operación de esta ecotecnia y en la producción de jitomate, manejar el cultivo adecuadamente, obtener la calidad y rendimientos esperados. *“Pues si aprendo más, así ya obtendría la tonelada y cacho”.* *“Si hace falta más asesoría con respecto al desarrollo de la planta, de algunas plagas, ya que cuando crece el jitomate, ya el técnico no asistía, ya que se había acabado su contrato”*.

Otra actividad importante del técnico durante la asesoría técnica, consistió en resolver las dudas e inquietudes de los productores, como lo comenta un técnico *“La asesoría más que nada nosotros la vamos dando conforme sus dudas, conforme los detalles que van saliendo”*. Sin embargo, en opinión de algunos productores, no siempre los técnicos tenían la capacidad de lograr este propósito. *“No fue posible que resolviera las dudas, siempre decía más adelante lo vamos a ver y el problema fue que ya no regreso, no termino de enseñar”*. Aunado a esto, en muchos de los casos no presentaron problemas de plagas o enfermedades por lo que no se presentó la oportunidad de conocer sobre este tipo de aspectos”.

En algunos casos, se asesoró a los productores en la producción de otros cultivos, como chile, lechuga y brócoli. Sin embargo, esta asesoría fue elemental, ya que aún los productores desconocen el manejo adecuado de cada cultivo, por lo que en la medida en que continúen practicando y experimentando, lograrán mayores conocimientos y destrezas sobre el manejo de estos cultivos. Lo deseable sería que los técnicos asumieran el reto de capacitar a los productores y les desarrollen estas capacidades. Sin embargo, esta iniciativa que han tenido los productores, les ha dado la visión que pueden diversificar su producción y a través de su experimentación y práctica cotidiana han empezado a desarrollar algunos conocimientos y habilidades para el manejo sobre la producción de estos productos.

En opinión de los productores, la capacitación y asesoría técnica no fue suficiente. *“No más nos enseñó en cuestión de la planta y sembrado de la misma y los virus que podía tener la planta del jitomate”*. *“La asesoría no fue la ideal, la que se hubiera querido y a la que aspiraban los productores, por que también los mismos técnicos se estaban iniciando en este proyecto. Inclusive para el jitomate, al inicio del proyecto, no teníamos producción de jitomate”* (Ignacio López, Sánchez; Ex Secretario, SEFOA). Este hecho limitó fuertemente el potencial de la asesoría técnica, durante el primer año del proyecto, por que al no contar con el cultivo del jitomate, los productores carecían de un referente para entender las actividades que implica la producción del jitomate y las labores agrícolas que requiere”. Además, a la falta de conocimientos y experiencia de los técnicos.

El alcance de la capacitación en la fase de expansión fue limitado, *“Pues la capacitación fue buena por que nos impulso a empezar con todo esto”*. Faltó valorar la capacitación como la oportunidad para potenciar las capacidades de los productores en la transformación de sus procesos y condiciones de vida, que les permita la satisfacción del conjunto de necesidades económicas, sociales y culturales; que además de habilidades o destrezas, las personas adquieren

conocimiento de causa, motivación y una actitud de lucha, para conocer y enfrentar problemas (Mata, 1999).

Faltó en la fase de expansión ubicar al productor como lo más importante en los procesos de desarrollo, como lo plantea el desarrollo a escala humana, que establece que el desarrollo se refiere a personas y da prioridad a la formación caracterizada por la capacitación y educación de ellos mismos; formación que les permita mejorar e incrementar sus destrezas y habilidades en el manejo y administración de sus recursos, que les oriente en generar iniciativas para superar su calidad de vida y que responda a la obtención de satisfacciones con base a sus propias aspiraciones (Mata, 2002).

A pesar que no todos los productores tuvieron una buena capacitación y asesoría técnica, varios productores a través de iniciativa propia, de la práctica cotidiana, han ido adquiriendo capacidades para la producción de jitomate y de la captación y almacenamiento del agua de lluvia. A continuación se presentan estas capacidades.

6.7.2. Capacidades técnicas adquiridas en el proyecto. En este apartado se presentan las diferentes capacidades técnicas adquiridas por las familias rurales durante su participación en el proyecto en las fases piloto y de expansión y el nivel básico o avanzado en el que se ubican las mismas.

Las capacidades técnicas, duras se refieren a los conocimientos, habilidades y destrezas laborales específicas -aptitudes-, distintivas de las personas de desempeño excepcional en un trabajo o función en particular. Por ejemplo, ciertos trabajos pueden requerir un conocimiento específico de inglés o de habilidades mecanográficas. Estas habilidades serían catalogadas como capacidades técnicas para estos trabajos (Cardona, 2000).

En este estudio las capacidades técnicas son aquellos conocimientos y habilidades específicas de los aspectos técnicos que el uso y manejo de la captación del agua de la lluvia involucran, así como las que se refieren a la producción de jitomate.

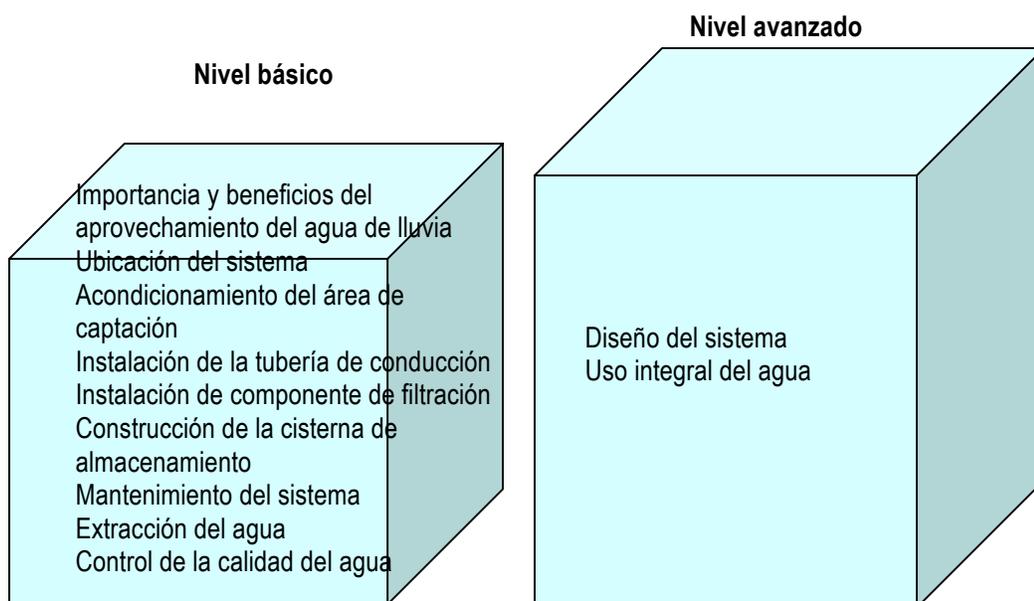
Los niveles que se consideraron para clasificar las capacidades técnicas fueron a) básico y b) avanzado. Esta clasificación corresponde al grado de complejidad del conocimiento o habilidad de que se trate. El nivel básico incluye los conocimientos y habilidades mínimos necesarios que el productor requiere poseer para usar y manejar la ecotecnia. El nivel avanzado incluye los conocimientos y habilidades que le permitirán al productor mejorar su desempeño y el proceso productivo, como puede ser el manejo de técnicas alternativas o el uso de materiales o equipos diferentes, que generalmente tienen un mayor grado de complejidad. Y aunque no necesariamente deben poseerlas los productores, es deseable que las desarrollen para que entren en un proceso de mejora continua que les posibilite ir incrementando sus capacidades a lo largo del desarrollo del proyecto y de su vida.

6.7.2.1. *Capacidades técnicas para la captación y almacenamiento del agua de lluvia.* Definitivamente los productores han desarrollado algunas capacidades para captar y almacenar el agua de lluvia. En este apartado se describen las habilidades y conocimientos que se requieren para el diseño, instalación, construcción, operación y mantenimiento de la ecotecnia; -la cisterna- con la finalidad de aprovechar el agua de lluvia para realizar actividades productivas, así como para actividades y necesidades domésticas.

En la fase piloto del proyecto, los resultados de la capacitación fueron al menos 10 personas capacitadas, con conocimientos, habilidades y motivaciones para implementar la captación del agua de lluvia. Asimismo, en la fase de expansión, se logró un total 30 productores con capacidades para el aprovechamiento del agua de lluvia. A diferencia de la fase piloto, en la fase de expansión las capacidades para la construcción de la cisterna se desarrollaron a partir de la participación de los productores en la construcción de su propia cisterna, a partir de su propia

experiencia y conocimientos debido a que no les proporcionaron capacitación previa y durante la puesta en marcha de la construcción y utilización de la cisterna.

A través de las entrevistas se identificaron las capacidades técnicas que los productores adquirieron en el proyecto. En la figura 24 se presentan las capacidades adquiridas, el nivel al que corresponden y el porcentaje de productores que las adquirieron.



**Figura 24. Niveles de capacidades para la instalación y . operación del sistema de captación del agua de lluvia.**

Para valorar la adquisición de capacidades, se utilizó una escala en porcentajes de cero a cien; el cero significó ninguna capacidad y cien suficiente. Los resultados se pueden observar por cada fase del proyecto en el Cuadro 14.

**Cuadro 14. Porcentaje de productores según las capacidades técnicas adquiridas en el proyecto para la captación del agua de lluvia**

Capacidades adquiridas	Tipo de capacidad	Nivel básico	Nivel avanzado	% Productores fase piloto				% Productores fase de expansión			
				<25%	26-50%	51-75%	76-100%	<25%	26-50%	51-75%	76-100%
1. Importancia y beneficios del aprovechamiento del agua de lluvia	Conocimiento			0	12	38	50	62	38	0	0
2. Diseño del sistema de captación y almacenamiento del agua de lluvia	Conocimiento			0	38	62	0	90	10	0	0
3. Ubicación del sistema de captación y almacenamiento del agua de lluvia	Habilidad			0	0	75	25	38	62	0	0
4. Acondicionamiento del área de captación del agua	Habilidad			0	0	62	38	90	10	0	0
5. Instalación de la tubería de conducción del agua	Habilidad			0	0	62	38	90	10	0	0
6. Instalación o construcción del componente de filtración del agua	Habilidad			0	0	12	88	90	10	0	0
7. Construcción de la cisternas de ferrocemento	Habilidad			0	0	62	38	90	10	0	0
8. Construcción de la cisterna block	Habilidad			88	12	0	0	35	55	0	0
9. Construcción de la cisterna tabique	Habilidad			88	12	0	0	38	62	0	0
10. Construcción de la cisterna concreto	Habilidad			88	12	0	0	90	10	0	0
11. Construcción de la cisterna geomembrana	Habilidad			100	0	0	0	100	0	0	0
12. Mantenimiento del sistema				0	0	62	38	0	90	10	0
13. Extracción del agua	Habilidad			0	0	62	38	90	10	0	0
14. Control de calidad del agua	Habilidad			0	0	88	13	90	10	0	0
15. Uso integral del agua	Habilidad			0	12	75	13	55	35	10	0

*1. Importancia y beneficios del aprovechamiento del agua de lluvia* .Este conocimiento es básico, ya que consiste en reconocer la importancia y beneficios de captar y almacenar agua de lluvia, para tener acceso y disponibilidad de agua de buena calidad durante la época de sequía, en la cual la escasez de agua se acentúa. Asimismo, consiste en conocer que entre los beneficios de disponer de agua, están el hecho de resolver satisfactoriamente sus necesidades de consumo en actividades básicas como el aseo personal, entre otras; y disponer de agua suficiente para la producción agrícola y pecuaria, que a le facilita obtener alimentos, tanto para su consumo como para la venta, entre otros beneficios como evitar utilizar agua del jagüey, comprar agua de pipa o de garrafón.

La mayoría de los productores de la fase piloto consideraron tener conocimientos suficientes y regulares sobre la importancia y los beneficios del aprovechamiento del agua de lluvia, ya que además de tener una buena capacitación, el promotor de la ecotecnia tenía una buena capacidad técnica que les permitió lograr desarrollar esta capacidad en los productores.

En la fase de expansión solo algunos productores fueron los que poseían este conocimiento, debido, principalmente a que no recibieron capacitación ni asesoría técnica sobre la ecotecnia correspondiente. Por lo cual estos productores no han concluido la instalación de la infraestructura de captación y por lo tanto solo almacenan agua potable y el agua de lluvia, como esta previsto para esta ecotecnia.

*2. Diseño del sistema de captación y almacenamiento del agua de lluvia.* El diseño del sistema incluye el cálculo de la demanda de agua, de la precipitación pluvial neta, del área de captación, del caudal de la tubería de conducción y de la capacidad de la cisterna de almacenamiento. En ambas fases del proyecto los productores tenían pocos conocimientos sobre el diseño de los componentes del sistema y aunque estos conocimientos son avanzados sería conveniente que los productores los adquirieran para tener la capacidad de capacitar a otros productores a implementar esta ecotecnia, con base en un conocimiento construido.

3. *Ubicación del sistema* .Esta habilidad básica, tiene poca dificultad, por lo que los productores de la fase piloto señalaron tener suficientes conocimientos sobre los criterios para seleccionar el lugar donde se instalará el sistema. A diferencia, los productores de la fase de expansión comentaron tener regulares y pocos conocimientos.

4. *Acondicionamiento del área de captación del agua*. En la fase piloto los productores adquirieron suficientes conocimientos para acondicionar el área de captación del agua de lluvia, ya que además de capacitarse también realizaron la adecuación de los techos de sus viviendas. En cambio los productores de la fase de expansión, solamente lograron adquirir pocas habilidades, debido a que no recibieron capacitación ni asesoría técnica y aún no han realizado la adecuación de los techos. Esta capacidad requiere identificar los lugares con pendiente que faciliten la conducción del agua a un solo punto, para posteriormente conducirla a través de la red de tubería.

5. *Instalación de la tubería de conducción* .La mayoría de los productores de la fase piloto adquirieron esta habilidad básica, para instalar la tubería de conducción. En cambio en la fase de expansión, pocos productores la han logrado adquirir, principalmente por la falta de capacitación y pro que aún no la han realizado, por lo que no han tenido la experiencia de poner en práctica esta habilidad.

6. *Instalación o construcción del componente de filtración*. Solamente en la fase piloto se ha implementado este componente, en la fase de expansión no se cuenta con esta instalación. Por lo que los productores de la fase piloto han adquirido habilidades regulares y suficientes para la instalación de este componente. No obstante, los productores de la fase de expansión carecen de esta habilidad.

7. *Construcción de la cisterna de ferrocemento*. En caso de la fase piloto la mayoría de los productores mostraron suficientes conocimientos sobre las ventajas de este

material. Entre las ventajas que mencionaron conocer fueron el menor costo, la mayor durabilidad y la mejor resistencia a sismos. En cambio los productores de la fase de expansión no tenían conocimiento de las características del material ni del procedimiento de construcción.

En la fase piloto todos los participantes aprendieron a construir la cisterna, incluyendo el armado de la estructura metálica, la aplicación de la mezcla cemento y arena, entre otras actividades. Esto se logró utilizando la metodología “aprender - haciendo”, que favoreció la participación colectiva de las familias y la experiencia de participar en la construcción de su cisterna, ya que en mayoría de los casos las cisternas fueron construidas por las propias familias. En los casos en que no construyeron las familias sus cisternas, contaron con el apoyo de un albañil.

Asimismo, esta capacidad incluye conocimientos muy importantes sobre los aspectos críticos que se deben atender en el proceso de construcción, para evitar fallas de filtración y ruptura de la cisterna. Estos conocimientos son fundamentales, para que los productores tengan en condiciones de funcionamiento sus cisternas. En pocos casos los productores, por falta de conocimiento no atendieron algunas recomendaciones, por lo que actualmente presentan problemas de filtración.

*8, 9 y 10. Construcción de las cisternas de block, tabique y concreto.* La mayoría de los productores de la fase realizaron la construcción de cisternas de block, tabique y concreto, con la ayuda de sus esposos, quienes tenían experiencia en albañilería. Sin embargo, las productoras que participaron de alguna forma en la construcción de las cisternas, consideran poseer algunos conocimientos. Al igual que las cisternas de ferrocemento, el procedimiento de construcción requiere la atención de algunos aspectos críticos, para evitar fallas de filtración.

*11. Construcción de la cisterna geomembrana.* En la fase de expansión, en el caso de las cisternas de geomembrana la empresa proveedora de la geomembrana se encargó de la instalación, con técnicos y equipo especializado para termofusionar la

geomembrana, solo se facilitó la participación de algunas las productoras del grupo para hacer zanjas para fijar la geomembrana: por lo cual la mayoría de las productoras consideraron que no tuvieron oportunidad de adquirir conocimientos suficientes para la instalación de este tipo de material. Asimismo, las productoras consideraron tener conocimientos regulares sobre las características de la geomembrana, ya que no conocen con precisión las ventajas y desventajas de este material.

*12. Mantenimiento del sistema.* La mayoría de los productores de la fase piloto consideró poseer esta capacidad básica, debido a que es indispensable realizarla para tener en condiciones de operación el sistema. En cambio los productores de la fase de expansión, solo poseían esta capacidad para mantener en condiciones de operación la cisterna, ya que aún carecen del resto de los componentes del sistema, como son techos, tubería de conducción, equipo de filtración y bombeo. Por lo que solo han adquirido conocimientos de manera parcial sobre esta capacidad.

