



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Maestría en Gestión Integrada de Cuencas

**CAPTACIÓN PLUVIAL Y SU REUTILIZACIÓN MEDIANTE HUMEDALES
ARTIFICIALES EN LA MICROCUENCA SANTA ANA, GUANAJUATO**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestra en

Presenta:

Lila Angélica Gay Alaniz

Dirigido por:

Dra. Mahinda Martínez y Díaz de Salas

SINODALES

Dra. Mahinda Martínez y Díaz de Salas
Presidente



Firma

M. I. Filiberto Luna Zúñiga
Secretario



Firma

Dr. Manuel Anaya Garduño
Vocal



Firma

Dr. Aurelio Guevara Escobar
Suplente

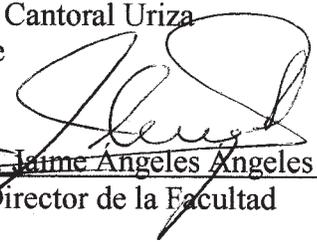


Firma

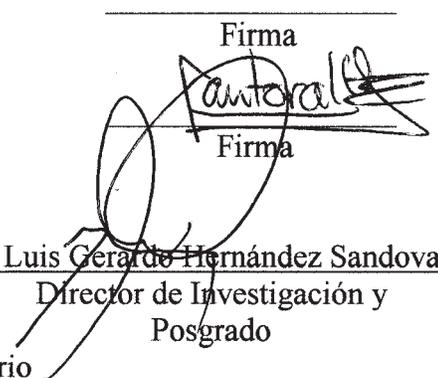
Dr. Enrique Cantoral Uriza
Suplente



Firma



Biól. Jaime Angeles Angeles
Director de la Facultad



Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval
Director de Investigación y
Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Mayo de 2008
México



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Maestría en Gestión Integrada de Cuencas

“CAPTACIÓN PLUVIAL Y SU REUTILIZACIÓN
MEDIANTE HUMEDALES ARTIFICIALES EN LA
MICROCUENCA SANTA ANA, GUANAJUATO”

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de

Maestra en

Gestión Integrada de Cuencas

Presenta

LILA ANGÉLICA GAY ALANIZ

Dirigido por

DRA. MAHINDA MARTÍNEZ Y DÍAZ DE SALAS

Santiago de Querétaro, Qro. Junio 2008

RESUMEN

Actualmente, la lucha por el control del agua no responde sólo a la importancia de la misma para la vida y a la producción primaria de alimentos, está definida también por la escasez y la contaminación del recurso. Es insoslayable el hecho —que en todo momento debería tenerse presente por instancias públicas y autoridades comprometidas— de que no existe ningún tipo de desarrollo social o económico sin la presencia del agua como un elemento básico en la calidad de vida y la producción económica. No debería ser necesario decirlo. Sin embargo, debido al crecimiento poblacional que disminuye gradualmente la cantidad de agua potencialmente disponible para cada persona, a la grave contaminación que sufren los cuerpos de agua dulce, y a la degradación de los sistemas hídricos (las cuencas), cada día se agrava más la crisis en la disponibilidad de agua en cantidad y calidad suficientes y afectando en mayor medida en las zonas rurales. Derivada de los estudios previos a este trabajo de investigación, se llegó a la hipótesis de que los sistemas de captación pluvial y el reciclaje de agua gris mediante humedales artificiales, representan una opción para resolver los problemas de acceso al agua que sufren las comunidades rurales marginadas. Tienen un gran impacto social, económico y ambiental de las personas que habitan microcuencas como la elegida para este estudio, cuyo objetivo primordial es mejorar las estrategias de uso del agua con vistas a que las pequeñas comunidades puedan mejorar su calidad de vida, y de que es posible —mediante la implementación de un sistema de captación pluvial y la depuración del agua gris para su reutilización—, abatir el problema de su escasez.

(Palabras clave: captación pluvial, reciclaje de agua gris, mejoramiento de estrategias de uso del agua)

SUMMARY

At present, the struggle to control water resources is driven not just by the water's importance to support life and food production; it is also important to consider the influence of scarceness and pollution of water sources. The undeniable fact is –and this awareness should be always present in the governmental agencies and related authorities- that is not possible any kind of social or economic development without water as a basic resource regarding life quality and economic production. It should not be even necessary to say it.

However, due to the pressure imposed by the population growth -the water availability *per capita* is decreasing constantly-, to the serious pollution of the water sources and reservoirs, and to the degradation of the supporting hydrological systems (watersheds), we are heading towards a generalized crisis in the quality and quantity of water availability, and this crisis will have a greater impact on rural areas. From the studies supporting this research, we reached the hypothesis that the rainwater usage systems and grey waters recycling using artificial swamps is a feasible option to solve the water access issues that rural and margined communities face. These systems have a huge social, economic and environmental impact on the people living in the micro-watersheds as that of the community selected to apply on this research. These issues underlie the hypothesis over which this work threads, which primary objective is that the small communities would be able to improve their living standard. Furthermore, to show that it is possible —through the implementation of a scientifically designed rainwater usage system- to relieve in some extent the water scarceness issue in those rural places.

Keywords: rainwater usage, grey water recycling, improved strategies for water usage.

A mis hijos, Ian y Adrián.
A mis papás y hermanos.

AGRADECIMIENTOS

En la elaboración de este trabajo de tesis y en la construcción del proyecto que en éste se desarrolla, se retomó parte del conocimiento y de la experiencia de investigadores y académicos de la UAQ que participan en la Maestría en Gestión Integrada de Cuencas, y a quienes agradezco mucho sus valiosas aportaciones para mejorar este trabajo. En particular, a mi Directora de tesis, Dra. Mahinda Martínez y Díaz de Salas, a Dr. Raúl Pineda López, Mtro. Filiberto Luna Zúñiga, Dr. Enrique Cantoral Uriza, Dr. Aurelio Guevara Escobar y al Biól. Salvador Contreras Robledo.

Al Dr. Manuel Anaya Garduño e integrantes del Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento de Agua de Lluvia del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. A Cuerpos de Conservación de Guanajuato, A.C. por el apoyo brindado. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato (CONCYTEG) por haber otorgado los recursos económicos para la ejecución del proyecto en la microcuenca Santa Ana, Guanajuato. Y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología como becaria de CONACYT para realizar los estudios de maestría.

A mis profesores, compañeros y amigos de la maestría en Gestión Integrada de Cuencas de la UAQ.

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
RESUMEN	i
SUMMARY	ii
DEDICATORIAS	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General	2
Objetivos particulares	2

CAPÍTULO I

1. ANTECEDENTES

1.1 Situación del recurso hídrico en el mundo	3
1.2 Situación del recurso hídrico en México	4
1.3 Situación del recurso hídrico en el estado de Guanajuato	5
1.3.1 Participación de la sociedad civil	6
1.4 Una solución viable: la captación de agua de lluvia	7
1.5 Antecedentes de la captación de agua de lluvia en el mundo	7
1.6 Antecedentes de la captación de agua de lluvia en México	9
1.7 Antecedentes del almacenamiento del agua de lluvia en México	9
1.8 Humedales artificiales como medio de depuración del agua residual	11

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA GENERAL

2.2.1 Estudio y análisis de la microcuenca Santa Ana, Guanajuato	13
2.1.1 Comunidad rural La Concepción	14
2.2 Gestión social	14
2.2.1 Análisis del sistema actual de abastecimiento de agua	14
2.2.1.1 Caracterización del agua para uso de la población	15
2.2.2 Selección de la vivienda para construcción del sistema	16
2.2.3 Planeación de mano de obra y capacitación para la construcción	16
2.3 Gestión Institucional	17
2.4 Bases para el diseño del sistema de captación de agua de lluvia	18
a. Determinación de la demanda	18
b. Cálculo de la disponibilidad de agua	19

c. Área efectiva de captación de precipitación	20
e. Sedimentador o trampa de sólidos	20
f. Cálculo del volumen de almacenamiento de agua	21
g. Diseño del sistema de purificación	21
2.5 Implementación del humedal artificial	21

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS: FASE TÉCNICA DEL PROYECTO

3.1 Estudio y análisis de la microcuenca Santa Ana, Gto	24
3.1.1 Comunidad rural La Concepción	25
3.2 Gestión social	28
3.2.1 Análisis del sistema actual de abastecimiento de agua	28
3.2.1.1 Caracterización del agua para uso de la población	28
3.2.2 Selección de la vivienda para construcción del sistema	32
3.2.3 Planeación de la mano de obra y capacitación	34
3.3 Gestión Institucional	34
3.4 Bases para el diseño del sistema de captación de agua de lluvia	36
a. Determinación de la demanda	36
b. Cálculo de la disponibilidad de agua	37
c. Área efectiva de captación de precipitación	38
d. Línea de conducción del agua captada	39
e. Sedimentador o trampa de sólidos	39
f. Cálculo del volumen de almacenamiento de agua captada	41
g. Diseño del sistema de purificación	41
3.5 Implementación del humedal artificial ó biofiltro	44
3.5.1 Sistema de tratamiento en el humedal	44
a. Trampa de grasas	45
b. Fosa de aguas grises	46
c. Canal de filtración o de oxidación	46
d. Fosa de excedentes	48

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS: FASE EJECUTIVA DEL PROYECTO

4.1 Proyecto ejecutivo en la microcuenca Santa Ana, Guanajuato	49
4.2 Gestión social para ejecución, mano de obra y capacitación	51
4.3 Reconstrucción del área de captación	52
4.4 Colocación del sistema de conducción	53
4.5 Construcción del sedimentador, o trampa de sólidos	54
4.6 Construcción de cisterna y sistema de bombeo	55
4.7 Conducción del agua gris	56
4.8 Construcción del humedal artificial o biofiltro	57
a. Trampa de grasas	57

b. Fosa de aguas grises	57
c. Canal de filtración o de oxidación	57
d. Fosa de excedentes	58
e. Mantenimiento del humedal	58

CAPÍTULO V

5. EVALUACIÓN DEL PROYECTO Y DISCUSIÓN

5.1 Mejoramiento de las estrategias de uso del agua en la microcuenca	61
5.2 Impacto en cantidad de agua	61
• Agua para consumo humano y uso doméstico	61
• Agua gris tratada en el humedal para su reutilización	62
5.3 Impacto en la calidad de agua	63
5.4 Recuperación de la inversión	63

CONCLUSIÓN	64
Recomendaciones	65

ANEXOS	
Anexo 1	67
Anexo 2	74
Anexo 3	78

LITERATURA CITADA	82
--------------------------	----

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Análisis de calidad de agua para consumo de la población previo al proyecto	31
2.	Presupuesto del proyecto	34
3.	Precipitación mensual y anual	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Ciclo hidrológico	7
2.	Sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia para uso doméstico	10
3.	Planta arquitectónica. Sistema Único de Tratamiento y Reutilización de Agua, Nutriente y Energía (SUTRANE)	23
4.	Corte Longitudinal. SUTRANE	23
5.	Climograma de la microcuenca Santa Ana	27
6.	Ubicación de la microcuenca Santa Ana, Guanajuato	27
7.	Topografía e hidrología superficial de Santa Ana, Guanajuato	27
8, 9, 10 y 11.	La Concepción se ubica en el parteaguas de la Microcuenca Santa Ana	28
12.	Vivienda de la familia Jasso	30
13.	Vivienda de la familia Yebra	30
14.	Sistema de almacenamiento en la comunidad	31
15.	Vivienda de la familia Yebra	33
16, 17 y 18.	Asamblea comunitaria con el grupo organizado de mujeres	33
19.	Área de captación en vivienda	38
20 y 21.	Línea de conducción del sistema	39
22.	Esquema isométrico y corte lateral del sedimentador	40
23.	Equipo purificador de agua: germicida ultravioleta modular	43
24.	Trampa de grasas	45
25.	Esquema isométrico del biofiltro	46
26.	Corte longitudinal del biofiltro	47
27.	Vista lateral. Sistema de tratamiento del agua gris	48
28.	La gente de la comunidad se adueñó del proyecto desde la etapa de diseño	50
29.	Participación comunitaria con mano de obra y capacitación	51
30.	Derrumbe y reconstrucción de techos	52
31.	Preparación para colocación de canaletas	54
32.	Construcción del sedimentador	55
33.	Excavación para construcción de cisterna	56
34.	Construcción del humedal artificial	58
35.	Etapas de construcción	59
36.	Componentes del sistema para mejoramiento de estrategias de uso del agua	60
37.	Un vaso de agua limpia para Remigio	63
38.	El equipo de trabajo	66

INTRODUCCIÓN

El problema de la falta de agua en calidad y cantidad necesaria, de las zonas rurales del estado de Guanajuato para el uso doméstico y consumo humano está afectando la salud y la calidad de vida de la población. Especialmente en zonas altamente marginadas, como es el caso de la microcuenca Santa Ana, en el estado de Guanajuato. Esta microcuenca es fuente de abastecimiento de agua para la ciudad de Guanajuato y, no cuenta con agua potable que permita proveer a los pobladores de la microcuenca con una cantidad mayor al 10% de la recomendación diaria para consumo humano y doméstico sugerido por la Organización Mundial de la Salud. El aspecto socioeconómico de pobreza extrema y alto índice de marginación que prevalece en la microcuenca, incrementa la problemática ambiental. Ante la escasez del agua, la población rural de la microcuenca Santa Ana se ve obligada a utilizar agua con calidad insuficiente, así como a incrementar el consumo de refrescos afectando la salud y el bienestar de sus pobladores.

Los sistemas de captación de agua de lluvia y la depuración del agua gris mediante humedales artificiales, representan una opción para resolver los problemas de acceso al agua que sufren las comunidades rurales marginadas. De esta manera, además, es posible disminuir la extracción de los mantos freáticos durante las temporadas de lluvia y almacenar el agua pluvial para la temporada de sequía así como, simplemente aumentar con ello la capacidad para proveer del abastecimiento de agua necesaria para consumo humano con calidad confiable en comunidades rurales dispersas (Boege, 2003).

La situación actual de abastecimiento de agua es grave, ya que de 6,400 millones de habitantes en el mundo, aproximadamente 1,500 millones de personas —es decir, el 18 % de la población mundial— no tienen acceso a fuentes seguras de agua potable, siendo una de las causas por las que más de 1,000 millones de personas sufren de enfermedades gastrointestinales cada año (Castelán, 2001).

Muchas de las manifestaciones que asume la crisis hídrica actual, es la falta de servicios esenciales del agua y saneamiento. El agua contaminada es una de las principales causas de enfermedad y mortalidad, debido a la presencia de agentes infecciosos y a sustancias químicas contaminantes. Asimismo, cerca de 2,600 millones de habitantes carecen de saneamiento adecuado. En los países en desarrollo, por lo menos

2,200 millones de personas, la mayoría de ellas niños, mueren cada año a causa de enfermedades asociadas con la falta de acceso al agua potable, saneamiento inadecuado e insalubridad (Anaya et al., 2006).

En virtud del carácter multidisciplinario que implica el tema del agua, es recomendable que los proyectos de manejo del recurso hídrico se aborden bajo un enfoque integrado de cuenca, para fortalecer con ello que sean sostenibles en lo social, económico y biológico. Al respecto, cabe destacar la situación de que en México, que cuenta con población rural dispersa, y quien posee y depende de sus recursos naturales para su subsistencia, el enfoque improductivo de la conservación de la biodiversidad es importante pero insuficiente. Los procesos de extracción y producción sustentable y diversificada son alternativas necesarias para la conservación de los recursos naturales y de sus paisajes rurales. El aprovechamiento sustentable de los recursos naturales dependen en gran medida del acceso de las poblaciones locales a tecnologías intermedias basadas en el reconocimiento y recuperación de conocimientos y prácticas tradicionales, así como en innovación tecnológica a partir de capacidades básicas en física, química y biología (Sarukhán y Larson, 2002).

Mediante técnicas encaminadas a hacer más acordes los sitios donde habitan las personas al medio que los rodea, se aplican tecnologías basadas en conceptos ecológicos que coadyuvan a lograr un mejor uso de los recursos naturales y son conocidas como “ecotecnias”. Éstas surgen como una alternativa para enfrentar la crisis hídrica y energética creciente a nivel mundial (Alain, 2001).

Objetivo general

Mejorar las estrategias de uso del agua en la microcuenca Santa Ana, Guanajuato con base en la aplicación de dos ecotecnias en la vivienda.

Objetivos particulares

- Construir un sistema de captación de agua de lluvia mediante mano de obra local y con calidad necesaria para el consumo humano y uso doméstico.
- Implementar un humedal artificial para reutilización del agua gris en el riego de traspatio.

CAPÍTULO 1

1. ANTECEDENTES

1.1 Situación del recurso hídrico en el mundo

La defensa de las reservas de agua es uno de los temas ambientales más urgentes por atender en todo el mundo. La escasez del agua es un problema que afecta a todos los continentes y a más del 40% de la población mundial. El crecimiento demográfico, la urbanización, el ineficiente consumo agrícola e industrial son algunos de los factores que agudizan esta situación. Así también la contaminación y la falta de infraestructura que permita el abastecimiento en algunos lugares más alejados de la urbanización. Un 70% de la superficie de la Tierra es agua, pero la mayor parte de esta es oceánica. En volumen, sólo 3% de toda el agua del mundo es agua dulce, pero en su mayor parte no está, generalmente, disponible. Unas tres cuartas partes de toda el agua dulce se halla inaccesible, en forma de casquetes de hielo y glaciares situados en zonas polares muy alejadas de la mayor parte de los centros de población; sólo el 1% es agua superficial fácilmente accesible. Ésta es primordialmente el agua que se encuentra en los lagos y ríos y a poca profundidad en el suelo, de donde puede extraerse sin mayor costo. Las aguas subterráneas forman, por lo tanto, el segundo yacimiento en orden de importancia. La reserva promedio de agua, en los lechos de los ríos es mínima, mientras que las aguas de todos los lagos y pantanos representan solamente el 0.3% del total (Shiklomanov, 1996). De ese escaso 1%, la provisión de agua dulce está disminuyendo a nivel mundial. La sequía, el aumento de la población, la sobreexplotación económica y la mala gestión de recursos han convertido la escasez de agua potable en un grave problema mundial cuyo futuro se prevé aún más adverso (Lean, 1994).

Recientemente, la Alianza Internacional para la Gestión del Agua de Lluvia (IRHA) está haciendo un llamado a la sociedad civil para el aprovechamiento eficaz del agua de lluvia, ya que representa una solución viable, económica y sencilla para resolver el creciente problema de la escasez del agua (Anaya et al., 2006). La mayoría de los escritos sobre la captación de agua de lluvia describen experiencias del Medio Oriente, Australia, África del Norte, India, América Latina y sur este de Estados Unidos de Norteamérica. En América Latina, son experiencias en Brasil, los Andes y México. El Dr. Manuel Anaya Garduño del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas durante la

IV Reunión Nacional sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia menciona las publicaciones más importantes en que se trata la captación de agua de lluvia de una manera sistemática y que son: “FAO, 1991; FAO, 1987; FAO, 1990; Banco Mundial, 1988 y UNEP, 1979” (Anaya y Sosa, 1997)¹.

