



# PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO

## INFORME FINAL

**HC0828.4**

SUBCOORDINACIÓN DE TECNOLOGÍA APROPIADA E INDUSTRIAL

COORDINACIÓN DE HIDRÁULICA



F U N D A C I Ó N  
GONZALO RÍO ARRONTE, I.A.P.

México, 2011

F.CO.2.03.00



# PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO

## INFORME FINAL

**HC0828.4**

SUBCOORDINACIÓN DE TECNOLOGÍA APROPIADA E INDUSTRIAL

COORDINACIÓN DE HIDRÁULICA



F U N D A C I Ó N  
GONZALO RÍO ARRONTE, I.A.P.

Autor:  
M.I. Luis Gómez Lugo  
M.I. Sandra Vázquez Villanueva

México, 2011

F.CO.2.03.00



Durante el periodo 2008-2011, incluido en la tercera etapa del programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro a solicitud de la Fundación Gonzalo Río Arronte, el IMTA realizó el proyecto

**”PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO”**

a fin de implementar modelos de tecnologías eficientes con enfoque integral en dos comunidades rurales del municipio de Quiroga.

Convenio de colaboración con objeto de realizar la tercera etapa 2008-2011 del PROGRAMA PARA LA RECUPERACIÓN AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL LAGO DE PÁTZCUARO y el Anexo Técnico “PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO”

Vigencia del proyecto: 2008 - 2011.

Clave de control asignada al proyecto: HC0828.4



F U N D A C I Ó N  
**GONZALO RÍO ARRONTE, I.A.P.**

México, 2011

F.CO.2.03.00

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO .....	1
ANTECEDENTES .....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
OBJETIVOS .....	4
1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EN CAMPO.....	5
1.1. ÁMBITO DEL PROYECTO.....	5
1.1.1. Descripción de las comunidades.....	6
1.1.2. Hidrología.....	6
1.1.3. Clima.....	7
1.1.4. Suelo.....	8
1.1.5. Vegetación y fauna .....	8
1.2. POBLACIÓN.....	10
1.2.1. Demografía .....	10
1.2.2. Vivienda .....	10
1.2.3. Salud.....	11
1.2.4. Educación .....	13
1.2.5. Población ocupada .....	14
1.2.6. Marginación y desarrollo humano .....	14
1.2.7. Índice de Desarrollo Humano .....	15
1.3. INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA.....	17
1.3.1. Pozos .....	19
1.3.2. Red de agua (San Jerónimo Purenchécuaro).....	21
1.3.3. Red de agua (San Andrés Tzironदारo).....	25
1.3.4. Manantiales (San Jerónimo Purenchécuaro).....	30
1.3.5. Manantiales (San Andrés Tzironदारo).....	36
1.4. USOS DE AGUA.....	37
2. DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA E INSTALACIÓN.....	41
2.1. INFRAESTRUCTURA POTENCIAL PARA CAPTAR AGUA DE LLUVIA.....	41
2.2. PRECIPITACIÓN Y DISEÑO DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA. 42	
2.2.1. Precipitación .....	42
2.2.2. Ejemplo de demanda .....	43
2.2.3. Determinación de la demanda.....	43
2.2.4. Cálculo de la disponibilidad de agua .....	43
2.2.5. Cálculo del área de captación.....	45
2.2.6. Cálculo del sistema de conducción (tubería) .....	45
2.2.7. Volumen de la cisterna.....	45

2.2.8.	Ejemplo de volumen potencial de captación y almacenamiento en infraestructura disponible de captación de agua de lluvia .....	46
2.3.	SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA.....	49
2.3.1.	Captación, conducción y almacenamiento de agua de lluvia en la comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro.....	50
2.3.2.	Captación, conducción y almacenamiento de agua de lluvia en la comunidad de San Andrés Zirondaro.....	54
3.	.SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	56
3.1.	NECESIDADES DE TRATAMIENTO.....	56
3.2.	MÉTODOS DE TRATAMIENTO.....	57
3.3.	MÉTODO ALTERNO DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	59
3.3.1.	Desinfección solar (concentrador solar).....	59
3.3.2.	Desinfección solar en la comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro .....	60
3.3.3.	Desinfección solar en la comunidad de San Andrés Tzinrondaro.....	60
4.	.LIMPIEZA, PROTECCIÓN Y CAPACITACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DE MANANTIALES.....	62
4.1.	ACCIONES DE LIMPIEZA Y PROTECCIÓN DE MANANTIALES .....	62
4.1.1.	Mantenimiento y protección de manantiales (San Jerónimo de Purenchécuaro)...	62
4.1.2.	Mantenimiento y protección de manantiales (San Andrés Tzirondaro).....	65
5.	SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL..	67
5.1.	REVISIÓN Y OPCIONES TÉCNICAS.....	67
5.1.1.	Generales sobre drenaje y saneamiento.....	67
5.1.2.	Criterios de selección de la tecnología.....	67
5.1.3.	Tratamiento de aguas gris.....	69
5.1.4.	Tratamiento de agua negra .....	70
5.1.5.	Tratamiento combinado para tratamiento de agua gris y negra.....	71
5.1.6.	Sanitario seco .....	71
5.2.	ANÁLISIS, SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE SERVICIOS SANITARIOS A NIVEL VIVIENDA .....	73
5.2.1.	Implementación de baños secos ecológicos en San Jerónimo Purenchecuaru.....	73
5.2.2.	Implementación de baños secos ecológicos en San Andrés Tzirondaro.....	76
6.	EVALUACIÓN Y REUSO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA EN ACTIVIDADES PRODUCTIVAS .....	78
6.1.	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN SOBRE DRENAJE Y SANEAMIENTO.....	78
6.1.1.	Levantamiento de información sobre descargas de agua residual en San Jerónimo Purenchécuaro.....	78
6.1.2.	Levantamiento de información sobre descargas de agua residual en San Andrés Tzirondaro .....	81
6.2.	ACCIONES DE CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA DE DRENAJE Y SANEAMIENTO.....	81
6.2.1.	Rehabilitación de la red de drenaje (El Sandio) en San Jerónimo Purenchécuaro	82

6.2.2.	Limpieza y rehabilitación de la descarga en la comunidad de San Andrés Tzironदारo. ....	83
6.2.3.	Elaboración de documento para anteproyecto de humedal artificial en la comunidad de San Andrés Tzironदारo. ....	85
7.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR PARA BOMBEO DE AGUA .....	86
7.1.	ENERGÍA SOLAR Y SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	86
7.2.	SISTEMA FOTOVOLTAICO EN LA ESCUELA PRIMARIA CUAUHTÉMOC .....	87
7.3.	SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL CENTRO ECO TURÍSTICO DEL CERRO DEL SANDIO.....	88
7.4.	SISTEMA FOTOVOLTAICO EN LA ESCUELA PRIMARIA MIGUEL HIDALGO.....	89
8.	TALLERES DE CAPACITACIÓN SOBRE EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA. ....	90
8.1.	TALLERES DE CAPACITACIÓN. ....	90
8.1.1.	Ejemplo - Modulo manejo integral del agua.....	90
8.1.2.	Ejemplo – Sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia.....	91
8.1.3.	Ejemplo – Yo desinfecto el agua que consumo.....	91
8.2.	LISTADOS DE TALLERES DE CAPACITACIÓN. ....	92
9.	ELABORACIÓN DE INFORMES .....	95
9.1.	INFORMES CUATRIMESTRALES A LA FUNDACIÓN GONZALO RIO ARRONTE. ....	95
10.	ANEXOS DE LISTADOS .....	96
10.1.	LISTADOS DE BENEFICIARIOS DE CISTERNAS. ....	96
10.2.	LISTADOS DE BENEFICIARIOS DE BAÑOS ECOLÓGICOS.....	97
10.3.	LISTADOS DE ACCIONES EN MANANTIALES, BOMBEO FOTOVOLTAICO Y SANEAMIENTO.....	98
11.	ANEXOS DE IMAGENES .....	100
11.1.	IMÁGENES DE CISTERNAS EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO. ....	100
11.2.	IMÁGENES DE CISTERNAS EN SAN ANDRÉS TZIRONDARO. ....	100
11.3.	IMÁGENES DE BAÑOS EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO. ....	101
11.4.	IMÁGENES DE BAÑOS EN SAN ANDRÉS TZIRONDARO. ....	102
12.	REFERENCIAS .....	103

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. División de Subcuencas hidrológicas de la cuenca del lago de Pátzcuaro. ....	7
Tabla 2. Datos climatológicos en San Andrés Tziróndaro y San Jerónimo Purenchécuaro, Quiroga. 8	
Tabla 3. Indicadores demográficos en San Andrés Tziróndaro y San Jerónimo Purenchécuaro. ....	10
Tabla 4. Indicadores de vivienda en San Andrés Tziróndaro y San Jerónimo Purenchécuaro.....	11
Tabla 5. Defunciones en el municipio de Quiroga. ....	11
Tabla 6. Principales causas de mortalidad en el municipio de Quiroga, 2003.....	12
Tabla 7. Principales causas de mortalidad infantil, en el municipio de Quiroga, 2003 .....	12
Tabla 8. Población con servicio hospitalario en San Andrés Tziróndaro y San Jerónimo Purenchécuaro. ....	12
Tabla 9. Indicadores de educación en San Andrés Tziróndaro y San Jerónimo Purenchécuaro .....	13
Tabla 10 . Indicadores de empleo en San Andrés Tziróndaro y San Jerónimo Purenchécuaro. ....	14
Tabla 11. Índice y grado de marginación 1980 - 2005 en Quiroga. ....	14
Tabla 12. Índice y grado de marginación por comunidad. ....	15
Tabla 13. Índice y grado de desarrollo humano en el municipio de Quiroga. ....	16
Tabla 14. Características de los aprovechamientos monitoreados por el IMTA en 2005.....	19
Tabla 15. Diagnóstico del abastecimiento y tratamiento del agua (San Jerónimo Purenchécuaro) .	24
Tabla 16. Viviendas encuestadas en San Andrés Tzirondaro .....	26
Tabla 17. Características de los manantiales.....	31
Tabla 18. Manantiales (ojos de agua) – San Jerónimo Purenchécuaro .....	32
Tabla 19. Valores de precipitación (promedio mensual) para la zona de estudio.....	42
Tabla 20. Valores de precipitación de los meses que superan los 40mm. ....	42
Tabla 21. Valores de usos de agua con fines domésticos.....	43
Tabla 22. Valores de usos de agua con fines domésticos.....	43
Tabla 23. Valores de precipitación de los meses que superan los 40mm. ....	43
Tabla 24. Valores de precipitación neta (método de SCS) .....	43
Tabla 25. Valores para el cálculo de la precipitación neta por SCS .....	44
Tabla 26. Disponibilidad de agua por los dos métodos .....	44
Tabla 27. Área de captación.....	45
Tabla 28. Sistema de conducción (tubería) .....	45
Tabla 29. Volumen de la cisterna .....	45
Tabla 30. Listado de cisternas implementadas en la comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro	50
Tabla 31. Listado de cisternas implementadas en la comunidad de San Andrés Zirondaro .....	54
Tabla 32. Métodos de tratamiento para obtener agua potable .....	57
Tabla 33. Listado de manantiales recorridos en la comunidad de San Jerónimo Purenchecuaro... 62	
Tabla 34. Listado de manantiales recorridos en la comunidad de San Andrés Tzirondaro .....	65
Tabla 35. Listado de baños ecológicos secos en la comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro. 73	
Tabla 36. Listado de baños ecológicos secos implementados en la comunidad de San Andrés Tzirondaro.....	76
Tabla 37. Listado de informes cuatrimestrales a la Fundación Gonzalo Río Arronte .....	95

Tabla 38. Beneficiarios de cisternas de San Jerónimo Purenchecuario (Geo referencias y características) .....	96
Tabla 39. Beneficiarios de cisternas de San Andrés Tzirondaro (Geo referencias y características) 96	96
Tabla 40. Beneficiarios de Baños de San Jerónimo Purenchecuario (Geo referencias) .....	97
Tabla 41. Beneficiarios de Baños de San Andrés Tzirondaro (Geo referencias).....	98
Tabla 42. Acciones en manantiales, bombeo fotovoltaico y saneamiento en San Jerónimo Purenchecuario (Geo referencias y características).....	98
Tabla 43. Acciones en manantiales, bombeo fotovoltaico y saneamiento en San Andrés Tzirondaro (Geo referencias y características).....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del Lago de Pátzcuaro y municipios (Quiroga) .....	5
Figura 2. Localización de las comunidades de San Jerónimo Purenchécuaro y San Andrés Tzirondaro dentro de la cuenca del lago de Pátzcuaro .....	6
Figura 3. Subcuencas hidrológicas y arroyos principales.....	7
Figura 4. Unidades de suelo en la cuenca del Lago de Pátzcuaro .....	9
Figura 5. Vegetación existente en la cuenca del Lago de Pátzcuaro.....	9
Figura 6. Grado de marginación en el municipio de Quiroga. ....	15
Figura 7. Cuerpos de agua en la comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro .....	17
Figura 8. Cuerpos de agua en la comunidad de San Andrés Tzirondaro.....	18
Figura 9. Distribución de los aprovechamientos monitoreados por el IMTA en 2005. ....	19
Figura 10. Localización del pozo IMTA 71.....	20
Figura 11. Localización del pozo IMTA 117. ....	20
Figura 12. Localización del pozo IMTA 89. ....	20
Figura 13 . Localización del pozo IMTA 90.....	21
Figura 14. Red de agua en la comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro.....	22
Figura 15. Red de agua y zona sin acceso a agua (San Andrés Tzirondaro).....	25
Figura 16. Ubicación de cuerpos de agua en San Jerónimo Purenchécuaro. ....	30
Figura 17. Ubicación del centro ecoturístico “El Sandio”......	38
Figura 18. Disponibilidad de agua total, por el método de coeficiente y SCS. ....	44
Figura 19. Partes del lavadero ecológico.....	69
Figura 20. Partes del sanitario ecológico:.....	70
Figura 21. Sistema para tratar agua residual doméstica en una vivienda.....	71
Figura 22. Descargas de agua residual en las comunidades de estudio.....	78
Figura 23. Documento de anteproyecto de humedal artificial (San Andrés Tzirondaro).....	85
Figura 24. Materiales de taller de capacitación (Modulo Agua) .....	90
Figura 25. Materiales de taller de capacitación (sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia).....	91
Figura 26. Materiales de taller de capacitación (Yo desinfecto el agua que consumo) .....	91
Figura 27. Listado de Taller Manejo integral del agua - Problemática y soluciones en mi comunidad - San Jerónimo Purenchécuaro .....	92
Figura 28. Listado de Taller Manejo integral del agua - Problemática y soluciones en mi comunidad - San Andrés Tzirondaro.....	93
Figura 29. Listado de Taller Yo desinfecto el agua que consumo - San Jerónimo Purenchécuaro .....	94
Figura 30. Ejemplo de informe cuatrimestral a la FGRA.....	95
Figura 31. Imágenes de cisternas en San Jerónimo Purenchecuario .....	100
Figura 32. Imágenes de Cisternas en San Andrés Tzirondaro.....	100
Figura 33. Imágenes de baños en San Jerónimo Purenchecuario .....	101
Figura 34. Imágenes de Cisternas en San Andrés Tzirondaro.....	102

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Pozo IMTA 71. San Andrés Tziron-daro	20
Ilustración 2.. Pozo IMTA 117. San Andrés Tziron-daro	20
Ilustración 3. Pozo 89. San Jerónimo Purenchécuaro	20
Ilustración 4 Pozo 90. San Jerónimo Purenchécuaro	21
Ilustración 5.Viviendas sin servicio de agua entubada	23
Ilustración 6.Escuela en San Andrés Tziron-daro	28
Ilustración 7. Vivienda sin cobertura de agua y sin servicios	29
Ilustración 8. Manantial Anáchuen en San Jerónimo Purenchécuaro	31
Ilustración 9. Manantial Puquio en San Jerónimo Purenchécuaro.	32
Ilustración 10. Ojo de agua - Agua Buena - San Jerónimo Purenchécuaro.	33
Ilustración 11. Ojo de agua - Piedra grande - San Jerónimo Purenchécuaro.	33
Ilustración 12. Ojo de agua - Terupikua - San Jerónimo Purenchécuaro.	33
Ilustración 13. Ojo de agua - La Pila 1 - San Jerónimo Purenchécuaro.	34
Ilustración 14. Ojo de agua - La Pila 2 - San Jerónimo Purenchécuaro.	34
Ilustración 15. Ojo de agua - El Patio 1 - San Jerónimo Purenchécuaro.	34
Ilustración 16. Ojo de agua - El Patio 2 - San Jerónimo Purenchécuaro.	35
Ilustración 17. Ojo de agua - El Kuirito - San Jerónimo Purenchécuaro.	35
Ilustración 18. Ojo de agua - Luisia - San Jerónimo Purenchécuaro.	35
Ilustración 19. Manantiales con bombeo de agua del lago para riego de jardines - San Jerónimo Purenchécuaro.	36
Ilustración 20. Manantial No 1 - San Andrés Tziron-daro.	36
Ilustración 21. Manantial No 2 - San Andrés Tziron-daro	37
Ilustración 22. Cabañas “El Sandio”	39
Ilustración 23. Cisterna de ferrocemento y tinaco de 5,000 - El Sandio	39
Ilustración 24. Comedor Centro ecoturístico - El Sandio	40
Ilustración 25. Granja acuícola “Jarhatsipan”	40
Ilustración 26. Superficies potenciales de utilizar para captar agua de lluvia	41
Ilustración 27. Techo de la iglesia con canaletas para captar agua de lluvia	41
Ilustración 28. Techo de las canchas con canaletas para captar agua de lluvia	41
Ilustración 29. Techo de la iglesia de San Andrés Tziron-daro.	46
Ilustración 30 . Techo del auditorio San Andrés Tziron-daro.	47
Ilustración 31. Techo de escuelas de San Andrés Tziron-daro.	48
Ilustración 32. Implementación de cisternas tipo vivienda en las comunidades	49
Ilustración 33. Captación, conducción y almacenamiento de agua de lluvia en la escuela primaria Cuauhtemoc.	51
Ilustración 34. Captación, conducción y almacenamiento de agua de lluvia en el cerro de Sandio	51
Ilustración 35. Captación, conducción y almacenamiento de agua de lluvia (jardín de niños Silvestre Revueltas)	52

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO  
INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 36. Captación, conducción y almacenamiento de agua de lluvia de la clínica del IMSS (San Jerónimo)	52
Ilustración 37. Seguimiento de sistemas de almacenamiento a nivel vivienda y nivel comunitario	53
Ilustración 38. Cisterna tipo vivienda (San Jerónimo Purenchécuaro)	53
Ilustración 39. Seguimiento de los sistemas de almacenamiento a nivel vivienda (1)	55
Ilustración 40. Seguimiento de los sistemas de almacenamiento a nivel vivienda (2)	55
Ilustración 41. Seguimiento del sistema de almacenamiento a nivel comunitario	56
Ilustración 42. Entrega de cajas solar para desinfección solar	61
Ilustración 43. Manantial El Patito (San Jerónimo Purenchecuar)	64
Ilustración 44. Protección del manantial El Patito (San Jerónimo Purenchecuar)	64
Ilustración 45. Manantial No 2 (San Andrés Tzironदार)	65
Ilustración 46. Manantial No 1. (San Andrés Tzironदार)	66
Ilustración 47. Protección del manantial (San Andrés Tzironदार)	66
Ilustración 48. Lavadero ecológico	69
Ilustración 49. Sanitario ecológico con agua	70
Ilustración 50. Sanitario seco – taza con separación de orina	72
Ilustración 51. Implementación de servicios sanitarios (baños ecológicos secos) en San Jerónimo Purenchécuaro	75
Ilustración 52. Implementación de servicios sanitarios (baños ecológicos secos) en San Andrés Tzironदार	77
Ilustración 53. Descarga 1 antes del humedal artificial (comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro)	79
Ilustración 54. Descarga 2 antes del humedal artificial (comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro)	80
Ilustración 55. Descarga 3 antes del humedal artificial (comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro)	80
Ilustración 56. Descarga (comunidad de San Andrés Tzironदार)	81
Ilustración 57. Tubería de descarga de aguas residuales en mal estado, tubería rehabilitada y tanques sedimentadores del Sandio (San Jerónimo Purenchecuar)	82
Ilustración 58. Situación de la descarga de agua residual – San Andrés Tzironदार	83
Ilustración 59. Tanque sedimentador - San Andrés Tzironदार	83
Ilustración 60. Limpieza del tanque sedimentador y tramo de descarga - San Andrés Tzironदार	84
Ilustración 61. Bombeo fotovoltaico en la escuela primaria Cuauhtémoc (San Jerónimo Purenchécuaro)	88
Ilustración 62. Bombeo fotovoltaico en el Centro ecoturístico El Sandio (San Jerónimo Purenchécuaro)	88
Ilustración 63. Bombeo fotovoltaico en la escuela primaria Miguel Hidalgo (San Andrés Tzironदार)	89

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe corresponde al proyecto HC-0828.4 intitulado "PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO", cuyo objetivo fue aportar elementos para desarrollar las bases para el uso y manejo integral del agua en comunidades rurales de México.

El proyecto fue contratado por la Fundación Gonzalo Río Arronte en el marco de la tercera etapa del programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, se desarrollo durante el periodo 2008 – 2011. Las actividades del proyecto fueron apoyadas por la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo bajo convenio de colaboración con el IMTA.

Las acciones realizadas en las comunidades de San Jerónimo Purenchécuaro y San Andrés Tzironaro fueron orientadas a la gestión comunitaria e implementación de Infraestructura de almacenamiento de agua de lluvia, servicios sanitarios, mantenimiento y conservación de manantiales, esquemas de bombeo fotovoltaico y tratamiento de agua con métodos de desinfección solar.

En ambas comunidades se realizaron talleres de capacitación con la población, algunos de ellos útiles para el proceso de implementación de sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia a nivel vivienda y comunitaria, aprovechando la infraestructura existente para captar y conducir el lluvia a los almacenamientos. Los resultados alcanzados en materia hídrica fue el incremento en la capacidad instalada en infraestructura de almacenamiento de aproximadamente 625,000 litros en la comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro y de aproximadamente 210,000 litros en la comunidad de San Andrés Tzironaro.