*13. Extracción del agua.* Los productores requieren adquirir esta habilidad básica, para seleccionar el equipo de bombeo, ya sea manual o eléctrico, para la extracción del agua de la cisterna. Esta capacidad implica que el productor tenga la habilidad de instalar el equipo de bombeo y le proporcione mantenimiento para conservarlo en condiciones de operación. La mayoría de los productores de la fase piloto tenían habilidades suficientes para la extracción del agua, a diferencia de los productores de la fase de expansión que al no tener capacitación ni contar con esta infraestructura, no han tenido la oportunidad de desarrollar esta habilidad.

*14. Control de calidad del agua.* Respecto a la calidad del agua la mayoría de los productores de la fase piloto tenían habilidades suficientes para el manejo de la calidad del agua, a fin de evitar contaminación. Sin embargo, los productores de la fase de expansión, desconocen el manejo de la calidad del agua, ya que afirman que el agua de lluvia almacenada se pone verde, lo que provoca enfermedades, es por esto que prefieren almacenar agua potable. El desconocimiento de la calidad del

agua de lluvia y el inadecuado manejo durante su almacenamiento, provoca que estos productores no terminen de instalar el resto de los componentes del sistema y solo utilicen la cisterna.

*15. Uso integral del agua.* Si bien durante la capacitación a los productores de la fase piloto se les enseñó el manejo del riego por goteo, el mal funcionamiento de este equipo, desmotivó su uso, se considera necesario desarrollar en los productores la capacidad del uso integral del agua, a fin de manejen adecuadamente la cantidad de agua disponible para satisfacer sus diferentes actividades, si bien poseen cierta experiencia, es importante se les forme un conocimiento construido para realizar esta actividad. Además, sería conveniente que los productores conozcan los consumos de agua que requieren los cultivos y los animales, para un buen desarrollo, así como el uso de otros sistemas de riego.

Como se ha mencionado, en la fase de expansión los productores no fueron capacitados, para el diseño, instalación, construcción, uso y manejo de la ecotecnia de captación del agua de lluvia, sin embargo, los productores lograron adquirir algunas capacidades para el uso y manejo de la ecotecnia, a través de la experiencia generada con su participación en el proyecto. Este punto es muy relevante por que los productores no se limitaron, sino recurrieron a sus experiencias previas, a los recursos que tuvieron a su alcance, para lograr contar con esta ecotecnia. Ya que como se ha señalado solamente se les entregó el apoyo y ellos tuvieron que resolver como implementar la ecotecnia, movidos por el interés de tener acceso y disponer de suficiente agua para sus actividades. Sin embargo, solo construyeron la cisterna. *“En las capacidades del uso y manejo de la ecotecnia, ahí si estamos medios, no hemos atendido esta parte, no nos hemos implicado mucho, habrá que verlo”* (Técnico, SEFOA).

La desventaja para los productores de la fase de expansión es que no contaron con capacitación ni asesoría técnica, para la implementación de esta ecotecnia. La capacitación que se realizó con los productores de la fase piloto con la metodología

“aprender - haciendo” facilito además de la participación e integración de los productores, la adquisición de conocimientos y habilidades; por que durante la construcción, el promotor estuvo presente para retroalimentar la participación de los productores, aclarando dudas y promoviendo el aprendizaje en todo momento, así como para apoyar, dirigir y observar que todos los elementos para la construcción del tanque estén correctamente integrados, que los acabados estén bien realizados.

Los productores participantes en el proyecto alcanzaron un nivel básico al aprender a construir la cisterna en algunos casos y a supervisar la construcción en el caso de las productoras que apoyaron a sus esposos en la construcción de las cisternas. También, ellas aprendieron sobre la adecuación de las áreas de captación, el acondicionamiento de las tuberías para la conducción del agua, sobre el uso y manejo de la ecotecnia.

A continuación se describen las capacidades técnicas que también los productores participantes han logrado adquirir para el uso y manejo de la ecotecnia de producción de jitomate en microtúnel. Esto debido a que a partir de que disponen de agua es necesario que los productores vayan desarrollando sus capacidades de forma integral de manera que vayan generando su propio desarrollo, de ahí la importancia también de investigar que capacidades y a que nivel lograron adquirirlas.

6.7.2.2. *Capacidades para la producción de jitomate en microtúnel.* En la fase piloto del proyecto, en la comunidad de Españita, al menos 10 productores adquirieron conocimientos, habilidades y motivaciones para producir jitomate en invernadero. Asimismo, en la fase de expansión, en las comunidades de Ixtacuixtla, Toluca de Guadalupe y San Nicolás Terrenate se logró que 10 productores en cada una de estas comunidades lograran conocimientos y habilidades, para la producción de jitomate en invernadero, teniendo en total 30 productores capacitados en la fase de expansión.

En el caso de los productores participantes en la fase piloto se encontró que han adquirido más capacidades en la producción de jitomate, debido a que desde el año 2004, han trabajado con estas ecotecnias, a diferencia de los productores participantes en la fase de expansión, que participan a partir del 2005.

Como lo hemos señalado, algunos productores poseían alguna experiencia previa en el cultivo de hortalizas a cielo abierto, aunque en su opinión no se sentían capaces de producir hortalizas en condiciones controladas, por lo que sin duda el proyecto les facilitó la posibilidad de desarrollar estas capacidades. Las capacidades - conocimientos y habilidades- que poseen los productores participantes fueron adquiridas principalmente a partir de su participación en el proyecto a través de la capacitación, asesoría técnica y de la práctica de producción cotidiana.

A través de las entrevistas se identificaron las capacidades técnicas que los productores participantes adquirieron en el proyecto, las cuales se presentan en el Cuadro 15. Para valorar la adquisición de capacidades por los productores, se utilizó una escala en porcentajes de cero a cien; el cero significó ningún conocimiento y cien suficiente. Los resultados se pueden observar por cada fase del proyecto.

*1. Conoce etapas de desarrollo del cultivo.* Este conocimiento se clasificó como básico, debido a que se requiere que el productor lo posea para identificar las etapas de desarrollo del cultivo para manejar adecuadamente el proceso de producción. Al preguntar a los productores si poseen este conocimiento varios participantes en la fase piloto contestaron que sobre la práctica cotidiana han ido conociendo el crecimiento del cultivo y conocen la duración del ciclo del cultivo, sin embargo, en la fase de expansión ningún productor consideró poseer este conocimiento. Por lo que sería conveniente que en la capacitación se facilitarán estos conocimientos ya que las prácticas de manejo y que los requerimientos de la planta varían conforme las etapas de desarrollo del cultivo.

**Cuadro 15. Porcentaje de productores según las capacidades técnicas adquiridas en el proyecto para la producción de jitomate en microtúnel.**

Capacidades adquiridas	Tipo de capacidad	Nivel básico	Nivel avanzado	% Productores fase piloto				% Productores fase de expansión			
				<25%	26-50%	51-75%	76-100%	<25%	26-50%	51-75%	76-100%
1. Conoce etapas de desarrollo del cultivo	Conocimiento			0	63	38	0	100	0	0	0
2. Programa actividades de producción	Habilidad			45	55	0	0	91	9	0	0
3. Verifica instalación del microtúnel	Habilidad			100	0	0	0	100	0	0	0
4. Producción de plántula	Habilidad			100	0	0	0	82	18	0	0
5. Maneja tipo de variedades de crecimiento determinado	Habilidad			0	13	38	50	82	18	0	0
6. Maneja tipo de variedades de crecimiento indeterminado	Habilidad			13	63	38	0	73	27	0	0
7. Manejo del cultivo: en camas de siembra	Habilidad			0	38	63	0	55	45	0	0
8. Manejo del cultivo en hidroponía	Habilidad			45	55	0	0	73	27	0	0
9. Controla condiciones climáticas del microtúnel	Habilidad Conocimiento			0	45	55	0	91	9	0	0
10. Realiza el riego	Habilidad			12	50	38	0	82	18	0	0
11. Realiza la fertilización del jitomate con composta	Habilidad			0	0	12	88	100	0	0	0
12. Realiza la fertilización del jitomate	Habilidad			13	63	38	0	73	27	0	0
13. Fertirrigación	Habilidad			12	50	38	0	90	10	0	0
14. Maneja labores culturales	Habilidad			0	88	12	0	100	0	0	0
15. Controla plagas y enfermedades	Habilidad			0	38	62	0	90	10	0	0

del cultivo											
16. Cosecha productos	Habilidad			0	0	88	12	90	10	0	0
17. Obtiene el rendimiento establecido	Habilidad			0	76	24	0	100	0	0	0
18. Obtiene la calidad establecida	Habilidad			0	76	24	0	100	0	0	0
19. Manejo postcosecha	Habilidad			100	0	0	0	100	0	0	0
20. Clasificación y empaque	Habilidad			100	0	0	0	100	0	0	0
21. Producción orgánica	Habilidad			38	62	0	0	100	0	0	0

2. *Programa actividades de producción.* Los productores participantes en la fase piloto mostraron conocimientos sobre la programación de las actividades de producción, comentaron que lo han ido aprendiendo a partir de la práctica cotidiana, a partir de la necesidad de planear la siembra de los cultivos, no solo de jitomate, sino de brócoli y otras hortalizas viables de cultivarse con éxito en el microtúnel. En cambio la mayoría de los productores en la fase de expansión carece de esta capacidad, que esta clasificó como avanzada, debido a que aunque no es compleja, no es indispensable para manejar el proceso de producción, sin embargo, es necesaria para una producción más eficiente y programar la siembra de otros cultivos.

3. *Verifica instalación del microtúnel.* Esta capacidad es una habilidad de nivel avanzado, debido a que no es indispensable que el productor la posea, sin embargo, se considera que es una capacidad que le permitiría al productor avanzar en su plan de desarrollo de capacidades.

En ambas fases del proyecto, los microtúneles, incluyendo los sistemas de riego por goteo; fueron instalados por una empresa contratada por la SEFOA, como parte del Programa Nacional Alianza Contigo, por lo que prácticamente las familias no participaron en la instalación del invernadero, por que el personal de la empresa no

dejó hacerlo. Ningún productor consideró poseer esta habilidad, ni los conocimientos que les permitiría verificar si el trabajo de las empresas proveedoras era adecuado, lo que es necesario ya que en varios casos los productores comentaron que los invernaderos, quedaron mal instalados. *“Inclusive vino el técnico de la SEFOA y nos dijo que estaba mal instalado, pero como nosotros no sabemos, así quedó”*.

*4. Producción de plántulas.* A diferencia de la fase piloto, en la fase de expansión se proporcionó capacitación a los productores para la producción de plántulas en vivero. Y aunque al momento ningún productor produce plántula, solo algunos participantes en la fase de expansión consideraron poseer algunos conocimientos sobre esta capacidad.

Esta habilidad, es considerada avanzada por que no es indispensable para que el productor obtenga jitomate, sin embargo, les permitiría obtener plántula con las características que ellos requieren y disminuir los costos de producción al dejar de comprar la planta ya que -cada planta tiene un costo de \$ 1.00. En promedio un microtúnel requiere de 226 plantas-. Todos los productores compran plantas, principalmente por la falta de conocimientos en este tema, además de no contar con las instalaciones que se requieren para la producción de plántula, sin embargo, varios mostraron interés en aprender esta actividad.

*5 y 6. Maneja tipos de variedades de crecimiento determinado e indeterminado.* Existen algunas variaciones respecto al manejo de un tipo de variedad y otro, por lo que sería recomendable que los productores tuvieran la habilidad de manejar los dos tipos de variedades, la de crecimiento determinado y la de indeterminado: La selección de la variedad está en función de los precios en el mercado, entre otros aspectos, por lo que también representa un área de oportunidad para los productores, explorar otro tipo de variedades de hortalizas como el jitomate.

Esta capacidad se clasificó como básica y avanzada, es decir, es básica por que necesariamente los productores deben manejar un tipo de variedad, y se considera

una capacidad avanzada en el caso que los productores desarrollen la habilidad, para el manejo de los dos tipos de variedades. Varios de los productores participantes en la fase piloto del proyecto consideraron conocer el manejo de los dos tipos de variedades. No obstante, en la fase de expansión solamente pocos productores han desarrollado esta capacidad.

*7 y 8. Manejo del cultivo en camas de siembra o hidroponía.* Esta capacidad también se clasificó como básica y avanzada, lo deseable es que los productores pudieran desarrollar ambas habilidades, ya que cada uno de los tipos de manejo tiene ventajas importantes. En la fase piloto los productores participantes desarrollaron capacidades para el manejo del cultivo en camas de siembra, en cambio en la fase de expansión, los productores también recibieron capacitación en el manejo del cultivo en hidroponía, por lo que algunos están realizando el cultivo de jitomate en bolsas con tezontle utilizado como sustrato, lo que les ha brindado a algunos la oportunidad de adquirir estas habilidades.

*9. Controla condiciones climáticas del microtúnel del cultivo de jitomate.* Los productores de la fase piloto consideraron que sobre la práctica han ido aprendiendo a controlar las condiciones en el microtúnel, como la humedad, temperatura y luminosidad, sin embargo, comentaron que lo deseable sería que en el programa de capacitación pudieran obtener la información suficiente para desarrollar esta capacidad. En la fase de expansión, los productores consideran que apenas están adquiriendo estos conocimientos, consideran que aún no cuenta con los conocimientos suficientes para realizar esta actividad en el microtúnel. Esta capacidad es básica debido a que del control de las condiciones climáticas depende el desarrollo del cultivo sin presencia de plagas y enfermedades que deterioren su calidad.

*10. Realización del riego.* Los productores de la fase piloto consideraron que tienen conocimientos suficientes para realizar el riego del cultivo, a diferencia de los productores de la fase de expansión que aún no confían en poseer los conocimientos

necesarios para suministrar la cantidad adecuada de agua para el crecimiento del cultivo. Sin duda la experiencia que han tenido los productores de la fase piloto les ha favorecido a obtener más conocimientos y por tanto el desarrollar más esta capacidad.

*11 y 12. Realización de la fertilización con composta o fertilizantes.* En la fase piloto los productores desarrollaron capacidades para realizar la fertilización del jitomate con composta, la cual ellos mismos obtienen a través del aprovechamiento de los residuos de cocina, estiércol de animales, entre otros productos disponibles en su ámbito local. Estos productores están convencidos que abonar con composta les reduce los costos de producción y que se benefician al obtener jitomate más sano y orgánico, por lo que sería una posibilidad de desarrollo para los productores de la fase de expansión lograr desarrollar esta habilidad. Por lo que esta capacidad se clasificó como avanzada.

Los productores de la fase de expansión realizan la fertilización del cultivo con productos químicos, sin embargo, afirmaron carecer del conocimiento suficiente para preparar las dosis requeridas de acuerdo con la etapa de desarrollo del cultivo. Los productores comentaron que utilizan las mismas dosis y tipos de fertilizantes que les asesoraron utilizar en la planta en las primeras etapas de desarrollo. Los productores reconocen la importancia de poseer este conocimiento por lo que manifestaron interés para conocer cómo preparar las dosis de fertilizante conforme avanza el desarrollo del cultivo.

*13. Fertirrigación.* Esta capacidad en el caso de los productores de la fase piloto fue desarrollada. Sin embargo, debido al adecuado funcionamiento del equipo, los productores desistieron y aunque consideraron que poseen suficiente capacidad para realizar la fertirrigación, no la continúan realizando. En cambio, la mayoría de los productores de la fase de expansión, poseen poca y regular capacidad, ya que al dejar de funcionar el equipo de goteo, realizan esta actividad en forma manual.

*14. Manejo de labores culturales.* Entre las labores culturales que requieren los cultivos de hortalizas se encuentran el tutorado, la poda, las aplicaciones foliares, el manejo del dosel y la polinización. Cada una de estas habilidades básicas se requieren desarrollar para el adecuado manejo del cultivo. Sin embargo, en opinión de los productores de la fase piloto la mayoría de ellos poseen esta capacidad de realizar las labores culturales de forma regular y buena. Pero la mayoría de los productores de la fase de expansión consideraron poseer poca y regular capacidad.

*15. Controla plagas y enfermedades del cultivo.* Esta capacidad es sin duda una de las que más requieren desarrollar los productores, sobre todo los de la fase de expansión. Además, es una de las más complejas, dado que el productor debe conocer las características de los diferentes tipos de plagas y las enfermedades, su sintomatología, los productos para el control y las condiciones que provocan su incidencia.

Los productores de la fase piloto señalaron tener entre habilidades regulares y suficientes sobre esta capacidad. En cambio los productores de la fase de expansión la mayoría de los productores carecen de estas habilidades, por lo que enfrentan problemas que les generan pérdidas significativas de producto.

*16. Cosecha de los productos.* Esta capacidad básica, consiste en identificar el punto de cosecha y realizar el corte del jitomate adecuadamente. La mayoría de los productores en ambas fases del proyecto consideraron poseer habilidades suficientes para realizar bien esta actividad.

*17. Obtiene el rendimiento establecido.* Esta habilidad avanzada es el resultado del adecuado manejo de todo el proceso de producción. Sin embargo, los productores están aún en camino del desarrollo de estas capacidades, lo que influye en la obtención de los rendimientos. Indiscutiblemente los productores de la fase piloto han adquirido más conocimientos y desarrollado más habilidades que los productores de la fase de expansión, no obstante aún ellos opinaron requieren conocer mejor el

proceso de producción para obtener mejores rendimientos, pocos productores comentaron poseer esta habilidad. En el caso de los productores de la fase de expansión ninguno considero poseer esta habilidad para lograr el rendimiento establecido.

*18. Obtiene la calidad establecida.* Esta capacidad se refiere a que los productos obtenidos cumplan ciertos parámetros de calidad reconocidos en el mercado. Esta se clasifica como avanzada y es deseable que los productores pudieran desarrollarla, debido que los precios del producto son acorde con la calidad del producto. Al igual que el rendimiento, la calidad del producto obtenida es el resultado de que el productor haya realizado adecuadamente las diversas fases del proceso de producción.