1.2 Situación del recurso hídrico en México

La disponibilidad de agua en México es de 4,730 m³/hab/año, más de cuatro veces el volumen mínimo para no causar estrés hídrico. Sin embargo, las actividades económicas se han dado en las zonas áridas y semiáridas del país es decir, zonas en donde escasea el agua, así, en estas zonas donde sólo se capta el 20% de la precipitación se encuentra establecida el 76% de la población, 90% de la irrigación, 70% de la industria y se genera el 77% del producto Interno Bruto (Castelán, 2001). Esta situación ha sido posible gracias a altas inversiones en infraestructura hidráulica y a la sobreexplotación principalmente de las aguas subterráneas. En México se tienen identificados cerca de 600 acuíferos, de los cuales se estima que 100 se encuentran sobreexplotados, los que representan el 50% de la extracción nacional para todos los usos. Esta situación ha dado como resultado que la reserva de agua subterránea se esté minando a un ritmo de cerca de 8 km³ por año (CNA/SEMARNAP, 1996).

El gobierno federal ha reconocido que la problemática del sector hidráulico ha rebasado su capacidad de gestión; por tanto, ha iniciado una serie de reformas en los esquemas de manejo del agua. Se pretende que los gobiernos locales y los usuarios tengan mayores responsabilidades, coadyuvando, con el gobierno federal, al mejoramiento del manejo del agua en un marco de corresponsabilidad. Es urgente la promoción de la participación de los usuarios y de la sociedad civil en los procesos de gestión del agua (CNA, 1998).

¹ En México las experiencias publicadas más importantes han sido las realizadas por el Dr. Manuel Anaya Garduño y el Colegio de Posgraduados desde que se les otorga la encomienda de la elaboración de uno de los 4 documentos básicos de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desertificación en 1977.

1.3 Situación del recurso hídrico en el estado de Guanajuato

El estado de Guanajuato cubre parcialmente tres cuencas: Lerma-Chapala, Pánuco y Santiago. La región Lerma-Santiago, comprende el 83% del territorio estatal y contribuye con más del 90% del volumen de agua total. Es esta región en donde se concentran los asentamientos humanos y las actividades económicas más importantes. Actualmente el Producto Interno Bruto del estado de Guanajuato representa el 3.48% del nacional, lo que ubica al estado en el sexto lugar por su contribución al ingreso del país. Tal situación ha generado amplios beneficios, sin embargo, de manera simultánea ha traído fuertes presiones ambientales: procesos de generación de contaminantes y explotación de los recursos más allá de la capacidad de soporte natural. Uno de los recursos que más ha contribuido a este desarrollo y que más severamente ha sido explotado y degradado en su calidad es el agua (Castelán, 2001).

Las crecientes demandas han limitado la disponibilidad de las aguas superficiales, por lo que se ha recurrido de forma masiva a la extracción de agua subterránea, convirtiéndose ésta en la principal fuente de abastecimiento del estado. De acuerdo con la Comisión Nacional de Agua (CNA), en el estado hay alrededor de 16,500 pozos que representan aproximadamente el 12% del total nacional. De 20 zonas acuíferas en las que la CNA divide al estado para fines administrativos, 17 se encuentran sobreexplotados, 1 en equilibrio y 2 no han sido estudiadas. De acuerdo con la Comisión Estatal de Agua de Guanajuato, se calcula una extracción de de 4,428 millones de m³/año. Esta situación genera abatimientos promedio de 2m/año llegando en algunos lugares hasta 5 m/año (CEAG, 2000).

Se estima que el 84% del agua extraída se utiliza en actividades agrícolas, 11% en uso urbano y 5% en industrial y otros usos. Las eficiencias en los sistemas de distribución son muy bajas, en el sector agrícola es del 33% y en el sector urbano el promedio de agua no contabilizada es del 40%. En la parte correspondiente a la cuenca Lerma-Chapala, casi toda el agua superficial y subterránea está siendo aprovechada, por lo que se ha decretado un estado de veda rígido en todos los usos a excepción del consumo humano. El problema de los acuíferos en el estado de Guanajuato, es la demanda cada día mayor del agua para todos los usos, las condiciones cada vez más

críticas de la explotación de las aguas subterráneas (con un abatimiento del orden de 1 a 6 m al año) y su rápido agotamiento de las reservas hidrológicas (INEGI, 2005).

La falta de disponibilidad de agua se está convirtiendo en factor limitante para el desarrollo del estado de Guanajuato, impide la apertura de nuevas tierras a la agricultura, desalienta la instalación de nuevas industrias y pone en entredicho la capacidad para proveer los servicios de abastecimiento de agua a las poblaciones. Resulta evidente que la inadecuada administración del recurso hídrico está situando a Guanajuato en una posición crítica (Castelán, 2001).

I.3.1 Participación de la sociedad civil

En consonancia con las tendencias mundiales sobre la necesidad de hacer compatibles las actividades económicas con las capacidades ambientales de cada región así como la necesidad de involucrar a la sociedad en los procesos de gestión ambiental, en 1988 se expidió en México la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente (LGEEPA). En esta ley se establece como obligatoria la participación de la sociedad en la planeación, ejecución, evaluación y vigilancia de la política ambiental y de recursos naturales (Art. 157 de la LGEEPA). Posteriormente en 1992, se expide la Ley de Aguas Nacionales (LAN), en la que se establece al Consejo de Cuenca como instancia de coordinación y concertación entre la CNA, las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal y los representantes de los usuarios con objeto de formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración de las aguas (Castelán, 2001).

Para llevar a cabo sus acciones los Consejos cuentan con organizaciones auxiliares denominadas Comisiones de Cuenca, Comités de Cuenca y Comités Técnicos de Aguas Subterráneas. Cuando se promulgó la LAN estas organizaciones auxiliares no estaban presentes y la CNA concluyó que éstos no tendrían muchas probabilidades de éxito para enfrentar los problemas de escasez y contaminación del agua, si no propiciaban la participación de los usuarios. No es sino hasta 1997 que la CNA comienza un verdadero proceso de promoción de los grupos de usuarios. Primero a través de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Rural (SDAyR) y, posteriormente, por medio de la CEAG, este proceso de gestión es asumido con decisión por los grupos de usuarios denominados Comité Técnico de Aguas (COTAS) (Castelán, 2001).

I.4 Una solución viable: la captación de agua de lluvia

La captación de agua de lluvia es un medio de abastecimiento de agua para consumo doméstico o uso agrícola. El agua de lluvia es recolectada y almacenada en depósitos para su posterior uso. En la captación del agua de lluvia en la vivienda rural, se utiliza la superficie del techo como área de captación. Esta estrategia tiene varios beneficios, entre ellos minimiza la contaminación y los excedentes de agua pueden ser empleados en pequeñas áreas verdes para la producción de algunos alimentos que puedan complementar la dieta de los habitantes de la casa. La factibilidad de esta técnica depende de factores que es necesario considerar:

1. Precipitación en la zona. Se deben conocer los datos pluviométricos de los últimos 10 años, e idealmente de los últimos 15 años.
2. Número de personas beneficiadas.
3. Demanda de agua.
4. Tipo de material del que está construida la superficie de captación.
5. Cálculo del volumen del tanque de almacenamiento.

1.5 Antecedentes de la captación de agua de lluvia en el mundo

La captación de agua de lluvia se ha practicado desde hace más de 5 mil años. Desde siempre, el hombre ha aprovechado el agua superficial como primera fuente de abastecimiento, consumo y vía de transporte, por el conocimiento empírico del ciclo hidrológico (figura 1):

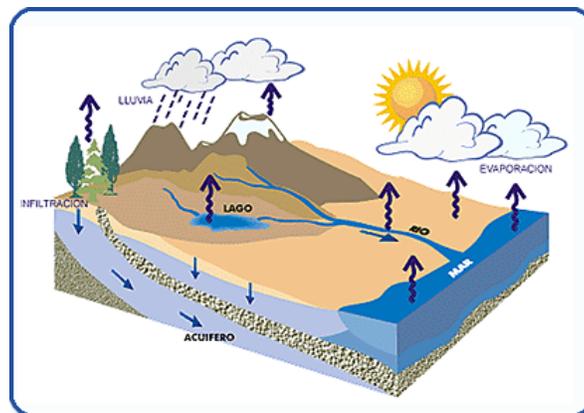


Figura 1. Ciclo hidrológico

Las técnicas de captación de agua de lluvia desempeñaban un papel importante en la producción agrícola y la vida en general en las zonas áridas y semiáridas en diversas partes del mundo. Parte de la agricultura en el Medio Oriente, estaba sustentada en sistemas de captación como derivación de torrentes (wadi). En el desierto de Negev, en Israel, se han descubierto sistemas de captación de agua de lluvia que datan de hace 4,000 años o más. Estos sistemas consistieron en el desmonte de lomeríos para aumentar la escorrentía superficial, que era entonces dirigida a predios agrícolas en las partes bajas. En los Estados Unidos y Australia la captación pluvial se aplicaba principalmente para abastecer a la ganadería y al consumo doméstico. En países como Túnez, Israel, Australia se utilizaron técnicas de microcaptación para el crecimiento de árboles. Las técnicas antiguas descritas en la literatura, a menudo tratan de medidas simples de control de agua. Eran técnicas utilizadas en diversos sistemas agrícolas, especialmente los de producción marginal, y se han caracterizado a lo largo de la historia por que están vinculadas a diversos cultivos y a otras prácticas como las de conservación de suelos; también se han integrado con otros sistemas de uso de los recursos naturales y han resistido los cambios sociales.

Cuando las civilizaciones crecieron demográficamente, algunos pueblos ocuparon zonas áridas, semiáridas y húmedas del planeta y comenzó el desarrollo de las formas de captación de agua de lluvia, como una opción para el riego de cultivos y uso doméstico.

Los sistemas de captación del agua de lluvia se han utilizado tradicionalmente a través de la historia de las civilizaciones, pero estas tecnologías sólo se han comenzado a estudiar y publicar recientemente. Su utilización se está haciendo extensiva en la República Popular China, India, Tailandia, Japón, Bangladesh, EUA, Canadá, Brasil, Islas Vírgenes, Islas Turcos y Caicos, México, entre otros países. A principios de este siglo, los sistemas de captación del agua de lluvia para uso doméstico perdieron su importancia debido al rápido crecimiento de las ciudades y a los sistemas de distribución del agua a nivel domiciliario (Anaya et al., 2006).

1.6 Antecedentes de la captación de agua de lluvia en México

En la época colonial en México era común encontrar diversos sistemas de captación del agua de lluvia en las haciendas, en los conventos y en las casas-habitación; aún existen vestigios de estas tecnologías en los conventos de Santo Domingo, en Oaxaca; en Acolman, Estado de México y en el convento de Zacatecas, Zacatecas. En muchos lugares aún se observa el sistema de carretas-tanque y tanques cisternas que reparten agua a pequeños núcleos de población que se encuentran aislados.

En nuestro país los sistemas de captación de agua de lluvia se han utilizado desde tiempos muy remotos, las aguadas que eran depósitos artificiales para almacenar agua, fueron utilizadas en la época precolombina para irrigar cultivos en áreas pequeñas. En las zonas arqueológicas de la península de Yucatán y en Xochicalco, Morelos desde el año 300 a.C. se emplearon sistemas de captación conocidos como “*chultus*”, los cuales tienen como función recolectar el agua de lluvia de los patios y conducirla mediante canales a depósitos contruidos con piedra para ser utilizada posteriormente (Anaya et al., 2006).

1.7 Antecedentes del almacenamiento del agua de lluvia en México

Actualmente en México, la razón por la que ha sido conveniente cosechar ó almacenar el agua de lluvia, es atender a la nula o deficiente infraestructura, que no garantiza el abastecimiento regular de agua potable a las familias de las comunidades rurales ni urbanas, siendo el único medio de abastecimiento los pozos perforados desde 100 a 300 m de profundidad, los que están siendo sobreexplotados y aceleran el abatimiento del acuífero que suministra a la región. Debido a la importancia de contar con diversas fuentes de abastecimiento de agua en todas las épocas del año, especialmente en los meses de sequía, para consumo humano, producción de alimentos e higiene durante este período, el cual es variable de acuerdo a la zona geográfica de la que se trate, se ha buscado la manera de lograr disminuir la extracción de los mantos freáticos durante las temporadas de lluvia y almacenar el agua pluvial para la temporada de sequía así, como simplemente aumentar con ello la capacidad para proveer del abastecimiento de agua necesaria para consumo humano con calidad confiable en comunidades rurales dispersas.

En México, desde hace más de tres siglos se han implementado sistemas de captación del agua de lluvia para uso doméstico, donde la recolección del agua proveniente de los techos era almacenada en cisternas de diferentes tipos, de acuerdo a los materiales con los que se contaban y a su acarreo, a la mano de obra disponible y a las características físicas de la región. El manejo y almacenamiento de escurrimientos superficiales del agua de lluvia, se han realizado en presas de tierra, estanques, jagüeyes y aljibes, los cuales aún representan la fuente principal de agua disponible para uso doméstico en ejidos y ranchos (Anaya et al, 2006). En los últimos 70 años, muchos proyectos de captación y almacenamiento de agua de lluvia han emergido en diversas comunidades, cada uno con sus propios diseños y estrategias de construcción, cuyo alcance ha sido hasta ahora para riego de cultivos, abrevadero o para uso doméstico (figura 2).

En el estado de Guanajuato los proyectos encontrados como experiencias anteriores relacionados con la captación pluvial, no han contemplado la purificación del agua de lluvia en la vivienda rural para consumo humano. El alcance de estos trabajos únicamente atiende el abastecimiento de agua para riego o para uso doméstico. Asimismo, en ellos no se implementó durante su construcción, ningún método de filtración o sedimentador para mejorar la calidad del agua contenida en la cisterna.

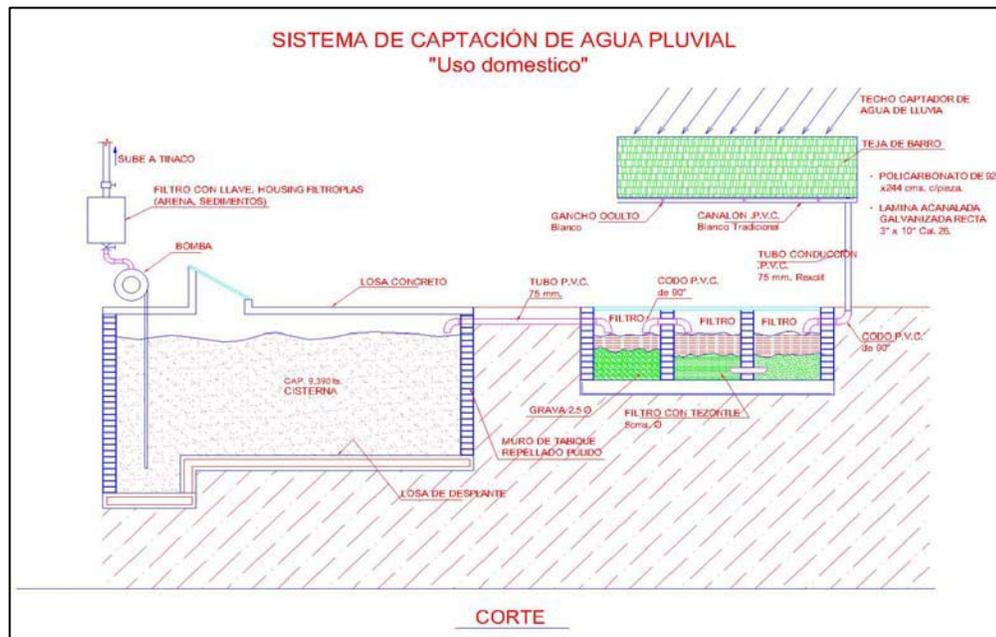


Figura 2. Sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia para uso doméstico (Deffis, 1990).

1.8 Humedales artificiales como medio de depuración del agua residual

Un “humedal artificial” ó “biofiltro”, es una tecnología que se ha empleado para imitar los procesos que ocurren en los humedales o ecosistemas húmedos naturales.

El humedal artificial tiene la misma función que una planta de tratamiento. Los humedales artificiales ó biofiltros han sido considerados una tecnología limpia y blanda por su función de aprovechamiento para tratar las aguas residuales, mediante la capacidad de las plantas acuáticas de fijar metales pesados, sedimentar sólidos suspendidos, y remover exceso de nutrientes, así como los microorganismos asociados al humedal (bacterias e invertebrados) quienes remueven del agua compuestos orgánicos tanto sólidos como solubles; de tal manera que disminuyen la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y se mantiene en niveles aceptables produciendo así un agua de calidad óptima para su utilización (Lahora, 1998).

Los humedales artificiales, también conocidos como lechos de hidrófitas recientemente tienen un papel preponderante en el tratamiento de aguas residuales. Se trata de implementar un sistema de bajo costo, especialmente interesante para comunidades rurales pequeñas, en el que se hace pasar el agua por una serie de trampas y filtros físicos (como arenas, gravas, tezontle) y posteriormente por un filtro biológico constituido por el entramado de raíces (Seoáñez, 1998). El “agua residual” se considera a la parte del líquido de composición variada proveniente de las descargas de los diferentes usos para los cuales ha sido empleada en una comunidad: industrial, comercial, agrícolas, pecuarios, domésticos y similares, así como la mezcla de ellas. Contiene agua (99%) mezclada con contaminantes orgánicos e inorgánicos tanto en suspensión como disueltos (Licerio, 2001).

Los sistemas de depuración convencionales aplicados a comunidades rurales tienen muchos problemas de funcionamiento, y están en la actualidad en desuso o abandonados en su mayoría, debido a lo elevado de sus gastos para mantenimiento. El tratamiento de aguas residuales mediante sistemas naturales como son los humedales artificiales, está cada vez más extendido y es una opción para comunidades rurales, debido a sus grandes ventajas derivadas de los bajos costos de operación y mantenimiento

así como buena calidad del efluente final. Además brindan beneficios para la agricultura, conservación del manto freático y la retención de nutrientes en los terrenos aluviales, producción de madera, recursos energéticos, como turba y materias provenientes de las plantas, y recursos silvestres (Cortijo, 2004).

Por otro lado, el tratamiento convencional de agua involucra también la remoción de lodos que resultan altamente contaminantes, mientras que, en el humedal artificial, el lodo que se genera por efecto de la depuración de las aguas se integra benéficamente al mismo. Y, siendo el único costo de mantenimiento es el corte del crecimiento excesivo de plantas acuáticas que viven en el humedal artificial, y que pueden constituirse como abono para cultivos. El uso de humedales artificiales para depuración de aguas residuales es un tratamiento cada vez más difundido por su bajo costo y eficacia en lugares como Australia, Belice, Estados Unidos, Francia, España, Indonesia, México, Polonia, Puerto Rico y Portugal (Humboldt, 1999).

En México las ecotecnias aplicadas en la vivienda campesina han tenido gran importancia en la potenciación de los traspacios, porque permiten a la vez crear conciencia en las personas de las comunidades para hacer un uso racional de los recursos naturales, entre ellos el agua (Holger, 2003).