En materia sanitaria, se implementaron servicios sanitarios a nivel vivienda mediante 29 baños ecológicos secos en la comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro y 23 en la comunidad de San Andrés Tzironaro.

Dentro de las acciones de rehabilitación y mantenimiento de cuerpos de agua se recorrieron los manantiales de cada comunidad y en coordinación con autoridades se realizaron acciones de limpieza, protección con mampostería y malla ciclónica.

## ANTECEDENTES

Al inicio del año 2008, incluido en la tercera etapa del programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, se inicio el proyecto "PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO" con ello se inicio un proceso de implementación y apropiación de esquemas que permitan atender la problemática que vive la población en materia de agua y saneamiento.

Se seleccionaron dos comunidades del municipio de Quiroga: San Jerónimo Purenchécuaro y San Andrés Tzironaro, las cuales presentan problemas de abastecimiento y saneamiento del agua: En San Andrés Tzironaro la cobertura de agua entubada es del 74%, el 76% de las viviendas cuentan con sanitario o excusado y solo el 61% dispone de drenaje, ubicándose por debajo del promedio municipal y estatal; en San Jerónimo Purenchécuaro, aunque la cobertura de agua entubada y sanitarios es superior al promedio municipal y estatal con un 88% y 87% respectivamente, la cobertura de drenaje está por debajo del promedio municipal y estatal con 72% de las viviendas conectadas. Estas deficiencias se reflejan en el índice de marginalidad que ubica en los niveles de marginación alto a San Andrés y nivel medio a San Jerónimo. Esta falta de infraestructura impacta en la salud, principalmente de los niños menores de 5 años, y aunque la tasa de morbilidad por enfermedades diarreicas ha disminuido, prevalece dentro de las principales causas de enfermedad lo que hace necesario implementar acciones para el abastecimiento y saneamiento del agua que permita contar con una comunidad modelo en el manejo integral del agua.

En un contexto general, en cada comunidad se programo y realizo el diagnóstico de la situación del manejo del agua, se implementaron sistemas de captación de agua de lluvia comunitarios y nivel vivienda, se dio mantenimiento y protección a manantiales, se instalaron sistemas de servicios sanitarios domiciliarios para aguas negras para evitar la contaminación de los manantiales y el lago, así como para disminuir los riesgos a la salud en la población, se estudio el reuso del agua residual tratada en algunas actividades y se implementaron esquemas de aprovechamiento de la energía solar como fuente alterna de electricidad para el bombeo y distribución del agua.

Los impactos generados por el proyecto repercutieron en la fácil y rápida implementación de sistemas de captación, almacenamiento y aprovechamiento de agua de lluvia (nivel vivienda o comunitario), sistemas sanitarios (nivel vivienda), sistemas de bombeo fotovoltaicos y desinfección solar.

## INTRODUCCIÓN

Los elementos indispensables para lograr un desarrollo sustentable en las Cuencas de México, incluyen el mejoramiento de las condiciones de vida, el fomento al cuidado y explotación racional de los recursos naturales al interior de la Cuenca (Gómez, L. 2009).

Proporcionar agua potable e instalaciones sanitarias es una condición para la salud y para tener éxito en la lucha contra la pobreza, el hambre, la mortalidad infantil y la inequidad de género. En regiones pobres, la contaminación del agua y el limitado acceso al agua potable induce problemas sociales, económicos y de salud. Si bien en ámbitos urbanos existen también altos niveles de contaminación hídrica, el mayor problema se presenta en las zonas rurales. De los 6,800 millones de personas en el mundo con insuficiente acceso al agua potable, alrededor de 800 millones son habitantes rurales, con alto grado de aislamiento y dispersión, para los cuales las condiciones de vida, prestaciones de servicios de salud y prevención de enfermedades son muy inferiores a las que se tienen en las poblaciones urbanas.

El manejo local del agua mediante metodologías tradicionales es extraordinariamente cara, por lo que se hace necesario el desarrollo de tecnologías simples, eficientes y de bajo costo, pero a la vez, socialmente aceptadas por la población. Para asegurar el apropiamiento es indispensable capacitar a la población para el manejo integral del recurso: protección de las fuentes de agua, captación de agua, abastecimiento, tratamiento para contar con la calidad de agua requerida para consumo humano, tratamiento del agua residual y reuso en actividades productivas; todo esto, considerando a la comunidad como un recurso que puede proporcionar conocimientos y experiencias locales.

Para responder a esta problemática, en el marco del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, durante las tres etapas anteriores se realizaron acciones para el suministro y saneamiento del agua tanto a nivel comunitario como de vivienda, y en la tercera etapa se seleccionaron dos comunidades del municipio de Quiroga: San Jerónimo Purenchécuaro y San Andrés Tzirondaro, a fin de establecer esquemas que buscan el manejo integral del agua y sustentable del recurso hídrico.

## OBJETIVOS

### General:

Establecer un modelo para el manejo integral del agua en las comunidades de San Jerónimo Purenchecuario y San Andrés Tzirondaro, que incluya acciones para el abastecimiento y uso del agua, así como el tratamiento y reuso del agua residual

### Particulares:

Proyectar, concertar e implementar sistemas de captación, conducción y almacenamiento de agua de lluvia, servicios sanitarios, esquemas alternos de bombeo y tratamiento de agua para consumo humano

Fomentar, entrenar, asesorar y dar seguimiento en la operación de los sistemas y tecnologías implementadas.

## 1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EN CAMPO.

### 1.1. **Ámbito del proyecto.**

Quiroga es un municipio del norte del estado de Michoacán. Su cabecera municipal lleva el mismo nombre. Sus coordenadas son 19°40'0" N 101°32'0" O.

Tiene una altitud de 2080 metros sobre el nivel del mar.

Limita al norte con Coeneo, al este con Morelia, al sur con Tzintzuntzan, y al oeste con Erongarícuaro.

Tiene un área de 211,52 km<sup>2</sup>, lo que equivale al 0.35% del total del país.

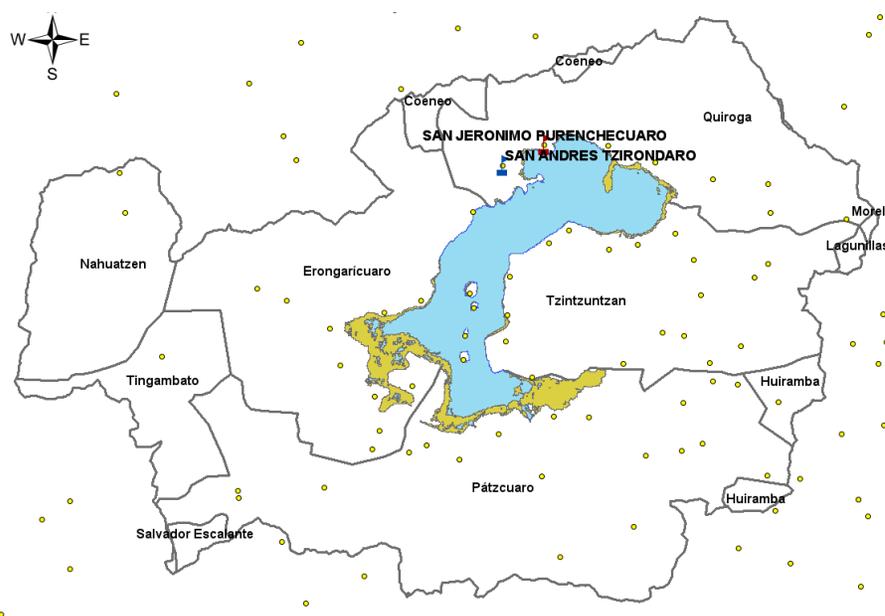
El clima es templado y lluvioso en verano, con una precipitación anual de 788,6 milímetros cúbicos y temperaturas que van desde los 5 a los 25 °C.



Figura 1. Localización del Lago de Pátzcuaro y municipios (Quiroga)

### 1.1.1. Descripción de las comunidades

Las comunidades de San Jerónimo Purenchécuaro y San Andrés Tzirondaro pertenecen al municipio de Quiroga (Michoacán). Están situadas al Noroeste a 8 y 10 Km de la cabecera municipal (Quiroga).



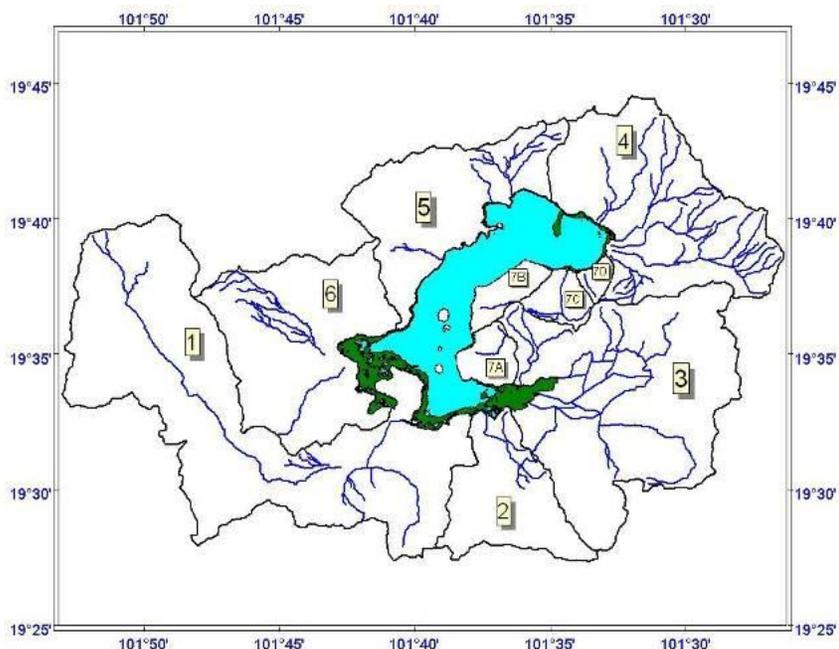
**Figura 2.** Localización de las comunidades de San Jerónimo Purenchécuaro y San Andrés Tzirondaro dentro de la cuenca del lago de Pátzcuaro

San Jerónimo Purenchécuaro se localiza en las coordenadas longitud  $101^{\circ}35'42''$  y latitud  $19^{\circ}40'45''$  a una altura de 2040 msnm y San Andrés Tzirondaro en longitud  $101^{\circ}37'56''$  y latitud  $19^{\circ}40'11''$  a 2060 msnm, a la orilla del Lago de Pátzcuaro.

### 1.1.2. Hidrología

Las comunidades se localizan en la Subcuenca San Jerónimo Purénchecuaru, una de las siete subcuencas en las que se divide la cuenca del lago de Pátzcuaro. El área de la subcuenca es de  $84.93 \text{ km}^2$  y se identifican dos arroyos principales: uno que se origina en el cerro La Acumara cuyo escurrimiento entra al lago después de cruzar la carretera Santa Fé de La Laguna-San Jerónimo Purenchécuaro ( $19^{\circ} 41.267'$  y  $101^{\circ}36.458'$ ), donde se une al escurrimiento del manantial Puquio. El otro arroyo se origina por los escurrimientos del cerro Huekapián y se localiza entre el poblado de Puácuaro y Oponguio ( $19^{\circ} 38.564'$  y  $101^{\circ} 41.203'$ ).

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



**Figura 3.** Subcuencas hidrológicas y arroyos principales.

**Tabla 1.** División de Subcuencas hidrológicas de la cuenca del lago de Pátzcuaro.

No. cuenca	Nombre de la cuenca	Área, km <sup>2</sup>	S, %	Lc, km
1	Ajuno	243.16	15	33.55
2	Pátzcuaro	56.54	14	7.71
3	Tzurumútaro	176.05	14	15.00
4	Quiroga	125.48	19	13.32
<b>5</b>	<b>San Jerónimo</b>	<b>84.93</b>	<b>18</b>	<b>7.00</b>
6	Erongarícuaro	114.67	17	11.00
7 a	Cucuchucho	12.65	13	3.81
7b	Granada	11.73	33	2.40
7c	Tzintzuntzan	12.02	21	5.66
7d	Ojo de agua	4.38	18	1.77

S, pendiente de la cuenca, Lc, longitud del cauce principal

### 1.1.3. Clima

En la clasificación de "Koppen", el clima de las dos comunidades es templado subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 16.3°C, con máxima de 25.4°C y mínima de 7.2°C.

La precipitación media anual es de 758.1 mm, concentrándose en los meses de junio a octubre, con lluvias esporádicas el resto del año. La humedad promedio anual es de 70%, la más baja se presenta en primavera y la más alta en el verano. Los vientos dominantes provienen del Noroeste, cambiando en los meses de verano, la velocidad promedio anual del viento es de 10 km/hr, el número de días despejados al año es 209, siendo de septiembre a diciembre la mayor cantidad. Los días nublados al año son 155 y los no soleados con lluvia de 136 al año.

**Tabla 2.** Datos climatológicos en San Andrés Tziróndaro y San Jerónimo Purenchécuaro, Quiroga.

Datos	Valor
Temperatura máxima	25.4 °C
Temperatura media	16.3 °C
Temperatura mínima	7.2 °C
Precipitación media anual	758.1mm
Humedad promedio anual	70%
Clima	Templado subhúmedo

#### 1.1.4. Suelo

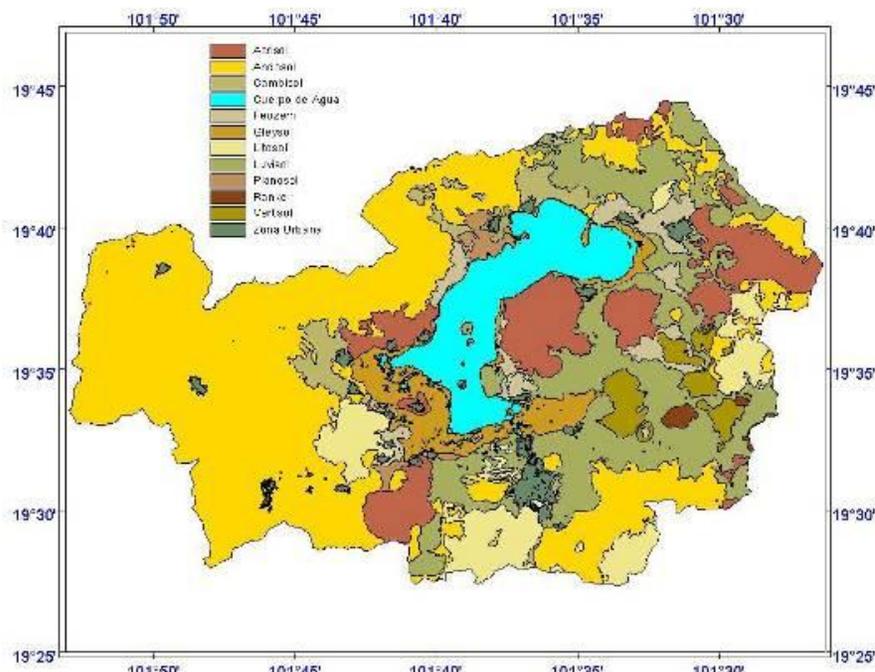
La constitución del suelo en la zona donde se localizan las comunidades de San Andrés Tzirondaro y San Jerónimo Purenchécuaro está formada por cambisol eutrítico. El Cambisol es un suelo joven, poco desarrollado y hacia el subsuelo tiene una capa de terrones que presentan un cambio con respecto al tipo de roca subyacente, con alguna acumulación de arcilla, calcio, etcétera. En la zona en estudio se hallan localizados en la planicie y piedemonte de los poblados Erongaricuaro (ubicado al sur lago) y Purenchécuaro (situado al norte del lago). Presenta una capacidad de infiltración lenta.

#### 1.1.5. Vegetación y fauna

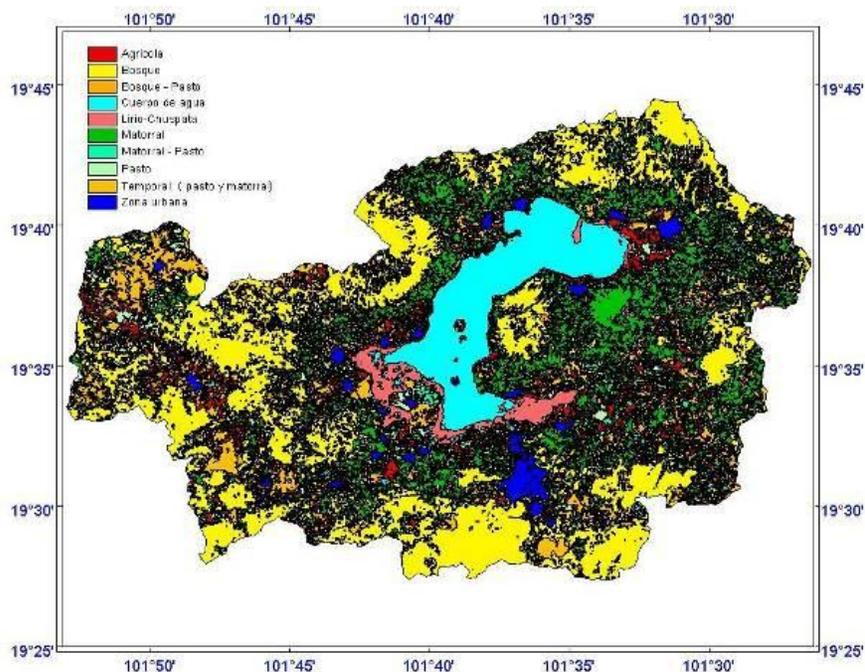
Respecto a la vegetación, los bosques de pino y encino representan la tercera parte de la superficie total. Otra superficie importante está cubierta de matorral. La flora es amplia desde la orilla del lago hasta las partes altas.

En cuanto a la fauna, los bosques están poblados de Tzetzontles, tejones, gato montes y en los matorrales discurren ardillas, liebres y víboras. En el lago se cuenta con una gran variedad de especies que durante siglos ha constituido parte de la dieta de estos pobladores: charal, lobina negra, mojarra, achoques, etc.

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



**Figura 4.** Unidades de suelo en la cuenca del Lago de Pátzcuaro



**Figura 5.** Vegetación existente en la cuenca del Lago de Pátzcuaro

## 1.2. Población.

Del Censo de Población y Vivienda del 2010 el municipio de Quiroga registró 25,592 habitantes que representan el 0.58% de la población total del Estado, concentrada en 20 localidades. Las más pobladas son la cabecera municipal con 57.31%, Santa Fe de La Laguna con 19.06%, San Andrés Ziróndaro con 8.99% y San Jerónimo Purénchecuar con 7.02%.

La población se concentró en un 75% en localidades mayores a los 2,500 habitantes, es decir en zona urbana. El municipio ha mostrado una tasa de crecimiento de la población a la baja principalmente en los últimos tres censos, ubicándose en 0.87 en el período 1990-2000 y del -0.42 en los últimos cinco años.

### 1.2.1. Demografía

La población total en las comunidades de San Andrés y San Jerónimo se redujo en un 8.86% en los últimos 5 años en ambas comunidades, pasando de 4,495 habitantes en el 2000, a 4,195 habitantes para el 2005. La población estaba distribuida de la siguiente manera:

**Tabla 3.** Indicadores demográficos en San Andrés Tziróndaro y San Jerónimo Purenchécuaro.

Indicador	San Andrés Tziróndaro	San Jerónimo Purenchécuaro
Tipo de comunidad	Rural	Rural
Total de habitantes	2,273	1,856
% de población indígena	87.6	50.48
Hombres	978	851
Mujeres	1295	1005
Población mayor a 18 años	1374	1345
Población de 5 años y más que habla alguna lengua indígena	1991	937
Población de 5 años y más que no hablaba español	330	14
Población masculina de 5 años y más que no hablaba español	89	1
Población femenina de 5 años y más que no hablaba español	241	13

### 1.2.2. Vivienda

La vivienda es el espacio afectivo y físico donde los cónyuges, hijos y otros parientes cercanos, estructuran y refuerzan sus vínculos familiares a lo largo de las distintas etapas de su curso de vida. Asimismo, la vivienda constituye un espacio determinante para el desarrollo de las capacidades y opciones de las familias y de cada uno de sus integrantes.

La población que habita viviendas con pisos de tierra o que carecen de agua entubada, drenaje, excusado, energía eléctrica y espacio suficiente, está expuesta a mayores impedimentos para gozar de una vida larga y saludable, asimismo este tipo de viviendas dificultan el aprendizaje de los menores de edad, entre otras privaciones cruciales en la vida de las familias y sus integrantes. En ambas comunidades para el 2005 se registraron 980 viviendas particulares habitadas que representa el 92.45% del total de los hogares existentes, de éstas el 87.14% contaban con agua entubada, 71.73% con drenaje y el 97.96% con energía eléctrica. Un 6.14% de viviendas que no contaban con ningún servicio.

**Tabla 4.** Indicadores de vivienda en San Andrés Tziróndaro y San Jerónimo Purenchécuaro

Indicador	San Andrés Tziróndaro	San Jerónimo Purenchécuaro
Total de hogares	556	504
Total de viviendas habitadas	517 (93.00%)	463 (91.87%)
Promedio de ocupantes en viviendas habitadas	4.4	4.01
Viviendas particulares habitadas con piso de tierra	261 (50.48%)	90 (19.44%)
Viviendas particulares habitadas con 2 cuartos	85 (16.44%)	76 (16.41%)
Viviendas particulares habitadas con 3 cuartos y mas	398 (76.98%)	369 (79.70%)
Viviendas habitadas con excusado o sanitario	421 (81.43%)	439 (94.81%)
Viviendas habitadas con agua entubada	409 (79.11%)	445 (96.11%)
Viviendas habitadas sin agua entubada	104 (20.11%)	12 (2.59%)
Viviendas habitadas con energía eléctrica	505 (97.68%)	455 (98.27%)
Viviendas habitadas con refrigerador	221 (42.75%)	298 (64.36%)
Viviendas habitadas sin ningún bien	41 (7.98%)	13 (2.81%)
Viviendas habitadas sin drenaje	174 (33.65%)	92 (19.87%)
Viviendas habitadas con drenaje	338 (65.38%)	365 (78.83%)
Viviendas conectadas a fosa séptica	202	315
Viviendas conectadas a barrancas o grietas	134	49
Viviendas conectadas a ríos, lago ó mar.	2	1

### 1.2.3. Salud

El municipio de Quiroga cuenta con 6 unidades médicas de salud de primer nivel, 9 consultorios, 16 médicos y 10 enfermeras pertenecientes a la jurisdicción sanitaria de Pátzcuaro. En promedio se otorgan más de 39 mil consultas generales por año. Entre 1994 y 2003 se registraron 1,197 defunciones de las cuales 75 fueron infantiles.