La mayoría de los productores de la fase piloto consideraron que han adquirido de forma regular y buena esta capacidad, sin embargo, ninguno de los productores de la fase de expansión consideraron tener esta capacidad.

Logrando estos resultados de calidad y rendimientos esperados, los productores tendrán la posibilidad de acceder a otro tipo de mercados y mejores precios. Ojeda (2000) menciona “los agricultores, deben ir más allá de lo que comúnmente se tiene que además de generar un excedente muy pequeño de su producción (presentan baja productividad, escasa incidencia en el proceso de transformación y comercialización de productos) falta de planificación y ordenación de cultivos, de mala calidad y de obtenerlo con altos costos unitarios de producción, lo vende a precios muy bajos”.

*19. Manejo postcosecha.* En ambas fases del proyecto, esta capacidad de nivel avanzado no fue considerada en la capacitación ni en la asesoría técnica. Sin embargo, es muy importante que el productor a través del manejo postcosecha pueda preservar la calidad del jitomate hasta su comercialización. Los productores de ambas fases, consideraron no poseer esta capacidad.

20. *Clasificación y empaque.* Ningún productor de ambas fases del proyecto consideró poseer esta capacidad, debido a que no formaron parte de los temas de capacitación. Esta capacidad se consideró de nivel avanzado, por que permitiría a los productores clasificar su producto y obtener un mejor precio, asimismo, el empaclado da valor agregado a su producto.

21. *Producción orgánica.* Esta capacidad avanzada, representa para los productores un área de oportunidad para incrementar sus capacidades. Hasta el momento solo los productores participantes en la fase piloto han realizado la fertilización con composta, pero estarían en oportunidad de aprender el manejo de las labores culturales con prácticas orgánicas. Asimismo, los productores de la fase de expansión que actualmente ninguno tiene esta capacidad, pudieran llevar a cabo este tipo de prácticas.

6.7.3. Otras capacidades técnicas. Existen otro tipo de capacidades técnicas que algunos productores participantes en el proyecto tenían. Estas fueron la producción de otras hortalizas en microtúnel y a cielo abierto, la crianza de animales, el abastecimiento de insumos para la producción agrícola, la organización para el trabajo, la administración de recursos, la comercialización de productos y la gestión de recursos. Algunos productores poseían estas capacidades por experiencias previas y otros las adquirieron a partir de su participación en el proyecto. A continuación se presenta el número y proporción de productores que poseen estas capacidades y el nivel de apropiación que tienen. Para determinar el nivel de apropiación se utilizó una escala en porcentajes de cero a cien. El cero significó ninguna capacidad y cien significó suficiente.

En el Cuadro 16, se muestran los porcentajes de productores según el nivel de apropiación de las capacidades técnicas mencionadas.

**Cuadro 16. Porcentaje de productores según el nivel de capacidades sobre otras capacidades técnicas.**

Capacidades adquiridas	Tipo de capacidad	Productores fase piloto				Productores fase de expansión			
		<25%	26-50%	51-75%	76-100%	<25%	26-50%	51-75%	76-100%
1. Cultivo de otras hortalizas en microtúnel	Habilidad	12	38	50	0	82	18	0	0
2. Cultivo de otras hortalizas a cielo abierto	Habilidad	0	38	62	0	55	45	0	0
3. Crianza de animales	Habilidad	38	25	37	0	0	64	36	0
4. Abastecimiento de insumos	Habilidad	12	38	50	0	82	18	0	0
5. Organización para el trabajo	Habilidad	12	38	50	0	18	64	18	0
6. Administración de recursos	Habilidad	0	62	25	13	91	9	0	0
7. Comercialización de productos	Habilidad	0	12	50	38	0	64	36	0

1. *Cultivo de otras hortalizas en microtúnel.* En la fase piloto los productores recibieron asesoría técnica para el cultivo de otras hortalizas en microtúnel, lo que facilitó que adquirieran algunos conocimientos y habilidades sobre esta capacidad, entre las hortalizas que cultivaron fueron brócoli y chile. La mayoría de los productores de esta fase manifestaron tener conocimientos y habilidades entre suficientes y regulares sobre esta capacidad.

En contraste, solamente pocos productores de la fase de expansión, poseían esta capacidad, debido principalmente a que en esta fase no se proporcionó capacitación ni asesoría técnica sobre otros cultivos. Básicamente los productores que adquirieron esta habilidad fue por iniciativa propia. “*Se tiene que profundizar en el conocimiento de otros cultivos hay una gran cantidad de cultivos para producir pimiento, frambuesas, fresas, etc. La diversificación de productos sería la otra etapa del proyecto*” (Ignacio López, Ex Secretario, SEFOA).

2. *Cultivo de otras hortalizas a cielo abierto.* La mayoría de los productores de ambas fases del proyecto señaló tener pocos y regulares conocimientos y habilidades para

producir hortalizas a cielo abierto, mencionaron que desconocen los nutrientes que requieren las plantas, el tipo de fertilizante a utilizar y las dosis correspondiente a una fertilización satisfactoria y el control de plagas y enfermedades, por lo que aún no son capaces de obtener la calidad y el rendimiento esperado en la producción.

Asimismo, la mayoría de los productores mencionaron que esta capacidad la habían adquirido a través de su participación en proyectos anteriores. Entre las hortalizas a cielo abierto que cultivaron fueron lechuga, cilantro y zanahoria.

3. *Crianza de animales.* La crianza de animales a nivel traspatio es otra de las capacidades que la mayoría de los productores ha desarrollado a través de su propia iniciativa o por medio de otros proyectos. La mayoría de los productores de ambas fases del proyecto opinaron poseer entre pocos y regulares conocimientos y habilidades, porque desconocen el manejo adecuado que les permita lograr buenos rendimientos.

La crianza de animales al igual que la producción de hortalizas, posibilitan al productor para obtener sus propios alimentos en el traspatio, además de que a través de la venta de excedentes puede obtener ingresos.

4. *Abastecimiento de insumos.* Los productores tuvieron oportunidad de desarrollar esta capacidad, a partir de enfrentarse a la necesidad de contar con los insumos que requieren la producción de hortalizas en microtúnel. En su mayoría los productores de la fase piloto, tenían regulares conocimientos y habilidades sobre esta capacidad, a diferencia de los productores de la fase de expansión, lo que se debe al poco tiempo que tienen de participar en el proyecto.

5. *Organización para el trabajo.* La capacidad de organización de los productores se desarrolló mediante la conformación de grupos de trabajo en ambas fases del proyecto. En la fase piloto los productores se organizaron para gestionar los apoyos, así como para construir entre todos una cisterna de ferrocemento. Lo que favoreció

que la mayoría de productores adquirieran conocimientos y habilidades entre suficientes y regulares para la organización en el trabajo. Los productores comentaron que organizados han aprendido que han logrado beneficiarse con la aprobación de sus proyectos, por lo que consideran que organizados pueden realizar la compra de insumos para su producción así como comercializar juntos. *“Organizados podemos vender y comprar todos en conjunto”.*

En la fase de expansión, en su mayoría los productores adquirieron entre pocos y regulares conocimientos. Y aunque estos productores, a diferencia de los de la fase piloto, están organizados como una sociedad civil para cumplir el requisito que les solicita el Programa Alianza par el Campo para otorgarles financiamiento; en el proyecto no tuvieron muchas actividades que les permitieran desarrollar esta capacidad, en este caso los productores realizaron la construcción de su cisterna de forma individual. Desarrollar más esta capacidad les facilitaría solicitar nuevamente asesoría técnica ante la SEFOA y solucionar la problemática que actualmente tienen de falta de capacidades técnicas para la producción de jitomate. *“Solo cuando se trata de un programa tratan de organizarse”* (Técnico, SEFOA).

6. *Administración de recursos.* Los productores lograron desarrollar esta capacidad a través de su experiencia en el proyecto. Varios de los productores conocen la cantidad de recursos que requieren para producir hortalizas en microtúnel, asimismo, llevan un control de los recursos que invierten y los que obtienen. *“Aprendí a administrar los recursos pero con el paso del tiempo”.* Los productores de la fase piloto han logrado mayor experiencia en esta capacidad, la mayoría comentaron tener conocimientos entre suficiente y regular. Sin embargo, los productores de la fase de expansión la mayoría consideran solo tener conocimientos regulares. *“La primera vez que sembramos no sabíamos cuales fueron las ganancias y las pérdidas, la segunda vez que volvimos a sembrar me fijé que saque 8 kilos de una mata de jitomate, para saber cuantos kilos me daba el microtúnel, para saber si mejoramos, para administrar lo que es la pérdida y la ganancia de una cosecha y de otra”.*

7. *Comercialización de productos.* Para la mayoría de los productores el proyecto ha sido una oportunidad para aprender a comercializar sus productos. Los productores han encontrado diversas formas de comercializar sus productos desde vender de casa en casa hasta lograr negociar con contratistas para comercializar la producción de todo el grupo. *“Cargaba mi canasta sábados y domingo y a vender de casa en casa o a los de las tiendas”.* *“Trabajo que la gente de la comunidad se dio cuenta que el producto era de más alta calidad y ya no hubo problema, después al contrario no nos dábamos a abasto”.*

La mayoría de los productores de la fase piloto han logrado experiencia en esta capacidad, varios comentaron tener conocimientos suficientes y regulares. A diferencia de los productores de la fase de expansión que la mayoría consideró tener pocos conocimientos.

La importancia de identificar estas capacidades que poseen los productores, esta en que se deben valorar y sobre todo potenciarlas, para que los productores sean personas cada vez más capacitadas y que tengan más opciones de beneficiarse al obtener una diversidad de alimentos que pueden ser de autoconsumo o bien para la venta. El que los productores adquieran otras capacidades posibilita su crecimiento personal y el desarrollo del mismo proyecto y por lo tanto mayor desarrollo en su comunidad, como lo comentaron funcionarios de la SEFOA *“Tenemos que profundizar en el conocimiento de otros cultivos hay una gran cantidad de cultivos que podemos producir pimiento, frambuesas, fresas y otra serie de cosas que podrían producirse”.* Ex secretario, SEFOA. *“En la capacitación se requiere incluir nuevos aspectos, la búsqueda de nuevos productos y de nuevas tecnológicas y de nuevos; conocimientos para lograr un mayor equilibrio del clima, preservar los cultivos de enfermedades. Además, formas de darle valor agregado al producto”.* Técnico, SEFOA.

El productor puede lograr la diversificación de su producción, ellos ya poseen conocimientos por experiencias previas, pero hace falta que la capacitación sea más precisa, participativa y con métodos que les faciliten lograr resultados a corto plazo que los motive a continuar en ese proceso de mejora continua.

6.7.4. Capacidades gerenciales. Las capacidades gerenciales, blandas o “soft” son los comportamientos observables y habituales de las personas de desempeño excepcional, que les permiten desarrollar su rol de gerencia y ejercer adecuado liderazgo con las personas y son más genéricas. Son una serie de factores actitudinales de naturaleza intangible relacionados con las motivaciones, los rasgos de la personalidad o los valores más profundos (Cardona, 2000). En el pasado, los criterios del éxito en el desarrollo del trabajo han incidido, sobre todo, en los conocimientos -capacidades “hard”-, relegando a un segundo plano las actitudes personales -capacidades “soft”-.

Sin embargo, la formación permanente en capacidades gerenciales es clave para el logro de resultados en las organizaciones, además, repercute positivamente en las personas, ya que se sienten más valorados en su entorno laboral, lo que aumenta de manera considerable su autoestima. Una organización puede capacitar a sus empleados en el aspecto técnico, pero jamás debe descuidar el desarrollo de las capacidades gerenciales, debido a que estas potencian la comunicación, la colaboración, la apertura al cambio, el trabajo en equipo, la empatía y las sinergias al interior de una organización (CINTERFOR, 2006).

En la mayoría de las organizaciones agropecuarias, este tipo de capacidades no son consideradas en los programas de capacitación, por lo que existen pocas oportunidades para los productores de desarrollarlas o potenciarlas. En este estudio se identificaron y sistematizaron estas capacidades gerenciales, con el propósito de reconocer su importancia, como parte de una propuesta integral de desarrollo de capacidades.

A continuación se presentan las capacidades gerenciales que los productores poseen, algunas de éstas, ya las poseían y otras las pudieron potenciar con su participación en el proyecto. Lo deseable es que el instructor las identifique y las potencie durante el proyecto, para ir consolidando a los grupos de productores y posicionándolos como personas capaces de resolver sus propios problemas.

Para identificar este tipo de capacidades se preguntó a los productores su opinión respecto a si ellos poseían estas capacidades. Al igual que en las capacidades técnicas, se utilizó una escala de valor; cero significó ninguna capacidad y cien significó suficiente. En el Cuadro 17, se muestran los porcentajes de productores según el nivel de apropiación de las capacidades gerenciales mencionadas.

**Cuadro 17. Capacidades gerenciales adquiridas en el proyecto.**

Capacidades adquiridas	Tipo de capacidad	% Productores fase piloto				% Productores fase de expansión			
		<25%	26-50%	51-75%	76-100%	<25%	26-50%	51-75%	76-100%
1. Liderazgo	Habilidad	25	38	13	25	37	11	11	0
2. Trabajo en equipo	Habilidad	0	25	38	38	32	16	11	0
3. Gestión de recursos	Habilidad	13	25	38	25	42	5	11	0
4. Toma de decisiones	Habilidad	13	50	13	25	26	21	11	0
5. Motivación	Habilidad	0	25	50	25	16	32	11	0

1. *Liderazgo*. El liderazgo es la capacidad para influir y cambiar la conducta de otros, la destreza en el manejo de grupos, autoridad, distribución de responsabilidades, así como la capacidad para ejercer el papel de generar entusiasmo y compromiso entre miembros de un grupo (Cardona, 2000). *“Un líder se debe caracterizar por ser honesto, saber mandar y saber hacerlo, que comparte, que lucha pensando en el beneficio de los que creen en uno”. “Hablar con verdad y no mentir a la gente, dispuesto al diálogo, de hechos concretos”.*

Al cuestionar a los productores sobre esta capacidad ellos comentaron que pocos tuvieron la oportunidad de ejercer el liderazgo en el proyecto, sin embargo reconocen la importancia que las personas frente al grupo ejerzan un buen liderazgo, ya que

influye en el desarrollo y logro de resultados en el proyecto *“Pienso que si aprendimos a ser líderes hasta donde quisimos por que tuvimos la oportunidad”*.

En cada uno de los grupos de productores, hubo un representante que tenía el liderazgo, esta persona en todos los casos fue quien tenía más cercanía y comunicación con los promotores y coordinadores del proyecto. En algunos casos se encontró que los miembros del grupo estaban inconformes con las decisiones del representante, ya que su proceder no era consecuente con los intereses del grupo. *“El otro representante buscaba el beneficio de él, no del grupo, el del grupo era mi papá, pero a mi me pidieron que fuera el representante, y tomamos en cuenta los errores del anterior representante, para mejorar”*.

2. *Trabajar en equipo*. El trabajo en equipo es la capacidad de trabajar con los demás en la consecución de una meta común, para lo cual se requiere adaptarse fácilmente a las necesidades del equipo, construir relaciones fuertes con los miembros del equipo, para la satisfacción personal del éxito del equipo (Cardona, 2000).

Durante la fase piloto del proyecto los productores tuvieron oportunidad de desarrollar esta capacidad, ya que realizaron varias actividades en grupo, para lo cual tuvieron que trabajar en conjunto. Si bien no fue una tarea fácil, la mayoría de los integrantes del grupo lograron trabajar en equipo. La capacitación que recibieron los productores les permitió aprender a todos, a colaborar y a integrarse como grupo de trabajo. Los productores reconocieron la importancia de trabajar en equipo, sin embargo, solo algunos consideraron poseer esta capacidad, sobre todo por que sin duda fue una tarea difícil. *“Entre los principales obstáculos que enfrentamos fue trabajar organizados en equipo, ya que cuando empieza a haber unos desentendidos el grupo no empieza a funcionar”*. *“Más que nada pidiéndose que se entendieran, con una persona que no quiera aceptar la decisión de los demás se empieza a alejar del grupo”*. Un ejemplo durante la fase piloto fue que no todos estaban de acuerdo en comercializar juntos sus productos. *“Para comercializar los productos, algunos no*

*mostraban interés y querían hacerlo por su propia cuenta”. “Es difícil trabajar en equipo, algunos quieren sacar más ventaja”.*

Esto indica que es importante que el instructor o promotor debe utilizar una estrategia que le permita en todo momento potenciar esta capacidad en los productores, dado que esta capacidad se requiere también para el logro de resultados en el proyecto. El proyecto fue en todo momento una buena oportunidad para que los productores pudieran desarrollar y adquirir esta capacidad.

En cambio en la fase de expansión fueron pocos los productores que consideraron tener esta capacidad, debido principalmente a que la SEFOA, solo les proporcionó los recursos para implementar la ecotecnia, y a pesar de que realizaron la visita a Españita y recibieron capacitación para la producción de jitomate, no realizaron alguna otra actividad, que les facilitara trabajar y colaborar juntos, para desarrollar esta capacidad.

3. *Gestión de recursos.* La gestión es la capacidad de negociar y administrar recursos, capacidades, voluntades y compromisos, con el fin de realizar lo programado (INCA RURAL, 2005).