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA GENERAL

Los pasos a seguir en el diseño del sistema fueron:

- 2.1 Estudio y análisis de la microcuenca Santa Ana, Guanajuato
 - 2.1.1. Comunidad rural La Concepción
- 2.2 Gestión social
 - 2.2.1 Análisis del sistema actual de abastecimiento de agua
 - 2.2.1.1 Caracterización del agua para uso de la población
 - 2.2.2 Selección de la vivienda para construcción del sistema
 - 2.2.3 Planeación de la mano de obra y capacitación para la construcción
- 2.3 Gestión institucional
- 2.4 Bases para el diseño del sistema de captación de agua de lluvia
 - a. Determinación de la demanda
 - b. Cálculo de la disponibilidad de agua
 - c. Área de captación de precipitación
 - d. Sedimentador o trampa de sólidos
 - e. Cálculo del volumen de almacenamiento de agua captada
 - f. Sistema de purificación
- 2.5. Implementación del humedal artificial ó biofiltro
3. Resultados: fase técnica
4. Resultados: fase ejecutiva
5. Resultados: evaluación

2.1 Estudio y análisis de la microcuenca Santa Ana, Guanajuato

Se estudió la microcuenca con base en análisis obtenidos mediante algunas fuentes de información como sistemas de información geográfica aplicadas en el marco de la maestría en Gestión Integrada de Cuencas de la Facultad de Ciencias Naturales, así como con el manejo de información geográfica y estadística reciente, obtenida del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), así como del Programa de Ordenamiento Territorial del Estado de Guanajuato del 2004 (OET, 2004).

Se llevaron a cabo visitas de campo a las cinco comunidades que integran la microcuenca Santa Ana en Guanajuato, durante el estudio, planeación, implementación y seguimiento del proyecto para determinar los aspectos más relevantes así como para conocer de una fuente directa los contextos social y económico involucrados en la microcuenca.

2.1.1 Comunidad rural La Concepción

Se definió la zona para construir el proyecto con la participación de la gente de la microcuenca. Una vez que se conocieron las características y condiciones determinantes para el diseño e implementación del sistema de captación de agua de lluvia y reutilización del agua gris, se estableció a la comunidad La Concepción, ubicada en el parteaguas de la microcuenca, como el sitio para ejecutar el proyecto por sus condiciones sociales con alto índice de marginación y la evidente necesidad del mejoramiento de estrategias de uso del agua, además de ser la comunidad que se encuentra más alejada de las fuentes de abastecimiento de agua.

2.2 Gestión social

Se consultó el Plan Rector de Producción y Conservación de la microcuenca realizado en el año 2002 para contar con la mayor información posible al iniciar el proceso de gestión social.

Se realizaron asambleas comunitarias para reunir a la gente de la microcuenca con la finalidad de conocer la situación actual de la población así como las soluciones que ellos dan actualmente a los diversos problemas que enfrentan ante la escasez de recursos y al uso que hacen de de ellos, especialmente el del agua.

2.2.1 Análisis del sistema actual de abastecimiento de agua

Se tomó como referencia la recomendación de la Organización Mundial de la Salud de la Organización de las Naciones Unidas (OMS) para establecer la cantidad de agua mínima recomendable para el consumo humano de 1.8 litros por persona al día para consumo humano y de 50 litros por persona al día para uso doméstico en el ámbito rural,

también establecida como las cantidades mínimas necesarias para cumplir con las funciones básicas del ser humano y que son sugeridas por la OMS (García et al., 1998)

Para analizar las distintas fuentes de abastecimiento de agua con las que cuenta la población de la microcuenca, se realizaron recorridos con el acompañamiento de la gente de la comunidad, a las diversas fuentes superficiales de abastecimiento de agua como arroyos, ríos y manantiales, que sólo llevan agua durante la época de lluvia de mayo a octubre.

Se analizó y estudió —con el apoyo de algunas herramientas para el trabajo social como la ejecución de entrevistas personales— el sistema usual de abastecimiento de agua a nivel familiar. Al visitar las casas, se valoraron las diferentes actividades que realizan para acarrear, y almacenar el agua, para “purificarla” cuando la usan para el consumo humano. Así como el uso que hacen de ella en su vida cotidiana. Durante las visitas a las casas se entrevistó también acerca del costo económico que representa la adquisición del agua de pipa para la familia en comparación con sus ingresos económicos, así como el beneficio que les brinda. Se estimó el estado de salud supuesto en las familias y su posible relación con los hábitos de uso y consumo que hacen del agua.

En el Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Agua Potable (SIMAPAG) que es el organismo encargado de suministrar agua a las comunidades de la microcuenca por medio de pipas, se entrevistó al gerente responsable² del área, para conocer de una fuente directa la cantidad de agua suministrada a la microcuenca así como los costos por el llenado y traslado de pipas.

2.2.1.1 Caracterización del agua para uso de la población

Para conocer la calidad del agua empleada en las viviendas de la población (tanto para uso doméstico como para consumo humano), se tomaron muestras obtenidas en la vivienda, antes y después de la ejecución del proyecto. Es decir, se tomó muestra del agua en la vivienda tal y como las familias acostumbran beberla, así como otra muestra obtenida del agua que ellos destinan al uso doméstico actualmente. Los análisis se hicieron en la Unidad de Servicios Químicos (USQ) de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro. Se analizaron en laboratorio los parámetros físico-

² Lic. Rebeca Piña, Gerente de zona, Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (SIMAPAG).

químicos y bacteriológicos siguientes: coliformes totales, coliformes fecales, dureza (calcio/magnesio), fósforo total, nitratos, nitritos y sólidos totales (TDS). Una vez implementado y construido el proyecto en la vivienda, el agua destinada para consumo humano deberá cumplir con la Norma oficial mexicana vigente *NOM-201-SSA1-2002*. El agua para uso doméstico deberá cumplir con la Norma oficial mexicana vigente *NOM-041-SSA1-1993* y *NOM-127-SSA1-1994*. El agua usada en el riego de traspatio deberá cumplir con la norma *NOM-003-ECOL-1997*.

2.2.2 Selección de la vivienda para construcción del sistema

En razón a que la construcción del sistema de captación de agua de lluvia y la reutilización del agua gris se estableció a modo de prueba piloto para construirse en una sola vivienda, se solicitó información en las oficinas del DIF en Guanajuato, con el director de programas³, para obtener información acerca de qué familias de la microcuenca eran las más desfavorecidas de acuerdo a los estudios recientemente realizados por dicha institución en La Soledad. La información se usó para poner a consideración de la población en las asambleas comunitarias de la microcuenca la posibilidad de favorecerles con la ejecución del proyecto en la casa de alguno de ellos. Sin embargo no se obtuvo ningún tipo de información al respecto por parte de la institución.

La elección de la vivienda para ejecutar la obra, la realizó la gente de la comunidad a través de la participación de las familias del grupo organizado de mujeres de la microcuenca en cinco asambleas comunitarias y tomando como criterios qué familias de las más desfavorecidas no habían recibido aún apoyos para mejorar sus viviendas, así como el servicio prestado por parte de estas familias hacia su comunidad hasta este momento.

2.2.3 Planeación de mano de obra y capacitación para la construcción

La mano de obra para la construcción se planeó durante las asambleas comunitarias, estableciendo tareas asignadas y compromisos de trabajo para formar un equipo responsable para recibir la capacitación y ejecutar a la vez, la mano de obra en su

³ Lic. Carlos Alejandro Nava, director de programas del DIF, Guanajuato, Gto.

totalidad. El grupo de trabajo que participó alternadamente en la planeación y ejecución del proyecto fueron los integrantes de 13 familias de la comunidad (hombres, mujeres y jóvenes) representados por el grupo organizado de mujeres de la Soledad. Y algunos otros miembros de comunidades de la microcuenca que no pertenecen a este grupo organizado pero que se interesaron en conocer el proyecto. La organización del equipo de trabajo para llevar a cabo la mano de obra se integró con los dueños de la casa (dos familias) y eventualmente y de forma alternada con un número variable de participantes miembros de las trece familias restantes del grupo organizado de mujeres de la microcuenca. Este equipo de trabajo recibió la capacitación para la implementación y construcción del proyecto. Éste a su vez instruyó a otros miembros de la comunidad capacitándolos en las experiencias que se derivaron posteriores a este proyecto, con las mismas ecotécnicas.

El sistema constructivo se determinó también por elección de la gente de la comunidad comparando las ventajas del ferrocemento como el sistema constructivo sugerido originalmente en el proyecto, con el sistema constructivo que comúnmente los pobladores de la microcuenca usan en su región, el tabique rojo. El ferrocemento resultó ser sensiblemente más costoso en su región. También se consideró que el uso del ferrocemento implicaba también capacitación especializada debido a que es una técnica constructiva que los pobladores desconocían, esto motivó a preferir el empleo de la técnica constructiva acostumbrada para ellos, el tabique rojo usual para ellos y a menor costo en el mercado de la región. Un factor determinante en la planeación de la mano de obra y la capacitación fue el factor climático, ya que al momento de empezar la obra, inició el tiempo de lluvias.

2.3 Gestión Institucional

Con el apoyo de la dirección de tesis y la dirección de la maestría en Gestión Integrada de Cuencas del a Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro este proyecto participó en la convocatoria de *“Investigación e Innovación tecnológica de calidad de impacto económico y social”* emitida en febrero del 2007 por el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato (CONCYTEG) para obtener los recursos económicos necesarios, con el fin de llevar a cabo la ejecución y puesta en marcha del proyecto, a modo de prueba piloto en la microcuenca Santa Ana.

Se realizó el trabajo de investigación necesario para participar en la convocatoria y, a su vez se dio seguimiento a la entrega de reportes al CONCYTEG del proceso de gestión social, para entregar los avances en el diseño y ejecución del proyecto en la comunidad para obtención del recurso económico de parte de la institución para la prueba piloto.

2.4 Bases para el diseño del sistema de captación de agua de lluvia

Una vez seleccionada por la gente de la comunidad la vivienda para realizar la prueba piloto, se diseñó y ejecutó el proyecto del sistema de captación de agua de lluvia y reutilización del agua gris mediante un humedal artificial para riego de traspatio. En la vivienda beneficiada habitan seis personas. El diseño del sistema fue determinado por las características de la vivienda donde se construyó: El área y pendiente de los techos, las condiciones de conservación o deterioro de los materiales de construcción de la casa, así como la ubicación más pertinente de los elementos del sistema de captación y de reutilización del agua gris.

Los componentes construidos para el sistema de captación pluvial y su depuración mediante un humedal artificial en la vivienda son: área de captación (techos), línea de conducción (canaletas), sedimentador (o trampa de sólidos) almacenamiento ó cisterna, bomba y equipo para la purificación del agua para consumo humano, canal colector de agua gris, humedal artificial (biofiltro), para el reciclado y recuperación del agua jabonosa.

a. Determinación de la demanda

La demanda o dotación por persona, es la cantidad de agua que necesita una persona diariamente para cumplir adecuadamente con las funciones físicas y biológicas de su cuerpo. La expresión que permite calcular la demanda de un grupo de personas es:

$$D_j (m^3/mes) = Nu * Dot * Ndj / 1000 \quad (1)$$

$$Danual (m^3/mes) = \sum_{j=1, \dots, 12} * D_j \quad (1.1)$$

Permite conocer la demanda mensual, así como la demanda durante un año que necesita la familia (Anaya et al., 2006). En donde:

Nu = Número de beneficiarios del sistema, persona.

Dot = dotación en L./persona/día

Ndj = número de días del mes j (se consideran 30)

1000 = factor de conversión de litros a metros cúbicos

D_j = Demanda mensual (m^3/mes); D_{anual} =Demanda anual

j = número del mes (1, 2, 3...,12) (Anaya y Martínez 2006)

b. Cálculo de la disponibilidad de agua

La disponibilidad de agua se obtiene a partir de la precipitación neta. Y proviene de datos mensuales de precipitación, obteniendo los registros históricos del valor promedio mensual de 10 o 15 años anteriores. En este estudio se calculó la disponibilidad de agua con base en el método de Precipitación Neta con Coeficiente de Captación recomendado por el Centro Internacional de Demostración de Captación de Agua de Lluvia (CIDECALLI-Colegio de Postgraduados) (Anaya et al., 2006).

Este método considera que no toda la precipitación recibida en un área puede ser captada, por pérdidas debidas al derramamiento, a la adherencia del agua en las soldaduras de los techos y a la evaporación superficial. Situaciones que contribuyen a reducir el escurrimiento de agua pluvial (Anaya et al., 2006).El procedimiento es obtener las precipitaciones medias mensuales de por lo menos de diez años de registro. Considerando además una probabilidad de que ocurra el evento del 90% para proyectar la obra con menores costos, garantizando para que se abastezca la demanda de agua a los habitantes de la vivienda (Anaya y Martínez, 2006). Entonces tenemos que:

$$PN_{ijk} = P_{ijk} * \eta \quad (2.1)$$

Donde: PN_{ijk} =Precipitación Neta del día i , mes j y año k , mm

η = coeficiente de captación = 0.765

(Anaya y Martínez, 2006)

c. Área efectiva de captación de precipitación

Es el área de captación definida sobre la cual la lluvia cae y se conduce al sistema de almacenamiento.

Su diseño esta en función de la demanda anual que se requiere satisfacer y la precipitación neta anual que se espera de los meses más lluviosos en este caso de mayo a octubre.

$$Aec = \frac{D_{anual}}{\sum_{j=1}^{12} PN_j} \quad (2.2)$$

Donde: Aec = Área efectiva de captación, en m^2

D_{anual} = demanda anual, m^3

j = No. del mes con lluvia, $j=1, \dots, 12$

$\sum_{j=1}^{12} PN_{anual}$ = Suma de las precipitaciones netas medias mensuales, (mm),

Sólo se considera la proyección horizontal del área de captación.

(Anaya y Martínez, 2006)

d. Sedimentador o trampa de sólidos

La sedimentación es un proceso físico que consiste en la separación, por la fuerza de la gravedad, de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua. Las variables de diseño de la trampa son el área efectiva de captación de agua de lluvia, la intensidad máxima de precipitación registrada (cuyo valor para zonas templadas es de 50mm/hr) (Anaya, 2005).

$$V_{sedimentador} = Aec * I \quad (2.3)$$

Donde:

$V_{sedimentador}$ = Volumen del sedimentador, $m^3/hora$

Aec = Área efectiva de captación de agua de lluvia, m^2

I = Intensidad de Lluvia (zonas templadas 50 mm/hora)

(Anaya, 2005)

e. Cálculo del volumen de almacenamiento de agua captada

El criterio para calcular el volumen de la cisterna, consiste en considerar la demanda de agua mensual durante los meses de sequía, y, para asegurar el abastecimiento al 100%, se adicionan dos meses más (Anaya y Martínez, 2006).

$$V_{\text{cisterna}} = D_j * M_{\text{sequía}} + 2 \quad (2.4)$$

Donde:

V_{cisterna} = Volumen mínimo de la cisterna

D_j = Demanda mensual, m³ / mes;

$M_{\text{sequía}} + 2$ = meses con sequía + 2

(Anaya y Martínez, 2006)

f. Diseño del sistema de purificación

La desinfección del agua destinada al consumo humano puede definirse como un proceso de destrucción o inactivación de agentes patógenos y otros microorganismos indeseables. En el contexto más amplio de la calidad del agua destinada al consumo humano, ésta no debe contener microorganismos nocivos y las concentraciones de sustancias químicas y de otro tipo deben estar abajo de los niveles que puedan presentar riesgos para la salud. Además, debe de ser incolora, insabora e inodora (Uriarte, 2002).

El diseño del equipo adecuado para purificación del agua se determinó en función de análisis físicos, químicos y bacteriológicos del agua de lluvia, realizados en base a muestras tomadas en la zona de estudio, antes de determinar el sistema de purificación requerido. Dependiendo de la calidad del agua, el tratamiento del agua puede variar. Por lo tanto, se analizaron en el Laboratorio de la Unidad de Servicios Químicos de la Universidad Autónoma de Querétaro, los parámetros de: Turbidez, niveles de Sólidos Disueltos Totales (TDS) y Calcio/Magnesio (Dureza), Fósforo Total, Nitratos y Nitritos (Anaya et al., 2006).

2.5 Implementación del humedal artificial

Para diseñar un humedal artificial en la comunidad es necesario que este sea acorde con el tipo de suelo y vegetación usada; especificando su dimensión, tipo, forma y

geometría que permitan asimilar el aporte de líquido y procesarlo adecuadamente, determinando los parámetros de diseño: tiempo de retención hidráulica, carga admisible de DBO, carga admisible de otros contaminantes, fluctuaciones de la carga hidráulica. Todo esto con base en la caracterización ecológica, hidrológica, climatológica, edafológica del terreno, así como con base en el análisis del efluente a tratar y a los estándares de calidad necesarios para su vertido como riego de cultivos (Licerio, 2001).

Con referencia en dos sistemas de reutilización del agua gris mediante humedales artificiales, el primero de ellos “La vivienda campesina sustentable” (Caltzontzin, 2003) y el segundo llamado Sistema Único de Tratamiento y Reuso de Agua, Nutriente y Energía (Promoción Ecológica Campesina, 2002). Ambas referencias tomadas de experiencias anteriores y que han tenido resultados favorables (figuras 3 y 4), se implementó un humedal adaptado a las condiciones de pendiente del suelo, sustrato y medidas adaptadas a la vivienda en la comunidad la Concepción, de la microcuenca La Soledad, Gto. En el diseño del humedal además, se consideró el resultado de los análisis de laboratorio del agua gris a tratar ya que, por sus características físicas y químicas requiere de un tratamiento específico, para su reuso. Se hicieron las modificaciones de diseño necesarias de sustrato, tiempo de permanencia de agua en el humedal, áreas —de acuerdo al número de habitantes en la casa y a los volúmenes y calidad de agua tratada—, así como el análisis de las plantas más adecuadas para ajustar el diseño del humedal a las condiciones naturales y sociales del lugar.

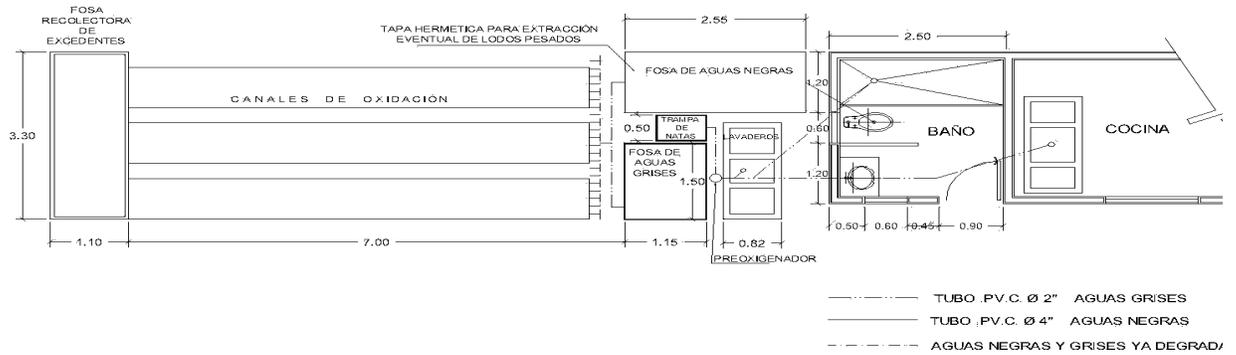


Figura 3. Planta Arquitectónica. Sistema Único de Tratamiento y Reutilización de Agua, Nutriente y Energía, SUTRANE (Promoción Ecológica Campesina, 2002).