**Tabla 5.** Defunciones en el municipio de Quiroga.

Indicador	Quiroga
Defunciones	1,197
Defunciones infantiles	75
Tasa de mortalidad infantil	26.9

**Tabla 6.** Principales causas de mortalidad en el municipio de Quiroga, 2003

Indicador	Numero de defunciones 2003
Enfermedades del corazón	26
Accidentes	20
Diabetes mellitus	18
Tumores malignos	9
Enfermedades del hígado	6
Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas	6
Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas	5
Ciertas afecciones originadas en el período perinatal	4
Otras	38

**Tabla 7.** Principales causas de mortalidad infantil, en el municipio de Quiroga, 2003

Indicador	Numero de defunciones 2003
Ciertas afecciones originadas en el período perinatal	4
Influenza y neumonía	1
Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas	1

De acuerdo a un estudio realizado por la Organización Ribereña contra la Contaminación del Lago de Pátzcuaro (**ORCA**) la alimentación básica de la población de la comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro incluye frijol, tortilla, chile, café. Se agregan huevos, pastas, pescado, verduras, pan y leche. Se consume refresco embotellado en un promedio de dos litros por familia a la semana. En cada una de las comunidades de San Jerónimo Purenchécuaro y San Andrés Tziróndaro existe una unidad medica rural de consulta externa del Instituto Mexicano del Seguro Social bajo en el régimen de oportunidades.

**Tabla 8.** Población con servicio hospitalario en San Andrés Tziróndaro y San Jerónimo Purenchécuaro.

Indicador	San Andrés Tziróndaro	San Jerónimo Purenchécuaro
Población sin derechohabiencia a servicio de salud	2,161	1,465
Población con derechohabiencia a servicio de salud	84	372
Población derechohabiente de IMSS	12	36
Población derechohabiente de ISSSTE	70	330
Población derechohabiente del seguro popular	1	4

### 1.2.4. Educación

El acceso al conocimiento constituye un aspecto crucial para que las personas estén en condiciones de realizar el proyecto de vida que tienen razones para valorar. Asimismo, la escolaridad de la población constituye uno de los factores decisivos para aumentar la productividad del trabajo e incorporar las innovaciones tecnológicas, y con ello fortalecer la competitividad de las economías locales y regionales.

La mayor intensidad de la marginación social, derivada de la falta de participación y permanencia por más tiempo en el sistema educativo, se registra en la población que carece de los conocimientos que pueden adquirirse en la educación primaria, cuya desventaja se acentúa entre los adultos. En atención a estas consideraciones, los indicadores de educación que reflejan los rezagos más significativos, así como la población en mayor desventaja, son:

- Porcentaje de población de 15 años o más analfabeta.
- Porcentaje de población de 15 años o más sin primaria completa.

La población de 15 años y más analfabeta en ambas comunidades fue de 19.47% y representa el 30.11% de la población analfabeta municipal:

La escolaridad promedio de San Andrés Tziróndaro es 4.49, por debajo del promedio municipal que es de 6.07 y de San Jerónimo Purenchécuaro 6.90, ubicándose por arriba del promedio estatal.

**Tabla 9.** Indicadores de educación en San Andrés Tziróndaro y San Jerónimo Purenchécuaro

Indicador	San Andrés Tziróndaro	San Jerónimo Purenchécuaro
Población de 15 años y mas analfabeta	525	279
Población masculina de 15 años y mas analfabeta	137	74
Población femenina de 15 años y mas analfabeta	388	205
Población de 15 años y mas sin escolaridad	400	264
Población masculina de 15 años y mas sin escolaridad	104	79
Población femenina de 15 años y mas sin escolaridad	296	185
Población de 15 años y mas con educación básica completa	217	273
Población masculina de 15 años y mas con educación básica completa	105	129
Población femenina de 15 años y mas con educación básica completa	112	144
Grado promedio de escolaridad	4.49	6.9
Grado promedio de escolaridad de la población masculina	5.23	7.75
Grado promedio de escolaridad de la población femenina	3.96	6.22

### 1.2.5. Población ocupada

La población económicamente activa representa el 45.67%, de ésta, el 20.31% trabaja en el sector primario, 51.84% en el secundario y el 23.91% en el terciario. De ellos el 20.91% no recibe ingresos, 32.00% recibe menos de un salario mínimo, 23.25% de 1 a 2 salarios mínimos, 14.63% de 2 a 5 salarios mínimos y 2.74% más de 5 salarios mínimos.

**Tabla 10 .** Indicadores de empleo en San Andrés Tziróndaro y San Jerónimo Purenchécuaro.

Indicador	San Andrés Tziróndaro	San Jerónimo Purenchécuaro
Población de 12 años y mas	1,762	1,516
Población económicamente activa	946 (53.69%)	551 (36.35%)
Población económicamente inactiva	802 (45.52%)	954 (62.93%)
Población ocupada	946 (53.69%)	551 (36.35%)
Población ocupada en el sector primario	178 (18.82%)	126 (22.87%)
Población ocupada en el sector secundario	616 (65.12%)	160 (29.04%)
Población ocupada en el sector terciario	123 (13.00%)	235 (42.65%)
Población ocupada que no recibe ingreso por trabajo	206 (21.78%)	107 (19.42%)
Población ocupada que recibe menos de un salario mínimo mensual de ingreso	381 (40.27%)	98 (17.79%)
Población ocupada que recibe 1 a 2 salarios mínimos mensual	210 (22.20%)	138 (25.06%)
Población ocupada que recibe de 2 a 5 salarios mínimos mensual	79 (8.35%)	140 (25.41%)
Población ocupada que recibe > de 5 salarios mínimos mensual	8 (0.85%)	33 (5.99%)

### 1.2.6. Marginación y desarrollo humano

El índice de marginación es una medida resumen que permite diferenciar a las localidades censales del país según el impacto global de las carencias que padece la población, como resultado de la falta de acceso a la **educación**, la residencia en **viviendas** inadecuadas y la **disponibilidad de bienes**.

El grado de marginación del municipio de Quiroga donde pertenecen las comunidades de San Andrés Tziróndaro y San Jerónimo Purenchécuaro es medio con un índice de -0.38 en el 2005. El grado de desarrollo humano es medio alto, ubicándose en el lugar 45 de entre los 113 municipios michoacanos.

**Tabla 11.** Índice y grado de marginación 1980 - 2005 en Quiroga.

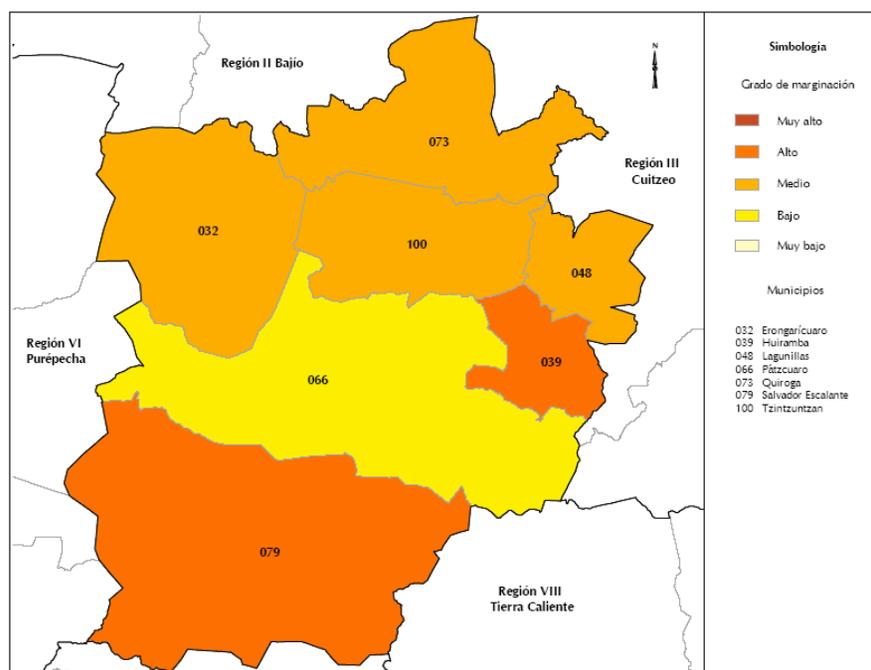
Concepto	Estado	Quiroga
1980 Índice / Grado	6.31 Muy alto	-7.59 Medio
1990 Índice / Grado	0.36 Alto	-0.532 Bajo
2000 Índice / Grado	0.45 Alto	-0.40 Medio
2005 Índice / Grado	0.46 Alto	-0.38 Medio

En el caso de las comunidades en el año 2005 se tienen el siguiente grado de marginación

**Tabla 12.** Índice y grado de marginación por comunidad.

Concepto	San Andrés Tziróndaro	San Jerónimo Purenchécuaro
Índice	-0.16	-0.998
Grado	Alto	Medio

Año analizado 2005



**Figura 6.** Grado de marginación en el municipio de Quiroga.

### 1.2.7. Índice de Desarrollo Humano

El Desarrollo Humano es una nueva manera de analizar el desarrollo de los países. Este nuevo enfoque significó trasladar la "medida del éxito" de una sociedad desde la mera evaluación del desempeño económico hacia la forma en que ese desempeño se traduce en mayores oportunidades y capacidades de las personas en todos los ámbitos de su vida.

El Índice de Desarrollo Humano (*IDH*) es una medición por país, elaborada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Se basa en un indicador social estadístico

En esencia, se trata de un indicador compuesto, comparable internacionalmente, que combina: (i) la longevidad (medida mediante la esperanza de vida al nacer); (ii) el logro educacional (a través de la alfabetización de adultos y la matrícula combinada de varios niveles educativos); y (iii) el nivel de vida, mediante el PIB per cápita anual ajustado (paridad del poder adquisitivo en dólares).

La metodología y procedimientos seguidos para el cálculo de los índices en México son los mismos que la propuesta por el PNUD y publicada por esa misma entidad de cooperación multilateral en el *Informe sobre Desarrollo Humano, 2001*, con dos variantes: (i) en lugar de utilizar la esperanza de vida (como indicador de la capacidad para gozar de una vida larga y saludable), que es un indicador que en México no está disponible a escala municipal, se recurrió a una medida estrechamente correlacionada, como es la mortalidad infantil, buscando además que los límites teóricos dentro de los cuales puede variar este indicador reprodujeran lo mejor posible los índices de la esperanza de vida calculados para las entidades federativas y (ii) a partir de la masa de los ingresos de los hogares derivada del *XII Censo General de Población y Vivienda*, se estimó de manera indirecta el PIB municipal mediante el ajuste al PIB estatal.

En el año 2004 el índice de desarrollo humano en el municipio de Quiroga fue de 0.734 que esta por de bajo del índice de desarrollo estatal que fue de 0.758

**Tabla 13.** Índice y grado de desarrollo humano en el municipio de Quiroga.

Concepto	Estado	Quiroga
Tasa de mortalidad infantil	25.9	26.9
Ingreso per cápita anual (Dólares ajustado)	5,095	5,578
Índice de sobrevivencia infantil	0.828	0.821
Índice de nivel de escolaridad	0.793	0.736
Índice de PIB per cápita	0.656	0.671
Índice de desarrollo humano	0.758	0.734
Grado de desarrollo humano	Medio alto	Medio alto

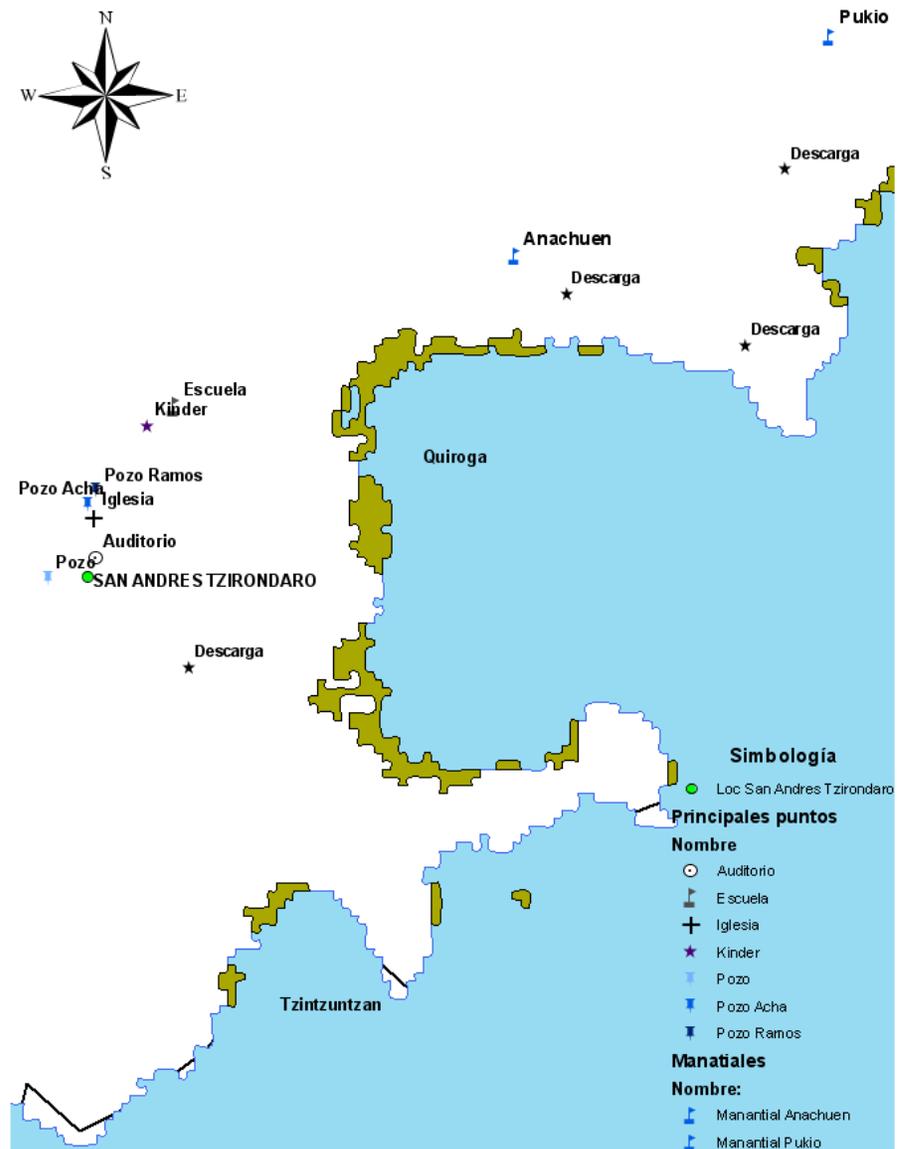
### 1.3. Infraestructura hidráulica.

Los cuerpos de agua de la Comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro se muestran a continuación:



Figura 7. Cuerpos de agua en la comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro

Los cuerpos de agua de la Comunidad de San Andrés Tzirondaro se muestran a continuación:



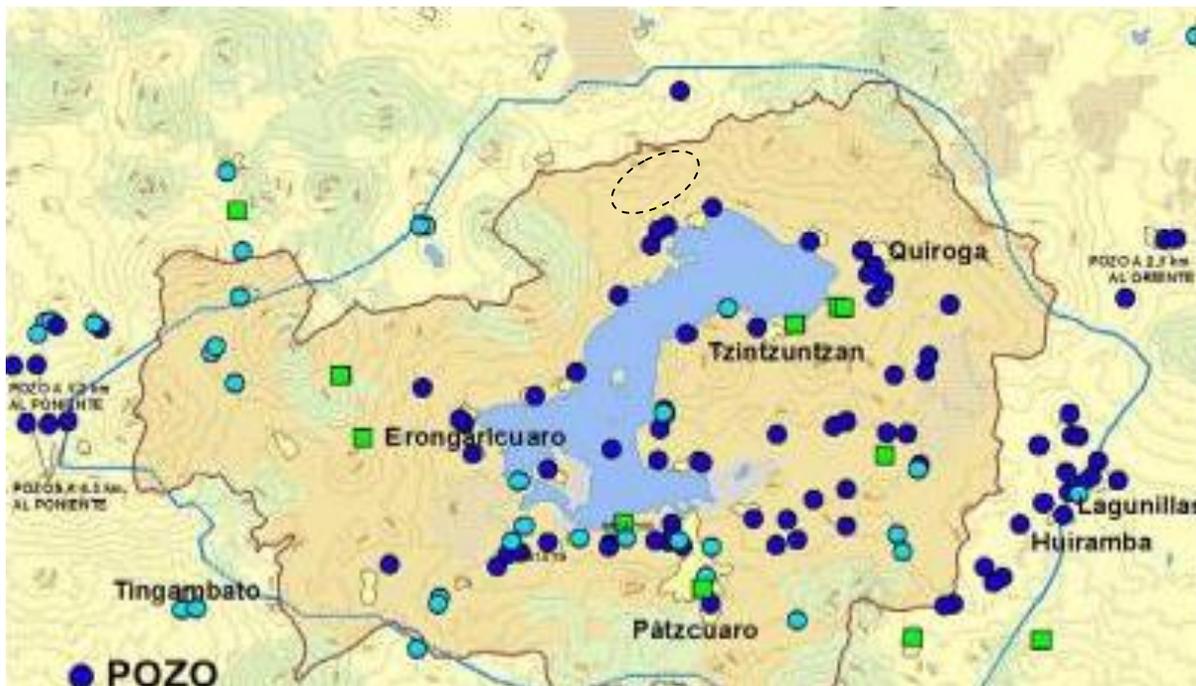
**Figura 8.** Cuerpos de agua en la comunidad de San Andrés Tzirondaro.

### 1.3.1. Pozos

En el censo realizado por el IMTA en el año 2005 se localizaron 4 pozos, dos pertenecen a la comunidad de San Andrés Tzironदारo y dos a la comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro, el pozo No. 90 se encontraba sin iniciar operaciones y de los tres pozos restantes se obtenía un volumen anual de 280,144.8 m<sup>3</sup>.

**Tabla 14.** Características de los aprovechamientos monitoreados por el IMTA en 2005.

Ubicación	Clave	Uso	Gasto l/s	T bombeo h/d	Volumen m <sup>3</sup> /día	Volumen m <sup>3</sup> /año	Coordenadas UTM
San Andrés Tzironदारo	IMTA 71	Publico	12.000	5.00	216	78840.00	X= 223783 Y= 2176646
San Andrés Tzironदारo	IMTA 117	Domestico	2.000	8.00	57.6	21024.00	X= 224122 Y= 2177361
San Jerónimo Purenchécuaro	IMTA 89	Publico	13.720	10.00	493.92	180280.80	X= 226826 Y= 2178541
San Jerónimo Purenchécuaro	IMTA 90	Publico	0.000	0.00	0	0.00	X= 224596 Y= 2177595



**Figura 9.** Distribución de los aprovechamientos monitoreados por el IMTA en 2005.



**Figura 10.** Localización del pozo IMTA 71



**Ilustración 1.** Pozo IMTA 71. San Andrés Tzirondaro



**Figura 11.** Localización del pozo IMTA 117.



**Ilustración 2..** Pozo IMTA 117. San Andrés Tzirondaro



**Figura 12.** Localización del pozo IMTA 89.



**Ilustración 3.** Pozo 89. San Jerónimo Purenchécuaro

**Observaciones:** El agua de este pozo se utiliza solo para servicio, no para beber por su mala calidad.

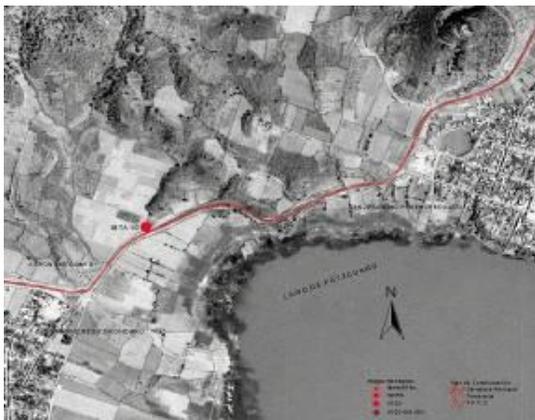


Figura 13 . Localización del pozo IMTA 90.



Ilustración 4 Pozo 90. San Jerónimo Purenchécuaro

### 1.3.2. Red de agua (San Jerónimo Purenchécuaro)

En la comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro el suministro de agua se realiza mediante una red de abastecimiento, de los pozos se extraen 30 l/s que se envían a dos depósitos para distribuirla a la comunidad por tandeo tres horas al día dos veces por semana.

El Comité de Agua Potable, tiene registradas 946 tomas, de las cuales el 80% (756) se encuentran en servicio. La dotación, considerando el gasto, la frecuencia de distribución, el número de tomas en servicio y el promedio de habitantes por vivienda (4.01), es de 30 lt/hab/día.

Esta dotación no se utiliza para el consumo ni para la preparación de alimentos, para esto se obtiene agua de los manantiales o compran agua en garrafón.



Se visitó la zona y se encuestaron siete viviendas ya que las restantes se encuentran en construcción y no están habitadas.



**Ilustración 5.** Viviendas sin servicio de agua entubada

En las viviendas se aplicó un cuestionario para determinar la situación actual del abastecimiento de agua y saneamiento, además de obtener información para evaluar la factibilidad técnica para instalar sistemas de captación de agua de lluvia domiciliarios y/o comunitarios así como sistemas de tratamiento de agua negra y gris en las viviendas. La información general se presenta en la tabla siguiente.