En la fase piloto del programa, se realizaron gestiones conjuntamente con el responsable del grupo, para que cada familia tuviera un microtúnel y una cisterna de ferrocemento. Sin embargo, esta función la hizo predominantemente el promotor del proyecto y el representante de grupo, por lo que fue quien tuvo la posibilidad de aprender más al respecto. Los productores manifestaron tener el interés de desarrollar esta capacidad, debido a la importancia que tiene para continuar beneficiándose de los proyectos. *“Yo opino que es lo principal tratar de hacerlo nosotros, no que venga el técnico y diga vamos a solicitar esto, firmenme y yo hago todo lo demás sino que nos enseñe a realizar las gestiones no nada más firmar y ya”.* *“Ahora ya no hay técnico y si supiéramos a que instituciones ir y todo se nos facilitaría más sin tener que depender del técnico”.*

Solamente pocos productores de la fase piloto manifestaron tener regular capacidad de gestión. En el caso de la fase de expansión, algunos productores tenían esta capacidad, misma que han desarrollado a través de experiencias previas. Cabe señalar, que estos productores fueron quienes realizaron la gestión de recursos para el proyecto ante la SEFOA. Por lo que los resultados fueron similares a la fase piloto, solo pocos productores consideran tener esta capacidad. *“Empezamos yendo a SEFOA, para obtener el microtúnel y de ahí buscando alternativas que nos dieran el apoyo para la cisterna”. “Empezamos por redactar un oficio, la solicitud con la firma de todos los integrantes, estuvimos acudiendo a la presidencia, a SEFOA y a esperar la respuesta si, si o no”.*

4. *Toma de decisiones.* La toma de decisiones consiste en elegir decisiones sensatas, oportunas y efectivas (Cardona, 2000). Durante el proyecto los productores tuvieron varios momentos en los que tomaran decisiones y aunque las personas representantes de grupo, tuvieron una mayor oportunidad de practicar esta habilidad en algún momento el resto de los integrantes del grupo de forma individual también manifestaron poseer esta capacidad. *“A veces es difícil darle gusto a una persona, como representante del grupo, a veces son 4 y 4 y tú como representante vas a tener que tomar la decisión final, todas las responsabilidades son tuyas, te vez obligada a tomar decisiones que afectan a unos compañeros”. “Cuando teníamos que vender el producto, unos querían vender por su cuenta y algunos juntos, había que decidir, lo mejor”.*

5. *Motivación.* La motivación al logro consiste en esforzarse por mejorar o satisfacer un determinado criterio de excelencia (Cardona, 2000).

Entre los aspectos que favorecieron el desarrollo de esta capacidad fueron en principio las visitas que se hicieron para físicamente observar el funcionamiento de las ecotecnias, donde los productores observaron varias de las ecotecnias y obtuvieron suficiente información. Asimismo, también influyó la participación del

promotor y coordinadores del proyecto. En la fase piloto a diferencia de la fase de expansión, el promotor del proyecto hizo uso de metodologías y técnicas apropiadas durante la capacitación y asesoría técnica del proyecto. En cambio en la fase de expansión, aunque los productores pudieron visitar los proyectos operando en Españita, faltó por parte de los coordinadores del proyecto involucrar más a los productores en el proyecto para que participaran más.

Otro aspecto que motivo a los productores fue la obtención de productos en el proyecto, inclusive la mayoría desea aumentar la superficie de producción de hortalizas. La mayoría de los productores mostraron interés en continuar con el aprovechamiento de sus traspatios no solo en la producción de jitomate sino también en aprender el cultivo de otro tipo de hortalizas. Asimismo, varios comentaron el interés de continuar con el aprovechamiento del agua de lluvia para la producción agropecuaria.

Estas capacidades gerenciales que poseen algunas las familias rurales, deben reconocerse, ya que influyen de manera significativa en el logro de los objetivos del proyecto. Un buen líder para el grupo sin duda generará compromiso y responsabilidad en todos los integrantes del grupo, para trabajar y colaborar para el éxito del proyecto. Asimismo, un gestor, logrará financiamiento para otros proyectos, sin tener que esperar alguna ayuda externa. La importancia de reconocer que algunas de estas capacidades las posean algunos productores, es porque estos productores pueden capacitar a más productores o bien multiplicar este tipo de experiencias. Las personas, los productores, deben desarrollar sus capacidades y sin duda las capacidades gerenciales, son de gran importancia para que ellos sean capaces de sostener el desarrollo local y reducir la pobreza, como lo señala Horton (2004).

Finalmente, es importante considerar que la capacitación durante el proyecto también debería potenciar estas capacidades en los productores.

6.7.5. Actitudes adquiridas en el proyecto. Las actitudes son los comportamientos de las personas hacia ciertas circunstancias, por lo que forman parte de cada persona. Ciertas actitudes en las personas favorecen el logro de resultados en lo que emprenden. En este apartado se presentan las actitudes que los productores pusieron de manifiesto durante el desarrollo del proyecto, con la finalidad de reconocer su importancia y revalorarlas, en el proceso de desarrollo de capacidades. Cuadro 18.

**Cuadro 18. Actitudes adquiridas por los productores.**

Actitudes adquiridas	Nivel básico	Nivel avanzado	% Productores fase piloto				% Productores fase de expansión			
			<25%	26-50%	51-75%	76-100%	<25%	26-50%	51-75%	76-100%
1. Cooperación			13	25	38	25	42	5	11	0
2. Iniciativa			25	38	13	25	37	11	11	0
3. Responsabilidad			0	25	50	25	16	32	11	0

1. *Cooperación*. La cooperación consiste en ayudar y apoyar a otros en la ejecución de una tarea. Los productores de la fase piloto mostraron la actitud de cooperación al apoyar en grupo la construcción de una cisterna para en conjunto aprender haciendo, pudieran todos capacitarse, sin duda esta experiencia les permitió cohesionarse o integrarse como un equipo de trabajo.

2. *Iniciativa*. La iniciativa consiste en la prontitud para actuar cuando se presenta la ocasión, encontrar alternativas de solución y realizar acciones preventivas a una falla.

Algunos de los productores de la fase piloto mostraron iniciativa al empezar el cultivo de otro tipo de hortalizas en condiciones de microtúnel, asimismo han mostrado iniciativa de gestionar otro tipo de recursos para renovar el plástico de su microtúnel. Asimismo, varios productores de la fase de expansión mostraron iniciativa al iniciar el cultivo de otro tipo de cultivos.

3. *Responsabilidad*. Esta actitud consiste en alcanzar el fin de los compromisos y esperar los beneficios obtenidos. Así como realizar el trabajo de acuerdo con los estándares de calidad requeridos y ejecutar oportunamente las tareas.

Varios productores manifestaron responsabilidad durante toda su participación en el proyecto, de construir y ejercer el recurso conforme lo establecido la SEFOA para la construcción de su infraestructura. No obstante cierto porcentaje de productores ya no ha continuado su participación en el proyecto evidenciando falta de compromiso para cumplir lo acordado en el proyecto. La mayoría de los productores manifestaron contar con esta actitud de forma regular.

Este tipo de actitudes es importante considerarlas en el desarrollo de los proyectos por que forma parte del comportamiento de las personas, así con actitudes positivas se impulsara el logro, por lo que hay que encontrar mecanismos en la capacitación que potencien estas actitudes.

La relevancia de reconocer las actitudes permite que el productor las concientice y las revalore, es decir, le permite concientizarse como un ser que posee esas cualidades, por lo que lo distingue y diferencia de los otros, logrando motivarse e incrementar su autoestima. Pudiera ser que las actitudes ya las haya poseído el productor, pero la importancia radica en que las puso de manifiesto en el proyecto y el instructor las puede identificar, reconocer y lo que le permitirá al productor revalorarse.

Un aspecto importante para el éxito del proyecto, las actitudes que diferencian a un tipo de productores de otros, hay productores que como hemos mencionado han desarrollado y potenciado sus capacidades en cuanto a liderazgo, toma de decisión, sin embargo también poseen otro tipo de cualidades como son las actitudes que diferencian a un tipo de productores de otros.

Un claro ejemplo es que en el proyecto existen productores que se les ha deteriorado su microtúnel y no han resuelto volver a invertir para ponerlo en condiciones de producción.

6.7.6. Propuesta de desarrollo de capacidades para el aprovechamiento de los traspatios. Con base en los resultados obtenidos en el proyecto, se observa que es necesario que los productores posean, no solo capacidades técnicas sino otras capacidades, como son las gerenciales e inclusive actitudes, para el logro de los proyectos pero sobre todo para que ellos tengan la posibilidad de ser los propios generadores de su desarrollo.

Por lo cual se sugiere que la capacitación proporcionada a los productores participantes debería ser más integral, capacitar en habilidades como gestionar, trabajar en equipo, organizarse, ya que como lo señala Duch (2000). Los procesos de aprendizaje deben estar ligados a un proceso de crecimiento y de beneficio personal, que permita al individuo integrar, conocimientos, valores, actitudes y habilidades, en un ambiente formativo donde se construye socialmente el aprendizaje y obtiene resultados útiles para su vida cotidiana. A fin de lograr que los productores sean protagonistas de su propio desarrollo.

La reconceptualización de la capacitación para ponerla al servicio del desarrollo de capacidades obliga a un enfoque particular en el que ésta constituye una forma particular de la educación –realizada en y para el trabajo- requiere, por tanto, una didáctica especializada, diferente de la del modelo escolarizado.

A fin de contar con un programa para la capacitación y formación de otros productores se presenta la siguiente propuesta, que integra los diferentes tipos de capacidades que es recomendable desarrollen los productores para usar y manejar las ecotecnias y para que a lo largo de los proyectos se vayan atendiendo otras capacidades que les permitirá a los productores entrar en un proceso de capacitación y formación continúa.

6.7.7. Plan de desarrollo de capacidades para el aprovechamiento del traspatio. La propuesta de desarrollo para los productores debe ser integral por lo que se propone que los productores puedan ir accediendo de un nivel a otro a lo largo de todo el desarrollo del proyecto y a lo largo de toda su vida.

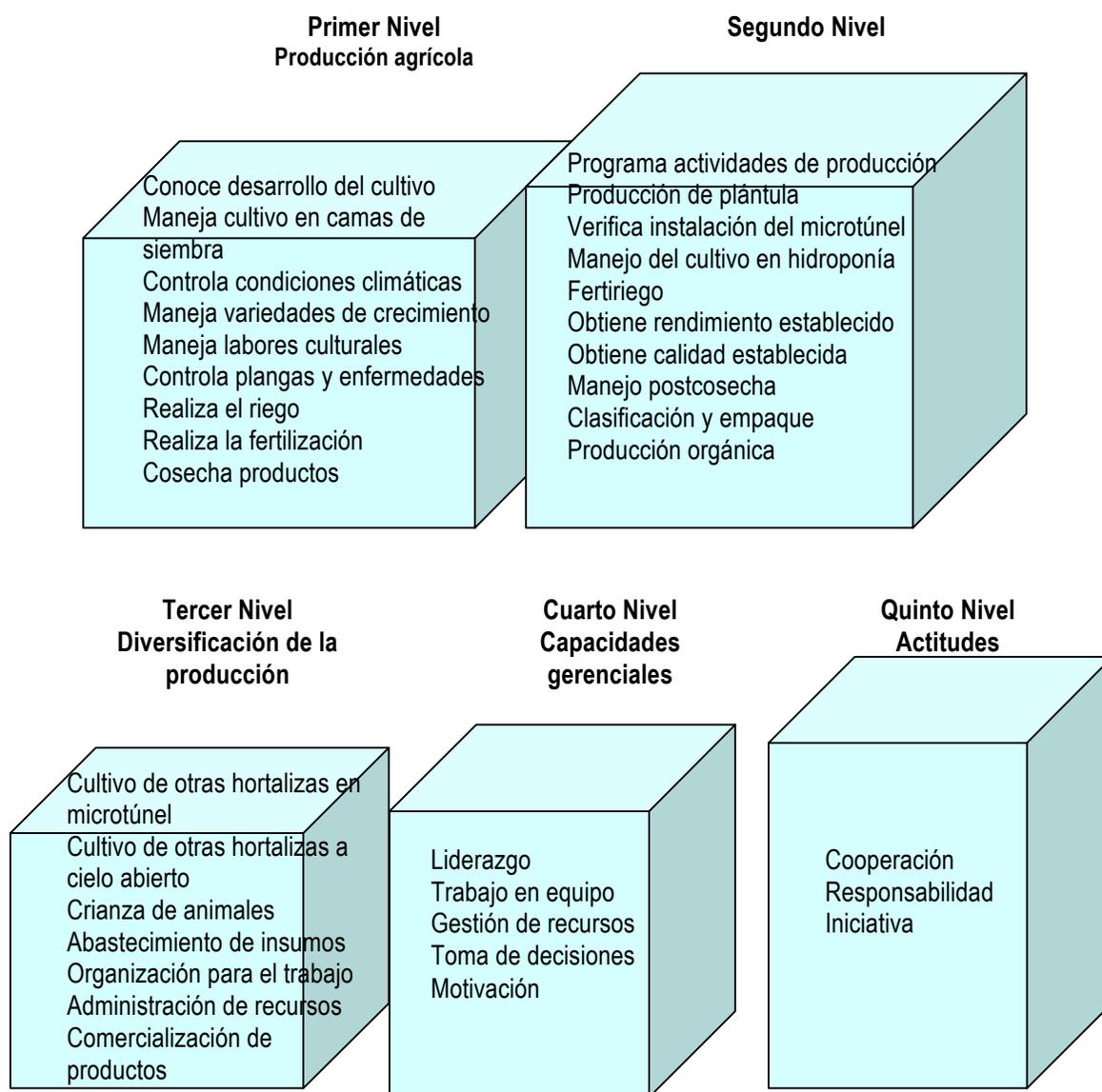
El primer nivel es la producción agrícola pero con calidad y rendimientos, logrando costos de producción aceptables. El segundo nivel puede ser que acceda manejar la producción con otro tipo de tecnología como el fertirriego, el diseño de invernaderos que no es esencial en primera instancia pero que le servirá para supervisar el trabajo o prestación de servicios de los proveedores o inclusive la producción orgánica de sus productos, y de otras capacidades.

El tercer nivel es el manejo técnico de otro tipo de cultivos, así como de otras capacidades técnicas también importantes pero que no son básicas, como son la administración, comercialización y organización.

El cuarto nivel tiene que ver con la capacitación en aspectos humanos tales como gestión, liderazgo comunicación y motivación que son esenciales para el logro de los proyectos. Y finalmente, el quinto nivel el saber ser, las actitudes que también son necesarias para el éxito de los proyectos, tales como responsabilidad, iniciativa.

Ciertamente, este plan de desarrollo de capacidades es con fines de cubrir de forma integral todos los aspectos que involucran el aspecto humano de los productores, como lo propone el Enfoque de competencias laborales, no solamente promover el saber de las personas, sino el saber hacer y el saber ser. Este plan de desarrollo se puede ir ejecutando a lo largo de la vida de los productores, lo que se pretende con esta propuesta es sentar las bases para apreciar que los productores son el recurso más importante dentro de los sistemas de producción, ya que son quienes producen y obtienen los productos agropecuarios, por lo que hay que invertir en su desarrollo,

a través de planes y programas de capacitación efectivos, que les permitan desarrollar todo su potencial. Figura 25.



**Figura 25. Plan de desarrollo de capacidades, para el aprovechamiento integral del traspatio.**

6.7.8. Factores que influyeron en el desarrollo de capacidades. Existen factores que promovieron y limitaron el desarrollo de las capacidades. Para conocer estos factores se preguntó a los productores su opinión respecto a las características del instructor,

del curso de capacitación y del material didáctico, a continuación se presentan los resultados encontrados:

6.7.8.1. *Capacidad técnica de los técnicos.* El papel del técnico en el proceso de capacitación y asesoría técnica, para el desarrollo de capacidades de los productores, fue fundamental. Van den Ban y Hawkings (1996 citado en Frank y Tornado, 2006) señalan que *“Los resultados del trabajo de extensión dependen en gran medida de la competencia profesional de los agentes de extensión, a su formación didáctico- pedagógica y a los conocimientos del lenguaje que permita la comunicación y el entendimiento de los interlocutores”*. Jean Paul Leagans y Loomis (1977 citado en Frank y Tornado, 2006), consideran que el factor clave de influencia en la efectividad de la comunicación es la persona que origina y envía el mensaje.

En la fase piloto del proyecto en Españita, Tlaxcala un elemento que facilitó el desarrollo de capacidades fue el papel que realizó el promotor de las ecotecnias. Ya que además de dar a conocer información sobre estas tecnologías a los productores, dio seguimiento a las acciones de los participantes, motivando a los productores a continuar en el proyecto y con el uso de las ecotecnias. Este seguimiento periódico de los avances en la aplicación de las ecotecnias propició el acercamiento del promotor con los participantes en el proyecto, estableciéndose un diálogo continuo que permitió la complementariedad de conocimientos y por tanto el desarrollo sus capacidades (Chávez, 2007).

En la fase de expansión del proyecto en Ixtacuixtla, Toluca de Guadalupe y San Nicolás Terrenate, los técnicos que proporcionaron la capacitación y asesoría técnica fueron ingenieros agrónomos que pertenecen al Programa de Desarrollo de Capacidades, PRODESCA, de la SAGARPA, dirigido y coordinado por el INCA RURAL.

De acuerdo con la opinión de los productores en la mayoría de los casos los técnicos que proporcionaron la capacitación y la asesoría técnica, mostraron falta de

conocimientos y poca experiencia en el manejo de las ecotecnias que promovía el proyecto, Ignacio López Sánchez Ex Secretario de la SEFOA comentó *“Los técnicos carecían de capacitación específica sobre el tema, prácticamente estuvimos aprendiendo al mismo tiempo productores y técnicos”*. Sin embargo, este hecho generó a los productores desinterés y falta de motivación, para participar en las sesiones de capacitación y asesoría técnica, demostrándolo con impuntualidad y asistencia irregular, *“A veces los productores llegaban ya que se iba a terminar la sesión”*, requisitos importantes para lograr un avance homogéneo en todos los participantes. Por su parte los técnicos comentaron que hay falta de continuidad del programa por estos motivos y por eso es que los productores no lograron desarrollar completamente alguna capacidad.