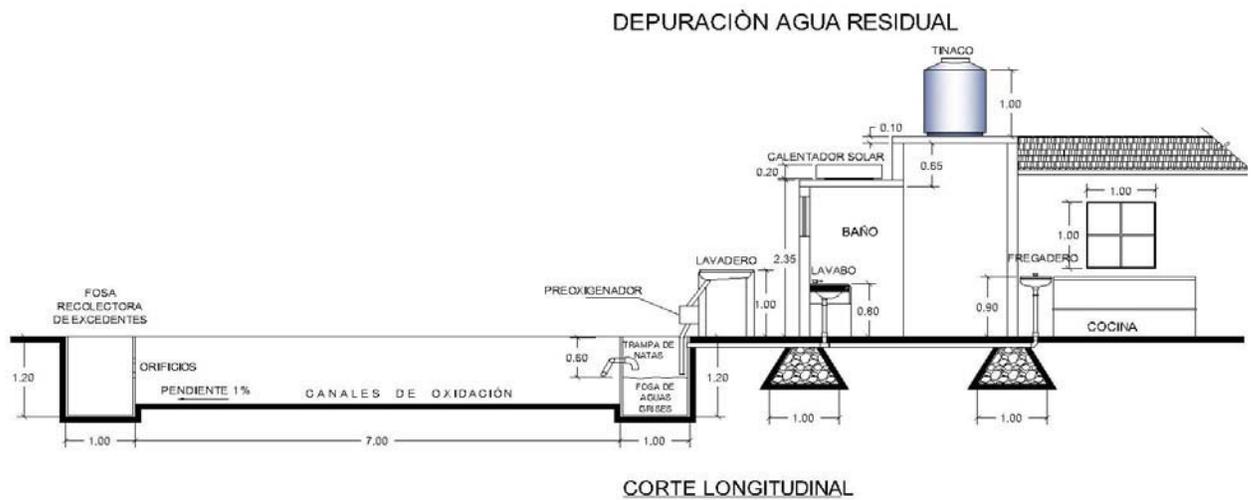


Figura 4. Corte longitudinal (Promoción Ecológica Campesina, 2002)

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS: FASE TÉCNICA DEL PROYECTO

3.1 Estudio y análisis de la microcuenca Santa Ana, Guanajuato

La microcuenca Santa Ana (12BdMAB), denominada así por ser el nombre de la comunidad con mayor número de habitantes dentro de ésta, es popularmente conocida como microcuenca La Soledad; es una de las 27 microcuencas que integran a la subcuenca Guanajuato, que pertenece a la región hidrológica No. 12: cuenca del río Santiago-Lerma (figura 5). En el aspecto biofísico, tiene un área de 2,815 hectáreas y perímetro de 24,495 km, y representa el 5.33% de la extensión total de la subcuenca. La elevación media es de 2,393 msnm. En función de sus escurrimientos es de tipo exorreica⁴ cuyo punto de salida es la presa La Soledad.

La microcuenca Santa Ana, perteneciente a la provincia fisiográfica de sierras y altiplanicie de la Mesa Central Guanajuatense. El valor de la pendiente media es de 18.025% la cual describe pendientes pronunciadas, y al tener un factor de forma de 0.455, nos indica que, la microcuenca tiende a ser ovalada y, el tiempo de concentración del agua en ella —al ocurrir la precipitación— genera escurrimientos que son poco concentrados (figura 6), además de presentar una densidad de drenaje de 3.26 Km/km², cuyo valor indica que la microcuenca se encuentra bien drenada y que tiene una respuesta hidrológica rápida ante los eventos pluviales. La microcuenca tiene una tasa de erosión hídrica que se considera moderada, esto es a razón de 10 a 50 ton./ha./año. Aproximadamente el 30 % de la microcuenca presenta erosión total y muestra alteraciones importantes en los tipos de vegetación (pérdida de grandes superficies de bosque templado y de matorrales). Estos elementos, aunados a otros factores como la pérdida de cobertura vegetal en las partes altas, debido a la presión ejercida por las actividades humanas y al uso inadecuado de los recursos naturales, permiten deducir que existe poca infiltración del agua de lluvia y dificultad para retenerla.

⁴ De acuerdo a los escurrimientos de la cuenca, se refiere a aquella abierta que es drenada por un punto de salida del agua (Domínguez, 2004. Datos sin publicar)

El clima predominante en la microcuenca pertenece al clima de los templados subhúmedos: Cb(w2)(w)(i)g (Köppen, modificado por García, 2004). Tiene una precipitación total anual de 976 mm (figura 5) considerando los promedios mensuales de precipitación en un registro histórico de 10 años, y una precipitación mínima esperada de 747 mm durante los meses mas lluviosos de mayo a octubre, obtenida por el método de precipitación neta con coeficiente de captación. La temperatura más alta registrada durante el año es de 16.7° C y se manifiesta en el mes de mayo. La temperatura más baja se registra en el mes de enero con 8° C. La temperatura media es de 13.6° C (Fuente: estación climatológica Santa Rosa).

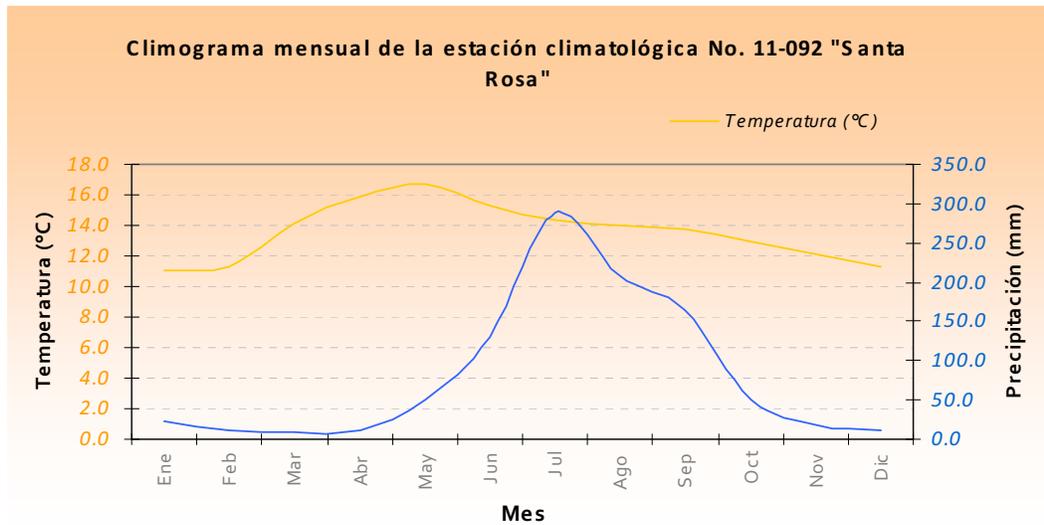


Figura 5. Climograma de la microcuenca Santa Ana.

Por otra parte, Santa Ana tiene una población total de 1,788 habitantes distribuidos en cinco comunidades: Santa Ana, Llanos de Santa Ana, La Concepción, Agua Colorada y Mesa Cuata. La densidad de población es de 0.635 hab/ha El grado de marginación es de alto a muy alto de acuerdo a los datos obtenidos (INEGI, 2005).

3.1.1 Comunidad rural La Concepción

Bajo la perspectiva del manejo integrado de cuenca y desde el aspecto biofísico de ésta, una de las zonas de mayor importancia se ubica en la parte alta de la microcuenca Santa Ana, donde se localiza la comunidad La Concepción (figura 6). En esta zona —que pertenece al parteaguas de la microcuenca— se concentran unidades ecológicamente

conservadas, pero rodeadas por paisajes con intenso uso de suelo, situación que pone en riesgo la continuidad de los procesos hidrológicos y, por tanto, parte del abastecimiento de agua de la ciudad de Guanajuato (Wruck et al., 1999).

La Concepción, se localiza a 101°15'02" de longitud Oeste y a 21°05'34" de latitud Norte (figura 7). Se encuentra a una altitud de 2,470 msnm, asentada en la parte más alta de la microcuenca, razón por la cual reviste de especial importancia junto al resto de las comunidades, ya que incide directamente en la conservación del bosque templado, y por tanto, en el ciclo hidrológico de la microcuenca. Cuenta con una población total de 565 habitantes distribuidos en 72 viviendas (INEGI, 2005).

La comunidad presenta una severa problemática ambiental de deslaves, erosión y pérdida de suelo (figuras 8 a 11). En la actualidad comienza a estar rodeada por una zona de intenso uso forestal, donde la actividad principal es la extracción de recursos maderables y cuyo suelo predominante (feozem háplico) se caracteriza por ser delgado y pedregoso, dificultando las actividades agrícolas, y favoreciendo el saqueo de recursos forestales y sus asociados, extracción de tierra para alfarería, tierra para construcción y extracción de tierra de hoja de encino para vender en la ciudad, así como los desmontes. Debido a que estas actividades no se llevan a cabo en forma sustentable, se han traducido en una constante pérdida de la superficie boscosa (CETENAL, 1973). Éstos son factores que incrementan la problemática ambiental generando mayor sequía, entre otros efectos. Por otra parte, la falta de agua potable y la contaminación vienen a mermar los recursos naturales existentes (Medina et al., 2003).

Aunado a esto, para llevar a cabo el manejo integral de la microcuenca, no podemos dejar de lado los problemas sociales que se presentan como la pobreza extrema, la desnutrición y los problemas de salud, la carencia de infraestructura y servicios básicos como el agua que son deficientes o nulos. Esta problemática ambiental, social e institucional tiene efectos negativos sobre la calidad de vida de la población, así como falta de credibilidad en las instituciones y el incumplimiento de metas y programas. La situación actual de la microcuenca es de creciente deterioro, especialmente en cuanto al uso de los recursos naturales por parte de la población. El deficiente manejo de leña y la deforestación que esto genera alrededor de la comunidad, así como la falta de

infraestructura para un mejor uso del agua en las viviendas, reclama atención inmediata e intensiva. (Pérez, 2003).

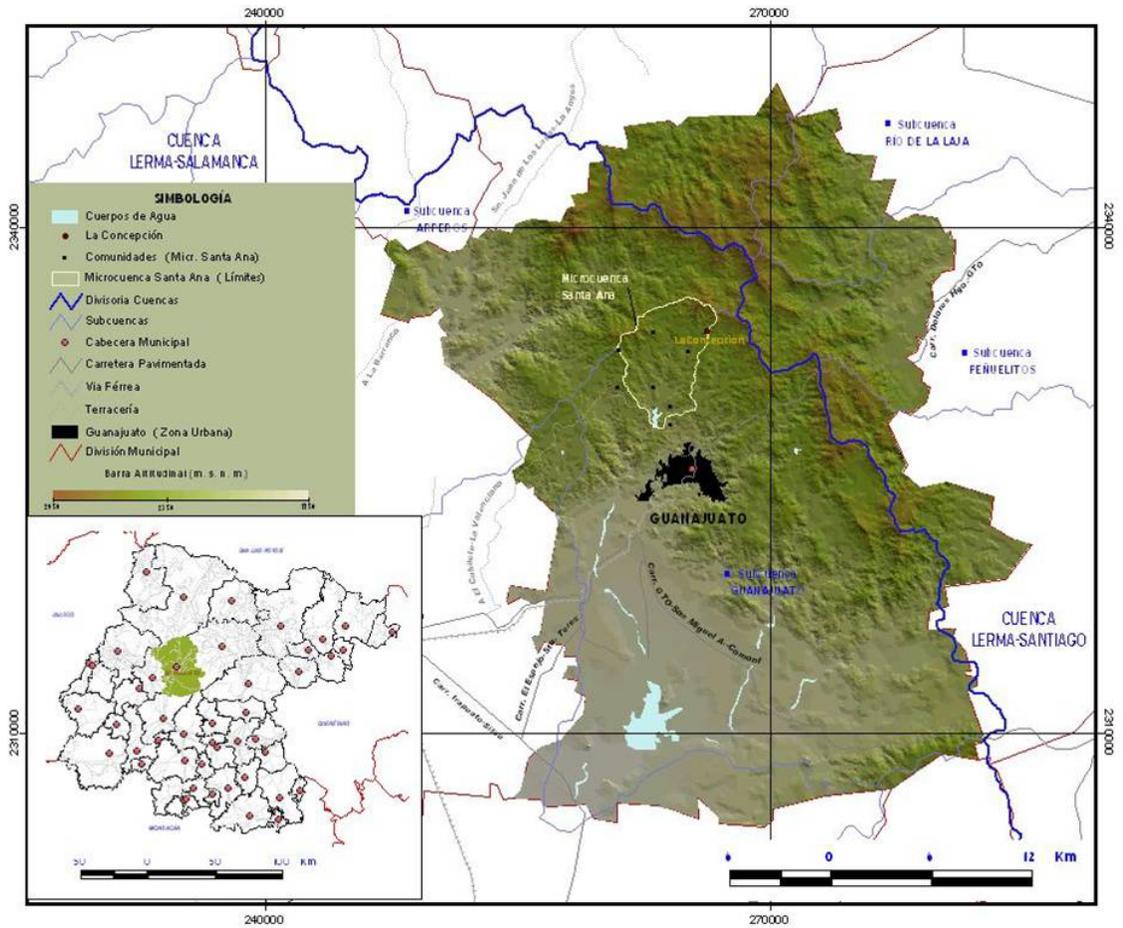


Figura 6. Ubicación de la microcuenca Santa Ana, Guanajuato

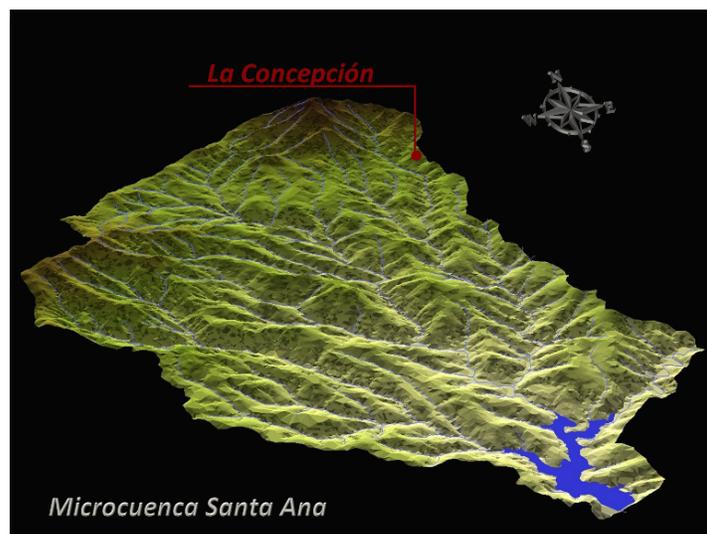


Figura 7. Topografía e hidrología superficial de la microcuenca Santa Ana, Guanajuato.



Figuras 8, 9, 10 y 11. La Concepción se ubica en el parteaguas de la microcuenca Santa Ana, Guanajuato.

3.2 Gestión social

3.2.1 Análisis del sistema actual de abastecimiento de agua

La microcuenca La Soledad abastece de agua a parte de la ciudad de Guanajuato y, paradójicamente, no cuenta con la infraestructura necesaria, como en la mayor parte de las poblaciones rurales de nuestro país, para proveer de agua a sus pobladores (figuras 12 y 13) más de un 10% de la recomendación diaria para consumo humano y doméstico sugerido por la Organización Mundial de la Salud (OMS recomienda cantidad mínima necesaria de 50 L/persona/día) (García, 1998).

Actualmente la población de la microcuenca La Soledad recibe el suministro de agua por pipas de manera irregular, cada semana a veces cada tres. Los operadores de las estas sólo pueden surtir dos tambos por vivienda (400 litros en total a \$34 pesos) independientemente del número de personas que habiten en cada casa. En promedio, las viviendas de la microcuenca albergan a 7 personas por vivienda. Es decir, la dotación de agua actual, oscila entre 2.5 a 8 litros de agua por persona al día tanto para uso doméstico (aseo personal, lavado de ropa, trastes, cocinar) como para consumo humano (para beber). Y complementan el abasto de agua trayendo en burro o a pié, agua de pequeños manantiales como el “Ojo de agua” que se encuentra a una hora de distancia en burro, desde la comunidad La Concepción.

El almacenamiento comúnmente lo hacen en tambos de fierro o de plástico. Además de que la cantidad de agua es escasa, su calidad es insuficiente debido entre otras cosas, a las condiciones del almacenaje: oxidación del contenedor, exposición a los rayos solares e intemperie, polvo, moscas y mosquitos, etcétera (figura 14). Por otro lado, los abrevaderos para los animales se secan con frecuencia durante la época seca, de noviembre a marzo, lo que aumenta el problema.

El abastecimiento de agua que los pobladores de la microcuenca están pagando sin tener garantía en la periodicidad del suministro, ni en la cantidad mínima necesaria para las familias, ni en la calidad de agua almacenada es de \$136 pesos al mes. Lo que para una familia de la microcuenca con el ingreso promedio de \$500 pesos semanales significa el 6.8 % de su salario mensual.



Figura 12. Vivienda de la familia Jasso

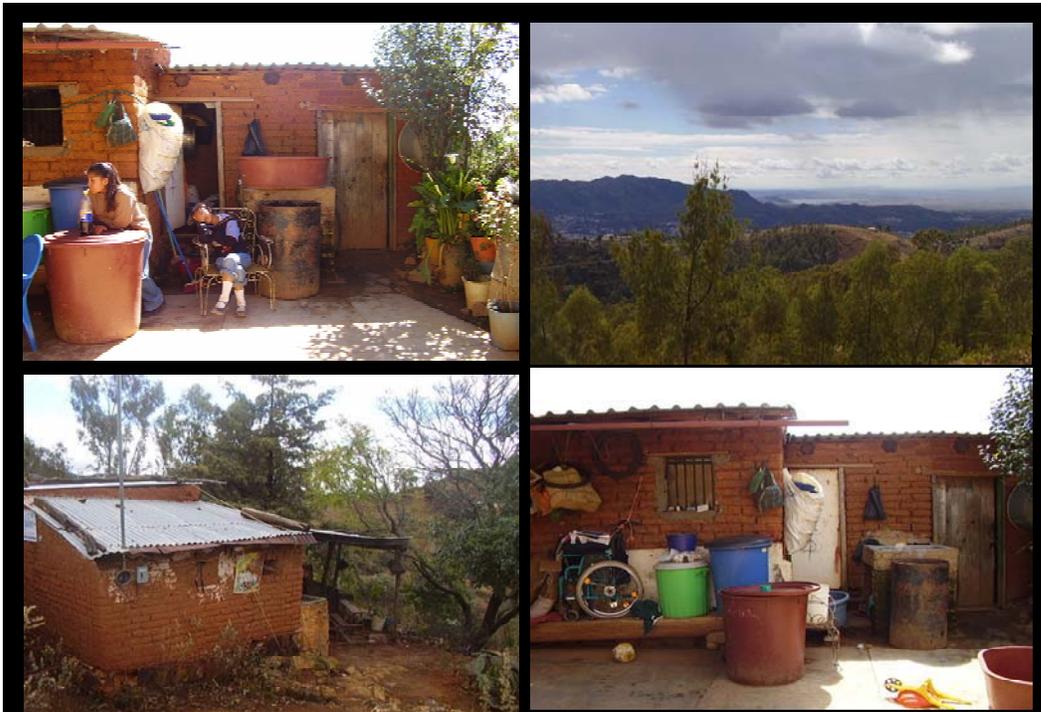


Figura 13. Vivienda de la familia Yebra



Figura 14. Sistema de almacenamiento de agua en la comunidad.