**Tabla 15.** Diagnóstico del abastecimiento y tratamiento del agua (San Jerónimo Purenchécuaro)

No.	Encuestado	Domicilio	Coordenadas	Agua	Sanitario	Lavadero	Observaciones
01	María Chávez Morales	Ampliación Matamoros, barrio Guadalupe, (pasando la carretera, parte alta)	19°40.732' 101°37.340' 2082 msnm	X	√	√	Letrina y lavadero de piedra. Tiene cisterna de 11,000 lts, del programa hace 3 años, solo le dura un mes y medio, es un predio con tres casas. Si hay espacio para lavadero ecológico
02	Pedro Chávez Morales	Ampliación Matamoros, barrio Guadalupe, (pasando la carretera, parte alta)	19°40.732' 101°37.340' 2082 msnm	X	X	√	Fecalismo al aire libre, lavadero de piedra. Tiene cisterna de 11,000 lts, del programa hace 3 años, solo le dura un mes y medio, es un predio con tres casas. Si hay espacio para lavadero y sanitario ecológico
03	Laura Bretón Serrano	Ampliación Matamoros, barrio Guadalupe, (pasando la carretera, parte alta)	19°40.732' 101°37.340' 2082 msnm	X	√	√	Letrina y lavadero de piedra. No tiene cisterna pero usa la de sus vecinos, es un predio con tres casas. Espacio para lavadero ecológico y cisterna.
04	Adela Tzintzun Bartolo	Frente al toril	19°40.790' 101°37.099' 2064 msnm	X	X	X	No tiene baño, usa la letrina de su vecina, tiene cisterna de 3 años, capta lluvia del techo vecino, si tiene espacio para lavadero y baño, solicita otra cisterna porque la actual solo dura mes y medio.
05	Inés Bartolo Torres	Frente al toril	19°40.790' 101°37.099' 2064 msnm	X	√	√	Letrina y lavadero, no puede decidir sobre la instalación.
06	Ma. Juana Díaz Chávez	Frente al toril	19°40.793' 101°37.106' 2062 msnm	X	X	√	Fecalismo al aire libre, si tienen espacio para cisterna, sanitario y lavadero ecológico
07	Fortino Morales Zavala	Frente al toril	19°40.794' 101°37.106' 2057 msnm	X	X	X	Es un hombre anciano, vive solo, si tiene espacio para cisterna, lavadero y sanitario ecológico

De la información proporcionada se observa que no existe ningún tipo de tratamiento del agua gris y para el tratamiento del agua negra sólo tres viviendas cuentan con letrina. Tres viviendas tienen cisternas para almacenar agua de lluvia de 11 000 litros que se transfirieron en 2003. Seis viviendas tienen el espacio adecuado para instalar la cisterna, lavadero y sanitario ecológico.

### 1.3.3. Red de agua (San Andrés Tzironदारo)

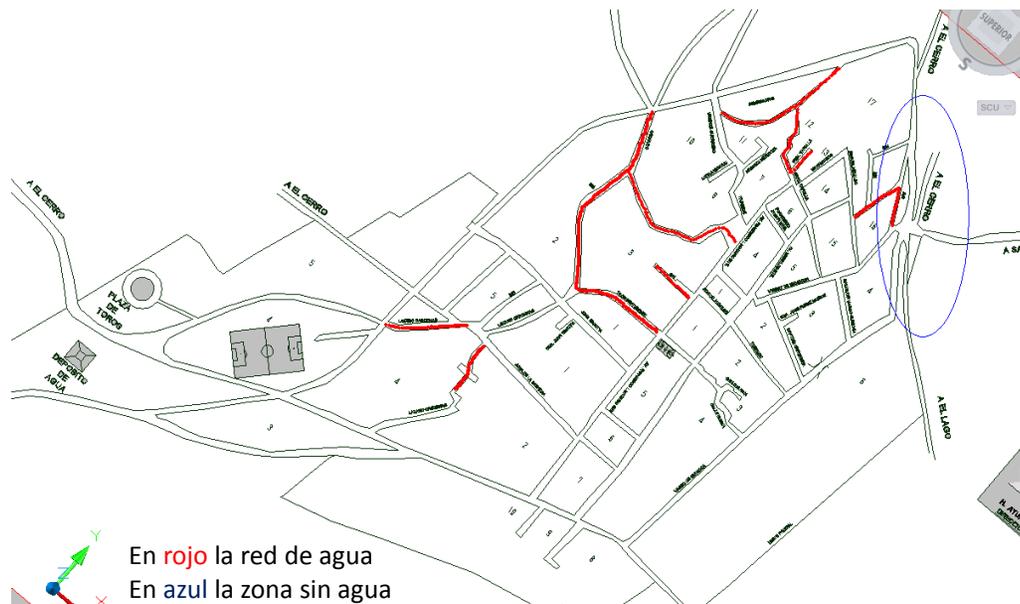
En la comunidad de San Andrés Tzironदारo, el suministro de agua se realiza mediante una red de abastecimiento, de los pozos se extraen 50 l/s que se envían a dos depósitos para distribuirla a la comunidad por tandeo tres horas al día dos veces por semana.

#### Estado de la red

La red presenta deficiencias en varias zonas de la comunidad, las viviendas localizadas en esta zona no reciben agua por lo que tienen que comprar pipas o acarrearla de los manantiales de San Jerónimo. El comité de agua potable realizó la limpieza de una sección y se encontró taponamiento por tierra y basura. No existen planos de la red.

#### Viviendas sin cobertura de agua

En esta comunidad existe un porcentaje elevado de viviendas que no tienen agua de la red de abastecimiento. Según datos del INEGI (2005), 104 viviendas no estaban conectadas a la red; sin embargo, este número disminuyó debido a que en 2008 se realizó una ampliación de la red, dejando 70 viviendas sin conexión. Para ubicar y conocer la situación real de estas familias se encuestaron 36 viviendas localizadas en el Barrio de San Antonio sobre la carretera Erongarícuaro - Chupícuaro.



**Figura 15.** Red de agua y zona sin acceso a agua (San Andrés Tzironदारo)

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO

**Tabla 16.** Viviendas encuestadas en San Andrés Tzirondaro

No	Encuestado	Domicilio	Coordenadas	Agua	Sanitario	Lavadero	Observaciones
01	Romeo González Magaña	Calle Sn Antonio #7	19°40.217' 101°37.524' 2049 msnm	√	√	√	Si esta conectada a la red pero nunca le ha salido agua
02	Everardo Gaspar González	San Antonio #1	19°40.200' 101°37.550' 2051 msnm	x	√	√	Predio pequeño
03	Juana Patricio Ponce	San Antonio II s/n	19°40.237' 101°37.541' 2047 msnm	x	√	x	Predio pequeño
04	Lidia Magaña Patricio	San Antonio II #12	19°40.237' 101°37.538' 2052 msnm	x	√	√	Predio pequeño
05	Juan Pedro Méndez	San Antonio s/n	19°40.219' 101°37.506' 2051 msnm	x	x	√	Fecalismo al aire libre Predio pequeño
06	Alma Delia Jacinto Cuanás	San Antonio s/n	19°40.220' 101°37.512' 2048 msnm	x	x	x	Sin habitar, la información la dio su mamá, dice que pronto se van a regresar
07	Virginia Gabriel Gregorio	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.409' 101°37.820' 2050 msnm	x	√	√	Pozo propio, tienen agua todo el año, no la almacenan Predio muy pequeño
08	Dimas Mejía Silva	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.408' 101°37.000' 2063 msnm	x	√	x	Pozo propio, se seca en estiaje, no almacenan Predio muy pequeño
009	Juventino rivera Calvario	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.403' 101°37.844' 2066 msnm	x	x	x	Fecalismo al aire libre Predio muy pequeño
10	Rodolfo Cruz de Jesús	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.448' 101°37.816' 2054 msnm	x	x	x	Fecalismo al aire libre Predio muy pequeño
11	Ma. Salomé Rivera Jacinto	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.464' 101°37.020' 2055 msnm	x	x	x	Fecalismo al aire libre Alta marginación Predio con espacio
12	Auxiliadora Rivera Pedro	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.494' 101°37.028' 2062 msnm	x	x	x	Fecalismo al aire libre Predio muy pequeño
13	Lorenza Alba Nieves	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.493' 101°37.827' 2063 msnm	x	x	x	Fecalismo al aire libre Predio muy pequeño
14	Alicia Chávez Dionisio	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.500' 101°37.024' 2066 msnm	x	x	√	Fecalismo al aire libre Predio muy pequeño
15	Ma. Del Carmen Chávez Morales	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.475' 101°37.867' 2064 msnm	x	x	x	Fecalismo al aire libre Predio muy pequeño
016	José Luis	Carr.	19°40.433'	x	x	x	Están en el "norte" se

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO

No	Encuestado	Domicilio	Coordenadas	Agua	Sanitario	Lavadero	Observaciones
	Méndez Simón	Chupícuaro-Erongarícuaro	101°37.883' 2055 msnm				regresan pronto Patio pequeño
017	Leobardo Rodríguez Jacinto	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.511' 101°37.854' 2069 msnm	x	x	x	El esposo esta en el "norte" a su regreso se van a vivir a esta casa, Predio pequeño
018	Crispina Gaspar Jacinto	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.428' 101°37.902' 2064 msnm	x	√	x	Patio grande
019	Teresa Servín Jacinto	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.483' 101°37.888' 2058 msnm	x	x	x	Fecalismo al aire libre Casa de cartón, Predio pequeño
020	Oralia Servín Alba	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.423' 101°37.919' 2065 msnm	x	x	x	Fecalismo al aire libre Predio muy pequeño,
021	Melquiades Cárdenas Dionisio	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.493' 101°37.910' 2066 msnm	x	x	x	La madre dio los datos, la familia esta en el norte, regresa pronto. Predio muy pequeño
022	José Luis Ramírez Pablo	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.427' 101°37.946' 2069 msnm	x	x	x	Fecalismo al aire libre Predio muy pequeño
023	Teresa Bacilio Pablo	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.425' 101°37.951' 2066 msnm	x	x	x	Los vecinos dieron los datos a familia esta en el norte, regresa pronto. Predio muy pequeño
024	Leonel Ramírez Méndez	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.426' 101°37.954' 2066 msnm	x	x	x	El padre dio los datos, si viven ahí pero estaban fuera. Predio pequeño. Es un mismo predio para tres diferentes casas
025	Juana Ramírez Méndez	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.426' 101°37.954' 2066 msnm	x	x	x	El padre dio los datos, si viven ahí pero estaban fuera. Sin espacio para las TA. Es un mismo predio para tres diferentes casas
026	Froylán Ramírez Olloque	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.426' 101°37.954' 2066 msnm	x	x	x	Persona encuestada Predio pequeño. Es un mismo predio para tres diferentes casas
027	Juvenal Chávez Simón	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.435' 101°37.928' 2065 msnm	x	x	√	Fecalismo al aire libre Predio muy pequeño
028	Domitila Rodríguez Jacinto	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.430' 101°37.806' 2064 msnm	x	x	x	Fecalismo al aire libre Predio muy pequeño
029	Bulmaro Jacinto Cuanás	Carr. Chupícuaro-Erongarícuaro	19°40.433' 101°37.937' 2065 msnm	x	x	x	Fecalismo al aire libre Predio muy pequeño

No	Encuestado	Domicilio	Coordenadas	Agua	Sanitario	Lavadero	Observaciones
030	Norberto Rodríguez Gabriel	San Antonio s/n	19°40.305' 101°37.949' 2067 msnm	x	√	x	La madre dio los datos, su hijo esta en el norte, no permitió tomar fotos, al final de la encuesta dijo que no se incluyera que a su hijo "estas cosas no le interesan".
031	Ma. Elisa Severo Mercado	San Antonio #7	19°40.344' 101°37.964' 2068 msnm	x	x	√	El patio es pequeño, no cabe cisterna, pero si baño y lavadero

Otro sector de la comunidad que tampoco tiene acceso al agua son las escuelas de nivel precolar y primaria. En precolar se abastecían mediante un pozo que sólo proporcionaba agua en tiempo de lluvia, actualmente se encuentra azolvado y fuera de servicio por lo que tienen que pedir apoyo a los padres de familia para comprar pipas que sólo cubren las necesidades mínimas de higiene de los estudiantes y de limpieza de las áreas. Todas cuentan con aljibe de 5,000 litros y tinaco en las azoteas.



**Ilustración 6.** Escuela en San Andrés Tzironaro

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



**Ilustración 7.** Vivienda sin cobertura de agua y sin servicios

### 1.3.4. Manantiales (San Jerónimo Purenchécuaro)

En 2008 se realizó un recorrido en San Jerónimo Purenchécuaro visitando once cuerpos de agua, de éstos, la comunidad sólo reconoce a dos como manantiales: Anáchuen y Puquio, y los nueve restantes los llaman ojos de agua que utiliza la población que no cuenta con agua entubada.

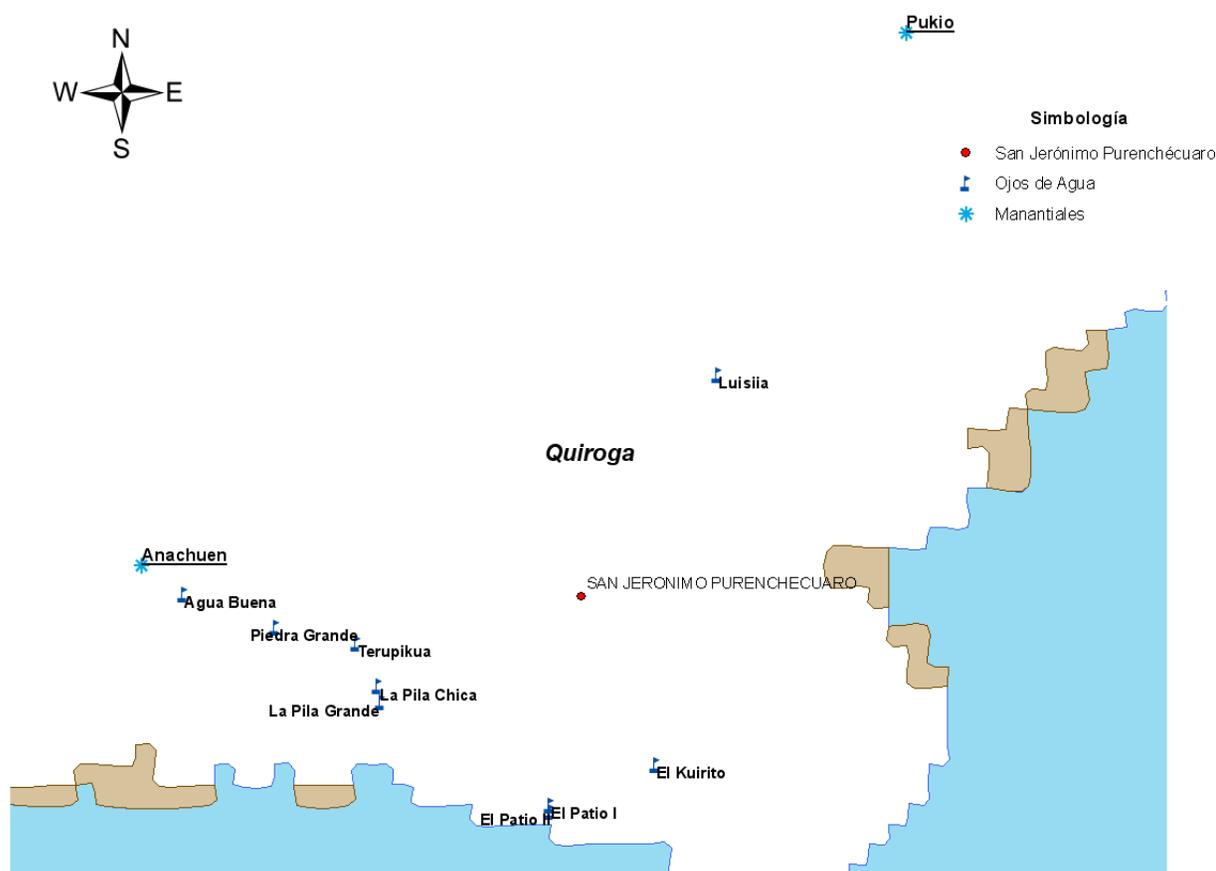


Figura 16. Ubicación de cuerpos de agua en San Jerónimo Purenchécuaro.

#### Manantial Anáchuen

Anáchuen significa “Agua entre las rocas”, su localización geográfica es latitud N 19° 40' 43.7" y longitud W 101° 37' 5.7". Las características físicas del agua es un color café claro e inodora y su uso principal es el consumo humano y preparación de alimentos de los pobladores, el gasto aproximado en este manantial es de 0.4 lt/s.

### Manantial Puquio

Este manantial se localiza en las coordenadas geográficas latitud N 19° 41' 11.0" y longitud W 101° 36' 26.4". Las características físicas que presenta son un color café claro e inodora, el agua se utiliza principalmente para consumo humano y preparación de alimentos y tiene un gasto de aproximadamente 0.28 lt/s.

**Tabla 17.** Características de los manantiales.

Nombre del aprovechamiento	Uso	Gasto secas l/s	Gasto lluvias l/s	V m <sup>3</sup> /año secas	V m <sup>3</sup> /año lluvias	Vol m <sup>3</sup> /año
Manantial Puquio	PUBLICO	0.00	0.28	0	3701.376	3701.376
Manantial Anáchuen	PUBLICO	0.30	0.40	5495.04	5287.68	10782.72



**Ilustración 8.** Manantial Anáchuen en San Jerónimo Purenchécuaro

**Tabla 18.** Manantiales (ojos de agua) – San Jerónimo Purenchécuaro

Nombre	Localización	
Agua buena	0225554	2178009
Piedra grande	0225693	2177958
Terupikua	0225816	2177934
La Pila 1	0225849	2177869
La Pila 2	0225853	2177845
El Patito	0226108	2177689
El Patito 2	0226109	2177679
El Kuirito	0226268	2177750
Luisía	0226362	2178342

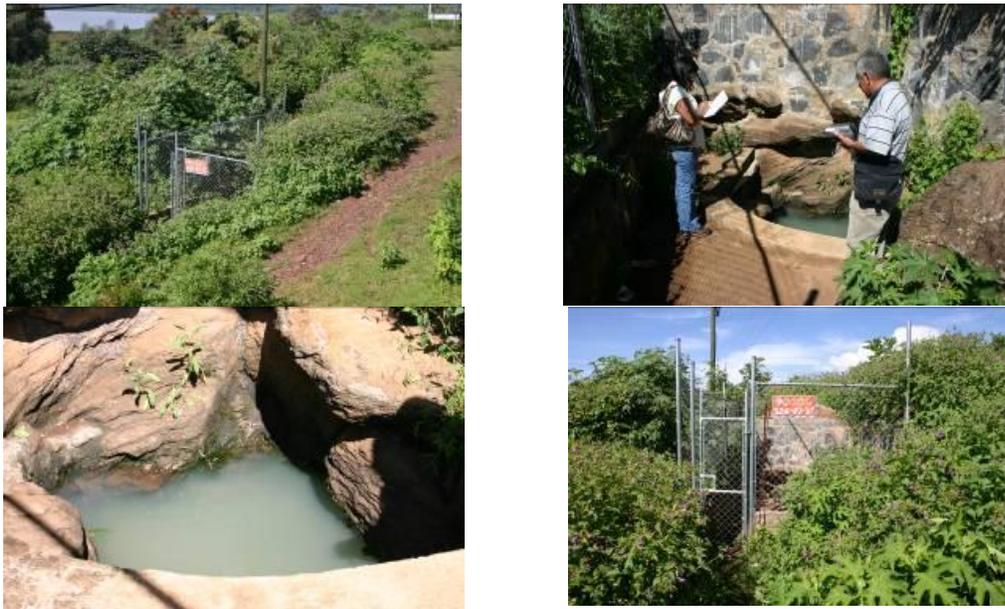
Nota: Las coordenadas están en sistema de proyección UTM, DATUM NAD 83

Los demás cuerpos de agua no se utilizan para consumo humano, debido a que el sabor del agua no les agrada a los pobladores y sólo la utilizan para el lavado de ropa y limpieza doméstica. Los manantiales están protegidos con bardas perimetrales y techos; los ojos de agua se encuentran protegidos sólo con malla ciclónica perimetral.



**Ilustración 9.** Manantial Puquio en San Jerónimo Purenchécuaro.

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



**Ilustración 10.** Ojo de agua - Agua Buena - San Jerónimo Purenchécuaro.



**Ilustración 11.** Ojo de agua – Piedra grande - San Jerónimo Purenchécuaro.



**Ilustración 12.** Ojo de agua - Terupikua - San Jerónimo Purenchécuaro.

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



**Ilustración 13.** Ojo de agua – La Pila 1 - San Jerónimo Purenchécuaro.



**Ilustración 14.** Ojo de agua – La Pila 2 - San Jerónimo Purenchécuaro.



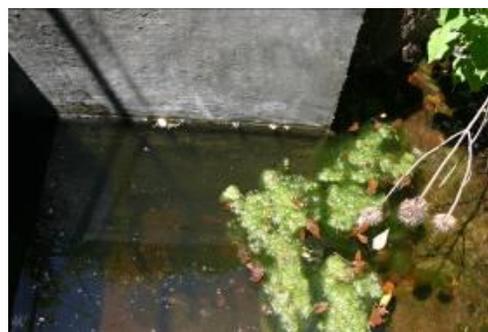
**Ilustración 15.** Ojo de agua – El Patio 1 - San Jerónimo Purenchécuaro.



PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



**Ilustración 16.** Ojo de agua – El Patio 2 - San Jerónimo Purenchécuaro.



**Ilustración 17.** Ojo de agua – El Kuirito - San Jerónimo Purenchécuaro.



**Ilustración 18.** Ojo de agua – Luisiá - San Jerónimo Purenchécuaro.



**Ilustración 19.** Manantiales con bombeo de agua del lago para riego de jardines - San Jerónimo Purenchécuaro.

### 1.3.5. Manantiales (San Andrés Tzirondaro)

En la comunidad de San Andrés Tzirindaro se realizó un recorrido visitando dos manantiales, que se utilizan para cubrir el abastecimiento de agua a la población que no cuenta con red de agua entubada.

A continuación se describen y muestran los manantiales recorridos en la comunidad de San Andrés Tzirondaro.