Pocos técnicos fueron los que comentaron los productores, tuvieron los conocimientos suficientes, para apoyarles en la producción de jitomate. Al respecto, Lacki (2004) señala, *“El extensionista no está suficientemente preparado para ayudar a que los propios agricultores corrijan sus ineficiencias y solucionen sus problemas”*.

La falta de capacidad técnica de los técnicos, se atribuye a que generalmente, su profesión y su experiencia profesional no es acorde con las necesidades de capacitación que deben atender. Este aspecto podría subsanarse, durante el proceso de selección que el PRODESCA realiza para asignar técnicos a cada grupo de productores. Según testimonio de un técnico, el PRODESCA no les solicita experiencia previa en el manejo de los cultivos en los que les van a proporcionar sus servicios.

Para subsanar la falta de capacidad técnica, los técnicos recurren a documentarse para elaborar su plan de sesión, documento que les solicita el PRODESCA como requisito, y aunque los técnicos adquieran por este medio los conocimientos sería necesario cuenten con la práctica en el manejo de las ecotecnias. Sobre este aspecto el INCA RURAL, institución que dirige y coordina el PRODESCA, podría invertir en capacitar a los técnicos en *aspectos productivos*, para que los técnicos

que capacitan y dan asesoría técnica adquieran la capacidad técnica suficiente para desarrollar capacidades en los productores participantes en los proyectos.

6.7.8.2. *Uso de técnicas didácticas y pedagógicas.* La técnica es la metodología para la transmisión de conocimientos, el desarrollo de habilidades y el cambio de actitudes y deben ser seleccionadas para alcanzar los objetivos de capacitación.

Entre las técnicas didácticas y pedagógicas para proporcionar capacitación, están los principios de la educación de adultos o andragogía. Ya que la población con la que los técnicos trabajan son eminentemente adultos mayores.

Sin embargo, en la mayoría de los casos los técnicos carecen de técnicas didácticas y pedagógicas para llevar a cabo la capacitación, por lo que sería muy importante que las instituciones que están frente a este tipo de proyectos inviertan en desarrollar éstas capacidades en los técnicos. Lacki (2004), señala que el extensionista no utiliza, plena y racionalmente, eficaces estrategias, métodos y medios de extensión rural, lo que implica la necesidad de preparación específica de los extensionistas, facilitadores, promotores u otras denominaciones.

Además, en la mayoría de los casos comentaron carecen de enfoques y métodos participativos para en la capacitar y asesorar para integrar a los agricultores en los proyectos.

6.7.8.3. *Aspectos operativos.* Los técnicos participantes pertenecían al PRODESCA del Gobierno Federal, por lo que eran pagados con recursos del Programa Alianza para el Campo lo que significó un problema como lo comenta Ignacio López Sánchez, *“Entonces ahí hay recursos de la federación y no se permitía que los técnicos participaran en este proyecto y eso inhibió mucho la participación de los técnicos entonces participaron aquellos que se sentían más o menos convencidos, no tuvimos recursos suficientes para poder hacer un programa eminentemente estatal que tuviera los técnicos disponibles. La SAGARPA, ve este*

*tipo de programas como asistencialistas, está en las evaluaciones del Alianza para el campo del 2005 al 2006*". Estos datos nos indican que la falta de recursos y la falta de coordinación entre instituciones de carácter federal y estatal dificultó contar con técnicos con las capacidades técnicas requeridas por el proyecto en su fase de expansión, impactando de manera desfavorable en el proceso de desarrollo de capacidades de los productores participantes.

Otra situación que se presentó es que varios técnicos se contratan en este programa de manera temporal, debido a que en ocasiones les tardan en pagar 3 meses, por lo que si encuentran otro trabajo se van y ya no concluyen los procesos que les fueron asignados. Estas situaciones repercuten de tan forma que varios técnicos carecen de interés y motivación para realizar su función de forma deseable. *"Es muy poco el recurso, se les pagan como 40 mil pesos por 6 meses, pero es duro, les dan 4 grupos, ellos pagan sus viáticos"*.

En conclusión, el técnico tiene un papel fundamental en el proceso de desarrollo de capacidades de los productores, por lo que se requiere este altamente capacitado para afrontar los retos que requiere el campo, para formar productores con los conocimientos, habilidades y actitudes que lo potencien como principal responsable de su desarrollo.

El agente de extensión debe trabajar consciente de que la principal causa del subdesarrollo rural es la insuficiencia e inadecuación de los conocimientos, habilidades y actitudes que poseen las familias y comunidades rurales; y no tanto la falta de recursos financieros y de decisiones políticas. Consecuentemente, las soluciones que él formule deberán depender de las medidas técnico -educativas. Deberá empezar a solucionar los problemas del agro desde adentro de las fincas y comunidades y no necesariamente desde afuera. Desde abajo hacia arriba y no necesariamente desde arriba hacia abajo. Desde lo micro y no desde lo macro. Desde lo sencillo y no desde lo complejo (Lacki, 2004).

Este grupo de técnicos lo supervisa un coordinador, de los mismos técnicos y en SEFOA se corrobora en campo, *“Verificamos si es cierto todo lo que me esta diciendo, que estamos produciendo bien, vendiendo bien, por que luego nos hacemos amigos de los productores con tal de que me firme le pongo que si, pero finalmente quien sale mal son los productores por que no aprendieron nada, no avanzaron en su proyecto y están como iniciaron”*. *“Recomendaría tiempo por que ellos vienen contratados por tiempo y lo que paso es que en algunos aspectos dejaron las cosas a medias”*. Lacki (2004) señala los servicios de asistencia técnica y extensión rural no proporcionan las condiciones mínimas para que extensionista permanezca permanentemente (la redundancia es intencional) en el campo y dedicado principalmente a sus labores educativas y organizativas de la comunidad.

6.7.8.4. *Programa de capacitación*. Es documento fundamental que describe el plan general de trabajo del curso de capacitación, muestra la interacción de los resultados de aprendizaje, objetivos, técnicas didácticas, estrategias de aprendizaje y de evaluación. Tesouro (2005 citado en González, 2007) destaca la importancia de las estrategias de aprendizaje teniendo en cuenta los siguientes aspectos: mejorar la forma de aprender supone mejorar la manera en que éste piensa sobre los contenidos objeto de aprendizaje; enseñar estrategias de aprendizaje quiere decir enseñar para la transferencia y que el educador no tiene que enseñar el contenido, sino cómo pensar sobre el contenido que se debe aprender y la utilidad (González, 2007).

Los técnicos elaboran un plan de sesión para programar y conducir las sesiones de capacitación, este plan contiene el número de sesiones, el objetivo, las actividades, los materiales y recursos a utilizar. Lo relevante de este plan sería que las sesiones se llevaran a cabo conforme se planean, no obstante, no sucede así. El plan solamente es un requisito que PRODESCA les solicita a los técnicos.

Lo relevante de este plan sería comunicarlo a los productores, es decir, plantearles e informarles la duración de la capacitación y la asesoría, los temas que se cubrirán

durante cada etapa del proyecto y de manera general de que manera se conducirán las sesiones de capacitación y asesoría. *“Yo le preguntaba algo y siempre me decía lo vamos a ver más adelante, pero se fue y nunca me enseñó lo que le pregunte”*.

Además, es importante que este programa de capacitación defina claramente cuales son las habilidades y conocimientos que se les van a desarrollar a los productores. Se requiere que los técnicos cuenten con programas de capacitación estandarizados los cuales contendrían las habilidades, los conocimientos e inclusive otro tipo de capacidades o competencias que se desarrollan a la par en los productores no solo conocimientos técnicos sobre el cultivo sino capacidades tales como administración, organización, y otro tipo inclusive de actitudes, tales como responsabilidad, iniciativa entre otras.

Los programas de capacitación deben de ser integrales saber que además de capacidades técnicas también los productores desarrollan otro tipo de capacidades y sobre todo de actitudes que al momento que ellos perciban que las poseen las reafirmaran y no las dejaran perder.

Además diseñar y proporcionarles guías técnicas a los productores de cada uno de los cultivos que se van a cultivar. Ahí vendrían las dosis de fertilizantes de acuerdo al estado de desarrollo del cultivo que se requiere proporcionar.

La SEFOA debería proporcionarles a los productores un programa de actividades que se desarrollaran durante el proceso de capacitación y con base en esto los productores estén informados de hasta donde van a aprender en determinado tiempo. Asimismo se requiere que los productores no dependan de los instructores y este es un contenido que se les puede dar en la capacitación puesto que se les indicaría que ellos pueden acudir a casas de agroquímicos y pedir asesoría e inclusive organizarse para pedir una asesoría o bien un curso de capacitación. Y que no dependan del gobierno estatal como es el caso de esta institución SEFOA.

Es importante mencionar que la SEFOA puede continuar proporcionando capacitación a los productores del proyecto, para lo que se requiere que los productores se organicen y a través del representante del grupo presentar la solicitud ante funcionarios de la institución para que la aprueben. Sin embargo, la representante del grupo de San Nicolás Terrenate comentó que para que solicitar la capacitación si durante la capacitación que se realizó al grupo no participaron todos los productores. Así podemos apreciar que hay varias alternativas que los productores pueden llevar a cabo para subsanar estas deficiencias en capacitación que tienen, por lo que requieren organizarse y solicitar la capacitarse, o tener la iniciativa de solicitar apoyo en una casa de agroquímicos para ajustar la dosis de fertilizante.

6.7.8.5. *Material didáctico.* El material didáctico es aquel que facilita el proceso de enseñanza - aprendizaje, son los recursos materiales de que se vale el facilitador para presentar los temas contemplados en los programas. Durante la capacitación algunos instructores utilizaron fotografías, rotafolios, dibujos y esquemas para facilitar algunos contenidos de capacitación, sin embargo, los productores opinaron que sería útil contar con otro tipo de materiales como pueden ser folletos o guías prácticas que sirvan de apoyo durante el desarrollo del proyecto e inclusive para posterior consulta. *“Sería muy importante, en el proceso de construcción, va surgiendo dudas, y como le hago, teniendo material ya le da uno una leída por que si se le olvida algo no hay algo donde consultar, buena idea como un manual donde se explique todo lo de la capacitación”.*

6.7.8.6. *Capacitación orientada a resultados tangibles para los productores.* Sin duda el manejo de las ecotecnias de producción de hortalizas en microtúnel y captación y almacenamiento del agua de lluvia, permiten a los productores obtener hortalizas para el autoconsumo y en su caso ingresos por la venta de los excedentes.

Este elemento, fue fundamental para motivar la participación de los productores en el proyecto, es evidente el interés de los productores en trabajar e invertir su tiempo en

actividades que les permita obtener resultados tangibles y a corto plazo. Tal como lo señala Aguilar (1994, Gliessman, 2002 citado en Chávez, 2007), los agricultores muestran voluntad de adoptar nuevas prácticas cuando perciben que pueden obtener algún beneficio, sin embargo, si estas propuestas técnicas responden a sus problemas más sentidos o inmediatos se apropian de ellas. Varios productores motivados por los resultados obtenidos opinaron que a ellos les gustaría tener otro microtúnel. Por lo anterior es recomendable, que la capacitación se oriente a que los productores identifiquen y entiendan los beneficios de las ecotecnias.

6.7.8.7. *Experiencia previa de los participantes.* Este conocimiento previo sobre la captación de agua de lluvia es un aspecto importante que el instructor debe tomar en cuenta en el diseño de su plan de capacitación y durante el proceso de capacitación. Este conocimiento previo debe ser el punto de partida de la capacitación, rescatar el conocimiento previo de los productores sobre el tipo de suelo para la construcción de la cisterna o si conviene o no en hidroponía de acuerdo al tipo de suelo.

## VII. DISCUSIONES

### 7.1. Comprobación de hipótesis

En este apartado se explica el no rechazo de la hipótesis planteada con base en los resultados obtenidos en este trabajo de investigación. En la hipótesis de investigación se planteó que *la situación de poca disponibilidad del agua que limita las actividades domésticas y productivas a nivel traspatio en las comunidades rurales de Tlaxcala, ha sido resuelta mediante la adecuada implementación de la ecotecnia de captación y almacenamiento del agua de lluvia a nivel familiar, así como del uso y manejo eficiente tanto de la ecotecnia como del agua de lluvia captada y almacenada; lo que ha sido posible debido al apoyo técnico, económico y financiero de las instituciones promotoras del proyecto y a las capacidades adquiridas por los productores en diferentes niveles*, por lo cual a continuación se explica por que se no se rechaza la hipótesis.

Los resultados de la investigación indican que a pesar de que más del 92 % de las familias rurales de las comunidades de estudio, cuentan con servicio de abastecimiento de agua potable; éstas enfrentan una situación de poca disponibilidad de agua, para satisfacer sus necesidades no solo productivas en el traspatio, sino inclusive sus necesidades básicas de beber, aseo personal y de aseo de la vivienda.

El suministro de agua es solamente 3 días a la semana durante 2 horas al día, ya que el crecimiento de la población en estas comunidades, en los últimos, años rebasa la capacidad e infraestructura instalada de abasto, extracción y distribución de agua potable y por fallas frecuentes en el equipo. Esto provoca desabasto de agua por períodos de tiempo de 15 días hasta un mes, en 4 períodos al año, situación que se acentúa durante la época de sequía o estiaje, que dura 6 meses en promedio, de noviembre a abril. Tal como lo señala la ONU (2006 citado en Juan, 2006), en la actualidad existe una creciente escasez de agua, ocasionada por el

crecimiento demográfico, las necesidades agrícolas y la explotación de acuíferos en exceso, entre otras causas.

Para atenuar esta situación las familias rurales recurren a otras fuentes y formas de abastecimiento de agua, poco seguras (agua de jagüey) y costosas (agua transportada en pipa y garrafón) para la población. Aunque las familias utilizan el agua de lluvia en sus actividades domésticas y productivas, la mayoría carecen de tecnología e infraestructura apropiada para el aprovechamiento eficiente de esta agua, por lo cual solo tienen agua disponible durante la temporada de lluvias de forma inmediata y no en la época de sequía en la que carecen de agua.

La escasez de agua que enfrentan las familias rurales de las comunidades de estudio, modifica desde los hábitos de higiene de las personas, hasta la realización de sus actividades productivas en el traspatio. El 68.85 % de las familias aún subutilizan el traspatio (familias no participantes en el proyecto), debido principalmente a la falta de agua en época de sequía (44.24 %), la falta de recursos económicos (40.47 %) y la falta de capacitación para una mejor producción (15.29 %).

Finalmente, la poca disponibilidad de agua está asociada a los servicios de saneamiento, así únicamente el 15.8 % de las familias cuentan con servicio de drenaje y el 84.2 % restante solo tienen letrina. Max Neef (1991 citado en Mata, 2002) señala que el mejor proceso de desarrollo será aquel que permita elevar la calidad de vida de las personas y la calidad de vida dependerá de las posibilidades que tengan las personas de satisfacer adecuadamente sus necesidades humanas fundamentales. Tener agua suficiente, segura, aceptable, físicamente accesible y a precios razonables para uso personal y doméstico es un derecho humano como lo declara el PNUD (2006).

Esta situación de poca disponibilidad de agua y aprovechamiento del traspatio para la producción agrícola cambió en el caso de las familias participantes en el proyecto

“Transferencia y adopción de ecotecnias para el aprovechamiento de los traspatios” que promovió en su fase piloto el Colegio de Postgraduados y en su fase de expansión la Secretaría de Fomento Agropecuario, SEFOA, del Gobierno del Estado de Tlaxcala.

Con la implementación de la ecotecnia, actualmente, 40 familias ubicadas en las comunidades rurales de Españita, Ixtacuixtla, Toluca de Guadalupe y San Nicolás, Terrenate, Tlaxcala; tienen acceso y disponen de agua suficiente y de calidad, para el riego de jitomate en microtúnel ( $3.75 \text{ m}^3$  demanda mensual) e inclusive para satisfacer otras de sus actividades de consumo humano y doméstico ( $11.03 \text{ m}^3$  demanda mensual) y pecuario ( $2.34 \text{ m}^3$  demanda mensual), ya que cuentan con infraestructura para la captación y almacenamiento del agua de lluvia.

Todas las familias de la fase piloto cuentan con al menos cuatro de los componentes señalados por Juan (2006), para realizar eficientemente la captación y almacenamiento del agua de lluvia, como son el área de captación (100 % techos de concreto), tubería de conducción del agua (100% tubería de PVC), cisterna de almacenamiento (100% cisterna de ferrocemento), filtro o sedimentador del agua (45% con malla de plástico y 12.6 % sedimentador) y equipo para la extracción del agua (6.3% bomba de mecate y 25% bomba eléctrica).

Para la captación del agua de lluvia todas las familias de la fase piloto adaptaron los techos de concreto de sus viviendas e instalaron tubería de PVC de 4 pulgadas, para la conducción del agua captada a la cisterna, utilizaron este material principalmente por su costo accesible, nulo mantenimiento, además por que es higiénico y muy durable. El costo promedio de la adaptación de los techos incluyendo la instalación de la tubería de conducción fue de \$ 480 en promedio, este costo solo incluye el costo de la tubería de PVC, ya que los techos como parte de la infraestructura de las casas de las familias, no implicó un costo en efectivo. El área de captación promedio fue de  $85 \text{ m}^2$  de los techos de las casas, área suficiente para satisfacer la demanda anual calculada de  $44.99 \text{ m}^3$  para el riego del jitomate en microtúnel.