3.2.1.1 Caracterización del agua para uso de la población

Los resultados de los análisis de laboratorio del agua (cuadro 1) que la población de la microcuenca consume para beber y para uso doméstico, —antes de la implementación del proyecto— son los siguientes:

Cuadro 1. Análisis de calidad de agua para consumo de la población previo al proyecto

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDADES	LÍMITE PERMISIBLE NOM- 127 -SSA1-1994
Coliformes totales	>2 400	NMP/mL	NO DETECTABLE
Coliformes fecales	210	NMP/mL	NO DETECTABLE
Dureza	248,26	mgCaCO ³ /L	MÁXIMO 500
Fósforo total	0,16	mg/L	MÁXIMO 7.00
Nitratos	>0,1707	mg/L	MÁXIMO 10.0
Nitritos	0,0016	mg/L	MÁXIMO 0.05
Sólidos totales	365,20	mg/L	MÁXIMO 1000

NMP: número más probable.

La dotación de agua es de 2.5 a 8 litros/persona/día mientras que la Organización Mundial de la salud (OMS) recomienda 1.8 litros por persona al día para

consumo humano y 50 litros por persona para uso doméstico diariamente, como la cantidad mínima requerida (García, 1998).

Estos resultados indican que además de que la cantidad de agua es menor a la recomendada, también la calidad es deficiente al contener agentes patógenos que afectan la salud, ya que como se muestra en los análisis de laboratorio se rebasan los límites permisibles de acuerdo a las normas oficiales de la federación vigentes NOM 201-SSA1-200, NOM 127-SSA1-1994 y NOM-041-SSA1-1993 para agua de uso doméstico y consumo humano. Para purificar el agua y sólo en casos esporádicos en que pueden hacerlo, la gente hierve el agua antes de tomarla y aunque este procedimiento elimina microorganismos presentes en el agua que puedan causar enfermedades, se corre el riesgo de hervirla en exceso y aumentar la concentración de sales y otras sustancias que también pueden ocasionar daños a la salud (Anaya et al., 2006).

3.2.2 Selección de la vivienda para construcción del sistema

La elección de la vivienda para ejecutar la obra (figura 15), la realizó la gente de la comunidad con la participación del grupo organizado de mujeres de la comunidad durante el proceso de gestión social llevado a cabo a través de 5 asambleas comunitarias, efectuadas en los meses de abril del 2006 a mayo del 2007, para la planeación e implementación del proyecto con mano de obra local. El grupo de mujeres de la microcuenca y sus familias, decidieron apoyar a la familia (figura 16 a 18) que no había recibido apoyos para mejoramiento de vivienda del DIF, y que además acordaron participar con la familia activamente en la mano de obra y capacitación.



Figura 15. Vivienda de la familia Yebra



Figuras 16, 17 y 18. Asamblea comunitaria con el grupo organizado de mujeres

3.2.3 Planeación de mano de obra y capacitación

Se llevaron a cabo dos asambleas más para hacer las modificaciones necesarias a nivel de diseño del proyecto y planificar las acciones a seguir para lograr que la gente se adueñara del proyecto mismo, justamente desde esta fase del diseño e implementación del sistema. Un ejemplo de esto tiene que ver con la elección de la técnica constructiva a seguir para la implementación del proyecto: rechazaron totalmente la idea de que un maestro de obra ajeno a la comunidad viniera a enseñarles y, como ellos se encuentran más familiarizados con el sistema tradicional de construcción con tabique y que, además por las condiciones del mercado en su región éste resultaba sensiblemente más económico. Por lo tanto, de forma colectiva se decidió rechazar la propuesta original de la cisterna de ferrocemento y usar la técnica tradicional e integrar nuevas técnicas en lo referente a los demás componentes del sistema. Aunque el diseño ya no era el original esta decisión resultó muy favorable, ya que esto permitió que la gente participara comprometidamente y con un menor costo de construcción.

3.3 Gestión Institucional

Cuadro 2. Presupuesto del proyecto

MATERIAL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT.	IMPORTE
SUMINISTRO DE LÁMINA METÁLICA ACANALADA GALVANIZADA CAL 26. PARA SUSTITUIR LA EXISTENTE Y AMPLIAR EL ÁREA DE CAPTACIÓN. INCLUYE, GANCHOS Y PIJAS PARA SU FIJACION Y MONTENES Y PTR	M ²	123	112.	13,776.
RECONSTRUCCIÓN Y NIVELACIÓN DE MUROS DE TABIQUE PARA TECHAR Y DAR PENDIENTE.	PZA	4,000	1.9	7,600.
SUMINISTRO DE SISTEMA DE CANALETAS PVC CON REJILLA Y ACCESORIOS PARA CAPTACIÓN PLUVIAL EN TECHOS	ML	50.97	87	4,442.
SUMINISTRO DE TUBO DE CONDUCCION DE PVC SANITARIO DE 3" EN BAJADA Y ENTRE TANQUES SEDIMENTADOR Y CISTERNA.	ML	7.5	59.	447.
TANQUE SEDIMENTADOR 4M3, ARMADO CON MALLA 6X6-10/10. INCLUYE MATERIALES, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	PZA	1	3,680.	3,680.
CISTERNA CAP. 34 M ³ ARMADA CON MALLA				

6X6-10/10, CUBIERTA VIGUETA Y BOVEDILLA, INCLUYE MATERIALES Y ACCESORIOS, TAPA METÁLICA, MOTOBOMBA 1/2 HP	PZA	1	10,632.	10,632.
TINACOROTOPLAS CAP. 5 M ³	—	—	—	—
SISTEMA DE FILTRACIÓN Y PURIFICACIÓN DE AGUAS PARA CONSUMO HUMANO, INCLUYE: FILTRADO HASTA 5 MICRAS, CARBÓN ACTIVADO, Y RADIACIÓN UV (EQUIPO GERMICIDA 2 UV-E/M-SS)				
TUBERÍA DE COBRE Y ACCESORIOS.	PZA	1	6,970.	6,970.
			SUBTOTAL	47,547.
			IVA	7,132.
		S. CAPTACIÓN	TOTAL	\$54,679.
MATERIAL DE BIOFILTRO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT.	IMPORTE
TABIQUE ROJO	PZA	550	1.90	1,045.
CEMENTO GRIS	BULTO	6	90	540.
TEZONTLE CACAHUATE	M.CÚBICO	1	400	400
CALHIDRA	BULTO	5	30	150.
PIEDRA BOLA DE RÍO (MED., ESPECIAL, CH.)	BULTOS	45	70	3150.
ARENA SÍLICA PH ALC. 20-30	BULTO 25KG	25	129	3,225.
GRAVA	VIAJE	1	650	650.
TUBO PVC 2" SANITARIO	M.L.	2.6	50	130.
TEE PVC Y CODOS 3 X90	PZA	4	27	108.
TAPA METÁLICA 0.70 X 0.70	PZA	1	340	340.
			SUBTOTAL	9,730.
			IVA	1,460.
		AGUAGRIS	TOTAL	\$11,190.
		COSTO TOTAL	\$	\$65,869.

El Consejo Técnico del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado (CONCYTEG) otorgó el monto solicitado (Cuadro 2) para financiar el proyecto por la cantidad de \$60,000 pesos, considerando que la comunidad participa directamente con la aportación de la mano de obra. Se llevó a cabo el proceso de gestión buscando entre diversas instituciones el acceso al recurso financiero otorgado por el CONCYTEG para llevar a cabo proyecto de “Captación pluvial y su reutilización mediante humedales

artificiales en la microcuenca La Soledad, Guanajuato”. Se hizo necesario disponer del recurso financiero por medio de alguna universidad o institución educativa perteneciente al estado de Guanajuato. En este caso gracias al apoyo brindado por la Facultad de Química del Instituto Tecnológico de Celaya fue que se obtuvo la disposición del capital. Cabe mencionar que la gestión institucional para la obtención de los recursos económicos ha sido un proceso paralelo al proceso de gestión social, ya que sin este no hubiera sido posible la obtención del recurso por parte de las instituciones que han colaborado con la ejecución del proyecto⁵.

3.4 Bases para el diseño del sistema de captación de agua de lluvia

En la vivienda seleccionada por la gente, habitan 6 personas. Esto representa un volumen de agua de 58.32 m³ anuales, y un volumen de almacenamiento de por lo menos 34m³ para cinco meses de sequía (noviembre a marzo), con una dotación diaria de 27 litros por persona al día. Es decir, de esos 27 litros de agua de lluvia, 3 litros diarios por persona destinados para consumo humano durante todo el año (100% de la recomendación diaria de la OMS), y 24 litros por persona para uso doméstico (aseo personal, lavado de ropa y trastes) durante los meses de sequía. Después de haberse filtrado y purificado de acuerdo a su uso, para cumplir con los límites de permisibles que establecen las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes. Cabe señalar, que esta cantidad de agua es adicional al suministro de agua de la pipa. Esta continúa siendo necesaria para el abasto de agua, ya que la dotación mínima necesaria que recomienda la OMS de 50 litros por persona al día (García, 1998) logra cubrirse al 100% con el suministro de la pipa y con el sistema de captación de agua de lluvia. Esta dotación de agua de lluvia representa un significativo aumento para lograr cubrir el 100% de la recomendación mínima diaria para la familia, además de la mejora que significa el simple hecho de poder consumir agua con la calidad necesaria durante todo el año y sin riesgos para la salud.

a. Determinación de la demanda

Nos permite conocer la demanda durante un mes, así como la demanda durante un año que necesita la familia (Anaya et al., 2006).

⁵ Ver Anexo No. 3.

En donde:

$$Nu=6$$

$$Dot=27 \text{ l/persona/día}$$

$$Ndj=30 \text{ días (se consideran meses con 30 días)}$$

$$\text{La demanda mensual es: } Dj = 4.86 \text{ m}^3 / \text{mes} \quad (1)$$

$$\text{Demanda anual: } D \text{ anual} = 58.32\text{m}^3 \quad (1.1)$$

b. Cálculo de la disponibilidad de agua

En este trabajo se ha calculado la disponibilidad de agua de acuerdo al método de Precipitación neta con coeficiente de captación (Cuadro 3): se observa que el método ofrece mayor confiabilidad que otros existentes ya que se considera un 90% probabilidad de que ocurra el evento de lluvia y también considera la eficiencia de captación de los materiales. Estos datos permiten obtener el coeficiente de captación, para proyectar la obra con menores costos y garantizando el abastecimiento de la demanda de agua a los habitantes de la vivienda. Con este método se obtiene la disponibilidad de agua o la precipitación mínima esperada, que en este caso es de 747 mm en los meses más lluviosos de mayo a octubre. Entonces tenemos que: η captación=0.765 con una probabilidad de que ocurra el evento de lluvia del 90% (Anaya y Martínez, 2006) y PN cada mes: $PN*\eta$.

$$\text{PN cada mes: } PN*\eta \quad (2.1)$$

Mes	Precipitación (mm)_Pj	Coef Captación	Prec.Neta(mm)_PNj
Ene	21.9	0.765	16.75
Feb	12.3	0.765	9.40
Mar	9	0.765	6.88
Abr	11.8	0.765	9.02
May	49.3	0.765	37.71
Jun	130.6	0.765	99.90
Jul	287.2	0.765	219.70
Ago	217.3	0.765	166.23
Sep	164.5	0.765	125.84
Oct	50.6	0.765	38.7
Nov	19.2	0.765	14.68
Dic	2.4	0.765	1.83
Sumatoria Anual	976.1		746.65
Promedio mensual	80.51		62.20

Cuadro 3. Precipitación mensual y anual.

c. Área efectiva de captación de precipitación:

$$Aec = \frac{D_{anual}}{\sum_{j=1}^{12} PN_j} \quad (2.2)$$

Resultado: $D_{anual} = 58.32 m^3$
 $Aec = 106 m^2$

Obviamente, es importante que los techos (figura 19) se encuentren en buen estado de conservación para captar el agua de lluvia, con inclinación de aproximadamente 3 a 5% para que el agua escurra libremente pero evitando pérdidas de agua por derrames para conducirla efectivamente, desde el área de captación hasta la línea de canaletas. En el medio rural pueden usarse los materiales que estén al alcance económico de la familia, aunque no es recomendable usar láminas de asbesto ya que provocan daños a la salud al contaminar el agua que escurra sobre su superficie.

También es importante mantener los techos limpios, especialmente al aproximarse el tiempo de lluvias, para evitar el arrastre de elementos que contaminen el agua cosechada.

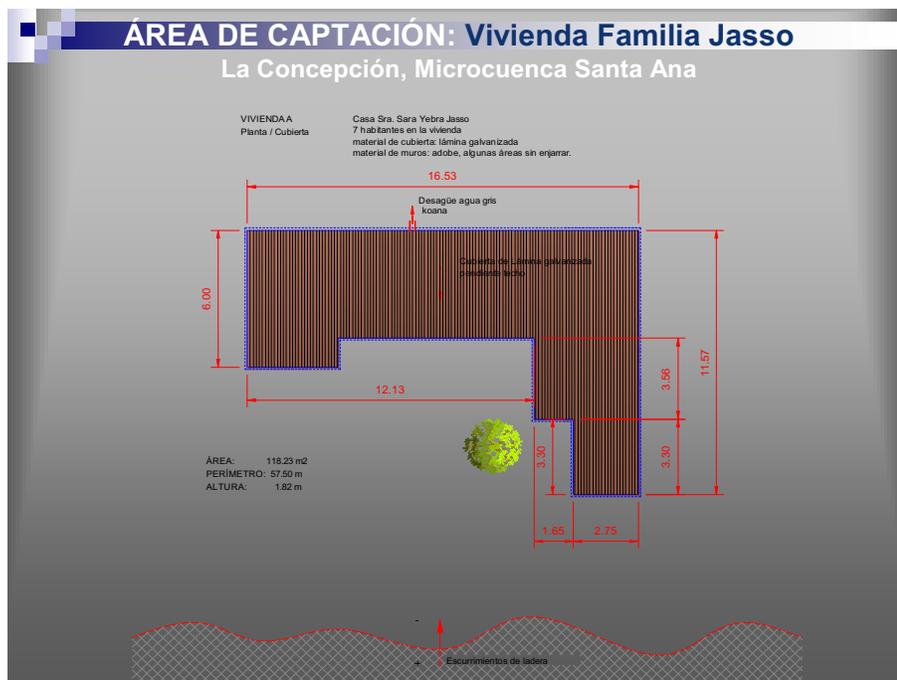
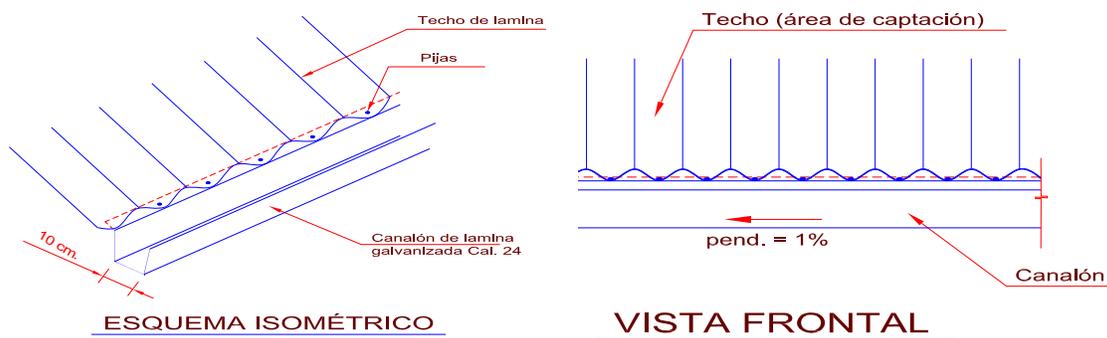


Figura 19. Área de captación en vivienda

d. Línea de conducción del agua captada

En este caso, se colocó un sistema prefabricado de canaletas de PVC, diseñadas para la conducción del agua de lluvia (figuras 20 y 21). Es un material seguro ya que no es contaminante y resiste en condiciones de intemperie. Además es sencillo de colocar desde la parte inferior del techo y cuenta con dimensiones adecuadas para evitar pérdidas en eventos de lluvia intensos en la región. Pueden revestirse con tela de gallinero delgada y recubrirla con pintura de esmalte color blanco para que resista más la intemperie. La línea de conducción tiene una inclinación del 1% para conducir el agua a los desagües inferiores de conducción pluvial hasta el sedimentador, donde se lleva a cabo la primera filtración. El sistema de canaletas cuenta con una cubierta de rejilla, también de PVC, prefabricada, sobre el canalón para impedir la penetración de hojarasca y basura al sistema.



Figuras 20 y 21. Línea de conducción del sistema

e. Sedimentador o trampa de sólidos

Las variables de diseño de la trampa son el área efectiva de captación de agua de lluvia, la intensidad máxima de precipitación registrada (cuyo valor depende de cada zona, en zonas templadas, como este se consideran 50 mm/hr) (Anaya y Martínez, 2006). Su ubicación es en la parte superior de la cisterna (figura 22), cementada a la red principal justo antes de la descarga del agua pluvial. Es recomendable que en los colectores se instale un sistema de filtración por mallas, para evitar la entrada de hojas, tierra y otro tipo de residuos que podría acarrear el agua pasando por el techo. Cuando el agua es para consumo humano se debe instalar un filtro de gravas sílicas y carbón activado (Anaya et al., 2006).

Resultado: $V_{\text{sedimentador}} = A_{\text{ec}} * I = \text{Volumen del sedimentador} = 5.3 \text{ m}^3/\text{hora}$ (2.3)

$A_{\text{ec}} = \text{Área efectiva de captación de agua de lluvia } 106 \text{ m}^2$

$I = \text{Intensidad de precipitación } 50 \text{ mm/hora}(0.05 \text{ m/hr})$ (Anaya, 2005)

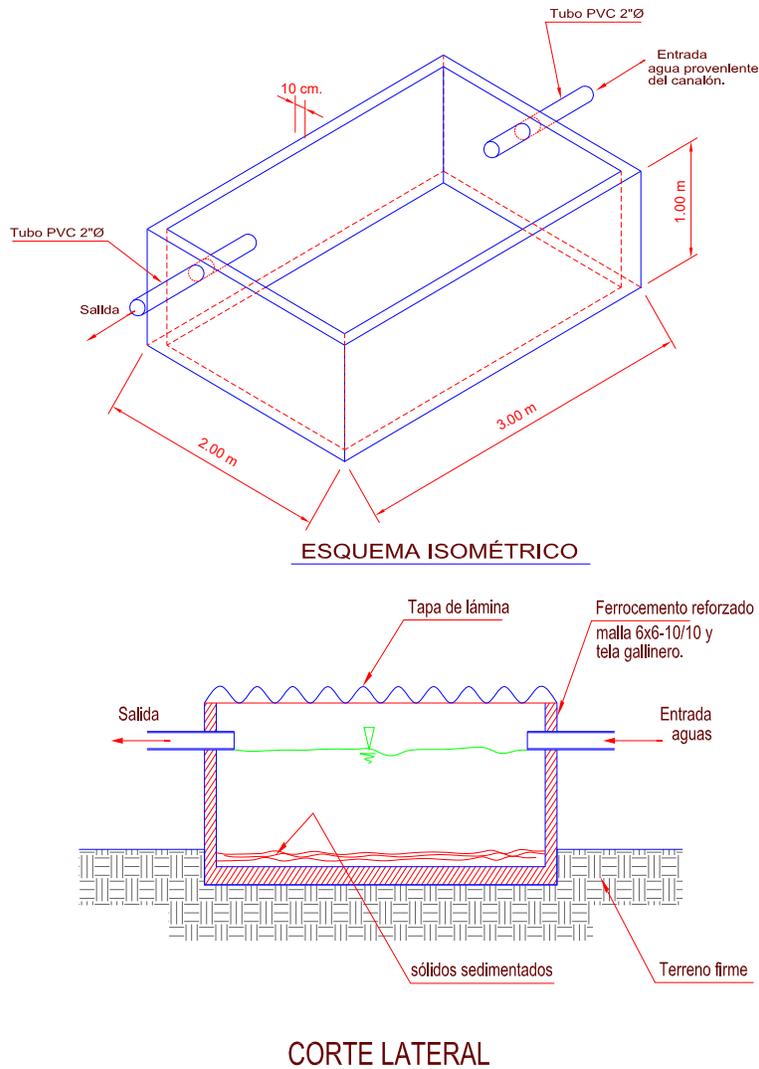


Figura 22. Esquema isométrico y corte del sedimentador.