**Ilustración 20.** Manantial No 1 – San Andrés Tzirondaro.



**Ilustración 21.** Manantial No 2 - San Andrés Tzironaro

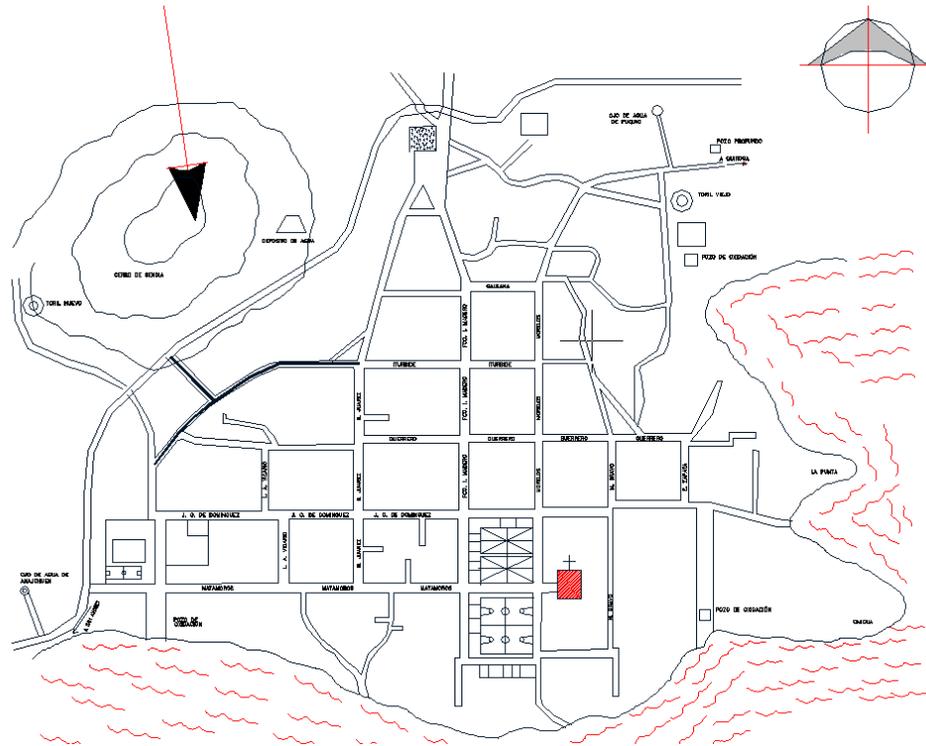
#### 1.4. Usos de agua.

##### Centro ecoturístico “El Sandio” en San Jerónimo Purenchecuario

Se ubica en la parte alta del cerro del mismo nombre. Esta obra fue construida durante los años 2006-2007 con financiamiento de la Comisión Nacional para los Derechos de los Pueblos Indígenas (CDI). Cuenta con 5 cabañas para una ocupación de 20 personas, restaurante y salón de usos múltiples. Lo administra un comité elegido en asamblea por la comunidad.

Las instalaciones no tienen acceso al agua entubada por lo que tienen que comprar en pipas con un costo de \$277.00 por semana. Para almacenarla tienen una cisterna de ferrocemento de 20,000 litros de capacidad, que se transfirió en 2002 por el IMTA; está conectada a un improvisado sistema de captación de agua de lluvia con un área de captación de 3.6 x 0.80 metros, que no es suficiente para llenarla durante la temporada de lluvia. Esta cisterna abastece al restaurante pero no se puede conectar al techo de éste ya que se encuentran por debajo del nivel de la cisterna.

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



**Figura 17.** Ubicación del centro ecoturístico “El Sandio”.

Para almacenar agua y abastecer a las cabañas se tiene un tinaco de plástico con capacidad para 5,000 litros, tampoco existen techos por encima del nivel de este tinaco por lo que no se capta agua de lluvia. El agua para consumo y preparación de alimentos es embotellada, compran 11 garrafones por semana a un costo de \$20.00 c/u.

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



**Ilustración 22.** Cabañas “El Sandio”



**Ilustración 23.** Cisterna de ferrocemento y tinaco de 5,000 – El Sandio



**Ilustración 24.** Comedor Centro ecoturístico - El Sandio

#### Granja Psicola (San Jerónimo Purenchécuaro)

La granja se instaló en el 2006 con financiamiento de COMPECA, es administrada por un grupo de 9 personas. Consta de un estanque de 60X30 metros, con una profundidad promedio de 1.20 metros, se utiliza agua del lago de Pátzcuaro para cultivar pez blanco; la asesoría para el proceso de operación lo obtienen sin costo de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). No cuenta con servicio de agua, sanitario ni energía eléctrica. La actividad artesanal no requiere del uso de agua, se refiere principalmente a la elaboración de piezas con chuspata como materia prima.



**Ilustración 25.** Granja acuícola "Jarhatsipan"

## 2. DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA E INSTALACIÓN.

### 2.1. Infraestructura potencial para captar agua de lluvia.

En las comunidades existen superficies potenciales de ser aprovechadas como áreas de captación de agua de lluvia, incluso con canaletas como es el caso del techo de las iglesias.



**Ilustración 26.** Superficies potenciales de utilizar para captar agua de lluvia

Se realizaron recorridos para ubicar sitios públicos que pudieran utilizarse para captar agua de lluvia y se encontraron disponibles la Iglesia, el auditorio, la primaria y el kinder.



**Ilustración 27.** Techo de la iglesia con canaletas para captar agua de lluvia



**Ilustración 28.** Techo de las canchas con canaletas para captar agua de lluvia

Para calcular el volumen de agua que se puede captar en cada sitio, se midieron los techos y se seleccionaron los sitios probables para instalar las cisternas.

## 2.2. Precipitación y diseño de sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia.

### 2.2.1. Precipitación

El sistema de captación de agua de lluvia domiciliarios para las comunidades San Jerónimo Purenchécuaro y San Andrés Tzirondaro, municipio de Quiroga, Michoacán se defino considerando los factores técnicos, sociales, condiciones de viviendas y las economías del proyecto.

Los datos de la precipitación son los siguientes:

**Tabla 19.** Valores de precipitación (promedio mensual) para la zona de estudio

Enero	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
21.5	5.1	4.3	5	35.5	137.7	179.2	167.7	121.8	60.1	10.9	9.3	758.1

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, Normales [www.smn.gob.mx](http://www.smn.gob.mx)

Los datos se obtuvieron con registros de precipitación de 25 años.

Tomando los meses con precipitación mayor a 40 mm

**Tabla 20.** Valores de precipitación de los meses que superan los 40mm.

Meses con lluvia	mm
Junio	137.7
Julio	179.2
Agosto	167.7
Septiembre	121.8
Octubre	60.1

Se tienen 5 meses con lluvia.

Tomando como ejemplo el dimensionamiento de un sistema de captación de agua de lluvia para una vivienda rural formada por 5 habitantes.

## 2.2.2. Ejemplo de demanda

La demanda de agua estará en función de los siguientes usos por persona por día:

**Tabla 21.** Valores de usos de agua con fines domésticos

Uso	Litros diarios
Consumo	2
Aseo personal	20
Cocinar	5
Lavado de ropa	15
Higiene doméstica	8
<b>Total</b>	<b>50</b>

## 2.2.3. Determinación de la demanda

**Tabla 22.** Valores de usos de agua con fines domésticos

Demanda de agua	Valor	Unidad
$D_j = (Nu * Dt * Nd_j) / 1000 =$	6.84	m <sup>3</sup> /mes
Nu=	5	Habitantes
Dt=	50	l/hab/día
Nd <sub>j</sub> =	30.4	Días/mes
Demanda anual=	82	m <sup>3</sup> /año

## 2.2.4. Cálculo de la disponibilidad de agua

**Tabla 23.** Valores de precipitación de los meses que superan los 40mm.

PRECIPITACIÓN NETA (método del coeficiente)				
	P <sub>j</sub>	η	P <sub>nj</sub> =P <sub>j</sub> *η	P <sub>neto</sub> media
Pn junio	137.7	0.765	105.34	105.34
Pn julio	179.2	0.765	137.09	242.43
Pn agosto	167.7	0.765	128.29	370.72
Pn septiembre	121.8	0.765	93.18	463.90
Pn Octubre	60.1	0.765	45.98	509.87

**Tabla 24.** Valores de precipitación neta (método de SCS)

PRECIPITACIÓN NETA ( método de SCS)						
	P <sub>j</sub>	P <sub>j</sub> -P <sub>o</sub>	(P <sub>j</sub> -P <sub>o</sub> ) <sup>2</sup>	(P <sub>j</sub> -P <sub>o</sub> +S)	(P <sub>j</sub> -P <sub>o</sub> ) <sup>2</sup> /(P <sub>j</sub> -P <sub>o</sub> +S)	P <sub>neto</sub> media
Pn junio	137.7	136.66	18,676.85	141.85	131.67	131.68
Pn julio	179.2	178.16	31,742.15	183.35	173.13	304.81
Pn agosto	167.7	166.66	27,776.64	171.85	161.64	466.44
Pn septiembre	121.8	120.76	14,583.77	125.95	115.79	582.24
Pn octubre	60.1	59.06	3,488.47	64.25	54.30	636.53

**Tabla 25.** Valores para el cálculo de la precipitación neta por SCS

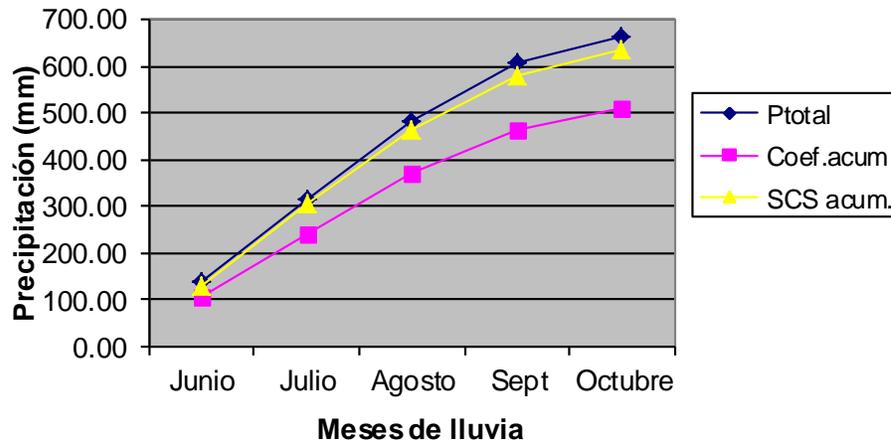
$S=(1000/CN - 10) * 25.4$	
Cuadro 5.2CN (cemento)=	98
S=	5.18
$Po=0.2 S$	0.2
Po=	1.037

**Tabla 26.** Disponibilidad de agua por los dos métodos

Mes	Ptotal	Coef.acum	SCS acum.
Junio	137.70	105.34	131.68
Julio	316.90	242.43	304.81
Agosto	484.60	370.72	466.44
Sept	606.40	463.90	582.24
Octubre	666.50	509.87	636.53

Los resultados se presentan en forma gráfica y para el diseño, se tomará el método que proporciona la menor disponibilidad de agua para tener margen de seguridad.

### Disponibilidad de agua San Jerónimo-San Andrés



**Figura 18.** Disponibilidad de agua total, por el método de coeficiente y SCS.

## 2.2.5. Cálculo del área de captación

**Tabla 27.** Área de captación

$\Sigma$ PN anual (método coeficiente)	509.87	mm
Danual	82.08	m <sup>3</sup> /vivienda/año
Aec=Danual/( $\Sigma$ PN anual)	161	m <sup>2</sup>

## 2.2.6. Cálculo del sistema de conducción (tubería)

**Tabla 28.** Sistema de conducción (tubería)

$Q_c=5/18$ (Aec*I lluvia)=	2.24	lps
I lluvia=	0.05	m/hora
$5/18$ (F conversión m <sup>3</sup> /hr a lps)=	0.28	lps
Aec*I lluvia=	8.05	

$D=2*\text{raiz}(Q_c/\pi V)=$	0.05	m
D comercial=	1.9	in
V=	1.2	m/s

Se considera esta velocidad media común en sistemas hidráulicos y nos da el diámetro óptimo.

## 2.2.7. Volumen de la cisterna

**Tabla 29.** Volumen de la cisterna

Vcisterna= volumen mínimo de la cisterna, m <sup>3</sup>			
Dj= demanda mensual, m <sup>3</sup> /mes= demanda diaria (Dt) * No.días prom.por mes (Ndj)			
Dj=	6.84	6.84	m <sup>3</sup> /mes
Msequía=		7	meses
Vcisterna=Dj * Msequía =		48	m <sup>3</sup>

### 2.2.8. Ejemplo de volumen potencial de captación y almacenamiento en infraestructura disponible de captación de agua de lluvia

Cálculo del Volumen de Agua que se puede captar en los techos de sitios públicos en San Andrés Tzirondaro.

Las dimensiones de techo de la iglesia son 45 x 13 m.

$A_c = 45 \times 13 = 585 \text{ m}^2$  para cada agua

Con los datos de precipitación calculados anteriormente por el método de coeficiente de captación:

Precipitación neta= 510 mm

De acuerdo a la metodología para calcular los SCALL, por cada milímetro de agua de lluvia que cae sobre un metro cuadrado, se obtendrá un litro de agua, es decir, con el área de techo disponible y la precipitación ajustada se podrá captar:

$585 \text{ m}^2 \times 510 \text{ mm} = 298,350 \text{ litros} \sim 300 \text{ m}^3$  Este volumen es para cada parte del techo por lo que el total de agua que se puede captar es:  $300 \text{ m}^3 \times 2 = \mathbf{600 \text{ m}^3}$ .



**Ilustración 29.** Techo de la iglesia de San Andrés Tzirondaro.

Las dimensiones del techo del auditorio son:

$$Ac = 28 \times 37 \text{ m} = 1036 \text{ m}^2$$

$$1036 \text{ m}^2 \times 510 \text{ mm} = 528,360 \text{ litros} \sim \mathbf{530 \text{ m}^3}$$



**Ilustración 30** . Techo del auditorio San Andrés Tzironदारo.

Las dimensiones del techo de la escuela son:

Matutino:

$$Ac = 25 \times 10 \text{ m} = 250 \text{ m}^2$$

$$250 \text{ m}^2 \times 510 \text{ mm} = 127,500 \text{ litros} \sim \mathbf{128 \text{ m}^3}$$

Vespertino:

$$Ac = 18.5 \times 10 \text{ m} = 185 \text{ m}^2$$

$$185 \text{ m}^2 \times 510 \text{ mm} = 94,350 \text{ litros} \sim \mathbf{94 \text{ m}^3}$$

Las dimensiones del techo del kinder son:

Edificio 1:

$$Ac = 18 \times 8.5 \text{ m} = 153 \text{ m}^2$$

$$153 \text{ m}^2 \times 510 \text{ mm} = 78,030 \text{ litros} \sim \mathbf{80 \text{ m}^3}$$

Edificio 2:

$$Ac = 12 \times 10 \text{ m} = 120 \text{ m}^2$$

$$120 \text{ m}^2 \times 510 \text{ mm} = 61,200 \text{ litros} \sim \mathbf{61 \text{ m}^3}$$

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



**Ilustración 31.** Techo de escuelas de San Andrés Tzironaro.

### 2.3. Sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia.

Considerando la precipitación de la zona de estudio, los espacios en la vivienda, necesidades de la población y las economías del proyecto se implementaron en las dos comunidades sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia de 15, 20, 50 y 100 metros cúbicos.



**Ilustración 32.** Implementación de cisternas tipo vivienda en las comunidades

### 2.3.1. Captación, conducción y almacenamiento de agua de lluvia en la comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro

En coordinación con las autoridades comunitarias y beneficiarios se realizaron reuniones de información, talleres de capacitación e implementación de sistemas de captación, conducción y almacenamiento de agua de lluvia teniendo los siguientes resultados

- ✓ Implementación de sistemas de captación, conducción y almacenamiento a nivel vivienda y comunitaria.
- ✓ Suministró, implementación y seguimiento de los elementos de recolección y conducción (canaleta, tubería y accesorios) del agua de lluvia a nivel vivienda.
- ✓ Se alcanzó una capacidad instalada en infraestructura de almacenamiento de agua de lluvia de 625,000 litros.

**Tabla 30.** Listado de cisternas implementadas en la comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro

<b>Beneficiario</b>	<b>Capacidad (litros)</b>
Escuela Primaria "Cuauhtémoc"	100,000
Centro Ecológico Cerro Del Sandio 1	100,000
Centro de la comunidad (Casa parroquial)	50,000
Jardín de niños Silvestre Revueltas	100,000
Centro Ecológico Cerro Del Sandio 2	100,000
Clínica del IMSS	50,000
<b><i>SUBTOTAL COMUNITARIO</i></b>	<b>500,000</b>
Jaime Álvarez Solorio	15,000
Antonio Torres Hernández	15,000
Ubaldo Morales Medina	15,000
Ofelia Camacho Cuanaz	15,000
Hermenegildo Morales	15,000
Sergio González	20,000
Roberto Cornelio Alonso	15,000
Vidal Huapeo Peña	15,000
<b><i>SUBTOTAL VIVIENDA</i></b>	<b>125,000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>625,000</b>

En todos estos sistemas de almacenamiento de agua de lluvia se ha dado seguimiento tanto a nivel vivienda como nivel comunitario.

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



**Ilustración 33.** Captación, conducción y almacenamiento de agua de lluvia en la escuela primaria Cuauhtemoc.



**Ilustración 34.** Captación, conducción y almacenamiento de agua de lluvia en el cerro de Sandio

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



**Ilustración 35.** Captación, conducción y almacenamiento de agua de lluvia (jardín de niños Silvestre Revueltas)



**Ilustración 36.** Captación, conducción y almacenamiento de agua de lluvia de la clínica del IMSS (San Jerónimo)

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



**Ilustración 37.** Seguimiento de sistemas de almacenamiento a nivel vivienda y nivel comunitario



**Ilustración 38.** Cisterna tipo vivienda (San Jerónimo Purenchécuaro)

### 2.3.2. Captación, conducción y almacenamiento de agua de lluvia en la comunidad de San Andrés Zirondaro

En coordinación con las autoridades comunitarias y beneficiarios se realizaron reuniones de información, talleres de capacitación e implementación de sistemas de captación, conducción y almacenamiento de agua de lluvia teniendo los siguientes resultados

- ✓ Implementación de sistemas de captación, conducción y almacenamiento a nivel vivienda y comunitaria.
- ✓ Suministró, implementación y seguimiento de los elementos de recolección y conducción (canaleta, tubería y accesorios) del agua de lluvia a nivel vivienda.
- ✓ Se alcanzó una capacidad instalada en infraestructura de almacenamiento de agua de lluvia de 210,000 litros.

**Tabla 31.** Listado de cisternas implementadas en la comunidad de San Andrés Zirondaro

<b>Beneficiario</b>	<b>Capacidad (litros)</b>
Escuela Primaria " Miguel Hidalgo"	100,000
<b><i>SUBTOTAL COMUNITARIO</i></b>	<b>100,000</b>
Domingo Agustín	20,000
Alejandro Rivera	15,000
Wilibaldo Rivera	15,000
Hipolito Couto	15,000
Felipe Vallejo	15,000
Isidro Jacinto Cuanaz	15,000
Carlos Montaña Rivera	15,000
<b><i>SUBTOTAL VIVIENDA</i></b>	<b>110,000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>210,000</b>

En todos estos sistemas de almacenamiento de agua de lluvia implementados a nivel vivienda y a nivel comunitario se ha dado seguimiento.

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



**Ilustración 39.** Seguimiento de los sistemas de almacenamiento a nivel vivienda (1)



**Ilustración 40.** Seguimiento de los sistemas de almacenamiento a nivel vivienda (2)



**Ilustración 41.** Seguimiento del sistema de almacenamiento a nivel comunitario

### **3. SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

#### **3.1. Necesidades de tratamiento**

El abastecimiento de agua para consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y/o de la piel, para lo cual se requiere establecer límites permisibles en cuanto a sus características bacteriológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas.

El abastecimiento de agua para consumo humano según los tipos de captación de agua suele requerir de una serie de tratamientos que se definen según su calidad inicial. En México, la normatividad Nom-127 establecida por la Secretaría de Salud indica los parámetros permisibles del agua para consumo humano. Un análisis físico-químico de una muestra de agua mediante la evaluación de algunos parámetros y características físicas, químicas, biológicas y radiológicas nos permite evaluar la calidad del agua y si es apta para consumo humano (si es agua potable).

Con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas de abastecimiento para consumo humano es necesario someter a tratamientos de potabilización, los cuales pueden ser físicos, químicos, biológicos y/o combinaciones. Su uso y campo de aplicación queda definido según las limitaciones y ventajas que ofrecen cada uno de ellos.

En general, el tratamiento consiste de varias etapas como son: filtración gruesa a través de rejillas o mallas, eliminación de arena en estanques, sedimentación, coagulación, floculación, filtración, ajuste de condiciones ácidas o básicas y desinfección.

### 3.2. Métodos de tratamiento

Dado que la calidad del agua cruda varía de una fuente a otra; el tratamiento requerido para producir agua potable y/o purificada, también varía. Se utiliza con mayor frecuencia la desinfección con cloro, filtración (lecho profundo, carbón activado, suavizador y pulidor), ósmosis inversa, desinfección por luz ultravioleta y ozono (Solorio, 2002).

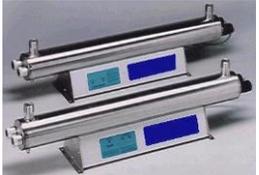
El agua debe tratarse mediante algún sistema de potabilización o purificación para obtener una calidad de agua apta para consumo humano.

La aplicación de los métodos de tratamiento de agua ofrece la garantía de obtener agua cuyos parámetros físicos, químicos y bacteriológicos están dentro de lo que establece la normatividad, alguno de ellos son:

La cloración, los procesos de filtración [filtro Speedy o filtro tamiz de 100  $\mu$  (micras), filtro de carbón activado (GAC), micro-filtro pulidores], la suavización para la remoción de minerales, la ósmosis inversa y la luz ultravioleta.