En cuanto al componente de almacenamiento, todos los productores de la fase piloto construyeron cisternas de ferrocemento, entre las razones por las que eligieron este material fueron por que el proyecto así lo establecía, además por que fue el material que vieron en funcionamiento en la visita técnica que realizaron al Centro Educativo para el Desarrollo Rural (CEDER), del Grupo para Promover la Educación y el Desarrollo Sustentable, A. C. (GRUPEDSAC) y también por que conocieron varias de las ventajas de este material, tales como el menor costo, mayor durabilidad, mayor resistencia a sismos y el procedimiento de adecuación, instalación y construcción de los componentes de la ecotecnia -conocimientos y habilidades que adquirieron mediante esta visita técnica, la capacitación y asesoría técnica-. La capacidad promedio de las cisternas construidas fue de 31.4 m<sup>3</sup>, adecuada para satisfacer la demanda de agua para el riego del jitomate en microtúnel con agua de lluvia. Asimismo, el 100 % de las cisternas construidas en la fase piloto están tapadas, lo cual preserva la calidad del agua de lluvia almacenada.

El 83.33 % de las familias de la fase piloto captan y almacenan el agua de lluvia, logrando satisfacer sus necesidades de consumo de agua de calidad, para la producción de jitomate y necesidades domésticas con un área de captación de 85 m<sup>2</sup> y área de almacenamiento de 31.4 m<sup>3</sup>, con las cuales satisfacen la demanda de agua para el riego del jitomate en microtúnel con agua de lluvia (3.75 m<sup>3</sup> demanda mensual). El 16.67 % restante de las familias tienen problemas de filtración en las cisternas de almacenamiento, por lo que están parcialmente en uso.

En cambio, en la fase de expansión las familias sólo cuentan con solo dos componentes, área de captación (54.55 % techos de concreto y 45.45 % lámina de acero inoxidable) y cisternas de almacenamiento (90.91% completamente construidas y en funcionamiento). El 54.55 % de las familias no han realizado la adaptación de los techos ni de la tubería de conducción del agua. Y el 45.45 % restante al carecer de techos propios adaptaron la tapa de la cisterna de láminas de acero inoxidable para captar agua y conducir el agua directamente a la cisterna. Esta

adaptación, además de costosa - $\$ 9\,259.3/\text{tapa}$ -, resultó inadecuada, para captar suficiente agua de lluvia para satisfacer la demanda para el riego del jitomate en microtúnel, ya que solo tiene una superficie de  $16\text{ m}^2$  y de acuerdo con la metodología de Juan (2006), la superficie del área de captación necesaria debiera ser de  $102.65\text{ m}^2$ , para satisfacer la demanda anual calculada del cultivo de jitomate de  $44.99\text{ m}^3$ . El caso de Toluca de Guadalupe y San Nicolás, Terrenate, es similar ya que el área de captación de  $100\text{ m}^2$  y  $80\text{ m}^2$  respectivamente fueron insuficientes, ya que éstas debieran ser de  $138.21$  y  $111.66\text{ m}^2$ , respectivamente. La falta de conocimiento técnico de los responsables del proyecto repercutió en la falta de asesoría y seguimiento que se requerían para que los productores pudiesen adaptar adecuadamente el área de captación, además de la falta de capacitación de los productores.

A pesar que en la fase de expansión del proyecto, la Secretaria de Fomento Agropecuario (SEFOA) del Gobierno del Estado de Tlaxcala, también promovió la construcción de cisternas de ferrocemento por las ventajas que se han señalado, esto a través de una visita técnica a los sistemas de captación y almacenamiento instalados en Españaíta para ver en funcionamiento de la ecotecnia con cisternas de ferrocemento; sólo el 9.09% de las familias de la fase de expansión construyeron cisternas de ferrocemento. Y dado que esta institución, también promovió la construcción de las cisternas de almacenamiento revestidas con geomembrana, el 45.45 % de las familias (Ixtacuixtla) tiene este tipo de cisternas. Finalmente, el 18.18 % de las familias tienen cisternas de tabique, el 18.18 % de block y 9.09% de concreto, lo cual se debe principalmente a la falta de vinculación por parte de los responsables del proyecto con instituciones, para capacitar y proporcionar asesoría técnica a las familias, para que conocieran las características y ventajas del ferrocemento y de la geomembrana y sobre todo conocer el procedimiento de construcción. El 9.09 % de las cisternas de estas familias están aún sin tapa, por lo que el agua captada esta contaminada al estar sin protección y expuesta al medio ambiente, esto debido a la falta de recursos económicos para concluir la construcción de la cisterna. La falta de conocimientos influyó para que los

productores construyeran sus cisternas con los materiales que conocen y usan tradicionalmente en sus comunidades (tabique, block y concreto).

La capacidad de almacenamiento de las familias de la fase de expansión es insuficiente. En el caso de Ixtacuixtla aunque las cisternas son de 37.7 m<sup>3</sup>, cada cisterna (3 en total) es compartida por tres productoras, por lo que la capacidad de almacenamiento es insuficiente para el riego del jitomate en microtúnel (30m<sup>3</sup>). En Toluca de Guadalupe y San Nicolás, Terrenate, la capacidad de almacenamiento fue de 10 m<sup>3</sup> y 12 m<sup>3</sup>, capacidad muy por debajo de la demanda para el riego del jitomate (30m<sup>3</sup>). Esta deficiencia técnica, promovió el uso de agua potable para el riego de los cultivos, opuesto a los objetivos del proyecto, que busca el aprovechamiento del agua de lluvia para actividades agrícolas. Las familias de Ixtacuixtla han contratado inclusive dos tomas de agua, para realizar el riego de sus cultivos. El resto de los productores también utiliza el agua potable, por lo que no han tenido problemas por desabasto de agua, ya que si se les acaba el agua pueden llenarla nuevamente, de ahí que aunque la cisterna de las familias de fase de expansión, sea significativamente menor a la de la fase piloto, éstas consideren que la capacidad de la cisterna es suficiente. La falta de conocimiento técnico de los responsables del proyecto y la falta de capacitación a los productores repercutieron en que los productores construyeron cisternas que no tienen la suficiente capacidad de almacenamiento.

Una de las principales ventajas del ferrocemento es su bajo costo (\$ 402.7/m<sup>3</sup> de agua almacenada), en comparación con otros materiales (Geomembrana, \$ 437.8/m<sup>3</sup>. Tabique, \$ 775.0/m<sup>3</sup>. Block, \$ 925.0/ m<sup>3</sup>. Concreto, \$1,072.9/m<sup>3</sup>). El desconocimiento de esta información influyó en que los productores construyeran una cisterna de menor capacidad que las cisternas de ferrocemento construidas en la fase piloto y que presentan riesgos similares a cualquier otra, como son filtraciones y pérdidas de agua, misma desventaja que se puede subsanar con el conocimiento detallado de los aspectos críticos a atender durante la construcción de la cisterna. Asimismo, las cisternas de geomembrana, en cuanto a costo resultan aceptables, pero al no dar

seguimiento a las acciones del proyecto, la SEFOA actualmente desconoce esta ventaja sobre la geomembrana (la desventaja de la geomembrana respecto al ferrocemento es que no es un material que se encuentre en las comunidades rurales y que la instalación la debe realizar equipo técnico especializado).

Solo el 9.09 % de las familias de la fase de expansión captan y almacenan el agua de lluvia debido a que el resto de las familias utilizan la cisterna construida para el almacenamiento de agua potable o agua de pipa, lo cual no era factible antes de su participación en el proyecto. Entre las razones por las cuales las familias de la fase de expansión no han implementado el resto de los componentes de la ecotecnia, es debido a que las familias desconocen el procedimiento para adaptar los techos e instalar la tubería de conducción, esto al carecer de capacitación y asesoría técnica durante la ejecución del proyecto; además les faltan recursos económicos y al desconocer el manejo adecuado del agua de lluvia para preservar su calidad, decidieron almacenar y utilizar agua potable, ya que como se ha señalado las familias también satisfacen sus necesidades básicas de consumo humano y doméstico, con el uso de esta ecotecnia.

Como se muestra en esta investigación la correcta adecuación, instalación y construcción de la infraestructura de captación y almacenamiento del agua de lluvia, influye en el uso y manejo de la ecotecnia y sobre todo del uso del agua de lluvia para satisfacer sus necesidades de consumo. Los resultados en la fase piloto demuestran la importancia de los procesos de sensibilización, capacitación y asesoría técnica y de la capacidad técnica de los técnicos que proporcionan estos servicios.

Uno de los aspectos que influyeron en la implementación y uso de la ecotecnia fue el apoyo económico que recibieron por una parte las familias participantes en la fase piloto por parte del Fondo Mixto CONACYT - Gobierno del Estado de Tlaxcala y por otra las familias participantes en la fase de expansión de la Secretaria de Fomento Agropecuario (SEFOA) del Gobierno del Estado de Tlaxcala, para la compra del

material para la construcción de las cisternas. En la fase piloto la aportación total de las instituciones fue de \$ 6 645.00 pesos por productor participante, para la construcción de la cisterna de almacenamiento. La participación por parte de los productores beneficiados fue de \$ 6 000.00 pesos por productor participante, complementarios para construir la cisterna. Por lo tanto el costo total de la fase piloto que beneficio a 10 productores de Españita fue de \$ 126 450.00 pesos en total. En el caso de la fase de expansión el apoyo económico de la Secretaria de Fomento Agropecuario del Estado de Tlaxcala (SEFOA) fue de \$ 5 775.00 pesos por productor participante, para la construcción de la cisterna. La participación por parte de los productores beneficiados fue de \$ 5 065.50 pesos por productor, complementarios a las aportaciones de la Secretaria de Fomento Agropecuario del Estado de Tlaxcala (SEFOA), para construir la cisterna. Por lo tanto el costo total de la fase de expansión fue de \$ 325 200.00 que beneficio a 30 productores de las comunidades de Ixtacuixtla, Toluca de Guadalupe y San Nicolás Terrenate. En ambas fases, las familias consideraron muy útil el apoyo económico que les dieron estas instituciones, para el establecimiento de la infraestructura de la ecotecnia, además, consideraron que no hubiera sido posible construir la cisterna de almacenamiento de agua por si mismas. Por lo cual, se debe insistir en el uso de las cisternas de almacenamiento de bajo costo, con especificaciones técnicas de durabilidad y resistencia probadas, tales como el ferrocemento. En las dos fases del proyecto, resultó fundamental la aportación de la mano de obra de los productores, cuyos conocimientos previos fueron utilizados para la implementación de la ecotecnia.

Otro de los aspectos que favoreció la implementación de la ecotecnia en la fase piloto fue que se realizaron los procesos de sensibilización, capacitación continua, asesoría técnica y seguimiento adecuados, que motivaron el interés y entusiasmo de las familias a concluir la implementación de la ecotecnia y utilizarla de acuerdo con los objetivos del proyecto. Esto debido al destacado desempeño y la capacidad técnica del promotor del proyecto, quien además de dar a conocer la ecotecnia a los productores y señalar sus beneficios, planeó y coordinó las actividades de

capacitación, asesoría técnica y de seguimiento a los avances del proyecto, hasta su total construcción y puesta en marcha.

La efectividad de la capacitación de la fase piloto estuvo por una parte, en la metodología de aprender-haciendo utilizada, la cual facilita la participación de los productores y facilita además de la adquisición de conocimientos, el desarrollo de habilidades. Por lo cual los productores fueron capaces de adecuar, instalar y construir la infraestructura de la ecotecnia. Asimismo, la asesoría técnica periódica y proporcionada por técnicos con capacidades técnicas sobre el uso y manejo de la ecotecnia, favorecieron que los productores concluyeran la instalación de los componentes de la ecotecnia. La experiencia en la construcción de sus propias instalaciones y la práctica cotidiana en el uso y manejo de la tecnología instalada, ha permitido a los productores de la fase piloto apropiarse de las capacidades básicas suficientes para el adecuado uso y manejo de la ecotecnia y sobre todo del manejo adecuado para preservar la calidad del agua de lluvia captada y almacenada. La metodología utilizada en el proyecto concuerda con lo que señala Lacki (2007), la capacitación debe ser eminentemente práctica, realizada directamente en las comunidades y adoptando el método de enseñar y aprender haciendo, con lo cual será posible transformar a los productores improductivos en eficientes y altamente productivos. Por otra parte, la capacitación respondió a principios de la educación para adultos, los cuales señalan que el aprendizaje en los adultos es significativo al ser aplicable en su contexto, los adultos se motivan si sus logros los orientan a resultados específicos y la experiencia previa de los participantes es el punto de partida del proceso de desarrollo de capacidades (INCA RURAL; 2006).

En cambio, los productores de la fase de expansión, no recibieron capacitación sobre la ecotecnia de captación y almacenamiento del agua de lluvia, solo sobre la ecotecnia de producción de jitomate en microtúnel. Los promotores del proyecto carecieron de visión para reconocer que la formación de recursos humanos es componente clave y funcional en una estrategia de desarrollo (Garza, 2007). Ya que como lo menciona Santoyo (2004 citado en Arredondo, 2005), el dotar de activos, el

acceso a financiamiento, la existencia de recursos naturales en abundancia, no sirven de nada si la gente no tiene capacidades para manejarlos de manera sostenible, para administrarlos.

La asesoría técnica durante la implementación de la ecotecnia en esta fase de expansión fue esporádica, sin oportunidad y proporcionada por técnicos que carecían de experiencia y capacidad técnica. La falta de involucramiento, compromiso y visión de los promotores del proyecto en esta fase, les impidió valorar las acciones, procesos, metodologías para la sensibilización, capacitación y asesoría técnica a los productores, el seguimiento e inclusive materiales didácticos (folletos y manual de capacitación) utilizadas y desarrollados en la fase piloto; las cuales ya estaban probadas; a fin de implementarlas para alcanzar resultados similares o superiores a esta fase piloto.

Un aspecto más que favoreció la adecuada implementación de la ecotecnia en la fase piloto fue el seguimiento periódico y personal de las acciones y avances logrados durante el desarrollo del proyecto. Esto facilitó crear un ambiente de confianza y cordialidad en el grupo, propicio la participación de los productores y condiciones para el aprendizaje, asimismo, despertó el interés y motivación de los productores para continuar participando en el proyecto hasta concluir la adecuación e instalación de todos los componentes de la ecotecnia y hacer uso de esta, conforme los objetivos del proyecto.

En cambio, en la fase de expansión el nivel de involucramiento y participación de los funcionarios de la instituciones de gobierno que promovieron el proyecto en 20 comunidades rurales de Tlaxcala; fue muy importante fue muy comprometida al inicio de esta fase, dado el gran interés y convencimiento del Lic. Ignacio López Sánchez entonces Secretario de la Secretaría de Fomento Agropecuario (SEFOA), del Gobierno del Estado de Tlaxcala. Sin embargo, iniciada la fase de expansión del proyecto, hubo cambio de funcionarios en la SEFOA; entre ellos el Secretario, lo cual influyó en la ejecución y resultados obtenidos del proyecto en la fase de expansión,

debido al poco conocimiento del proyecto por los nuevos funcionarios de la Secretaría y a la falta de recursos económicos. Ya que una acción que pudo subsanar la falta de seguimiento y poco conocimiento de los nuevos funcionarios era la participación del promotor de la fase piloto del proyecto, el Dr. Aníbal Quispe, no obstante ante la falta de recursos en primera instancia del Fondo Mixto CONACYT - Gobierno del Estado de Tlaxcala que financió la fase piloto y en segunda instancia de la SEFOA que no accedió a financiar su participación para proporcionar asesoría y retroalimentación durante esta fase, el promotor estuvo imposibilitado para asesorar y retroalimentar con su experiencia las acciones de la fase de expansión.

Finalmente, los resultados de la investigación indican que en todos los casos los productores en la fase piloto adquirieron suficientes capacidades técnicas básicas, para el uso y manejo de la ecotecnia y del agua de lluvia captada, a diferencia de los productores de la fase de expansión, por lo señalado anteriormente.

Las capacidades básicas que poseen las familias de la fase piloto, para el uso y manejo adecuado de la ecotecnia incluyen el conocimiento de la importancia y beneficios del aprovechamiento del agua de lluvia, lo que las hace consientes de utilizar el agua de lluvia, para la satisfacción de sus necesidades productivas e inclusive domésticas, y no agua potable como lo hacen las familias de la fase de expansión. Otra capacidad básica es el conocimiento de las ventajas y desventajas de los materiales utilizados para la instalación de la infraestructura de la ecotecnia a fin de tener el criterio de elegir el material adecuado para su sistema. Otra capacidad básica es conocer el funcionamiento de cada uno de los componentes del sistema y sus requerimientos de mantenimiento, lo que le facilita al productor desarrollar la habilidad para instalar y usar y manejar la ecotecnia. La ubicación del sistema para efficientar el uso de materiales y el funcionamiento de la ecotecnia. Los procedimientos de acondicionamiento, instalación y construcción de la infraestructura y los aspectos críticos a observar durante la construcción de la cisterna a fin de evitar problemas de filtración, cabe señalar que estos conocimientos se ponen de manifiesto al momento de implementar la infraestructura el sistema. Entre las

habilidades básicas igualmente importantes están el acondicionamiento de techos, tubería de conducción, acondicionamiento del filtro o sedimentador, construcción de la cisterna de almacenamiento y extracción del agua de lluvia. Otra capacidad básica para el adecuado uso y manejo de la ecotecnia son las características de calidad del agua de lluvia y el manejo adecuado para preservarla a fin de aprovechar el agua para el riego del jitomate en microtúnel, pero además de las necesidades domésticas básicas. Ya que como demuestra Pineda (2007), la calidad del agua de lluvia cumple las especificaciones establecidas en la Norma Oficial Mexicana 041. Agua Potable, emitida por la Secretaría de Economía. Asimismo, Gleason (2005) menciona que en el sur de Australia, el 42% de la población bebe el agua de lluvia y sólo 40% bebe de la principal fuente de abastecimiento de agua potable. Por lo cual esta capacidad de preservar la calidad del agua de lluvia

Existen otras capacidades también importantes para la implementación de la ecotecnia, que es deseable que los productores adquieran, aunque no son indispensables, por lo cual se denominaron capacidades avanzadas. Estas incluyen los conocimientos y habilidades sobre aspectos del diseño de la ecotecnia, tales como el cálculo del área de captación, la demanda a satisfacer y la capacidad de la cisterna, la precipitación pluvial neta de la región Así como el uso integral del agua que involucra que el conocimiento de técnicas de riego eficientes y calcular los requerimientos de agua de los cultivados en el traspatio, para proporcionar a los cultivos la cantidad de agua recomendada. Estos conocimientos con la finalidad hacer un uso racional e integral del agua.