En la construcción de éste proyecto, se integró al sedimentador un filtro de gravas y arenas, que fue una de las primeras técnicas aplicadas para la depuración de agua, con el objeto de reducir sólidos, turbiedad y materia orgánica en el agua cosechada. Para el diseño del lecho de gravas y arenas se consideró un área de de 0.02 y 0.08 m² por persona (Uriarte, 2002). Permite el primer filtrado físico del agua y se ubica al final de la bajada pluvial. Su construcción y funcionamiento es sencillo.

f. Cálculo del volumen de almacenamiento de agua captada

$$V_{\text{cisterna}} = D_j * M_{\text{sequía}+2} = 4.86 \text{ m}^3 * (\text{nov, dic, ene, feb, mar}) + 2 \text{ meses de sequía}$$

$$V_{\text{cisterna}} = 34 \text{ m}^3 \quad (2.4)$$

En cuanto a los materiales empleados para la construcción de las cisternas, pueden ser los que más convengan a cada región y familia considerando tanto costos de material en cada sitio y también que exista la mano de obra capacitada para hacer una obra segura y funcional para los usuarios. Independientemente del material elegido, los sistemas de almacenamiento deben contar con los siguientes elementos 1) cubierta sólida y segura, con tapa, b) lecho filtrante de grava y arena anterior a la cisterna, 3) llave de paso, extracción de agua que no la contamine, 4) rebosadero, 5) desagüe para mantenimiento de la cisterna (Anaya et al., 2006).

El mantenimiento de la cisterna consiste en un lavado interior con periodicidad aproximada de cada dos años.

g. Diseño del sistema de purificación

El diseño del equipo adecuado para purificación del agua se determinó en función de los resultados de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos realizados en base a muestras tomadas del agua de lluvia colectada en los techos, en la microcuenca La Soledad, comunidad la Concepción, antes de determinar el sistema de purificación requerido. Por lo tanto, se analizaron en el Laboratorio de la Unidad de Servicios Químicos de la Universidad Autónoma de Querétaro, los parámetros de: Turbidez, niveles de Sólidos Disueltos Totales (TDS) y Calcio/Magnesio (Dureza), Fósforo Total, Nitratos y Nitritos. A partir de éstos resultados se optó por los equipos de purificación necesarios para cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM 127 SSA1 1994, NOM 181 SSA1 1998 y NOM 201-SSA1-2002 para agua destinada a consumo humano y agua potable destinada al uso doméstico. Por lo que se instaló un equipo germicida con rayos Ultravioleta (figura 23) *Equipo germicida modular 1-UV-EM*. Cabe mencionar que éste equipo purificador cumple con la norma oficial mexicana vigente para equipos germicidas para y tratamiento de agua en la vivienda NOM-181-SSA1-1998.

De tal manera que el agua derivada de la vivienda una vez construido el proyecto, recibe el siguiente proceso de filtración y purificación para el consumo humano:

- Filtración física de sólidos mediante un filtro lento de arena (sedimentador).
- Desinfección por cloración (cisterna). Antes de iniciar el proceso de purificación el agua es almacenada y clorada con hipoclorito de Calcio o Sodio al 0.5% (Reyna, 2006). El cloro elimina la mayor parte de las bacterias, hongos, virus, etc. presentes en el agua. Se añade una concentración de 0.5 ppm es suficiente para destruir bacterias e inactivar el virus, después de un tiempo de reacción mínimo de 30 minutos (Uruzquieta, 2006).
- El equipo de purificación se instaló es alimentado con agua de la cisterna mediante tubería de cobre, empotrado en el muro permitiendo que se mantenga protegido y a su vez cerca de la corriente eléctrica de 120 voltios y de la cisterna. El equipo purificador se integra de la siguiente manera:
- El primer cartucho filtrante, de carbón activado y plata coloidal retira del agua partículas suspendidas mayores a 5 micras (turbiedad), amibas y sedimentos, además retira cloro libre y materia orgánica. El filtro de carbón activado es seleccionado en consideración a las características fisicoquímicas del agua, obteniendo eficiencia en la adsorción del cloro residual, eliminación de sabores y olores, y una gran variedad de contaminantes químicos orgánicos categorizados como productos químicos dañinos de origen “moderno” tales como: pesticidas, herbicidas, metilato de mercurio e hidrocarburos clorinados. El agua libre de esos contaminantes, pasa al siguiente cartucho de Luz Ultravioleta UV.
- El germicida ultravioleta inactiva por esterilización: bacterias, virus, vibrión de cólera, algas y hongos. El proceso de desinfección lo efectúa al pasar el agua a través de una cámara de desinfección de acero inoxidable con una lámpara que irradia de rayos ultravioleta al agua, y altera el ADN de los microorganismos que puedan existir, provocando su muerte. De tal forma que no pueden proliferar y producir infecciones. La radiación ultravioleta es invisible dentro de un rango del espectro de luz. Esta es similar a las longitudes de onda que son producidas por la luz visible (figura 23) (Uruzquieta, 2006).

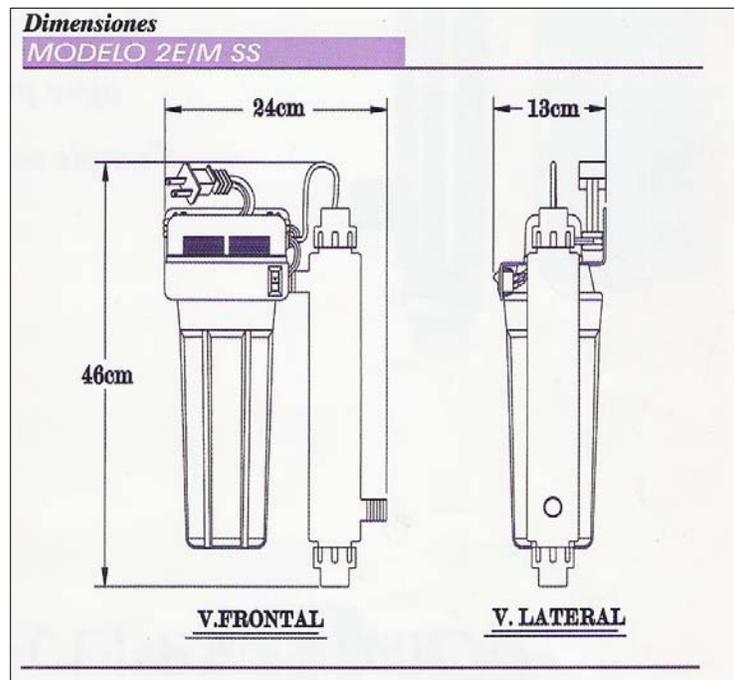


Figura 23. Equipo purificador de agua: germicida ultravioleta modular.

Los sistemas de captación de agua de lluvia y las tecnologías como esta, desarrolladas para su tratamiento, son de bajo costo, sencillos, fáciles de construir, bajo mantenimiento y operación, además de que no dañan el ambiente son opciones viables y eficientes para dotar de agua a pequeñas comunidades (Uruzquieta, 2006).

▪ **Requisitos de instalación del equipo**

El germicida tiene un soporte metálico que se monta en la pared. Las conexiones hidráulicas son roscadas en ½ pulgada. Se requiere de una fuente de corriente eléctrica de 120 voltios y 60 ciclos donde se conecta la clavija del equipo, el cual tiene un interruptor eléctrico.

▪ **Mantenimiento del equipo**

a. Cada 9-12 meses de uso reemplazar el cartucho del filtro por otro similar, éste cartucho tiene un costo de \$ 50 pesos.

b. Dar mantenimiento al germicida UV aproximadamente cada año:

c. Desconectar la energía eléctrica y cerrar la válvula de entrada de agua al equipo

- d. Reemplazar el foco UV por uno nuevo, tienen un costo de \$80 pesos.
- e. Lavar y secar el tubo de cuarzo con amoníaco líquido (Reyna, 2006).

3.5 Implementación del humedal artificial ó biofiltro

Para diseñar un humedal artificial en la comunidad es necesario que este tenga un substrato acorde con la vegetación implementada; especificando su dimensión, tipo, forma y geometría que permitan asimilar el aporte de líquido y procesarlo adecuadamente, determinando los parámetros de diseño: tiempo de retención hidráulica, carga admisible de DBO, carga admisible de otros contaminantes, fluctuaciones de la carga hidráulica. Todo esto con base en la caracterización ecológica, hidrológica, climatológica, edafológica del terreno, así como con base en el análisis del efluente a tratar y a los estándares de calidad necesarios para su vertido como riego de cultivos (Licerio, 2001).

Con referencia en dos sistemas de reutilización del agua gris mediante humedales artificiales, retomadas de experiencias anteriores y que han tenido resultados favorables (figuras 24, 25 y 26). Con diversas variantes, estos filtros ya han sido propuestos anteriormente por el grupo organizado Promoción Ecológica Campesina (PROE, A.C.) basados en el reconocimiento de la tecnología vernácula y su revaloración bajo las condiciones actuales. Ésta técnica se aplicó en los Conjuntos Ecológicos Autosuficientes (COEA) en Muñoxtla, Tlaxcala. Asimismo, el reciclaje de agua gris mediante filtros de arena se refieren en el Manual *“La Vivienda Campesina Sustentable en el Desarrollo Comunitario”* editado por CEDESA y SEDESOL (Caltzontzin, 2003).

3.5.1 Sistema de tratamiento en el humedal

Para obtener un buen funcionamiento del humedal se hicieron las modificaciones de diseño necesarias de substrato, tiempo de permanencia de agua en el humedal, áreas —de acuerdo al número de habitantes en la casa y a los volúmenes y calidad de agua tratada—, así como el análisis del agua gris derivada de la vivienda (antes de la construcción del humedal) y de la que se obtuvo una muestra (Anexo1) para analizarse en laboratorio y con base en su calidad en cuanto a los parámetros de Nitritos, Nitratos, Fósforo Total, Dureza y Sólidos Totales se seleccionaron las plantas más adecuadas para

ajustar el diseño del humedal a dichas condiciones. Es decir, seleccionar rigurosamente aquellas plantas que propicien aereación y que presenten un importante consumo de nitratos y fosfatos. Además es recomendable buscar plantas y genotipos de Guanajuato, que sean naturalizadas e incluso multiusos, aptas también para el consumo humano. Por las características que el humedal artificial requirió fue fundamental solicitar la asesoría durante la planeación, diseño y ejecución del humedal de una persona experta en el tema, la Dra. Mahinda Martínez y Díaz de Salas, de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro.

a. Trampa de grasas

El humedal inicia con un pretratamiento por medio de una trampa de captura de grasas por flotación (figura 24), en la que las grasas quedan en la parte superficial y el agua se pasará por un tubo más bajo de la zona de flotación. Las aguas grises provenientes de los lavaderos, regadera, lavabo y cocina pasan a esta trampa de natas. De ahí se pasará a un tratamiento primario llamado depósito de estabilización (figura 25):

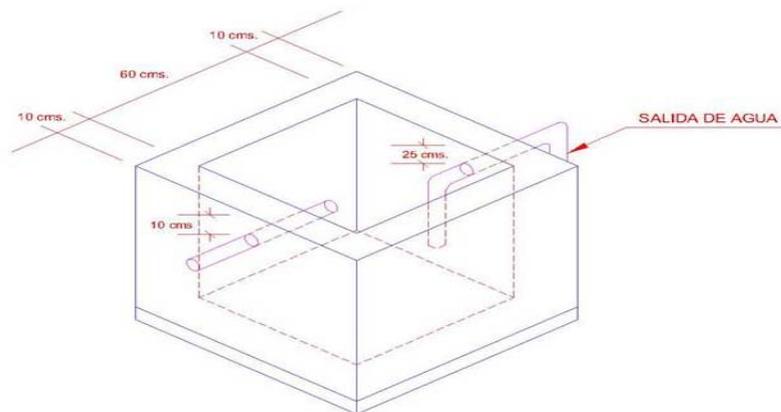


Figura 24. Trampa de grasas

b. Fosa de aguas grises

Tiene como función llevar a cabo la biodegradación aerobia de las aguas grises, que se usará sólo en caso de ser necesario antes del tratamiento secundario, y que se determina por análisis de laboratorio.

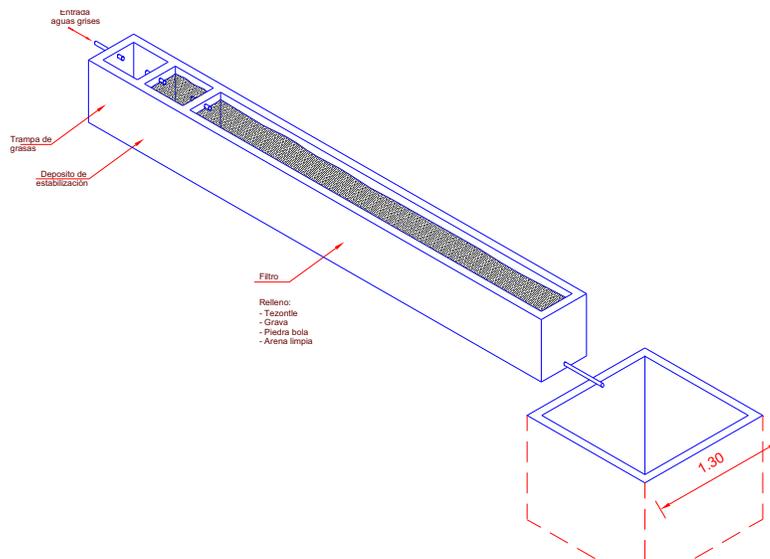


Figura 25. Esquema isométrico del biofiltro

c. Canal de filtración o de oxidación

Para el tratamiento secundario el agua pasa a un tercer tanque sembrado con plantas adecuadas al agua residual de la vivienda. Ésta zona tiene una doble función, y se propiciará el filtrado físico de las aguas ya biodegradadas por las plantas acuáticas, a través de un medio poroso. Se plantea un tratamiento secundario mediante un sistema de flujo subsuperficial sembrado con plantas y genotipos de Guanajuato (figura 26). Entre las que se propone *Typha latifolia* y *t. dominguensis* (tule) que propician aereación y presentan un importante consumo de nitratos y fosfatos. También se incluirá una planta naturalizada y apta para consumo humano, *Rorippa nastutium-aquaticum* (berro). Finalmente, dependiendo de los intereses de los habitantes se pueden incluir gramíneas de crecimiento rápido y útiles para el consumo de animales domésticos. Todas las especies a utilizar tienen interés para los habitantes, son multiusos, probadas en otros sistemas de tratamiento y sin problemas de invasión a sistemas naturales.

Se plantan en la capa de arena y su función es que las raíces crezcan por todas las capas de material de relleno del canal del filtrado creando una red de raíces, ya que es un excelente medio para la proliferación de bacterias que descomponen los residuos sólidos de materia orgánica, hasta convertirlos en nutrientes aprovechables para las plantas. La inyección de oxígeno alrededor de las raíces, a través de los tallos porosos de las plantas, provee un ambiente favorable para diferentes tipos de microorganismos que

viven sobre las raíces, acelerando la descomposición de contaminantes, como fosfatos nitratos, transformándolos en nutrientes asimilables por las plantas.

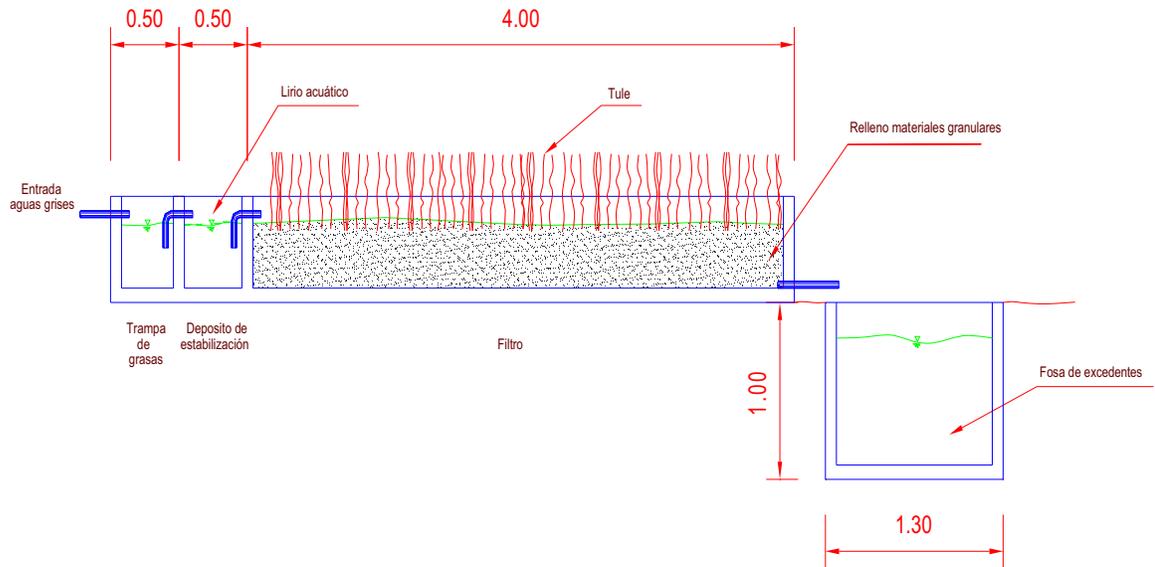


Figura 26. Corte longitudinal del biofiltro

El tratamiento secundario se realiza en éste tercer tanque sembrado con plantas adecuadas al agua residual de la vivienda, según los resultados de los análisis de laboratorio. La aereación permitirá eliminar gases volátiles, reducir el olor y sabor del agua residual, y propicia el desarrollo de bacterias y otros microorganismos aeróbicos, reduciendo la DBO. Por otra parte, en el filtro lento de arena, donde se sembraron las plantas acuáticas rigurosamente seleccionadas, son detenidas algunas partículas sólidas suspendidas en el agua.