**Tabla 32.** Métodos de tratamiento para obtener agua potable

<p>Cloración.- La cloración se puede realizar con Hipoclorito de Calcio o de Sodio al 13%. El cloro elimina la mayor parte de las bacterias, hongos, virus, esporas y algas presentes en el agua. Una concentración de 3-5 ppm es suficiente para destruir bacterias e inactivar virus, después de un tiempo de reacción mínimo de 30 minutos.</p>	
<p>Filtración.- La filtración es un proceso en que a partir de material filtrante con diferente densidad y granulometría se retienen las partículas selectivamente de acuerdo a su tamaño, logrando así quitar la turbidez del agua.</p>	

<p>Filtro Spedy.- Este dispositivo realiza la filtración de sólidos, sedimentos, tierra, lodo y arcilla. Se conoce como Spedy o filtro tamiz de 100 <math>\mu</math> (micras).</p>	
<p>Filtro de carbón activado CA.- Los filtros de CA permiten filtrar y adsorber materia orgánica cuya presencia en el agua causa mal olor, color o sabor. El agua pasa a columnas con carbón activado, obteniendo eficiencia en la adsorción del cloro residual, eliminación de sabores y olores. También ayudan a retener: acidez, alcalinidad e hidrocarburos.</p>	
<p>Filtros pulidores.- Estos filtros permiten detener paulatinamente las impurezas pequeñas haciendo pasar el agua por etapas filtrantes de 20 micras, 10 micras y hasta 5 micras. Los pulidores son fabricados en polipropileno grado alimenticio (FDA).</p>	
<p>Suavización.- Es un proceso que permite hacer la remoción de minerales disueltos en forma de iones (Ca, Mg y Fe) a través de un proceso de intercambio iónico. Durante el proceso, el agua pasa través de un tanque de resina catiónica y los minerales disueltos son atrapados en ésta. También se reduce otras impurezas como el hierro, sílice y otros metales.</p>	
<p>Ósmosis inversa.- Este proceso permite separar componentes orgánicos e inorgánicos del agua por el uso de presión ejercida en una membrana semipermeable mayor que la presión osmótica de la solución. La presión ejercida fuerza el paso del agua a través de una membrana semipermeable, dejando atrás los sólidos disueltos. El agua que se obtiene esta libre de minerales, coloides, partículas de materia orgánica y bacterias.</p>	
<p>Radiación ultravioleta.- Mediante la luz ultravioleta, los microorganismos mueren al contacto con ella, su ADN es destruido y no pueden proliferarse. Este tipo de radiación permite obtener agua libre de microorganismos, funciona como un germicida anulando bacterias, gérmenes, virus, algas y esporas.</p>	
<p>Ozono:- El Ozono permite eliminar por oxidación virus, bacterias y hongos, además de oxidar metales. En el proceso se presenta la ruptura molecular de la membrana celular (rotura de la membrana citoplasmática de los microorganismos).</p>	

### 3.3. Método alternativo de tratamiento de agua para consumo humano

Existen diversos métodos de desinfección del agua, entre ellas se encuentran las que usan ozono, radiación ultra violeta, plata coloidal, cloro y sus derivados y ebullición. Sin embargo, las únicas utilizadas en comunidades rurales por sus costos y facilidades de manejo son las tres últimas (AWWA, 1999).

#### 3.3.1. Desinfección solar (concentrador solar)

Diversas experiencias en campo de instituciones y personal (Secretaría de Salud, Comisión Nacional del Agua y ONG's, etc) que trabaja en proyectos de desinfección de agua en comunidades rurales, indican que hay comunidades donde no aceptan el sabor del cloro en el agua o tienen ideas erróneas acerca de los efectos que causa éste en la salud. Tampoco hierven el agua por el problema de escasez y el trabajo de cargar la leña o porque el sabor cambia, además, en muchos casos el agua una vez hervida se recontamina fácilmente por malos hábitos higiénicos (Martín *et al*, 2000). La plata coloidal también se ve limitada en su uso por costos y disponibilidad en comunidades alejadas.

El uso de la radiación solar para desinfección de agua ha demostrado ser una técnica eficiente en la inactivación y destrucción de bacterias patógenas (Conroy, 1999; McGuigan, 1998; Reed, 1997; Márquez, 1993; Wegelin, 1999; Sommer, 1995).

Estudios realizados (Martín *et al.*, 1999), mediante el uso de concentradores solares de paredes planas, fabricados con materiales baratos y de fácil adquisición en comunidades rurales, en cuyo interior se colocan botellas de plástico llenas con el agua a desinfectar, se analizó la factibilidad de la desinfección con radiación solar. Los resultados fueron:

- a) El método de desinfección solar es una alternativa para mejorar la calidad bacteriológica del agua para consumo humano en las comunidades rurales.
- b) Las botellas de los refrescos comerciales no retornables son adecuadas para este uso, ya que permiten un control adecuado del agua tratada y además disminuyen el riesgo de recontaminación de la misma.
- c) La eficiencia de la desinfección aumenta considerablemente si se utilizan concentradores solares fabricados con materiales de bajo costo.
- d) Con este método de desinfección del agua se puede eliminar  $10^5$  CT (medidos como número más probable por cada 100 mL) y  $10^6$  Unidades Formadoras de placa viral, con cuatro horas de exposición solar en el período de mayor radiación (de las 11:00-15:00 horas) en días soleados.

### 3.3.2. Desinfección solar en la comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro

En la escuela primaria Cuauhtémoc en coordinación con maestros, padres de familia y autoridades de la comunidad se realizaron pláticas y taller de desinfección solar “YO DESINFECTO EL AGUA QUE SCONSUMO”.

Se construyeron cajas solares a fin de ser utilizadas para desinfectar el agua con fines de consumo humano.

Las cajas solares fueron entregadas en:

- Escuela primaria Cuauhtémoc
- Jardín de niños Silvestre Revueltas
- Clínica del IMSS
- Población participante en los talleres

### 3.3.3. Desinfección solar en la comunidad de San Andrés Tzinrondaro

En la escuela primaria Cuauhtémoc en coordinación con maestros, padres de familia y autoridades de la comunidad se realizaron pláticas y taller de desinfección solar “YO DESINFECTO EL AGUA QUE SCONSUMO”.

Se construyeron cajas solares a fin de ser utilizadas para desinfectar el agua con fines de consumo humano.

Las cajas solares fueron entregadas en:

- Escuela primaria Miguel Hidalgo
- Jardín de niños
- Clínica del IMSS
- Población participante en los talleres

Esta tecnología por una parte fue dirigida a la población de escasos recursos económicos que no tienen acceso a sistemas de potabilización, no hierven, ni cloran el agua y están interesadas en tratar únicamente la requerida para su consumo. Por otro lado, a lugares donde se puede propagar el conocimiento y cultura de uso entre la población de la comunidad, en este caso escuelas y clínicas.

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



**Ilustración 42.** Entrega de cajas solar para desinfección solar

## 4. LIMPIEZA, PROTECCIÓN Y CAPACITACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DE MANANTIALES

### 4.1. Acciones de limpieza y protección de manantiales

En ambas comunidades se realizaron recorridos durante el año 2008. Para el año 2011 en coordinación con autoridades comunitarias se realizaron las acciones de limpieza y protección, además de la capacitación para el adecuado manejo y aprovechamiento de los manantiales.

#### 4.1.1. Mantenimiento y protección de manantiales (San Jerónimo de Purenchécuaro)

**Tabla 33.** Listado de manantiales recorridos en la comunidad de San Jerónimo Purenchecuaró.

No.	Ubicación	Situación	Uso	Observaciones y recomendaciones:
N° 1	Calle Matamoros	Cuenta con malla de protección y mampostería en buen estado	El agua la utilizan para labores domesticas - no apta para beber	
N° 2	A un lado de la escuela primaria Cuauhtémoc y la carretera Quiroga – Erongaricuaro	Cuenta con malla de protección y mampostería en buen estado	El agua la utilizan para el ganado y las labores domesticas.	
N° 3	Al noroeste de la población, del manantial No 2 a 150 metros, pasando la carretera	Cuenta con protección, la construcción son muros de tabique, losa y piso de concreto, se encuentra en buen estado	El agua de este manantial es utilizado para consumo humano (apta para beber), el suministro es por medio de una llave de globo.	

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO

<p><u>N° 4</u></p>	<p>Parte noreste de la población</p>	<p>Protección con muros de tabique, losa de concreto, esta ademado con azulejo, se encuentra en buen estado.</p>	<p>El agua de este manantial es utilizado para consumo humano (apta para beber), el suministro es mediante cubetas.</p>	
<p><u>N° 5</u></p>	<p>parte sur de la población colindando con el Lago de Pátzcuaro</p>	<p>Protección de mampostería y malla ciclónica en buen estado. El nivel del agua se conserva, baja muy poco</p>	<p>El agua es utilizada para labores domesticas no apta para beber (agua salada)</p>	
<p><u>N° 6</u></p>	<p>Se ubican en la parte sur de la población colindando con el Lago de Pátzcuaro</p>	<p>Es muy pequeño no cuenta con protección</p>	<p>Lo utilizan para regar una pequeña porción de tierra y lavar ropa</p>	
<p><u>N° 7</u></p>	<p>Parte sureste de la localidad colindando con el Lago de Pátzcuaro</p>	<p>Protección con mampostería y malla ciclónica en buen estado. El nivel del agua es constante, baja muy poco</p>	<p>El agua es para labores domesticas, no apta para beber (agua salada).</p>	
<p><u>N° 8</u></p>	<p>Parte sureste de la localidad colindando con el Lago de Pátzcuaro</p>	<p>No cuenta con protección solamente con un pequeño muro de mampostería</p>	<p>Lo utilizan para riego y lavado de ropa.</p>	

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



**Ilustración 43.** Manantial El Patito (San Jerónimo Purenchecuario)



**Ilustración 44.** Protección del manantial El Patito (San Jerónimo Purenchecuario)

#### 4.1.2. Mantenimiento y protección de manantiales (San Andrés Tzironaro)

A continuación se describen y muestran imágenes de los manantiales recorridos en la comunidad de San Andrés Tzironaro.

**Tabla 34.** Listado de manantiales recorridos en la comunidad de San Andrés Tzironaro

No.	Ubicación	Situación	Uso	Observaciones y recomendaciones:
<u>Nº 1</u>	Se ubican en la parte sur de la localidad	no cuenta con malla de protección. El nivel del agua se mantiene constante, baja muy poco	Se utiliza para consumo, es apta para beber	
<u>Nº 2</u>	Se ubica al noreste de la población	cuenta con protección a base de mampostería y malla ciclónica	El agua la utilizan para labores del hogar	

En el manantial No.1 de la tabla anterior, se realizó la protección con mampostería y malla ciclónica.



**Ilustración 45.** Manantial No 2 (San Andrés Tzironaro)

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



**Ilustración 46.** Manantial No 1. (San Andrés Tzironardo)



**Ilustración 47.** Protección del manantial (San Andrés Tzironardo)

## 5. SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.

### 5.1. Revisión y opciones técnicas

#### 5.1.1. Generales sobre drenaje y saneamiento

La ampliación de la cobertura de los sistemas de drenaje y tratamiento de aguas residuales y disposición sanitaria excretas del medio rural mediante la construcción de sistemas sostenibles, es uno de los grandes retos que enfrentan los gobiernos en general y los técnicos en especial. Uno de los criterios básicos para lograr la sostenibilidad de los sistemas de saneamiento, es que la opción tecnológica y el nivel de servicio estén basados en las condiciones técnicas, económicas, sociales y culturales de la comunidad a ser atendida, conjuntamente con la aspiración de disponer del servicio de saneamiento. Todo esto permite determinar o seleccionar el tipo de sistema o de servicio más conveniente a la comunidad (CEPIS, 2002).

Por otra parte, la ubicación y dispersión de las viviendas en las zonas rurales hace que los sistemas de drenaje y tratamiento de aguas residuales convencionales requieran de una alta inversión, no solo en la instalación de la infraestructura básica sino también en la operación y mantenimiento de los servicios higiénicos a nivel domiciliario.

#### 5.1.2. Criterios de selección de la tecnología

Por tales razones, es necesario analizar las opciones tecnológicas y niveles de servicio que se adecuen a las condiciones físicas, económicas y sociales de las comunidades.

**Opción Tecnológica**, la solución de ingeniería que puede aplicarse es función de las condiciones físicas, económicas y sociales de la comunidad. Como opciones tecnológicas se puede mencionar: sanitarios, tanto en medio húmedo como en seco; humedales, lagunas de estabilización, etc.

**Nivel de Servicio**, al grado de satisfacción en la utilización de las opciones tecnológicas, pueden ser familiar o multifamiliar. Por ejemplo: sanitarios familiares o comunitarias, conexión domiciliaria de desagüe y Módulos Sanitarios Comunes (MSC).

Para la selección de la tecnología en saneamiento que debe aplicarse se deben considerar los factores técnicos, económicos y sociales:

### a) Factores técnicos

**Utilización de agua en la descarga**, las tecnologías de saneamiento están compuestas por las que requieren de agua y aquellas que no la requieren. Las que no la necesitan, realizan la disposición de los desechos fisiológicos “in situ”, mientras que las que si requieren de agua, el tratamiento se realiza en otra área de la vivienda ó en áreas atendidas con drenaje, se opta por la disposición a distancia. Por ello, se ha considerado la cantidad de agua disponible para la descarga, como el punto de partida para la identificación de la solución de saneamiento más conveniente.

**Densidad poblacional:** la menor o mayor dispersión de viviendas en el área de intervención puede inducir a seleccionar una solución del tipo individual, familiar o pública.

**Disponibilidad de terreno:** la aplicación de sistemas de saneamiento “in situ” del tipo familiar considera la necesidad que el interesado disponga de área al interior del predio, de lo contrario se tendrá que optar por soluciones multifamiliares o de otra índole.

**Aguas subterráneas** los altos niveles en manto freático de agua, conducen a emplear las soluciones tradicionales por encima del nivel del suelo.

### b) Factores social

**Aprovechamiento de los residuos fecales:** el aprovechamiento voluntario o tradicional de los desechos fecales ayuda a definir la alternativa de solución.

### c) Factor económico

**Gastos de capital y de mantenimiento:** es un indicador que limita en gran medida la selección de la opción tecnológica y del nivel de servicio.

Para el tratamiento de agua residual en zonas rurales se utilizan sistemas biológicos, el tipo de sistema de tratamiento va a depender de la existencia drenaje.

### Zonas sin drenaje

Se instalan sistemas *in situ* que pueden tratar el agua de una vivienda o cuando las características orográficas y de espacio lo permiten, pueden estar conectados a conjuntos de varias casas; pueden tratar los efluentes por separado (agua gris y negra) o el agua residual doméstica.

La selección del sistema de tratamiento también depende de la disponibilidad de agua, cuando la dotación de agua sólo cubre las necesidades mínimas de la familia, se debe considerar la alternativa de instalar sanitarios secos. A continuación se describe cada opción técnica:

### 5.1.3. Tratamiento de aguas gris

**Lavadero ecológico:** sistema biológico para tratar el agua proveniente del lavado de ropa, trastes, cocinado, lavado corporal y de manos (agua gris); consta de trampa de grasa, dos filtros anaerobios y humedal.

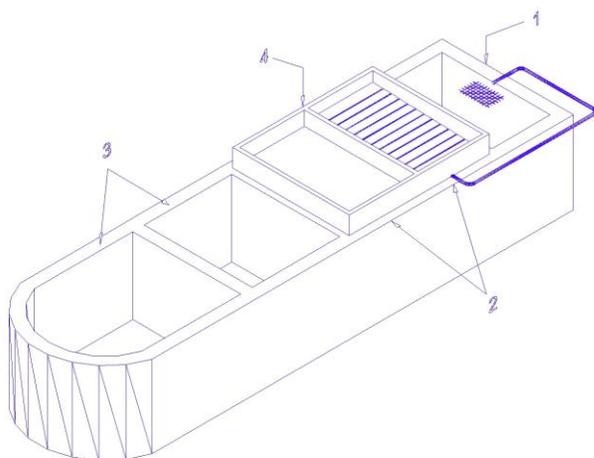


Figura 19. Partes del lavadero ecológico



Ilustración 48. Lavadero ecológico

El lavadero ecológico se compone de:

1. Trampa de grasas;
2. Filtro anaerobio;
3. Humedal y
4. Lavadero.

### 5.1.4. Tratamiento de agua negra

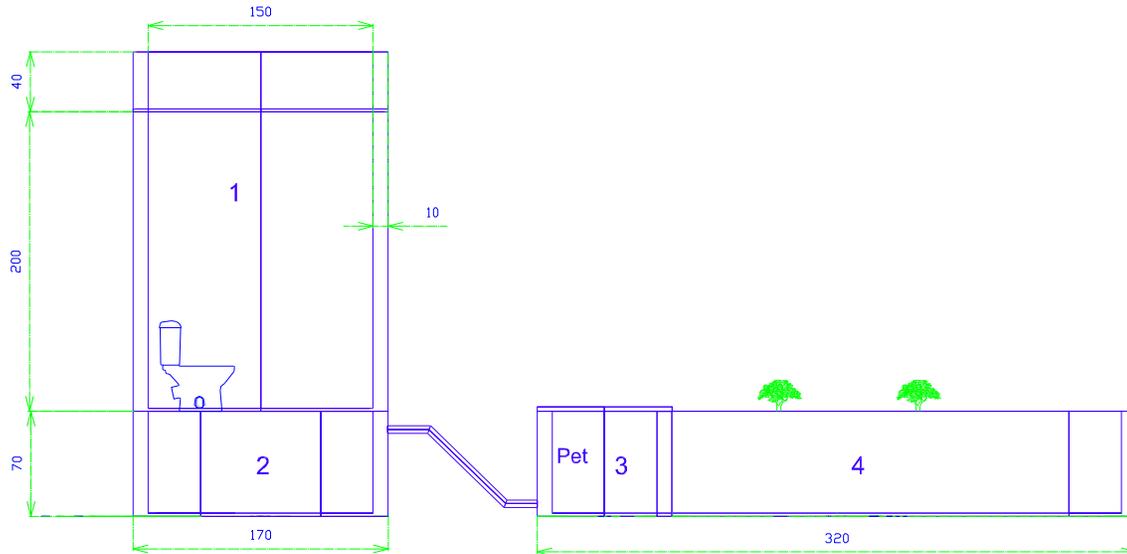


Figura 20. Partes del sanitario ecológico:

**Sanitario ecológico:** Sistema biológico para tratar el agua proveniente del sanitario contaminada con materia fecal y orina (agua negra). Requiere de agua ya que utiliza inodoro de cierre hidráulico; consta de tanque séptico, filtro anaerobio y humedal.



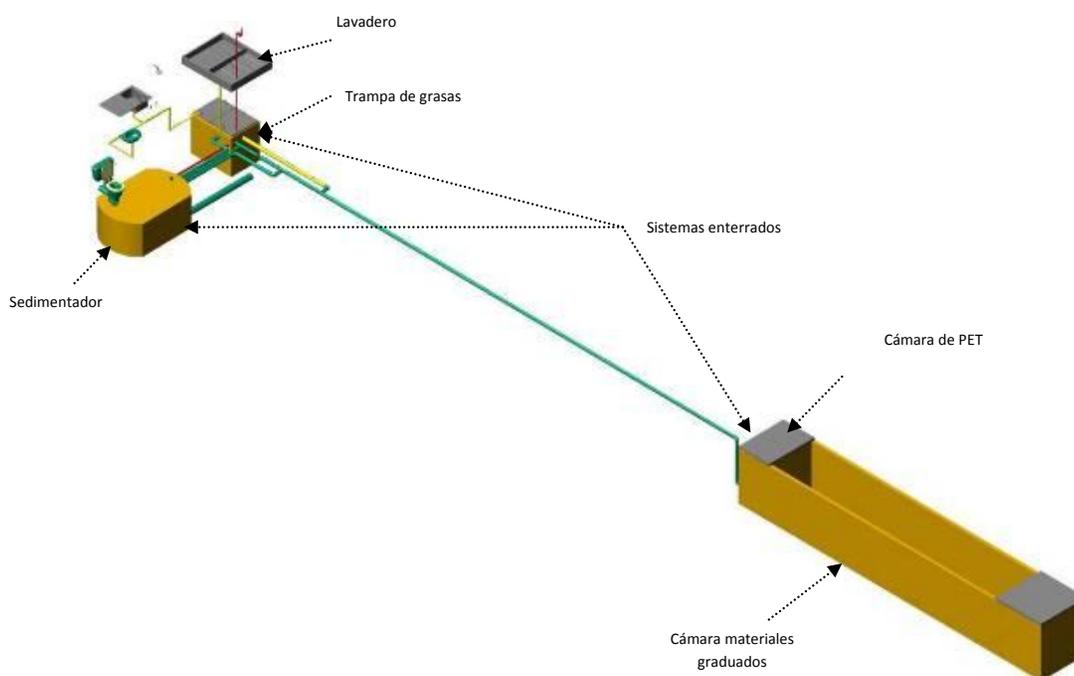
Ilustración 49. Sanitario ecológico con agua

El sanitario ecológico se compone de:

- 1 Caseta del baño,
2. Tanque séptico,
3. Filtro anaerobio y
4. Humedal.

### 5.1.5. Tratamiento combinado para tratamiento de agua gris y negra

Cuando no existe suficiente espacio en la vivienda para instalar el lavadero y el sanitario ecológico por separado, se puede combinar el sistema de tratamiento, enviando el agua gris a la trampa de grasas, el agua del sanitario se envía al tanque séptico, ambos efluentes se unen y se conducen hacia el filtro anaerobio y finalmente al humedal.



**Figura 21.** Sistema para tratar agua residual doméstica en una vivienda

### 5.1.6. Sanitario seco

El sanitario ecológico seco tiene el objetivo de contener, inactivar o destruir organismos patógenos y así reducir a niveles aceptables el riesgo de infección, sin contaminar el medio ambiente y sin efectos negativos a la salud. El sanitario seco contiene y procesa excrementos, papel higiénico y materiales que contienen carbono; el proceso de tratamiento es similar al compostaje de residuos de jardín, de estar bien mantenidos se puede descomponer del 10 al 30 % del volumen original de los residuos, el material resultante, cuya textura es semejante a la de la tierra, y el cual se denomina humus, puede ser enterrado, o utilizarse para abono de árboles frutales.