La importancia de sistematizar estas capacidades básicas y avanzadas radica en que estas capacidades están orientadas a resultados muy concretos y específicos que cualquier productor que quiera implementar la ecotecnia de captación y almacenamiento del agua de lluvia debe poseer. Las capacidades aquí señaladas están identificadas con base en la metodología de competencia laboral, la cual facilita identificar las capacidades o competencias que las personas deben desarrollar para lograr los resultados deseados, esto con la finalidad de lograr mayor

pertinencia en los procesos de capacitación. Tal como lo menciona el INCA (2006), la determinación de los aprendizajes a lograr en un proceso de formación deberá estar sustentado en el enfoque de competencia laboral, por lo que su definición se deriva del análisis de capacidades relacionadas a las funciones productivas que demanda el desempeño de un trabajo determinado.

A través de su participación en el proyecto, los productores de ambas fases tuvieron posibilidad de adquirir y en algunos casos fortalecer otras capacidades tanto técnicas como gerenciales e inclusive actitudes, que aunque no se incluyeron como parte de los contenidos de la capacitación - a excepción de las de producción de jitomate en microtúnel-, se pusieron de manifiesto debido a su importancia en el desarrollo del proyecto que busca el aprovechamiento del traspatio y sobre todo por que son necesarias tanto para el desarrollo individual de los productores como para el desarrollo local. Tales capacidades técnicas son la producción de jitomate en microtúnel, el cultivo de otras hortalizas en microtúnel y a cielo abierto, la crianza de animales, el abastecimiento de insumos, la organización para el trabajo, la administración de recursos, la comercialización de productos y la gestión de recursos. Las capacidades gerenciales, fueron liderazgo, trabajo en equipo, de recursos, toma de decisiones y motivación. Y las actitudes fueron cooperación, iniciativa y responsabilidad.

Todo este conjunto de capacidades, además de importantes son necesarias en el éxito de los proyectos, por tanto los programas de capacitación deberían considerarlas para atender estas necesidades reales de los productores rurales, de manera integral. Actualmente, la formación de los recursos humanos es una variable estratégica fundamental en los modelos de políticas de desarrollo económico y social (Garza, 2007). Por lo cual se debe valorar a los productores rurales para desarrollar sus capacidades de forma integral y facultarlos para ser responsables de su propio desarrollo. Asimismo, ser congruentes con los principios del desarrollo humano que da prioridad al desarrollo y formación de miembros de la sociedad, formación caracterizada por la capacitación y educación de ellos mismos. Los programas de

capacitación deben ser integrales tal como lo señala Lacki (2007) la capacitación debe considerar las técnicas de producción, administración rural y comercialización (capacidades tecnológicas, gerenciales y comerciales); las actitudes y hasta valores orientados al auto-desarrollo de los productores, capacitación que deberá ser gradual o paulatina.

Uno de los aspectos que no fue considerado en la hipótesis, pero que influyó favorablemente en la implementación y uso de la ecotecnia por las familias, fue las características técnicas de la ecotecnia. Los productores consideraron que la ecotecnia fue útil pues les resolvía unas de sus necesidades más sentidas. El fácil manejo y mantenimiento de la ecotecnia también favoreció su uso por los participantes de ambas fases del proyecto, los productores consideraron no tener problemas con el uso y mantenimiento de la ecotecnia. Solamente los productores de la fase de expansión manifestaron problemas con el acondicionamiento e instalación de la tubería de conducción, ya que no tuvieron capacitación sobre estos aspectos. Otro aspecto que influyó, fue que el principal insumo de la ecotecnia es el agua de lluvia, por lo cual su disponibilidad facilita el uso de la ecotecnia, tal como lo señala Mata (2002).

Finalmente, otras características que favorecieron el uso de la ecotecnia fue que esta ecotecnia es similar a las tecnologías tradicionales de captación de agua en jagüeyes utilizadas anteriormente por las familias, por lo que no represento un choque con las tecnologías comúnmente utilizadas. La obtención de productos, también mantuvo el interés de los productores en el uso de la ecotecnia, lo cual se reforzó con una característica más de esta ecotecnia la complementariedad con otra ecotecnia “la producción de jitomate en microtúnel”.

## VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1. Conclusiones

Frente a la creciente pobreza e inseguridad alimentaria, que enfrentan numerosas familias en las comunidades rurales; el Colegio de Postgraduados (CP) en una fase piloto y la Secretaria de Fomento Agropecuario del Estado de Tlaxcala (SEFOA) en una fase de expansión, realizaron un proyecto de transferencia y adopción de tecnologías, para el aprovechamiento del traspatio. Este proyecto se propuso que las familias captaran y almacenaran el agua de lluvia mediante cisternas, para la producción de jitomate en microtúnel; a fin de producir alimentos sanos y suficientes. Esto, para mejorar su calidad de vida, utilizando tecnologías acordes con la conservación de los recursos naturales. De esta manera, aseguraran la satisfacción de sus necesidades presentes y futuras, tal como lo consideran los principios de un desarrollo sustentable.

La investigación mostró que el agua de lluvia es un recurso disponible en las comunidades de estudio y que su uso y aprovechamiento requiere de tecnología e infraestructura adecuadas, así como de capacidades -conocimientos y habilidades- básicas, para captar y almacenar agua suficiente y de calidad, para la producción de hortalizas en microtúnel y para usos domésticos.

Los resultados del proyecto en la fase piloto indicaron que la captación y almacenamiento del agua de lluvia, es una ecotecnia que se adapta a las necesidades y condiciones de los productores y que cuando esta bien implementada y manejada, es una opción técnica y económica que permite disponer de agua suficiente ( $3.75 \text{ m}^3/\text{mes}$ ) y de calidad, para el riego de dos cosechas de jitomate en microtúnel, al año. Mejorando las condiciones de vida de las familias, al obtener alimentos para el autoconsumo e ingresos con la venta de los excedentes. La

captación y almacenamiento del agua de lluvia, a la par de la producción de jitomate en microtúnel, es un complemento necesario para el aprovechamiento del traspatio.

De la misma forma, los resultados de la fase piloto indicaron que la implementación adecuada de la ecotecnia y su uso y el manejo eficiente del agua inciden en la adopción de la misma. El adecuado diseño, instalación y construcción de los componentes, con capacidad suficiente y con materiales adecuados, para disponer de agua suficiente y de calidad; así como capacidades adquiridas para el uso y manejo eficiente de la ecotecnia y del agua de lluvia por los productores; fueron resultados logrados en la fase piloto.

La capacitación y asesoría técnica pertinente, oportuna y continua, con la participación de técnicos capacitados en la ecotecnia y en el uso y manejo de metodologías participativas y flexibles, congruentes con los principios de la educación de adultos y la metodología de aprender - haciendo, tal como la proporcionó el promotor del Colegio de Postgraduados en la fase piloto, fueron aspectos que influyeron para la adopción de tecnología.

Otros aspectos que favorecieron la implementación y uso de la ecotecnia fue el apoyo económico que proporcionaron las instituciones gubernamentales, para la construcción de la infraestructura. La sensibilización para que los productores desarrollaran una cultura de aprovechamiento del agua de lluvia. La participación activa y comprometida del promotor del proyecto y el seguimiento de avances y resultados con el que se logró tener un verdadero diálogo y trabajo cercano con los productores, contribuyeron para que el 83.33 % de las familias de la fase piloto lograran la captación y almacenamiento del agua de lluvia.

Con una inversión de \$ 126,450.00 pesos en total para la construcción de la cisterna de almacenamiento y el respaldo institucional del Colegio de Postgraduados en las actividades de planeación y ejecución de la fase piloto del proyecto, se lograron resultados altamente satisfactorios para los participantes y sus familias.

En cambio, la inversión de \$ 325,200.00 pesos en total para la construcción de la cisterna de almacenamiento, que beneficio a 30 productores de las comunidades de Ixtacuixtla, Toluca de Guadalupe y San Nicolás Terrenate, realizada por el Gobierno del Estado de Tlaxcala a través de la Secretaría de Fomento Agropecuario (SEFOA), aunado al significativo interés de los productores, no tuvo el impacto esperado en la fase de expansión. Habiendo tenido la oportunidad de lograr resultados satisfactorios, tomando de referencia el conocimiento generado a través de las experiencias de la fase piloto, para proporcionar capacitación básica, asesoría técnica a los productores y seguimiento al proyecto; los promotores de la Secretaría de Fomento Agropecuario (SEFOA), limitaron su participación al financiamiento de la infraestructura de la ecotecnia. Esto ocurrió a partir del cambio de funcionarios en esta institución, recién iniciada la fase de expansión.

La falta de capacitación, asistencia técnica, técnicos capacitados en la ecotecnia y falta de seguimiento, para evaluar resultados. Así como, la falta de vinculación de la SEFOA con otras instituciones de educación y capacitación, que acompañen este tipo de proyectos con capacitación, asistencia técnica y con los propios productores de la fase piloto que tenían probada y demostrada la tecnología, fueron determinantes para que sólo el 9.09% de los productores capte y almacene el agua en la fase de expansión.

El desconocimiento de la tecnología por los productores, influyó para que no terminaran la instalación de los componentes de la ecotecnia, realizaran la construcción de áreas de captación y almacenamiento con materiales costosos y capacidad insuficiente para satisfacer la demanda de agua para la producción de jitomate en microtúnel y utilizaran agua potable para la producción de hortalizas y no agua de lluvia como se planteó en los objetivos del proyecto.

La situación actual de la implementación y uso de la tecnología en la fase de expansión, permite afirmar que la limitada participación institucional, la falta de

vinculación institucional, la falta capacitación, asistencia técnica y seguimiento a los productores, han sido limitantes para que este proyecto sea eficiente, frenando el desarrollo, no por falta de interés de los productores sino por que no dio una participación real y activa de la dependencia gubernamental encargada de promover este proyecto y no se acompañó el proceso, con una capacitación básica para hacer un uso eficiente de la ecotecnia.

Con la presente investigación, también se ha demostrado que a pesar de que existen tecnologías apropiadas a las condiciones de los productores de pequeña escala, para impulsar el mejoramiento de su calidad de vida, si no se propicia una adecuada vinculación de las instituciones educativas y de investigación que han generado estos conocimientos, con las instituciones gubernamentales que disponen de recursos económicos para el financiamiento de los proyectos, pueden lograrse solo aportes mínimos en relación a los que son posibles.

Aún con financiamiento y con infraestructura, cuando la innovación tecnológica se ofrece sin respaldo institucional continuo, sin la participación de una dependencia de investigación que respalde la tecnología; sin capacitación y asesoría necesarias y oportunas a productores y a técnicos, y sin seguimiento, los resultados para la incorporación de la ecotecnia no serán satisfactorios en términos de los objetivos esperados.

Es necesario considerar que para que las instituciones gubernamentales tengan una participación real, activa y comprometida para proporcionar la capacitación y la asesoría técnica a los productores y el seguimiento al proyecto, deben acudir a las fuentes de conocimiento confiables e instituciones interesadas en brindar su apoyo. Debido a que en caso de no contar con el conocimiento necesario los resultados pueden resultar precarios y por lo tanto sin lograr el éxito posible.

A pesar de los resultados deficientes en la fase de expansión, las familias aún están ávidas por utilizar y manejar de forma adecuada y eficiente las ecotecnias, lo que

confirma que estas ecotecnias significan para las familias una oportunidad para resolver algunas de sus necesidades más sentidas, el acceso y disponibilidad de agua segura y la producción de cultivos que les generen ingresos. Por lo cual es necesaria la vinculación de la SEFOA con el Colegio de Postgraduados, institución que originó el proyecto, a fin de concluir adecuadamente los procesos de transferencia y adopción de la tecnología.

La escasez de agua de calidad de otras fuentes, es un hecho; el aprovechamiento de esta fuente natural, gratuita y de calidad, es una alternativa que se debe continuar promoviendo para contribuir a reducir la proporción de personas para quienes el agua es inaccesible. La captación y almacenamiento del agua de lluvia, es una tecnología congruente con los lineamientos del desarrollo sustentable, que contribuye a superar la pobreza y la inseguridad alimentaria que afecta gravemente a nuestra sociedad.

Utilizando las ecotecnias para la producción agrícola en pequeña escala y acorde con los principios de la agroecología y el desarrollo sostenible; se utilizan al máximo los recursos y energías renovables, como el agua de lluvia para el aprovechamiento del traspatio con lo cual se puede contribuir a superar la falta de agua y lograr la seguridad alimentaria que padecen varias familias rurales de México y América Latina.

Finalmente, hay que señalar que la estructuración de una nueva sociedad rural, se basa, de acuerdo a la actual Ley de Desarrollo Rural Sustentable, en una serie de principios que destacan el papel protagónico que deben jugar los actores locales (las familias rurales) en el impulso de su propio desarrollo y que el desarrollo de capacidades constituye una tarea esencial, para impulsar tanto el desarrollo individual y local, que por si mismos contribuyen a reducir los problemas estructurales que a la sociedad plantea la pobreza.

## **8.1 Recomendaciones**

En este apartado se presentan algunas recomendaciones para mejorar la ejecución del proyecto y proyectos futuros.

1. Considerar en el proyecto el cálculo de la demanda de agua para consumo humano y doméstico (11.03 m<sup>3</sup> demanda mensual), para dimensionar las áreas de captación y almacenamiento, a fin de satisfacer estas necesidades básicas de la población.
2. Se recomienda utilizar el ferrocemento, para la construcción de las cisternas de almacenamiento del agua de lluvia, material que además de económico, es durable y accesible a los productores.
3. Capacitar a los productores sobre el adecuado uso del agua en el riego (frecuencia y volumen de agua), manejo de sistemas de riego y prácticas de manejo para preservar la calidad del agua de lluvia, a fin de fomentar una cultura de aprovechamiento del agua de lluvia.
4. Incorporar en el proyecto el uso de la ecotecnia de “composteo con lombrices”, para obtener fertilizante orgánico, elemento necesario para una buena producción agrícola.
5. Plantear en el proyecto la relación beneficio - costo, para demostrar a los interesados el período de tiempo en que se recupera su inversión.
6. Diseñar materiales didácticos de apoyo con información útil, práctica y básica, para los productores, como pueden ser el calendario de aplicación de fertilizantes (tipo de fertilizante, etapa de aplicación, dosis), calendario de aplicación preventiva de insecticidas y fungicidas para el control de plagas y enfermedades y guías prácticas ilustradas con las actividades de manejo recomendadas que presenten claramente qué hacer, cómo y con qué.

7. Planificar la capacitación y presupuestar los recursos económicos suficientes, para contar con personal técnico capacitado, diseñar materiales didácticos y programas de capacitación. Realizar visitas técnicas y acciones de seguimiento, acompañamiento y evaluación.
8. Utilizar los principios de educación de adultos, técnicas participativas y demostrativas, para la capacitación de los productores, para facilitar el logro de resultados tangibles a corto plazo que interesan y motivan la participación de los productores.
9. Diseñar programas de capacitación que definan claramente los resultados de aprendizaje y las capacidades a desarrollar con los productores, como lo plantea la metodología de competencia laboral que propone el INCA RURAL en su modelo metodológico, para el desarrollo de capacidades.
10. Promover la capacitación de campesino a campesino, valorando que en el estado de Tlaxcala los productores de Españita poseen capacidades para la implementación, uso y manejo adecuado de las ecotecnias “captación y almacenamiento del agua de lluvia” y “producción de jitomate en microtúnel”.
11. Considerar que la capacitación a los productores sea integral y continua, además de desarrollar capacidades técnicas, promuevan el desarrollo de capacidades gerenciales -liderazgo, trabajo en equipo, gestión, entre otras- y actitudes -responsabilidad, cooperación, motivación-, necesarias para el logro de resultados y objetivos del proyecto.
12. Realizar la formación de técnicos en el uso y manejo adecuado de las ecotecnias y en el uso y manejo de técnicas didácticas participativas y demostrativas congruentes con los principios de educación de adultos, la metodología de aprender - haciendo y la competencia laboral.