Las dimensiones del canal de filtración construido en la comunidad se determinaron para atender las necesidades de 6 personas que habitan en la vivienda, lo que significan de 120 a 180 litros de agua gris al día, para depurarse en el humedal y, considerando que para limpiar el agua por medio de filtros lentos de arena, se requieren de 0.02m² y 0.08m² por persona (Uriarte, 2002). Para el tratamiento en el humedal se consideró una longitud de la parte sembrada de 9 metros de largo por 30 cm de profundidad, con un pretratamiento de grasas por flotación. El tiempo de retención del agua se calcula en mínimo 10 días (Seoáñez, 1999). Por lo tanto, se propone sembrar especies de crecimiento rápido, con alta retención de nutrientes, capacidad de soportar

períodos cortos de sequía y que sean de utilidad a los habitantes de la vivienda. Después de un tiempo de permanencia del agua de aproximadamente 10 días, el agua recorre el canal hasta el otro extremo, en donde escurre el agua tratada y es depositada en la fosa de excedentes.

d. Fosa de excedentes

El depósito final del sistema (figura 27) y el último paso que recorre el agua para su reciclaje, se le llama fosa de excedentes porque ahí solamente llega el 80% del agua reciclada, el otro 20% una parte se evapora en el recorrido y otra es absorbida por las plantas acuáticas. El agua reciclada puede utilizarse para consumo de animales y para riego de traspatio.

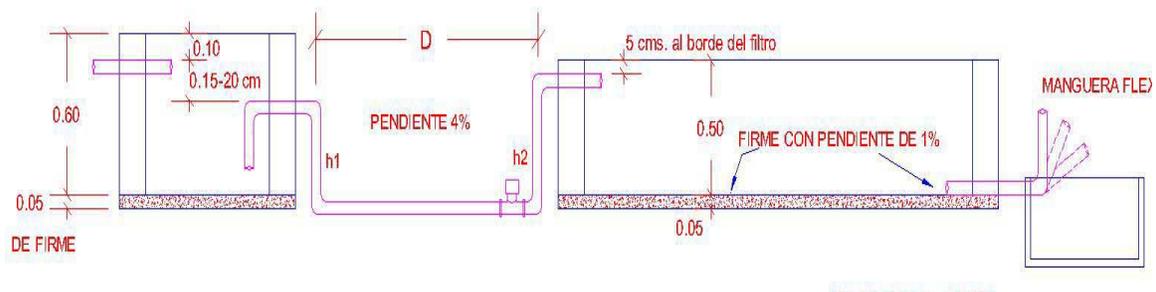


Figura 27. Vista lateral. Sistema de tratamiento de agua gris

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS: FASE EJECUTIVA DEL PROYECTO

4.1 Proyecto ejecutivo en la microcuenca Santa Ana, Guanajuato

El acompañamiento con la gente de las comunidades de la microcuenca La Soledad, especialmente de La Concepción (figura 28), ha sido el eje rector para lograr en la medida de lo posible, el atender de un manera real y aproximada las necesidades de la población, como un primer paso para intervenir en el mejoramiento de las estrategias de uso del agua en la población.

La planeación y la fase ejecutiva del proyecto fueron diseñados en conjunto con los habitantes de la comunidad mediante la participación social durante diversas asambleas comunitarias llevadas a cabo entre los meses de febrero a junio del presente año en La Concepción, Guanajuato. Se llevaron a cabo 5 asambleas comunitarias y un taller participativo principalmente con las familias del Grupo Organizado de Mujeres de la Microcuenca La Soledad, de tal modo que fue posible conocer la situación actual de la población, así como conocer en lo particular los problemas que les afectan y las respuestas que les dan. El 1° de mayo del año 2007 durante la última asamblea previa a la construcción del proyecto (figura 29), se realizó con la finalidad de que la gente tomara la decisión de forma participativa acerca de la vivienda donde se construiría la prueba piloto.

Si bien se manifestaron distensiones y algunas dificultades de índole social durante las asambleas y después de ellas, también es cierto que se logró hacer acuerdos comunitarios y compromisos de trabajo, para llevar a cabo el proyecto. Estas distensiones se debieron en su mayoría a la evidente dificultad que representó el ofrecer un proyecto unitario que en primera instancia, beneficiaría a una sola vivienda y motivado evidentemente, al estado de precariedad en que vive la población y a la necesidad imperiosa que todos tienen del agua en su vivienda. Ha sido necesario entablar una comunicación constante con las familias de la comunidad, —incluso como parte del seguimiento al proceso de gestión social una vez terminado el proyecto— para fortalecer la dinámica comunitaria que se dio en torno a la implementación de este proyecto, no sólo

en términos tecnológicos y económicos sino también entablando un diálogo con mayor apertura y confianza de la comunidad.



Figura 28. La gente de la comunidad se adueñó del proyecto desde la etapa de diseño



Figura 29. Participación comunitaria con mano de obra y capacitación

4.2 Gestión social para ejecución, mano de obra y capacitación

Se logró conformar un buen equipo de trabajo con toma de decisiones de todos los actores involucrados en la construcción del proyecto (figura 30). Cabe mencionar también que un factor importante en la toma de algunas acciones a seguir es el factor del tiempo en que se llevó a cabo la obra a causa de la obtención de recursos, y que era el tiempo en que justamente iniciaban las primeras lluvias.



Figura 30. Derrumbe y reconstrucción de techos

4.3 Reconstrucción del área de captación

El proyecto de “Captación de Agua de Lluvia y su Reutilización mediante Humedales Artificiales en la microcuenca Santa Ana, Guanajuato” inició la fase ejecutiva el día 28 de mayo del 2007, con mano de obra local integrada por un equipo de mujeres y hombres de la comunidad, quienes además de ejecutar la mano de obra recibían y compartían con el resto de la gente interesada de las comunidades de la microcuenca, la capacitación para la ejecución del proyecto.

Durante esta fase de construcción se entregó a la comunidad, a través de las familias que colaboraron en la mano de obra, el *Manual de Construcción y Mantenimiento del Sistema de Captación de Agua de Lluvia y su Reutilización mediante un Humedal Artificial*, para que la gente de la comunidad apoye a su vez a otras familias en la capacitación de estas ecotecnias.

Los materiales se compraron en la ciudad de Guanajuato o en algunos casos, en poblados más cercanos a la comunidad como la arena y grava. Se hizo el traslado y acarreo de material conforme se fue requiriendo durante la obra, ya que las condiciones de almacenamiento se complicaron debido a la temporada inminente de lluvias.

En la ejecución del proyecto realizado en La Concepción, fue necesario derrumbar los techos que aún existían, para lograr aumentar el área de captación y, por lo tanto el volumen de agua almacenada, y también, debido a que la cubierta de la casa se encontraba en condiciones sumamente precarias (como sucede en la gran mayoría de las viviendas del ámbito rural). En primera instancia, fue necesario programar la secuencia en cuanto al derrumbe de los techos de la vivienda ya que de un total de 118 m² se derrumbaron aproximadamente 60 m² que se encontraban en condiciones precarias y no aptas para captar el agua de lluvia: cubiertas con hule, lámina oxidada, desechos de cartón, entre otros materiales en pésimas condiciones. Se elevaron algunos muros para obtener la pendiente en adecuada en el área de captación y conducirla alas canaletas. Se colocaron los montenes para recibir las cubiertas de lámina galvanizada gruesa. Se enjarraron los muros de adobe para mayor protección ante la intemperie.

Colocación y soldadura de PTR (A-36) de 2” con placas de 6mm de espesor de 0.2 x 0.2 para apoyar en el piso de piedra.

4.4 Colocación del sistema de conducción

En este caso se colocó un sistema prefabricado de canaletas de PVC, diseñadas para la conducción del agua de lluvia. La línea de conducción tiene una inclinación del 2% para conducir el agua a los desagües inferiores de conducción pluvial hasta el sedimentador, donde se lleva a cabo la primera filtración. El sistema de canaletas cuenta con una cubierta de rejilla, también de PVC, prefabricada, sobre el canalón para impedir la penetración de hojarasca y basura al sistema.

La fecha de inicio de obra en que se construyó el proyecto (época de lluvia) fue un factor determinante en la elección de los materiales que se emplearon para la obra en la comunidad. Se optó por aquellos materiales que fueran de colocación más ágil y sencilla, como fue el caso de este sistema de canaletas prefabricadas de PVC (figura 31).



Figura 31. Preparación para colocación de canaletas.

4.5 Construcción del sedimentador, o trampa de sólidos

Construcción de muros de tabique del sedimentador, previo a la cisterna (figura 32). Su construcción fue con tabique, de 4m³ de capacidad. En este caso se construyó de tabique, acabado interior de cemento pulido, tapa metálica para mayor seguridad, tuberías de PVC de 4" de entrada y salida con malla de acero inoxidable en la boca de entrada a la cisterna. Enseguida se colocaron las gravas y arenas lavadas, de la siguiente forma:

- 1^a capa de 7.5 cm de grava de río, mediana, lavada, con 1 cm de diámetro
- 2^o capa de 5 cm de grava de río, especial, lavada, con 0.5 cm de diámetro
- 3^o capa de 5 cm de grava de río, chica, lavada, con diámetro de 2 a 4 mm
- 4^o capa de 15 cm de espesor de arenas sílicas, lavadas.

Su mantenimiento es muy sencillo para la gente de la comunidad, sólo requiere de limpieza externa retirando sólidos que hayan sido depositados en el interior y requiere retirar el material filtrante, por separado, lavarse y volverse a colocar de la misma forma, por capas. Debe mantenerse con tapa cerrada por seguridad e higiene.



Figura 32. Construcción del sedimentador

4.6 Construcción de cisterna y sistema de bombeo

Se optó por un sistema constructivo tradicional con tabique y techo de vigueta y bovedilla, ya que el costo resultaba inferior en esta zona con materiales de la región, y además porque sus habitantes dominan ésta técnica constructiva. El tiempo de lluvias estaba iniciando al momento de empezar la obra, por lo que tenía que ser un sistema ágil de implementarse (figura 33).

Excavación para cisterna con capacidad de 34m^3 ($4.3 \times 3.5 \times 2.3$), colocación de 24 m^2 de malla electrosoldada para firme y armex para cadenas de la cisterna. Levantamiento de muros de tabique terminación con enjarre y pulido fino en muros interiores. Colocación de cubierta de la cisterna con vigueta y bovedilla dejando preparación para tubo de rebose (para eliminación en caso de exceder el nivel de agua), preparación para la

pichincha de la bomba (para extracción del agua) y acceso para lavado y mantenimiento de la cisterna, cubierta con tapa metálica.

Se instaló un sistema de extracción del agua de la cisterna con bomba de $\frac{1}{2}$ caballo de fuerza, para subir el agua a un tinaco Rotoplas con capacidad de 5m³ litros de agua. Colocado en la parte más alta del terreno, de donde se distribuye el agua por gravedad hacia la vivienda, con tubería de cobre para dar servicio a la casa con salidas de 1/2 pulgada cada una para: lavado de ropa, de trastes y hacia el equipo de purificación para consumo humano.



Figura 33. Excavación para construcción de cisterna.

4.7 Conducción del agua gris

Fue necesario excavar en el piso para entubar el agua gris de la vivienda proveniente del lavado de trastes, de ropa y de aseo personal, (no hay aguas negras) y reunirlos por medio de tubería de 3 pulgadas, para conducir el agua jabonosa hacia el humedal artificial, por gravedad aprovechando la pendiente del terreno.

4.8 Construcción del humedal artificial o biofiltro

La construcción del sistema de reciclaje de agua gris se hizo aprovechando la pendiente natural del terreno y lo más cercano posible a la vivienda y al área donde la familia cuenta con un área para sembrar, y que por falta de agua y recursos no habían trabajado.

a. Trampa de grasas

Una vez entubada el agua jabonosa de la casa proveniente del aseo personal, lavadero, lavado de trastes y cocina, pasan a esta primera zona llamada trampa de natas. Su construcción consistió en un depósito de tabique (0.62 x 0.61 x 0.90m profundidad), el cual tiene como función separar las natas o grasas por flotación, en la que las grasas quedan en la parte superficial y el agua se pasará a la fosa de aguas grises. Para entrada y salida de la trampa de grasas se hace mediante tubería de PVC de 2" y codo de 90° hacia abajo, y pendiente del 1%. Al salir, a través de un tubo de PVC de 2" y se coloca una T de 2" (tanto en la entrada como en la salida de la trampa) con un pequeño tubo de PVC añadido; a la salida basta un codo con el pequeño tubo adicional. Por este sencillo recurso se impide el paso de las natas y grasas de la trampa de natas a la fosa de aguas grises (figura 34).

b. Fosa de aguas grises

Se construyó un segundo depósito con las mismas medidas que la trampa de grasas. Con la entrada y salida de agua de la misma forma hacia el tercer tanque o canal de filtración.

c. Canal de filtración o de oxidación

Se construyó un tercer depósito cuyas dimensiones son: 0.62m de ancho x 2.82 de largo y con 0.90 m de profundidad. Construido encima del nivel del suelo, separado por otro muro también de tabique y acabado de cemento pulido en el interior, pendiente del 2%. El agua pasa desde el depósito de estabilización hacia el canal de filtración por un tubo de 2 pulgadas de diámetro por la parte superior del canal, en donde se encuentra el

substrato del humedal. Una vez que los materiales de relleno fueron lavados se colocaron de la siguiente manera:

- 10 cms de espesor de tezontle “*cacahuate*” (1 a 2 cm de diámetro)
- 10 cms de espesor 10 cms de grava mediana (1cm de diámetro)
- 10 cms de espesor 10 cm de grava especial (0.50 cm de diámetro)
- 10 cms de espesor 10 cms de grava chica (2 a 4 mm de diámetro) ,
- 30 cms de espesor de arena sílica.

d. Fosa de excedentes

Se excavó una fosa cuyas dimensiones son de 1.m x 1.30m x 1 m de profundidad. Tiene una tapa metálica para seguridad de los niños que habitan la casa. El agua es extraída con una cubeta (figura 34).



Figura 34. Construcción del humedal artificial

e. Mantenimiento del humedal

Los sólidos de las trampas de grasas se removerán manualmente cuando generen una capa de nata visible. Estas natas se dejan acumular aproximadamente de 20-30 días y cuando se tienen de 5 a 10 cm de espesor, se sacan con una coladera. Éstas pueden

colocarse alrededor de árboles frutales como abono y protección para las heladas (PROE, 2002).

En la zona de plantas, basta con mantener el flujo de agua gris constante y, cortar el crecimiento excesivo de las plantas, así como remover las plantas que se han marchitado del humedal.



Figura 35. Etapas de construcción

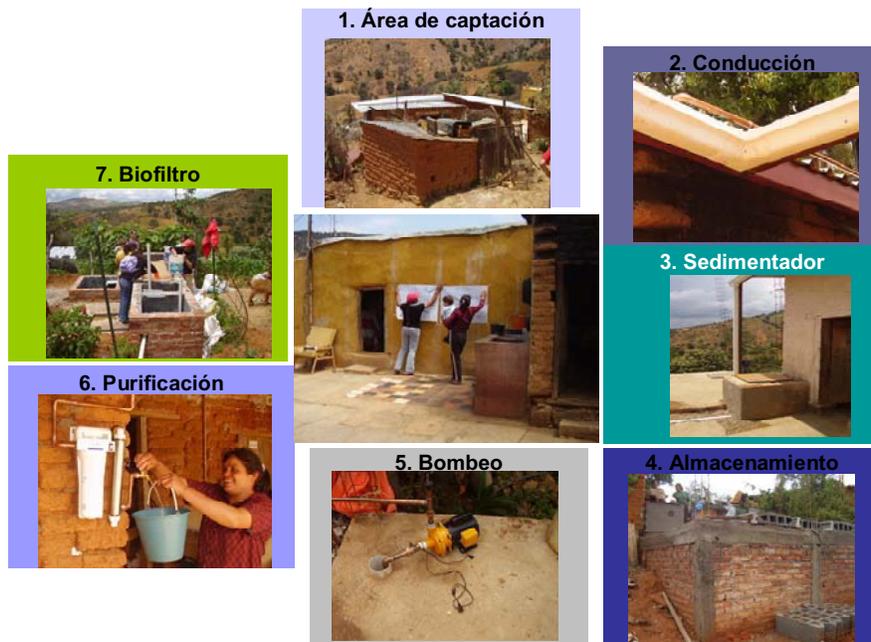


Figura 36. Componentes del sistema para mejoramiento de estrategias de uso del agua

CAPÍTULO V

5. EVALUACIÓN DEL PROYECTO Y DISCUSIÓN

5.1 Mejoramiento de las estrategias de uso del agua en la microcuenca

En la microcuenca Santa Ana, el grado de deterioro de los recursos naturales es cada vez más grave. En gran medida por la presión de las actividades humanas ejercidas sobre ellos y por el uso inadecuado de los recursos con los que cuentan. Una de las consecuencias que se enfrentan en la microcuenca debido a esta causa, es la dificultad para infiltrar el agua de lluvia en ella y su dificultad para retenerla. Las consecuencias sociales y económicas de esta situación ambiental, generan a su vez, mayor pobreza económica y de recursos naturales con los que cuentan.

Sin embargo en la microcuenca existe, entre otros elementos, una precipitación importante y suficiente, como un elemento potencial para mejorar las estrategias de uso del agua en la población y superar las condiciones de marginación y pobreza extrema, a partir de potenciar la captación pluvial cosechándola, almacenándola y ofrecer una alternativa que sus pobladores beban agua en cantidad y con la calidad necesaria. Además de contar con la posibilidad de reutilizar el agua y mejorar las condiciones alimentarias o económicas de la familia con este beneficio (figura 36).

5.2 Impacto en cantidad de agua

a) Agua para consumo humano y uso doméstico

En las circunstancias previas a la implementación del proyecto en la vivienda rural se cubría entre un 5% hasta un 16% como máximo, de la dotación mínima que se requiriere por persona (Organización Mundial de la Salud) para cumplir con la subsistencia básica. Y compensaban la falta de agua potable con refrescos y agua superficial (aumentando los riesgos de diabetes e infecciones gastrointestinales); después de haber implementado el proyecto se incrementa la dotación de agua por persona entre 6 a 20 veces más que la dotación anterior. Esto significa cubrir aproximadamente, el 60% de la cantidad mínima requerida de agua por persona al día (figura 37).

Con esta mejora en las estrategias de uso del agua se logró satisfacer el 100% de la dotación diaria de agua para consumo humano recomendada por la Organización Mundial de la Salud para toda la familia, equivalentes a 3 litros de agua por persona al

día durante todo el año; y además, 24 litros más de agua por persona al día para el uso doméstico, para los cinco meses de sequía (noviembre a marzo). Durante la época de lluvia la familia podrá prescindir del suministro de la pipa. Generando un ahorro familiar por este concepto, desde mayo a octubre equivalente a \$ 816 pesos.

Por otro lado, al satisfacer la dotación de agua para consumo humano durante todo el año, la familia estará en posibilidad de prescindir del consumo de refrescos. Esto mejora en primera instancia, los recursos para mejorar las condiciones de salud de la familia y un ahorro en lo económico de por lo menos \$ 1,600 pesos mensuales que antes obligadamente tenían que destinarse a la compra de refrescos. Es decir que en el transcurso de un año la familia puede ahorrar desde \$ 20,857 pesos por este concepto.

b) Agua gris tratada en el humedal para su reutilización

Tomando en cuenta que la cantidad de agua gris procedente de la vivienda—una vez que se ha implementado el proyecto—, genera una cantidad de agua jabonosa equivalente a 162 ó hasta 210 litros de agua jabonosa en un día (27L - 35L/persona/día) durante todo el año, y considerando que, durante el proceso de tratamiento en el humedal se pierde aproximadamente el 20% del agua que ingresa, el agua recuperada y tratada para ser reutilizada equivale aproximadamente a 908 - 1,176 litros de agua por semana, con la calidad necesaria para riego de traspatio o en la milpa. En donde ahora, según interese a la familia, ya pueden sembrar durante todo el año para consumo familiar o bien, para obtener un ingreso económico extra para la familia al contar con el producto de la milpa, así como también para abastecer de agua a los animales del corral. Cabe mencionar que el flujo de agua gris es permanente durante todo el año.