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



**Ilustración 50.** Sanitario seco – taza con separación de orina

## 5.2. Análisis, selección e instalación de servicios sanitarios a nivel vivienda

### 5.2.1. Implementación de baños secos ecológicos en San Jerónimo Purenchecuario

- ✓ Capacitación e implementación de sistemas sanitarios (baños ecológicos secos). Se implementaron 29 baños ecológicos secos:

**Tabla 35.** Listado de baños ecológicos secos en la comunidad de San Jerónimo Purenchécuario.

No	Beneficiario
1	SOFIA BEGONIA GAMEZ MADRIGAL
2	NICOLAS CORREA CORNELIO
3	IVAN PADILLA MONICO
4	VIDAL HUAPEO PEÑA
5	ISMAEL CORNELIO CHAVEZ
6	LEONOR ESQUIVEL
7	MERAYOT LEON TRIGO
8	HERMENEGILDO MORALES MICHELENA
9	ARMANDO ORTEGA HERNANDEZ
10	EFRAIN MARQUEZ PEÑA
11	AMBROSIO MORALES CAMACHO
12	JERONIMO GUTIERREZ ALONSO
13	MARIA CHAVEZ MORALES
14	PEDRO CHAVEZ MORALES
15	LAURA BRETON SERRANO
16	ADELA TZINTZUN BARTOLO
17	MARIA JUANA DIAZ CHAVEZ
18	JUAN ARMENDARIZ
19	ANGELICA MORALES BARTOLO
20	FORTINO MORALES ZAVALA
21	JOSE LUIS CUANAZ PEÑA
22	VIOLETA PEÑA BALTAZAR
23	J.VICTOR RODRIGUEZ HUACUZ
24	HEBER PEREZ MAYA
25	ABEL DURAN TORRES
26	CARLOS ORTEGA LEON
27	RUBEN MORALES MEJIA
28	CARMEN IGNACIO LAZARO
29	GALDINO CUANAZ GAMEZ

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



**Ilustración 51.** Implementación de servicios sanitarios (baños ecológicos secos) en San Jerónimo Purenchécuaro

### 5.2.2. Implementación de baños secos ecológicos en San Andrés Tzironदारo

- ✓ Capacitación e implementación de sistemas sanitarios (baños ecológicos secos). Se implementaron de 23 baños ecológicos secos:

**Tabla 36.** Listado de baños ecológicos secos implementados en la comunidad de San Andrés Tzironदारo

No	Beneficiario
1	HERMENEGILDO VALLEJO CUANAZ
2	OLGA SIMON VALDEZ
3	ALICIA VALDEZ MONTAÑO
4	APOLINAR COUTO SANDOVAL
5	RAMON ARNULFO MONTAÑO
6	CARLOS MONTAÑO RIVERA
7	ANTONIO VALDEZ MONTAÑO
8	FELIPE VALLEJO AGUSTIN
9	SALUD OLLOQUI SEVERO
10	RUBEN VALLEJO MENDEZ
11	ELPIDIO SILVA MEJIA
12	ANDRES OLLOQUI SEVERO
13	MARTHA SANDOVAL TELLEZ
14	FROILAN RAMIREZ OLLOQUI
15	LEOBARDO RODRIGUEZ JACINTO
16	BULMARO JACINTO CUANAZ
17	TERESA SERVIN JACINTO
18	LAUDENCIA SILVA PEDRO
19	ISIDRO JACINTO CUANAZ
20	M. RAQUEL MEJIA CUANAZ
21	ROSELIA DIONICIO CALVARIO
22	LORENZA ALBA NIEVES
23	FLORENTINA MORALES GREGORIO

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



**Ilustración 52.** Implementación de servicios sanitarios (baños ecológicos secos) en San Andrés Tziron DARO

## 6. EVALUACIÓN Y REUSO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA EN ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

### 6.1. Levantamiento de información sobre drenaje y saneamiento

En ambas comunidades se realizaron recorridos para revisar las descargas y condiciones de viviendas sin servicios sanitarios y drenaje, en coordinación con autoridades comunitarias se realizaron acciones de capacitación para el adecuado manejo de la infraestructura instalada.

#### 6.1.1. Levantamiento de información sobre descargas de agua residual en San Jerónimo Purenchécuaro

En San Jerónimo Purenchécuaro se ubicaron las tres descargas de agua residual; en los tres puntos se observó que existe infraestructura para darle tratamiento al agua; sin embargo; no funcionaban, están abandonadas y el agua residual pasaba directamente al lago hasta la implementación del humedal artificial.

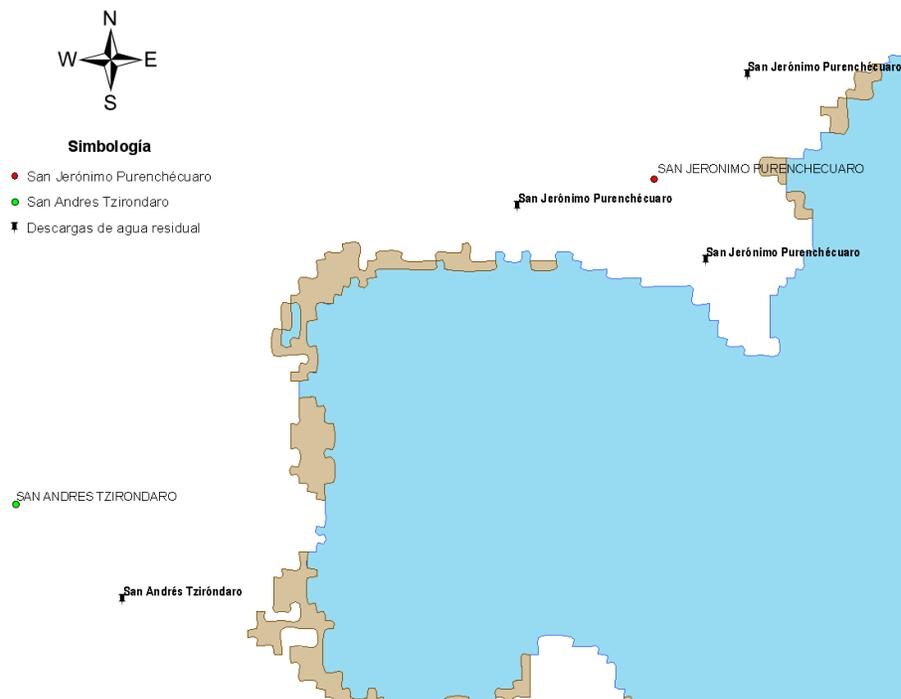


Figura 22. Descargas de agua residual en las comunidades de estudio.

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



**Ilustración 53.** Descarga 1 antes del humedal artificial (comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro)

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO



**Ilustración 54.** Descarga 2 antes del humedal artificial (comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro)



**Ilustración 55.** Descarga 3 antes del humedal artificial (comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro)

### 6.1.2. Levantamiento de información sobre descargas de agua residual en San Andrés Tzironдарo

En San Andrés Tzironдарo se ubico una descarga de agua residual; en este punto No existe infraestructura para tratamiento del agua.

En un recorrido realizado en 2008 se observo un sedimentador abandonado, dañado y el agua residual pasaba directamente al lago.



Ilustración 56. Descarga (comunidad de San Andrés Tzironдарo)

### 6.2. Acciones de conservación y mantenimiento de infraestructura de drenaje y saneamiento

En la comunidad de San Jerónimo Purenchecuarо, se diagnosticó la problemática de saneamiento e implementó un humedal artificial, mismo que forma parte de las acciones que se desarrollaron en la tercera etapa del programa de recuperación de la cuenca del lago de Pátzcuaro.

En la comunidad de San Andrés Tzironдарo, se realizó la limpieza de la descarga en la zona cercana del Lago, se preparó material para un anteproyecto en que se debe incluir el aforo y caracterización del agua que se descarga en el sitio.

### 6.2.1. Rehabilitación de la red de drenaje (El Sandio) en San Jerónimo Purenchécuaro

En el Sandio se realizó la limpieza y reparación del sistema de sedimentación y conducción de la descarga de agua residual.

Las acciones realizadas fueron:

- ✓ Rehabilitación de la red de drenaje
- ✓ limpieza de 3 filtros sedimentadores
- ✓ cambio de tubería deteriorada (42 metros de 4 pulgadas de diámetro).



**Ilustración 57.** Tubería de descarga de aguas residuales en mal estado, tubería rehabilitada y tanques sedimentadores del Sandio (San Jerónimo Purenchecuaro)

Se rehabilitaron 5 tramos de tubería en la línea de conducción de la red de drenaje de las cabañas, así como la limpia de un tanque sedimentador que recibe las descargas del comedor. La rehabilitación fue realizada con tubería de P.V.C. de 4” de diámetro.

### 6.2.2. Limpieza y rehabilitación de la descarga en la comunidad de San Andrés Tzironدارو.

Durante los recorridos en la comunidad de San Andrés se visitó la descarga de agua residual hacia el lago de Pátzcuaro.



**Ilustración 58.** Situación de la descarga de agua residual – San Andrés Tzironدارو

Se realizó una evaluación de la problemática y se definieron algunas acciones:

#### 1. Limpieza del tanque sedimentador



**Ilustración 59.** Tanque sedimentador - San Andrés Tzironدارو

Se construyó la tapa del tanque sedimentador.

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO

2. Limpieza de un tramo de 10 metros con una retroexcavadora proporcionada por la Presidencia Municipal con el fin de realizar el aforo de las aguas residuales.



**Ilustración 60.** Limpieza del tanque sedimentador y tramo de descarga - San Andrés Tziron-daro

### 6.2.3. Elaboración de documento para anteproyecto de humedal artificial en la comunidad de San Andrés Tzirondaro.

En el municipio de Quiroga, es importante implementar infraestructura para el tratamiento de las aguas residuales, dado que en lo general, las descargas generadas por las poblaciones localizadas alrededor del Lago de Pátzcuaro son vertidas sin tratar, situación que repercute en el deterioro ambiental y calidad del agua del Lago de Pátzcuaro.

A fin de contribuir en esta problemática en la comunidad riverense de San Andrés Tzirondaro, se propone sanear las descargas del agua residual que actualmente son vertidas directamente al Lago del Lago de Pátzcuaro mediante la implementación de un humedal artificial. Esta acción se propone desarrollar en dos etapas:

1. Estudios previos para la implementación del humedal, el diseño e inversión ANTEPROYECTO DEL HUMEDAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD DE SAN ANDRES TZIRONDARO.

**ANTEPROYECTO**

**“HUMEDAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD DE SAN ANDRES TZIRONDARO, QUIROGA, MICH.”**

<b>INDICE</b>		<b>MEMORIA DESCRIPTIVA</b>	22
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	1	SITUACIÓN ACTUAL	22
<b>OBJETIVO</b>	2	PROPUESTA DE SOLUCIÓN	23
<b>ANTECEDENTES</b>	3	Capacidad de diseño del sistema de tratamiento	23
<b>MEDIO FÍSICO</b>	4	Origen de las aguas residuales	23
LOCALIZACIÓN	4	Estructura de descarga	23
HIDROLOGÍA	4	Calidad del agua residual cruda y calidad esperada del agua después del tratamiento	24
CLIMA	5	Características esperadas de los lodos producidos en el sistema de tratamiento	24
VEGETACIÓN Y FAUNA	6	Destino final del efluente tratado y sitios de descarga	24
SUELO	7	Alternativas de reuso	24
<b>INFRAESTRUCTURA SOCIAL Y DE COMUNICACIONES</b>	8	Vida útil del proyecto	24
INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA	8	<b>CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO</b>	24
Pozos	8	Descripción general del proceso y arreglo de las unidades de tratamiento	24
Manantiales	9	Fase líquida	25
SERVICIOS	11	Fase sólida	26
Luz, agua y drenaje	11	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	26
Educación	11	ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN	26
Salud	12	POBLACIÓN A SERVIR (P)	26
Abasto	14	Población actual	26
Vías y medios de comunicación	14	Población de proyecto	26
<b>ESTUDIO SOCIOECONÓMICO</b>	15	DOTACIÓN DE AGUA POTABLE	26
DEMOGRAFÍA	15	AFORTACIÓN DE DRENAJE SANITARIO	26
ECONOMÍA	15	GASTOS DE DISEÑO PARA EL DRENAJE SANITARIO	27
NIVEL DE VIDA	16	Coefficientes de variación	27
Agua y saneamiento	17	Coefficiente de variación mínima	27
Equipamiento y servicios públicos	17	Coefficiente de seguridad	27
Comercio y servicios	18	Gasto medio	27
Recintos culturales y deportivos	18	Gasto mínimo	27
<b>AFOROS, MUESTREO Y MEDICIONES DE CAMPO</b>	19	Gasto máximo instantáneo	27
		Gasto máximo extraordinario	27
		<b>DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL PARSHALL</b>	27
		Canal Parshall	27
		<b>DIMENSIONAMIENTO DEL TRATAMIENTO PRELIMINAR</b>	27

Figura 23. Documento de anteproyecto de humedal artificial (San Andrés Tzirondaro).

## 2. Implementación de la obra que podría ser incluida en la cuarta etapa del Programa de Recuperación ambiental del Lago de Pátzcuaro (2012 – 2017)

El objetivo es instalar un humedal en la localidad de San Andrés Tzirondaro, Municipio de Quiroga, Michoacán para el tratamiento y saneamiento de las descargas de aguas residuales que actualmente son vertidas directamente al Lago del Lago de Pátzcuaro.

El saneamiento de las descargas de aguas residuales se hará mediante la implementación de un humedal artificial, estos sistemas caracterizados por tener bajos costos de operación y mantenimiento, tienen buena eficiencia de remoción de contaminantes, con lo que se podrá tratar las aguas residuales generadas por una población de mas 2,000 habitantes.

Una vez realizados los estudios previos sobre el diseño e inversión. La implementación de la obra, podría incluirse en la cuarta etapa del Programa de Recuperación ambiental del Lago de Pátzcuaro (2012 – 2017) con el financiamiento de la Fundación Gonzalo Río Arronte (FGRA) y la coordinación del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

## 7. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR PARA BOMBEO DE AGUA

### 7.1. Energía solar y sistemas Fotovoltaicos

La energía solar se utiliza en diferentes aplicaciones. Las bombas de agua solares funcionan bajo el principio de conversión de la radiación solar en electricidad por medio del uso de fotoceldas hechas de silicón, generalmente llamadas células fotovoltaicas.

Las células fotovoltaicas se encuentran encerradas en un marco de vidrio, el cual compone el módulo solar.

A veces, se necesita un arreglo de módulos solares para producir suficiente energía para la bomba. Los módulos se montan en un marco o armazón llamado panel fotovoltaico (PV por sus siglas en inglés).

El arreglo PV es conectado a un controlador y después por medio de un cable de energía eléctrica al subsistema del motor/bomba que está en la fuente de agua.

Se determinó la necesidad de implementar equipos de bombeo mediante radiación solar en:

1. En el centro Eco turístico El Sandio (San Jerónimo de Purenchécuaro)
2. Escuela Primaria Cuauhtémoc (San Jerónimo de Purenchécuaro)
3. Escuela Primaria Miguel Hidalgo (San Andrés Tzironदारo)

Se calculó que el equipo de bombeo debía garantizar más de 3,000 litros diarios, para ello se requería un panel de celdas fotovoltaicas para 80 watts, con ello cubrir la demanda de energía requerida para la implementación del bombeo de agua.

El equipo tiene capacidad de bombear hasta 3,600 litros de agua por día dependiendo de las condiciones de horas e intensidad solar.

Se implementaron equipos para bombeo solar compuestos por:

- Base de aluminio
- Panel fotovoltaico de 80 watts marca ERDM
- Bomba de 12 V, marca Shurflo Mod. 2088.
- Instalación de plomería a base de tubería y conexiones marca tuboplus en diámetro de 1/2"
- Instalación eléctrica a base de cable uso rudo calibre 14
- Caja de seguridad con interruptor termo magnético de 20 Amps.

Las bombas Shurflo Mod. 2088 están equipadas para ofrecer un alto rendimiento que permite elevar el agua hasta 3.6 metros con fluidez y funcionamiento ininterrumpido. Esta bomba tiene un interruptor ajustable.

## **7.2. Sistema Fotovoltaico en la escuela primaria Cuauhtémoc**

En la escuela primaria Cuauhtémoc se instaló un sistema de bombeo fotovoltaico para beneficio de un aproximado de 200 alumnos.

Con este sistema se asegura un ahorro económico bastante considerable en el costo de energía eléctrica.



**Ilustración 61.** Bombeo fotovoltaico en la escuela primaria Cuauhtémoc (San Jerónimo Purenchécuaro)

### 7.3. Sistema Fotovoltaico en el centro Eco turístico del Cerro del Sandio

En el Centro Eco turístico del Cerro del Sandio se instaló un bombeo fotovoltaico, se eligió este sitio debido a la necesidad de bombear agua del depósito del agua potable del pueblo hacia un depósito construido por ellos, esta actividad la realizaban con una bomba de gasolina hasta tres veces por semana, situación que complicaba la actividad dado que tenían que bajar y subir con la bomba cada vez que requiriera.



**Ilustración 62.** Bombeo fotovoltaico en el Centro ecoturístico El Sandio (San Jerónimo Purenchécuaro)

#### 7.4. Sistema Fotovoltaico en la escuela primaria Miguel Hidalgo

En la escuela primaria Miguel Hidalgo se instaló un sistema de bombeo fotovoltaico para beneficio de un aproximado de 200 alumnos.

Con este sistema se asegura un ahorro económico bastante considerable en el costo de energía eléctrica.



**Ilustración 63.** Bombeo fotovoltaico en la escuela primaria Miguel Hidalgo (San Andrés Tzironbaro)

## 8. TALLERES DE CAPACITACIÓN SOBRE EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA.

### 8.1. Talleres de capacitación.

Durante la ejecución del proyecto se realizaron los siguientes talleres:

1. Modulo del agua
2. Gestión de proyectos ante instituciones para mi comunidad
3. Mantenimientos de manantiales
4. Yo desinfecto el agua que consumo
5. Cisternas comunitarias en mi comunidad
6. Cisternas en vivienda en mi comunidad
7. Baños secos en mi comunidad

#### 8.1.1. Ejemplo - Modulo manejo integral del agua



Figura 24. Materiales de taller de capacitación (Modulo Agua)

### 8.1.2. Ejemplo – Sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia

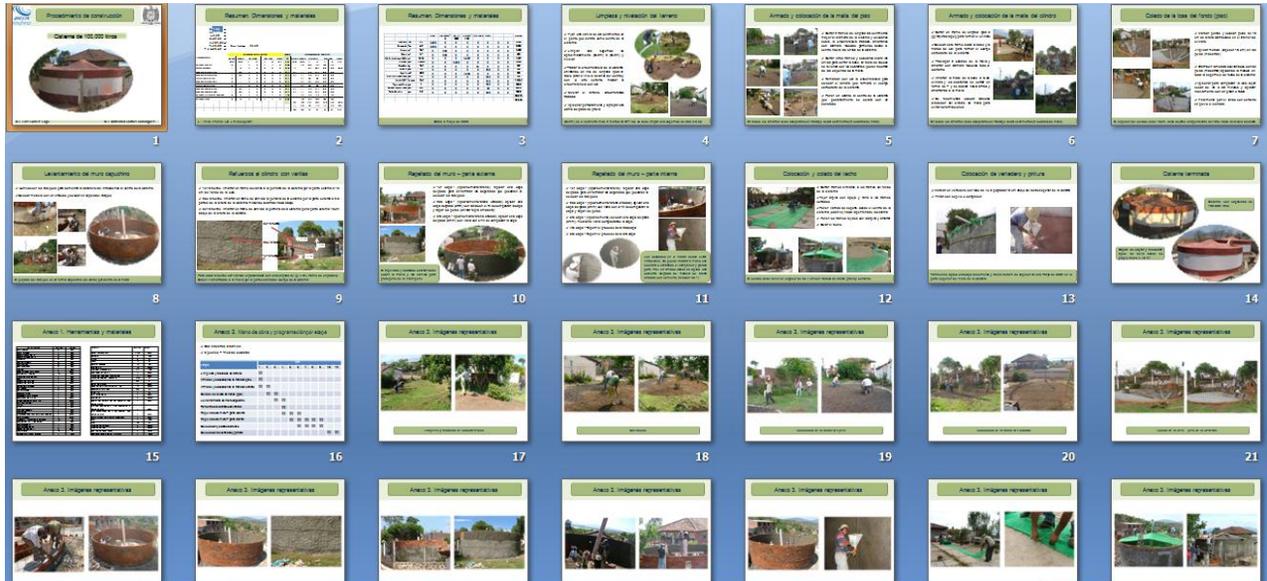


Figura 25. Materiales de taller de capacitación (sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia)

### 8.1.3. Ejemplo – Yo desinfecto el agua que consumo



Figura 26. Materiales de taller de capacitación (Yo desinfecto el agua que consumo)

## 8.2. Listados de talleres de capacitación.

Todos los talleres realizados fueron base en el proceso de capacitación e implementación de las tecnologías instaladas en cada comunidad.




**TALLERES DE CAPACITACION**  
Manejo integral del agua

Fecha: 27/09/2011 Horas 11:00 Tema MANEJO INTEGRAL DEL AGUA

COMUNIDAD: SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO PROBLEMÁTICA Y SOLUCIONES EN MI COMUNIDAD

MUNICIPIO: QUIROGA 2.5 horas

**LISTA DE ASISTENCIA**

No	NOMBRE	CARGO / POSICIÓN
1	M <sup>te</sup> Juana Diaz Chavez	Vecino
2	Maria Filomena Ignacio Esquivel	Vecino
3	noé Antonio Madrigal-Madrigal	Vecino
4	Rogelio Esquivel Peña	Vecino
5	MARIA INES RAFAEL PEÑA	
6	Hermengilda Morales M.	
7	Gracia O M	
8	Angelica Morales B.	Vecino
9	FLORENSIA REYES T.	Vecino
10	Israel Olvera Pintos	Vecino
12	Maria Adelina Odilon Rayón	vecino
13	ENRIQUE LINARES	VECINO
14	M <sup>te</sup> Luisa Salcedo Bero	
15	Alfonso Esquivel Domínguez	Vecino
16	SOFIA Bagonia gamez	
17	FRAN MARQUEZ	
18	Pablo Chavez Morales	

Luis Gomez Lugo  
Luis Gomez Lugo

México, 2011 Página 1 de 2

**Figura 27.** Listado de Taller Manejo integral del agua - Problemática y soluciones en mi comunidad - San Jerónimo Purenchécuaro

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO




**TALLERES DE CAPACITACION**  
Manejo integral del agua

Fecha: 28 / sept 2011 Horas \_\_\_\_\_ Tema: MANEJO INTEGRAL DEL AGUA.

COMUNIDAD: SAN ANDRÉS TZIRONDARO PROBLEMÁTICA Y SOLUCIONES EN MI COMUNIDAD.