13. Involucrar a las autoridades municipales de las comunidades rurales en acciones que promuevan el aprovechamiento del agua de lluvia por las familias, ya que estos enfrenta día a día enfrentan el reto de abastecer de agua potable suficiente a las comunidades rurales y las familias que las integran.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- Altieri Miguel, A. 1996. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. 2ª edición. Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo. (CLADES). Berkeley, California. 281 p.
- Anaya G. M. y Juan M. J. 2007. Sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano en América Latina y el Caribe. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 149 p.
- Antonio Martínez, Gloria. 2005. Prototipo de cisterna de captación de agua de lluvia para uso doméstico. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 168 p.
- Arredondo Rosales, Juan. 2005. El programa de capacidades en el medio rural (PRODESCA) en Tlaxcala. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 154 p.
- Caballero Aquino, Tertuliano. 2007. Captación de Agua de Lluvia en tanques de ferrocemento. Manual técnico. Instituto Politécnico Nacional. México, D. F. 125 p.
- Cardona, Pablo. 2003. Evaluating and Developing Management. Competencias. IESE. Universidad de Navarra Barcelona. Guatemala, Guatemala. pp. 1 – 8.
- Carrasco Lozano, María Elza Eugenia. 2006. Mujeres y sustentabilidad del agua potable en Tlaxcala. Colegio de Tlaxcala, A. C. Desarrollo Regional. 16 p.
- Chávez Hernández, Elodia. 2007. Transferencia y adopción de ecotecnias a nivel traspatio en dos comunidades rurales de Tlaxcala. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. 109 p.
- Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (CESPT). Gobierno electrónico. Año XXII - N° 1782, 8 de febrero de 2003. ([www.cespt.gob.mx/cultura/consumo.htm](http://www.cespt.gob.mx/cultura/consumo.htm).)
- Comisión Nacional del Agua. 2006. La gestión del agua en México. Avances y retos. México, D. F. 244 p.

- Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (CONAFOVI). 2005. Guía para el uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales. México, D. F. 68 p. ([www.conafovi.gob.mx](http://www.conafovi.gob.mx)).
- CINTERFOR. 2006. La importancia de las habilidades "blandas": Todos ganan. Capacitación. El Mercurio. Santiago de Chile.
- COPLADET. 2004. Dirección de Informática y Estadística. Unidad de Estadística. Anuario Estadístico del Estado de Tlaxcala. <http://www.tlaxcala.gob.mx/municipios/municipios.html>
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). 2005. Anexo A. Índices de marginación por entidad federativa. México: CONAPO.
- Díaz Bordenave, Juan E. 1998. La transferencia de tecnología apropiada al pequeño agricultor. Biblioteca digital CREFAL. pp 75 – 102.
- Duch Gary, et al. 2005. La capacitación, otra mirada. Lecciones de experiencias mexicanas de capacitación rural. Universidad Pedagógica Nacional. México, D. F. 406 p.
- Esquinas Alcázar José T. 2006. Seguridad Alimentaria y Políticas de Lucha contra el Hambre. Servicio Publicaciones de la Universidad de Córdoba. Córdoba, España. 332 pp.
- F.A.O. 2000a. Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia. Experiencias en América Latina. F.A.O y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Santiago, Chile. 224 p.
- FAO. 2000b. El riego en América Latina y el Caribe en cifras. FAO, Roma, 348 p. (Informes sobre temas hídricos, 20). [http://www.fao.org/index\\_es.htm](http://www.fao.org/index_es.htm)
- Fernández Reynoso Demetrio S. y Oropeza Mota José Luis. 1999. Trampa de captación de agua de lluvia para abrevadero. Colegio de Postgraduados. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. 11 p.
- FIDA (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola). 2002. Documento estratégico regional. Estrategia del FIDA para la reducción de la pobreza en América Latina y El Caribe. U. Quintily S.p.A. Roma, Italia. 12 p.

- Frank, E. O. y Torrado, J. J. 2006. Experiencias de evaluación en extensión y comunicación. Una lectura compartida entre actores y destinatarios. Argentina, Buenos Aires. 285 p.
- Galindo Escamilla, Emmanuel. 2007. Organización social para el uso y manejo de los jagüeyes. El caso de la zona norte de los llanos de Apan en el Estado de Hidalgo, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 169 p.
- Garza Bueno, Laura Elena. En: Agricultura, Sociedad y Desarrollo. Volumen 3. Número 2. Julio – Diciembre, 2006. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. pp 155 – 173.
- Gleason Espíndola, José Arturo. 2005. Manual de aprovechamiento de aguas pluviales en centros urbanos. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño. Guadalajara, Jalisco, México. 92 p.
- Gleissman, Stephen R. 2002. Agroecología. Procesos ecológicos en Agricultura Sostenible. 359 p.
- Gobierno del Estado de Tlaxcala. 2007. Enciclopedia de los Municipios de México. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. ([www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/tlaxcala/mpios/29030a.htm](http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/tlaxcala/mpios/29030a.htm)).
- González Méndez, J. A. 2007. 2007. Competencia Laboral y manejo de recursos naturales en la montaña de Guerrero. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, México. 171 p.
- Grey David y Sadoff Claudia. 2006. Agua para el crecimiento y desarrollo. Eje Temático 1. Agua y saneamiento para todos. IV Foro Mundial del Agua. UNDP. UNICEF. PNUD. ONU-HABITAT, Comisión Nacional del Agua. 50 p.
- Horton Douglas. 2004. ¿Cómo planificar, implementar y evaluar el desarrollo de capacidades? ISNAR Holanda. 64 p.
- IBERFOP. 1998. Competencias Laborales: Un instrumento para el diálogo y la negociación entre Educación y Trabajo Programa de Cooperación Iberoamericana para el Diseño de la Formación Profesional. I Seminario

- Organización y Gestión de proyectos de reforma de Formación Profesional basada en competencias. Montevideo, Uruguay.
- IICA. 1998. Sistemas de captación del agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y El Caribe. Manual técnico. México. 95 p.
- INCA RURAL. 2004. Hacia una Nueva Sociedad Rural. Diplomado en Diseño de Empresas para el Desarrollo Rural, INCA Rural.
- INCA RURAL. 2006. Desarrollo de capacidades en territorios rurales: Experiencia del Inca Rural 2001 – 2006. México, Distrito Federal. 158 p.
- Jiménez Merino Francisco Alberto. 2006. Agua para el desarrollo, más agua siempre para todos. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. 406 p.
- Juan Martínez, José. 2006. Captación y purificación de agua de lluvia para consumo humano. Tesis de Maestría. Colegio de Postgrados. Montecillo, Texcoco, México. 96 p.
- Lacki, Polan. 2004. Una nueva capacitación para el desarrollo rural ¿Gastar en actividades o invertir en resultados?. ¿Problematizar las soluciones o solucionar problemas?. <http://www.polanlacki.com.br/indexesp.html>
- Lacki, Polan. 2007. Es necesario y posible emancipar a los agricultores del fracasado paternalismo estatal. <http://www.polanlacki.com.br>.
- Llamas.2001.[http://www.imacmexico.org/ev\\_es.php?ID=16814\\_208&ID2=DO\\_TOPIC](http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=16814_208&ID2=DO_TOPIC)
- Mata García, Bernardino. 1999. Desarrollo rural en México: una propuesta centrada en los pobres del campo. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, México. 285 p.
- Mata García, Bernardino. 2002. Desarrollo rural centrado en la pobreza. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, México. 170 p.
- Magaña, Víctor. 2006. Adaptación al Cambio Climático. México. Universidad Nacional Autónoma de México- Instituto Nacional de Ecología. 23 p.
- Ocampo Fletes, Ignacio *et al.* 2006. El agua recurso en crisis. 2004. España. 2006. Fundación Produce Puebla. 232 p.
- Ojeda E., Luis Alfonso. 2000. Innovación interactiva. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, México. 190 p.

- Pineda Torres, Marisol. 2007. Manejo de agua para el uso doméstico en Jumiltepec, Municipio de Ocuilco, Estado de Morelos. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 101 p.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2006. Informe sobre Desarrollo Humano 2006. Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua. Mundi-Prensa México S. A. de C. V. México D. F. 421 p.
- Quispe Limaylla, Aníbal. 2005. Transferencia y adopción de tres ecotecnologías para el aprovechamiento de los traspatios en áreas periurbanas de Tlaxcala. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 10 p.
- Quispe Limaylla, Aníbal. 2006a. El uso de tres ecotecnias para producir hortalizas en el traspatio. Una guía práctica. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 38 p.
- Quispe Limaylla, Aníbal. 2006b. Captación de agua de lluvia para la agricultura de traspatio, una experiencia que se extiende en Tlaxcala. En: XII Reunión Nacional y II de América y El Caribe sobre Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 12 p.
- Quispe Limaylla, Aníbal. 2007. Agricultura ecológica en el traspatio, sembrando esperanzas para la seguridad alimentaria. CP-CONACYT. FOMIX. Gobierno del Estado de Tlaxcala. 110 p.
- Ramírez Karina C. 2006. Coordinadora del Centro de Capacitación a Distancia (CECADI), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Ramos, F. J. 1998. Grupo Vicente Guerrero de Españita, Tlaxcala. Dos décadas de promoción de campesino a campesino. Manuscrito. Red de Gestión de Recursos Naturales. Fundación Rockefeller. México.
- Ramos Guillén, Claudia. 2007. Tecnología tradicional para el aprovechamiento del agua de lluvia en la región de Tecamachalco, Puebla. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, México. 103 p.
- Rosset, Peter M. 1999. Las múltiples funciones y beneficios de la agricultura campesina. Policy Brief No. 4. Food first. The Institute for food and development policy. Oakland, CA USA. pp. 1- 26.

Sánchez López, José María. 2007. Producción intensiva de jitomate en invernadero conducido a uno y dos tallos por planta, en San Pablo Ixayoc, Texcoco, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, México. 133 p.

Secretaría de Salud. 2007. COFEPRIS. Lavado y desinfección de tinacos y cisternas. Recomendaciones importantes. 7 pp.

## **X. ANEXOS**

ANEXO 1. LISTA DE PROYECTOS DE OPCIONES PRODUCTIVAS 2005.

ANEXO 2. CONSTANCIAS DE LOS CURSOS DE CAPACITACIÓN IMPARTIDOS EN LA FASE DE EXPANSIÓN DEL PROYECTO.

ANEXO 3. OFICIO.

## Anexo 1

### SECRETARIA DE FOMENTO AGROPECUARIO LISTA DE PROYECTOS DE OPCIONES PRODUCTIVAS 2005

	Representante	Hombre	Mujer	Domicilio	Localidad	Municipio	Proyecto
1.	Ma. Eva Bonilla Flores	0	10	Av. Revolución s/n	Concepción Hidalgo	Altzayanca	Cisternas
2.	Feliciana Rivera González	0	10	Vicente Guerrero No. 10	San Matías Tepetomatitlan	Apetatitlan de Antonio Carvajal	X
3.	María Ocotlán Netzahuatli Ihuicatzi	2	8	Privada Doroteo Sánchez No. 14	Belém	Apetatitlan de Antonio Carvajal	Cisterna
4.	Fermín Acoltzi Vázquez	5	5	Ezequiel N. Gracia No. 3	Ocotlán	Apetatitlan de Antonio carvajal	Cisterna
5.	Guadalupe Cervantes Bravo	0	10	Aldama No. 201	Santa Maria Texcalac	Apizaco	X
6.	Eteleberto Hernández Jiménez	8	2	Manuel González Ortega No. 3	Barrio Guadalupe	Cuapiaxtla	Cisterna
7.	Gudelio Miguel Espinosa Romero	7	3	Nicolás Bravo s/n	El Carmen Tequexquitlan	El Carmen Tequexquitlan	Cisterna
8.	Rosa Rodríguez	7	3	Altamirano Número 9	El Carmen Tequexquitlan	El Carmen Tequexquitlan	Cisterna
9.	Juana Olvera Martínez	0	10	Brisa s/n	El Carmen Tequexquitlan	El Carmen Tequexquitlan	X
10.	Heriberto Saldaña Lira	4	6	Pról. De Hidalgo Pte. 608	Barrio San José	Huamantla	X
11.	Artemia Velásquez Sánchez	0	10	Emiliano Zapata No. 8	Ixtacuixtla	Ixtacuixtla de Mariano Matamoros	Cisterna
12.	Casimiro Barrios Vázquez	8	2	Av. Emiliano Zapata No.12	Guadalupe Cuahutemoc	Muñoz de Domingo Arenas	Cisterna
13.	Tito Romo Sánchez	4	6	Domicilio Conocido	Guadalupe Cuahutemoc	Muñoz de Domingo Arenas	X
14.	Cecilio Curiel Pérez	9	1	Berriozabal No. 45	Nanacamilpa	Nanacamilpa de Mariano Arista	Cisterna
15.	Hermilo Montiel Gómez	7	3	16 de Septiembre, No. 14	San José Teacalco	San José Teacalco	Cisterna
16.	Mariano Carcaño Cervantes	6	4	16 de Septiembre, No. 18	San José Teacalco	San José Teacalco	Cisterna
17.	J. Cruz Carcaño Dionisio	7	3	3ra. Sección	Sección Tercera	San José Teacalco	Cisterna
18.	Justa De Gante De Gante	0	10	Domicilio Conocido	Rancho Los Capulines	Terrenate	Cisterna
19.	Fabiola Hernández Rojas	7	3	Benito Juárez	San Nicolás Terrenate	Terrenate	Cisterna
20.	Victoria Tapia Rodríguez	0	10	Francisco I. Madero s/n	San Nicolás Terrenate	Terrenate	Cisterna
21.	Elizabeth Gutiérrez Tapia	0	10	X	Toluca de Guadalupe	Terrenate	Cisterna
22.	Luz María del Carmen Sánchez Rodríguez	0	10	Domicilio Conocido	Las Mesas	Tlaxco	Cisterna
23.	Ericka Pelcastre Martínez	0	10	Av. López Mateos s/n	San Lorenzo Soltepec	Tlaxco	Cisterna
24.	Julia Reyes Martell	0	10	Av. Benito Juárez s/n	San Lorenzo Soltepec	Tlaxco	Cisterna
25.	Araceli Ramírez	0	10	Av. Benito Juárez 8	San Lorenzo Soltepec	Tlaxco	X
26.	Celso Ávila Ramírez	5	5	Domicilio Conocido	Santiago Tepeticpac	Totolac	X
27.	Luis Alberto García A.	4	6	Los Pinos, No. 31	San Pedro Tlacoatepec	Xalostoc	Cisterna
28.	Delfino Corte Mena	5	5	C. Adolfo Lopez Mateos s/n	Xicotzinco	Xicotzinco	X

## Anexo 2

**Constancias de los cursos de capacitación impartidos en la fase de expansión del proyecto.**

### **Constancia del curso de capacitación “Producción de plantas”.**

**SEP** SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR  
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA AGROPECUARIA  
LA BRIGADA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO RURAL N° 19  
CLAVE 29HBR0008N

OTORGA LA PRESENTE

 **CONSTANCIA**

**A: LA C. VICTORIA TAPIA RODRÍGUEZ**

Por su participación en el curso de Capacitación con el Enfoque de Competencias **“Producción de plantas”** impartido en el periodo del 17 al 21 de julio de 2006; con un total de 40 horas.

Terrenate, Tlax. Julio 21 de 2006

  
SEP SEMS  
DGETA  
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN  
PARA EL DESARROLLO RURAL  
BRIGADA No. 19  
CLAVE: 29HBR0008N  
TERRENATE, TLAX.

JEFE DE LA BRIGADA  
  
ING. MA. GUILLERMINA FLORES MARTINEZ

### **Constancia del curso de capacitación “Producción de hortalizas bajo cubierta (Jitomate en hidroponía)”.**

**SEP** SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR  
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA AGROPECUARIA  
LA BRIGADA DE EDUCACION PARA EL DESARROLLO RURAL N° 19  
CLAVE 29HBR0008N

OTORGA LA PRESENTE

**CONSTANCIA**

**A: LA C. VICTORIA TAPIA RODRÍGUEZ**

Por su participación en el curso de Capacitación con el Enfoque de Competencias **“Producción de hortalizas bajo cubierta (Jitomate en Hidroponía)”** impartido en el periodo del 13 al 17 de marzo de 2006; con un total de 40 horas.

Zacualpan, Tlax. Marzo 17 de 2006

  
SEP SEMS  
DGETA  
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN  
PARA EL DESARROLLO RURAL  
BRIGADA No. 19  
CLAVE: 29HBR0008N  
ZACUALPAN, TLAX.

JEFE DE LA B.E.D.R. No. 19  
  
ING. MA. GUILLERMINA FLORES MARTINEZ

## Anexo 3

### Oficio



*Juntos hacia el progreso*

"2007, Año del Ciento Cincuenta Aniversario de la Fundación del Estado Libre y Soberano de Tlaxcala"

San Pablo Apetatitlán, Tlax., a 18 de julio de 2007.

#### **PRODUCTORES DE HORTALIZAS EN MICROTUNEL DEL ESTADO DE TLAXCALA PRESENTE.**

Con el objeto de realizar trabajos de Investigación en el Sistema de Captación del agua de lluvia y los procesos de producción de hortalizas en los microtuneles en el estado, esta Secretaría ha iniciado una serie de trabajos y acciones, por lo que presentamos a Usted a la **Ing. Verónica Ramírez Castel**, quien es estudiante de Maestría del Colegio de Post-Graduados de Montecillos, México y actualmente realiza dichos trabajos en coordinación con esta dependencia, por lo que les solicito su amabilidad para brindarle todas las facilidades, con el objeto de obtener la información referente a las actividades que Usted realiza actualmente en su unidad de producción.

Sin más por el momento, aprovecho la ocasión para expresarles un cordial saludo.

ATENTAMENTE

**LIC. ALEJANDRO VILLAR BORJA**  
**SUBSECRETARIO DE DESARROLLO RURAL**

Ex-Rancho La Aguanaja s/n | T. (246) 46 5 0200  
San Pablo Apetatitlán, Tlax. | ext. 2218 y 2219  
C.P. 90600 | F. (246) 46 5 0211