MUNICIPIO: Quilichau 2.5 Horas

**LISTA DE ASISTENCIA**

No	NOMBRE	CARGO / POSICIÓN
1	ANTONIO VALDEZ M.	✓ VECINO
2	bulmaro Jacinto V.	" "
3	Olga Simón Valdez	" "
4	Ramon Arroyave Montañon	✓✓
5	Kublen Vallejo Mendes	✓✓
6	Teresa Sarvia Jacinto	✓
7	Alejandro Rivera	✓
8	carlos montañon Rivera	✓
9	Felipe Vallejo	✓
10	Isidro Jacinto Cuapaz	✓
12	Wilibaldo Rivera	✓
13	Adela Valdez Montañon	✓
14	FELIPE VALLEJO	✓
15	VAAQUEL MEJIA S.	✓
16	Proilan Ramirez P	✓
17	ROSELIA DIONISIO CALVARIO	✓
18		
19		
20		

Página 1 de 2  
Gomez Lugo Luis  
Luis Gomez Lugo

**Figura 28.** Listado de Taller Manejo integral del agua - Problemática y soluciones en mi comunidad – San Andrés Tzirondaro

PROYECTO MODELO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA EN SAN JERÓNIMO PURENCHÉCUARO Y SAN ANDRÉS TZIRONDARO

**TALLERES DE CAPACITACION**  
Manejo integral del agua

Fecha: 01 Dic/2011 Horas 2 Tema Yo DESINFECTO EL AGUA QUE CONSUMO

COMUNIDAD: SAN JERONIMO PURENCHÉCUARO  
MUNICIPIO: QUIROGA, MICH. CHECUARO, MICH.

LISTA DE ASISTENCIA 2.5 Horas

No	NOMBRE	CARGO / POSICIÓN
1	JENDEL MOLALES GAMES	G.A
2	Dayana Valverde Ortiz	SA
3	Emu Casandra Valverde Ortiz	SB
4	Yurely Tashimy Piñon Ruiz	"5B"
5	Getzemani Cornelio Gonzalez	5° "B"
6	Esmeralda Gamel Casas	5° "A"
7	Wendy Paola Alonso Garcia	5° "A"
8	Rosalinda Olivares Hernandez	5° "A"
9	Perla Ballester Barac	5° "B"
10	Carmin Liceth Campos Alonso	5° "B"
12	Andrea Morales Leon	5° "A"
13	Roberto Marquez Peña	Profesor
14	Julio Pava Madrid	Profesor
15	Camelia Valverde Coan	Ama Casa
16	Elida Cuana Gomez	Ama de casa
17	William Alvarez Castrejón	Profesor
18	Josefina Camacho Cornelio	Ama de casa
19	Carolina Chavez Morales	Cocinera Ama de casa
20	Judith Correa Chavez	5° "A"

México, 2011 Página 1 de 2

Figura 29. Listado de Taller Yo desinfecto el agua que consumo – San Jerónimo Purenchécuaro

## 9. ELABORACIÓN DE INFORMES

### 9.1. Informes Cuatrimestrales a la Fundación Gonzalo Río Arronte.

Durante la ejecución del proyecto (2008–2011), se realizaron 11 informes cuatrimestrales:

**Tabla 37.** Listado de informes cuatrimestrales a la Fundación Gonzalo Río Arronte

No	Cuatrimstre	Año
1	Mayo - Agosto	2008
2	Septiembre - Diciembre	2008
3	Enero - Abril	2009
4	Mayo - Agosto	2009
5	Septiembre - Diciembre	2009
6	Enero - Abril	2010
7	Mayo - Agosto	2010
8	Septiembre - Diciembre	2010
9	Enero - Abril	2011
10	Mayo - Agosto	2011
11	Septiembre - Diciembre	2011



Proyecto modelo para el manejo Integral del Agua  
en San Jerónimo Purenchecuario y San Andrés  
Tzironardo

Informe de avance  
Septiembre - Diciembre / 2011

SUBCOORDINACIÓN DE TECNOLOGÍA APROPIADA E INDUSTRIAL  
COORDINACIÓN DE HIDRÁULICA



FUNDACIÓN  
GONZALO RÍO ARRONTE, I.A.P.

Autores:  
Luis Gómez Lugo

México, 2011

F.02.4.02.1

**Figura 30.** Ejemplo de informe cuatrimestral a la FGRA.

## 10. ANEXOS DE LISTADOS

### 10.1. Listados de beneficiarios de Cisternas.

**Tabla 38.** Beneficiarios de cisternas de San Jerónimo Purenchecuaró (Geo referencias y características)

No	Nombre	Coordenadas UTM		msnm	Área de captación (m <sup>2</sup> )	Volumen (litros)
1	Sergio González Villagomez	0229030	2178224	2057	160	20,000
2	Jaime Álvarez Solorio	0227006	2179069	2050	130	15,000
3	Hermenegildo Morales Michelena	0225682	2178326	2066	100	15,000
4	Antonio Torres Hernández	0225381	2178039	2066	80	15,000
5	Ofelia Camacho Cuanaz	0225413	2178069	2068	120	15,000
6	Ubaldo Morales Medina	0225415	2178065	2067	120	15,000
7	Esc. Primaria Cuauhtémoc	0225685	2178115	2040	312	100,000
8	Clínica IMSS	0225746	2178025	2042	132	15,000
89	Curato	0226153	2177862	2056	120	50,000
10	Vidal Huapeo	0226138	2177753	2053	72.	15,000
11	Jardín de Niños Silvestre Revueltas	0226487	2178409	2046	442	100,000
12	Sandio 1	0225780	2178582	2166	250	100,000
13	Sandio 2	0225860	2178587	2152	360	100,000
14	Esc. Primaria Cuauhtémoc	0225685	2178115	2040	320	100,000

**Tabla 39.** Beneficiarios de cisternas de San Andrés Tzironदारó (Geo referencias y características)

No	Nombre	Coordenadas UTM		msnm	Área de captación (m <sup>2</sup> )	Volumen (litros)
1	Primaria Miguel Hidalgo	0224215	2177508	2040	312	100,000
2	Apolinar Couto Sandoval	0224159	2177610	2053	100	15,000
3	Carlos Montañó Rivera	0223843	2176607	2043	80	15,000
4	Felipe Vallejo Agustín	0224176	2176630	2043	150	15,000
5	Isidro Jacinto Cuanaz	0224169	2176644	2042	100	15,000
6	Alejandro Basilio Rivera	0223993	2177430	2062	80	15,000
7	Domingo Agustín	0223973	2177471	2058	100	20,000
8	Wilibaldo Basilio Rivera	0224050	2177550	2063	80	15,000

## 10.2. Listados de beneficiarios de Baños ecológicos.

**Tabla 40.** Beneficiarios de Baños de San Jerónimo Purenchecuaró (Geo referencias)

No	Nombre	Coordenadas UTM		msnm
1	Víctor Rodríguez Huacuz	0229723	2178423	2,089
2	Jerónimo Gutierrez Alonso	0229413	2177881	2,054
3	Nicolás Correa Cornelio	0229225	2178220	2,065
4	Sofía Begonia Gamez Madrigal	0229030	2178402	2,076
5	Efrain Márquez Peña	0227741	2178856	2,062
6	Angélica Morales Bartolo	0228310	2178435?	2,038
7	Violeta Peña Baltazar	0226438	2179147	2074
8	Heber Peña Maya	0226303	2178933	2076
9	Abel Duran Torres	0226151	2178855	2085
10	Ambrosio Morales Camacho	0226073	2178609	2081
11	Hermenegildo Morales Michelena	0225685	2178331	2067
12	Pedro Chávez Morales	0225058	2178224	2094
13	María Chávez Morales	0225056	2178249	2097
14	Laura Breton Serrano	0225053	2178254	2099
15	José Luis Cuanaz Peña	0225669	2177957	2051
16	Carlos	0226284	2178595	2088
17	Merayot León Trigo	0226180	2178662	2095
18	Adela Tzintzun Bartolo	0225453	2178219	2052
19	Ma Juana Diaz Chavez	0225426	2178222	2056
20	Fortino Morales Zavala	0225448	2178255	2050
21	Juan Armendáriz	0225483	2178326	2051
22	Leonor Esquivel	0226088	2177835	2059
23	Vidal Huapeo Peña	0226134	2177751	2055
24	Iván Padilla Mónico	0226504	2177835	2045
25	Ismael Cornelio Chávez	0226335	2178147	2046
26	Armando Ortega Hernández	0225814	2178119	2044
27	Rubén Morales Maya	0225875	2177873	2067
28	Carmen Ignacio Lazaro	0226140	2178566	2080
29	Galdino Cuanaz Gámez	0226038	2178299	2060

Construcción a base de block de concreto, incluso algunos con aplanado de interiores en azulejo

**Tabla 41.** Beneficiarios de Baños de San Andrés Tzironbaro (Geo referencias)

No	Nombre	Coordenadas UTM		msnm
1	Hermenegildo Vallejo Cuanaz	0224023	2176481	2044
2	Olga Simón Valdez	0223975	2177371	2067
3	Alicia Valdez Montaño	0223975	2177303	2059
4	Apolinar Couto Sandoval	0223890	2176595	2041
5	Ramón Arnulfo Montaño Méndez	0223882	2176591	2040
6	Carlos Montaño Rivera	0223840	2176595	2045
7	Antonio Valdez Montaño	0224366	2176406	2038
8	Felipe Vallejo Agustín	0224183	2176629	2043
9	Salud Olloqui Severo	0223870	2176775	2060
10	Rubén Vallejo Méndez	0224147	2177322	2064
11	Elpidio Silvamejía	0224149	2176473	2040
12	Andrés Olloqui Severo	0224096	2176705	2049
13	Martha Sandoval Téllez	0224019	2176774	2050
14	Froylan Ramírez Olloqui	0223932	2177623	2057
15	Leobardo Rodríguez Jacinto	0224109	2177764	2062
16	Bulmaro Jacinto Cuanaz	0224087	2177627	2045
17	Teresa Servín Jacinto	0224066	2177684	2047
18	Laudencia Silva Pedro	0224042	2177640	2059
19	Isidro Jacinto Cuanaz	0224169	2176644	2042
20	Ma Raquel Mejía Cuanaz	0224131	2177080	2059
21	Roselia Dionisio Calvario	0224024	2177377	2064
22	Lorenza Alba Nieves	0224015	2177367	2068
23	Florentina Morales Gregorio	0224347	2176337	2058

Construcción a base de block de concreto, incluso algunos con aplanado de interiores en azulejo.

### 10.3. Listados de acciones en manantiales, bombeo fotovoltaico y saneamiento

**Tabla 42.** Acciones en manantiales, bombeo fotovoltaico y saneamiento en San Jerónimo Purenchecuaro (Geo referencias y características)

No	Nombre	Coordenadas UTM		msnm	Característica
1	Bombeo Fotovoltaico	0225667	2178491	2109	Instalación de plomería a base de tubería y conexiones marca tubo plus en diámetro de 1/2", instalación eléctrica a base de cable uso rudo calibre 14, caja de seguridad con interruptor termo magnético de 20 Amps
2	Bombeo Fotovoltaico	0225685	2178115	2040	
3	Drenaje Sanitario	0225783	2178582	2168	Rehabilitación de la tubería de drenaje.
4	Manantial	0226107	2177682	2040	Protección del manantial a base de mampostería y malla ciclónica

**Tabla 43.** Acciones en manantiales, bombeo fotovoltaico y saneamiento en San Andrés Tzirondaro (Geo referencias y características)

No	Nombre	Coordenadas UTM		msnm	Característica
1	Manantial	0224234	2176317	2037	Protección del manantial a base de mampostería y malla ciclónica
2	Saneamiento	0224300	2176542	2039	Desazolve del tanque sedimentador
3	Bombeo Fotovoltaico	0224215	2177508	2040	Instalación de plomería a base de tubería y conexiones marca tuboplus en diámetro de 1/2", instalación eléctrica a base de cable uso rudo calibre 14, caja de seguridad con interruptor termo magnético de 20 Amps

## 11. ANEXOS DE IMAGENES

### 11.1. Imágenes de Cisternas en San Jerónimo Purenchecuario.



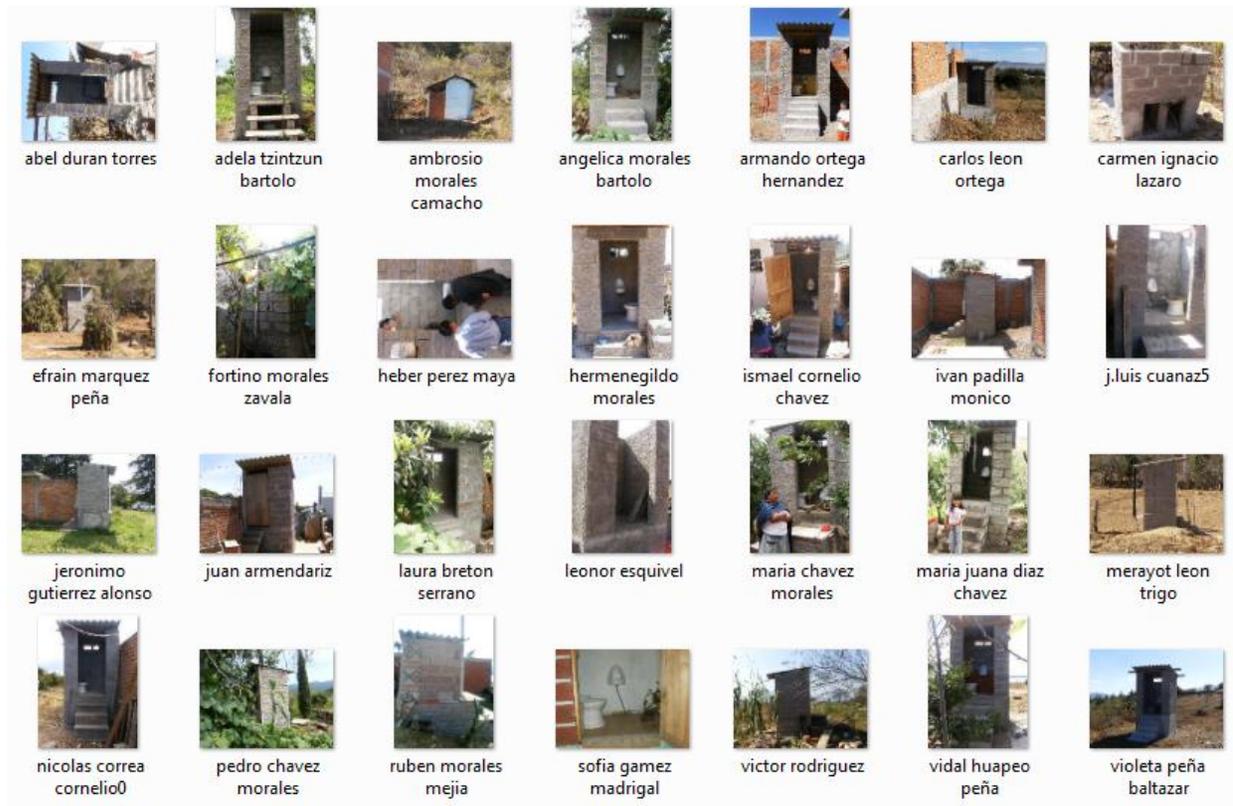
Figura 31. Imágenes de cisternas en San Jerónimo Purenchecuario

### 11.2. Imágenes de Cisternas en San Andrés Tzirondaro.



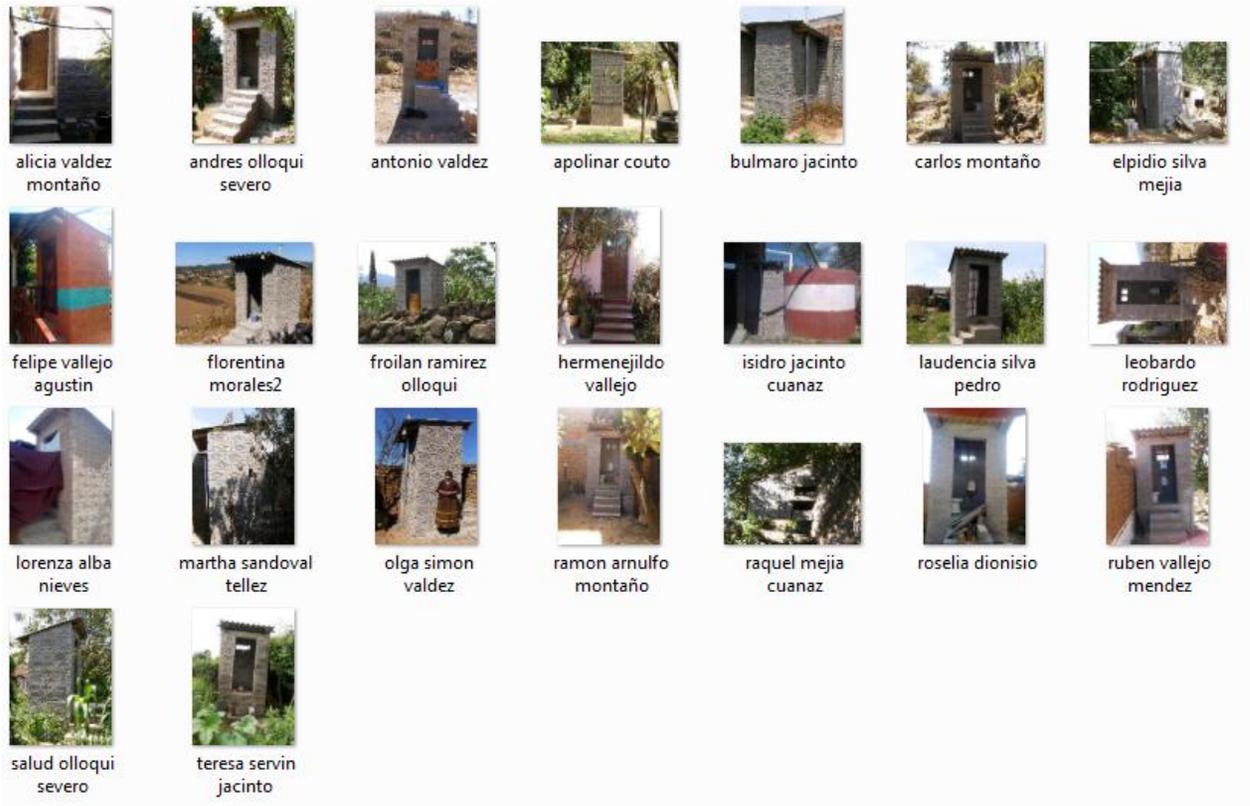
Figura 32. Imágenes de Cisternas en San Andrés Tzirondaro

### 11.3. Imágenes de baños en San Jerónimo Purenchecuario.



**Figura 33.** Imágenes de baños en San Jerónimo Purenchecuario

#### 11.4. Imágenes de Baños en San Andrés Tzironदारo.



**Figura 34.** Imágenes de Cisternas en San Andrés Tzironदारo

## 12. REFERENCIAS

Anaya G., Manuel, et al. (2007). Manual ISBN 978-968-839-558-5 “Sistema de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia para Uso Doméstico y Consumo humano en América Latina y El Caribe”, CP-PNUMA, México.

Barrios D., Natividad; et al, (2005). “Propuesta técnica para la construcción de cisternas en zonas rurales”, II Encuentro nacional de ecotecnias; Morelia, Mich.

Clave única de establecimientos de salud, (2007). Secretaria de Salud

García V., Nahun H., et al, (2006). “Tecnologías apropiadas en materia de agua para comunidades rurales - Cuenca del Lago de Pátzcuaro”, IV Foro Mundial del Agua, Agua y Saneamiento para todos, México.

García V., Nahun H. y Gómez L, Luis (2006). Tecnologías Apropiadas en materia de agua para comunidades rurales. XXII Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Ciudad Guayana, Venezuela.

García, N. H. (2008). “Memoria ilustrada del Programa para la recuperación ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro”. Avances 2003-2007. IMTA. Jiutepec, Morelos, México.

Gómez L., Luis; et Al, (2004). Tecnologías Apropiadas en Materia de Agua - Aplicación Cuenca del Lago de Pátzcuaro. I Encuentro Nacional de Ecotecnias, Toluca, México.

Gómez L., Luis; et al, (2005). Paquete tecnológico en materia de agua para comunidades rurales - Aplicación en la cuenca del lago de Pátzcuaro, XIII Congreso Nacional de Irrigación, Acapulco, Gro.

Gómez L., Luis, et al (2009). “Agua para consumo humano en comunidades de la Cuenca de Lago de Pátzcuaro mediante sistemas de captación y tratamiento de agua de lluvia”, IX SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Planificación, Proyecto y Operación de Sistemas de Abastecimiento de Agua. Valencia (España).

Gómez L., Luis, (2010). “Metodología de cisternas de 100,000 litros. Documento interno del IMTA.

Gómez L., Luis y Vázquez V., Sandra (2008 - 2011). “Informes cuatrimestrales del proyecto HC0828.4. FGRA. “Proyecto modelo para el manejo integral del agua en San Jerónimo Purenchécuaro y San Andrés Tzironaro”.

González H. L., (2005). “Actualización geohidrológica de los acuíferos subyacentes al lago de Pátzcuaro, Primera etapa TH0412, Informe Final.” IMTA

Índices de marginación 2005, CONAPO. <http://www.conapo.gob.mx/>

Índices de desarrollo humano 2000, CONAPO. <http://www.conapo.gob.mx/>

INEGI, “*II Censo de población y vivienda 2005*”. México

INAFED, (versión 7) “Sistema Nacional de Información Municipal”. México

Juan Enciso y Michael Mecke 2001. Utilizando energía renovable para bombear agua. Producido por Comunicaciones Agrícolas, El Sistema Universitario Texas A&M

Lafragua C. J., (2005). “Balance hídrico en la cuenca del lago de Pátzcuaro TH-0413, Informe final.”, IMTA

Li L. X., (2004). “Localización, caracterización y restauración de manantiales en el lago de Pátzcuaro HC-0399, Informe final.”, IMTA

Mundo M., Martín. et al, (1997). “Tecnologías alternativas en hidráulica”, guía técnica, IMTA, Jiutepec, Mor.

Monografía del estudio socioambiental de San Jerónimo Purenchécuaro, Municipio de Quiroga. Organización Ribereña contra la Contaminación del Lago de Pátzcuaro (ORCA), (Sin fecha)

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, (2205) “Informe sobre desarrollo humano México 2004”. <http://saul.nueve.com.mx/informes/index.html>

Servicio Meteorológico Nacional. Estación 00016118 Santa Fe, Quiroga. <http://smn.cna.gob.mx/>

Secretaría de Planeación y Desarrollo Estatal, (2006). “Carpeta municipal de Quiroga, Secretaría de Planeación y Desarrollo Estatal”. Michoacán

Direcciones WEB

[http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/ELOC\\_Enciclopedia#](http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/ELOC_Enciclopedia#)

<http://www.desarrollohumano.cl/idhc/wwwroot/quefr.htm>

<http://portal.salud.gob.mx/>

<http://smn.cna.gob.mx>

<http://www.who.int/research/es/> (OMS)