5.3 Impacto en la calidad de agua

El agua de lluvia almacenada en la cisterna para el consumo humano y para el uso doméstico recibe los tratamientos físicos, químicos y bacteriológicos adecuados para mantener los parámetros de calidad establecidos dentro de las normas oficiales de la federación vigentes NOM-127-SSA1-1994, NOM-201-SSA1-2002 y NOM-041-SSA1-1993 para agua de uso doméstico y consumo humano (figura 37) en la vivienda, para mantener el agua con la calidad necesaria de acuerdo a su uso y, la NOM-003-ECOL-

1996 para el agua tratada para reuso en el riego de traspatio en la vivienda. De acuerdo a los parámetros analizados en el laboratorio (ver Anexo 1).



Figura 37. Un vaso de agua limpia para Remigio

5.4 Recuperación de la inversión

En este proyecto de tipo unitario se invirtieron \$65,000 pesos (incluye el costo por reconstrucción de muros y del área de captación), y considerando que el volumen de almacenamiento anual es de 58 metros cúbicos, con un promedio de llenado total al 100% de la cisterna (34m^3) —de acuerdo a las variables climáticas— durante los primeros 4 eventos pluviales ocurridos en mayo, junio, julio, agosto y septiembre.

Se calcula un tiempo de vida útil del sistema de captación pluvial y reutilización del agua gris de la vivienda de por lo menos quince años. Y el costo de inversión de \$65,000 se recupera en trece años de uso del sistema, esto simplemente por el ahorro derivado de prescindir del suministro del agua de pipa durante los meses de lluvia lo que suma \$816 pesos anuales. Si además se toma en cuenta el ahorro que implica prescindir de la compra de refresco para el abasto familiar equivalente a \$20,857

pesos anuales de ahorro familiar (promedio de consumo aproximado de refresco de 1.250 litros diarios de refresco por persona al día, es decir cuatro vasos de 312 ml por persona al día). Entonces se puede decir, que la recuperación de la inversión es de tres años, considerando tanto el ahorro del agua de pipa durante seis meses de lluvia y el ahorro por no consumir refresco para el abasto familiar, sino utilizar agua de lluvia purificada en la vivienda para el consumo humano. Además es importante el beneficio directo a la salud en la familia por el cambio en los hábitos de consumo. Cabe recordar que en la microcuenca La Soledad existe un alto índice de diabetes en la población, probablemente relacionadas también a consumo excesivo de refresco debido entre otros, a la falta de agua.

En cuanto al impacto del agua gris recuperada y tratada en el humedal artificial ha sido benéfico para la familia. Ya que en donde antes sólo existía escombro en la vivienda actualmente se encuentra el humedal y una milpa en donde la familia siembra flores de ornato para su venta, y jitomates para consumo de la familia. Esto gracias a que ya cuentan con agua tratada para riego durante todo el año y con la que antes no contaban excepto durante la que época de lluvia.

CONCLUSIÓN

La experiencia a través de la implementación de este proyecto (figura 39), ha significado no sólo el logro de los objetivos propuestos con los beneficios que el incremento en el abasto de agua en cantidad y calidad trae consigo a la familia beneficiada elegida por la comunidad, sino que también se ha generado un proceso de participación comunitaria en donde los actores involucrados son, en primer lugar, los pobladores de la microcuenca que directa e indirectamente, lograron percibir los beneficios del trabajo organizado y comprometido entre sus habitantes e instituciones y que están promoviendo la participación comunitaria para desarrollar nuevos proyectos que atienden la falta de agua en la microcuenca. A partir de la ejecución de este proyecto, los pobladores han empezado ya a generar nuevas experiencias: actualmente, están impulsando la reproducción y capacitación en las ecotecias aplicadas, para las familias que viven dispersas y que hasta ahora no habían participado con el grupo organizado de mujeres de la microcuenca. Las familias están logrando implementar las ecotecias

aprendidas en sus viviendas, con sus propios recursos económicos y su mano de obra, tanto en la capilla como en la escuela primaria de La Concepción. Ahora ellos mismos solicitan el apoyo de instituciones para trabajar en conjunto y resolver con mano de obra local y materiales de la región, su necesidad de agua mediante este tipo de proyectos. Esta experiencia fue el punto de partida para el trabajo social y colectivo en la microcuenca entre los actores involucrados.

Recomendaciones

Existen casos como el que ocupa este estudio, en el que una prueba piloto en un vivienda representa un proceso social complejo en cuanto a su organización en la comunidad —por la dificultad de que la comunidad anticipe los beneficios directos e indirectos del proyecto—, pero en este caso, la prueba piloto en la vivienda logró beneficiar en mayor medida que a una sola familia, ya que para la población produjo confianza y participación directa y comprometida de parte de la gente de la comunidad, para nuevos proyectos. En este caso se considera esta prueba piloto como una experiencia social necesaria para abrir la confianza y participación en las comunidades de la microcuenca. Resultó altamente enriquecedora en el sentido técnico, social y humano para reconocer las fortalezas y debilidades que el proceso aprendido con la gente de la microcuenca nos dejó a todos. Por lo tanto es recomendable que antes de iniciar un proyecto social en una población, se estudien y analicen las condiciones sociales, económicas y físicas predominantes de la región para determinar el alcance del proyecto y los beneficios que se buscan obtener, no sólo directos sino también los beneficios indirectos. Para entonces proponer el tipo de proyecto social más conveniente analizado para cada caso en lo particular, ya que los diversos factores involucrados pueden cambiar de un lugar a otro sustancialmente y requerir soluciones distintas, obviamente para cada caso particular.



Figura 38. El equipo de trabajo

ANEXOS

ANEXO 1

Resultados de laboratorio Unidad de Servicios Químicos de la UAQ

1.1 Análisis físico-químicos y bacteriológicos

Fecha: 27 de abril del 2007

Primera muestra tomada antes de la ejecución del proyecto. La muestra se obtuvo del tambo de agua para uso de la familia en la vivienda en donde almacenan el agua, y obtenida como la familia la utiliza para el uso doméstico y consumo humano.

Cuadro 4. Análisis de calidad de agua para consumo de la población previo al proyecto

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDADES
Coliformes totales	>2 400	NMP/mL
Coliformes fecales	210	NMP/mL
Dureza	248,26	mgCaCO ₃ /L
Fósforo total	0,16	mg/L
Nitratos	>0,1707	mg/L
Nitritos	0,0016	mg/L
Sólidos totales	365,20	mg/L

NMP: número más probable.

1.2 Resultados de análisis después de la ejecución del sistema de captación de agua de lluvia.

Fecha: 7 de septiembre del 2007,

Segunda muestra tomada antes de construir el humedal, tomada el 7 de septiembre del 2007. Observación: la muestra se tomó del agua gris derivada de la vivienda, una vez que fue reunida y entubada, previamente a la construcción del humedal artificial (no hay aguas negras).

Cuadro 5. Análisis de agua gris previo a la construcción del humedal

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDADES
Coliformes totales	>11	NMP/mL
Coliformes fecales	>11	NMP/mL
Dureza	61,35	mgCaCO ₃ /L
Fósforo total	11,93	mg/L
Nitratos	0,75	mg/L
Nitritos	0,022	mg/L
Sólidos totales	795,60	mg/L

1.2 Resultados de análisis después de la ejecución del sistema de captación de agua de lluvia.

Fecha: 7 de septiembre del 2007,

Análisis físico-químico

Tercera muestra tomada después del construir el sistema de captación pluvial.

Fecha: 07 de septiembre del 2007.

Cuadro 6. Análisis de agua para consumo y uso, posterior a implementar el proyecto

PARÁMETROS	AGUA CISTERNA	AGUA FILTRO UNIDADES
Dureza	1,92	1,92 mgCaCO ₃ /L
Fósforo total	> 0,130	> 0,130 mg/L
Nitratos	0,23	0,17 mg/L
Nitritos	0,026	0,033 mg/L
Sólidos disueltos totales	78,00	76,00 mg/L

1.3 Resultados de la muestra para análisis bacteriológico

Cuarta muestra: tomada después del construir el sistema de captación pluvial.

Fecha: 07 de septiembre del 2007.

Cuadro 7. Análisis fisicoquímicos y bacteriológicos finales del agua para consumo humano y uso doméstico

PARÁMETROS	AGUA CISTERNA	AGUA FILTRO UNIDADES
Coliformes totales	No detectable	No detectable NMP/mL
Coliformes fecales	No detectable	No detectable NMP/L
<i>Mesofílicos aerobios</i>	-	390* UFC/mL**
Dureza	1,92	1,92 mgCaCO ₃ /L
Fósforo total	> 0,130	> 0,130 mg/L
Nitratos	0,23	0,17 mg/L
Nitritos	0,026	0,033 mg/L
Sólidos disueltos totales	78,00	76,00 mg/L

*Límites permisibles NOM-201-SSA1-2002 NE - Coliformes Totales <1,1

*Límites permisibles NOM-041-SSA1-1993 100- Coliformes Totales No detectable

*Límites permisibles NOM-127-SSA1-1994 Coliformes Totales No detectable y Coliformes Fecales No detectable.

** UFC: unidades formadoras de colonias.

1.1.a Resultados de análisis físico-químico y bacteriológico antes de la ejecución del sistema de captación y reutilización del agua gris.

Fecha: 27 de abril del 2007



Universidad Autónoma de Querétaro Unidad de Servicios Químicos (USQ)

Santiago de Querétaro, Qro., Mayo 08, 2007.

INFORME DE RESULTADOS 144

CLIENTE: **MAHINDA MARTÍNEZ Y DÍAZ DE SALAS.**
 FECHA Y HORA DE MUESTREO: **Abril 27, 2007, 8:30 hrs.**
 LUGAR DE MUESTREO: **Microcucua La Soledad, Gto.**
 RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: **Abril 27, 2007.**
 TIPO DE MUESTRA: **Agua superficial.**
 MUESTRA TOMADA POR: **Cliente.**
 NO. DE FOLIO: **07ABR398.**

A continuación enviamos los resultados del análisis físico-químico de la muestra de agua superficial:

DETERMINACIÓN	RESULTADO	UNIDADES
Coliformes totales	> 2 400	NMP/mL
Coliformes fecales	210	NMP/mL
Dureza	248,26	mg CaCO ₃ /L
Fósforo Total	0,16	mg/L
Nitratos	< 0,1707	mg/L
Nitritos	0,0016	mg/L
Sólidos totales	365,20	mg/L

Métodos empleados:
 NOM-112-SSA1-1994. Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.
 NMX-AA-072-SCFI-2001. Análisis de agua.- Determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
 NMX-AA-029-SCFI-2001. Análisis de agua.- Determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
 NMX-AA-079-SCFI-2001. Análisis de agua.- Determinación de nitratos en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
 NMX-AA-099-SCFI-2001. Análisis de agua.- Determinación de nitritos en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
 NMX-AA-034-SCFI-2001. Análisis de agua.- Determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.

ATENTAMENTE
 'EDUCO EN LA VERDAD Y EN EL HONOR'

M.en C. YADIRA ORTEGA SILVA
 JEFE DE LABORATORIO

T. C. JOSUE MARTINEZ RMZ
 ANABISTA RESPONSABLE

PAS. Q. F. B. GISELA DÍAZ DONJUÁN
 ANALISTA RESPONSABLE

Cualquier aclaración respecto a los resultados favor de comunicarse dentro de los siguientes 5 días hábiles:

Página 1 de 1

Centro Universitario
 Cerro de las Campanas
 Santiago de Querétaro
 Qro., México C.P. 76010
 Tel. 01(442) 192 12 00
 Ext. 5517
 Tel y Fax 242 05 50

Este informe podrá ser reproducido parcial o totalmente sólo con la autorización de la USQ

1.2.a Resultados de análisis físico-químico después de la ejecución del sistema de captación de agua de lluvia.

Fecha: 7 de septiembre del 2007,



Universidad Autónoma de Querétaro
Unidad de Servicios Químicos (USQ)

Santiago de Querétaro, Qro., Septiembre 19, 2007.

INFORME DE RESULTADOS 305

CLIENTE: **MAHINDA MARTÍNEZ Y DÍAZ DE SALAS.**
FECHA Y HORA DE MUESTREO: **Cliente.**
LUGAR DE MUESTREO: **Microcuenca La Soledad, Gto.**
RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS: **Septiembre 10, 2007.**
TIPO DE MUESTRAS: **Agua superficial.**
MUESTRAS TOMADAS POR: **Cliente.**

A continuación enviamos los resultados del análisis fisicoquímico de la muestra de agua superficial:

DETERMINACIÓN	07SEP825 AGUA GRIS	07SEP826 AGUA CISTERNA	07SEP827 AGUA FILTRO	UNIDADES
Dureza	61,35	1,92	1,92	mg CaCO ₃ /L
Fósforo Total	11,93	< 0,130	< 0,130	mg/L
Nitratos	0,75	0,23	0,17	mg/L
Nitritos	0,022	0,026	0,033	mg/L
Sólidos disueltos totales	795,60	78,00	76,00	mg/L

< Menor que.

Métodos empleados:
 NMX-AA-072-SCFI-2001. Análisis de agua.- Determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
 NMX-AA-029-SCFI-2001. Análisis de agua.- Determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
 NMX-AA-079-SCFI-2001. Análisis de agua.- Determinación de nitratos en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
 NMX-AA-099-SCFI-2001. Análisis de agua.- Determinación de nitritos en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
 NMX-AA-034-SCFI-2001. Análisis de agua.- Determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.

ATENTAMENTE
"EDUCO EN LA VERDAD Y EN EL HONOR"

M. en C. YADIRA ORTEGA SILVA
JEFE DE LABORATORIO

T.L.C. MAHINDA MARTÍNEZ RMZ
ANALISTA RESPONSABLE

Cualquier aclaración respecto a los resultados favor de comunicarse dentro de los siguientes 5 días hábiles.

Centro Universitario
Cerro de las Campanas
Santiago de Querétaro
Qro., México C.P. 76010
Tel. 01(442) 152 12 00
Ext. 5517
Tel y Fax 242 05 50

Página 1 de 1

Este informe podrá ser reproducido parcial o totalmente sólo con la autorización de la USQ

1.3.a Resultados de análisis bacteriológico después de la ejecución del sistema de captación de agua de lluvia.

Fecha: 07 de septiembre del 2007.



Universidad Autónoma de Querétaro
Unidad de Servicios Químicos (USQ)

Santiago de Querétaro, Qro., Septiembre 14, 2007.

INFORME DE RESULTADOS 303

CLIENTE: **MAHINDA MARTÍNEZ Y DÍAZ DE SALAS.**
 FECHA Y HORA DE MUESTREO: **Septiembre 07, 2007, 8:30 hrs.**
 LUGAR DE MUESTREO: **Microcuenca La Soledad, Gto.**
 RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS: **Septiembre 07, 2007.**
 TIPO DE MUESTRAS: **Agua superficial.**
 MUESTRAS TOMADAS POR: **Cliente.**

A continuación enviamos los resultados del análisis bacteriológico de las muestras de agua de lluvia:

FOLIO	IDENTIFICACIÓN	COLIFORMES TOTALES NMP/ mL	COLIFORMES FECALES NMP/ mL
07SEP821	Agua de la cisterna	No detectable*	No detectable*

Límites permisibles NOM-127-SSA1-1994	No detectable	No detectable
---------------------------------------	---------------	---------------

No. DE FOLIO	IDENTIFICACIÓN	MESOFÍLICOS AEROBIOS UFC/mL	COLIFORMES TOTALES NMP/ mL
07SEP822	Agua del filtro	390	No detectable*

Límites permisibles NOM-201-SSA1-2002	NE	< 1,1
Límites permisibles NOM-041-SSA1-1993	100	No detectable

FOLIO	IDENTIFICACIÓN	COLIFORMES TOTALES NMP/ mL	COLIFORMES FECALES NMP/ mL
07SEP822	Agua gris	> 11	> 11

UFC: Unidades formadoras de colonias. NMP: número más probable. <: Menor que.

* El resultado corresponde a una combinación de tubos positivos 0-0-0 equivalente a < 0,03 NMP/100 mL de acuerdo a la técnica de número más probable.

Página 1 de 2

Centro Universitario
Cerro de las Campanas
Santiago de Querétaro
Qro., México C.P. 76010
Tel. 01(442) 192 12 00
Ext. 5517
Tel y Fax 242 05 50

Este informe podrá ser reproducido parcial o totalmente sólo con la autorización de la USQ

1.4.a Resultados de análisis físicos y químicos después de la ejecución del biofiltro para reutilización del agua de traspatio.



Universidad Autónoma de Querétaro
 Facultad de Química
 Unidad de Servicios Químicos (USQ)

Santiago de Querétaro, Qro., Febrero 12, 2008

INFORME DE RESULTADOS 032

CLIENTE: **MAHINDA MARTÍNEZ Y DÍAZ DE SALAS.**
 FECHA Y HORA DE MUESTREO: **Cliente.**
 LUGAR DE MUESTREO: **Cliente**
 RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS: **Febrero 01, 2008.**
 TIPO DE MUESTRAS: **Agua de Lluvia.**
 MUESTRAS TOMADAS POR: **Cliente.**

A continuación enviamos los resultados del análisis fisicoquímico de la muestra de agua superficial:

DETERMINACIÓN	08FEB101 AGUA FINAL DEL BIOFILTRO	UNIDADES
Dureza	222,18	mg CaCO ₃ /L
Fósforo Total	12.95	mg/L
Nitratos	1,76	mg/L
Nitritos	0.0496	mg/L
Sólidos disueltos totales	627,3	mg/L

Métodos empleados:
 NMX-AA-072-SCFI-2001. Análisis de agua.- Determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
 NMX-AA-029-SCFI-2001. Análisis de agua.- Determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
 NMX-AA-079-SCFI-2001. Análisis de agua.- Determinación de nitratos en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
 NMX-AA-099-SCFI-2001. Análisis de agua.- Determinación de nitritos en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
 NMX-AA-034-SCFI-2001. Análisis de agua.- Determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.

ATENTAMENTE
 "EDUCO EN LA VERDAD Y EN EL HONOR"

M. en C. YADIRA ORTEGA SILVA
 JEFE DE LABORATORIO

T.L.C. JOSUE MARTINEZ RMZ
 ANALISTA RESPONSABLE

Cualquier aclaración respecto a los resultados favor de comunicarse dentro de los siguientes 5 días hábiles.

Página 1 de 1

Centro Universitario,
 Cerro de las Campanas.
 Tel. y Fax: 01(442)192 1200
 Exts. 5517
 Tel y Fax: 242 0550

Este informe podrá ser reproducido parcial o totalmente sólo con la autorización de la USQ

ANEXO 2

2. MARCO JURÍDICO

2.1. NORMAS OFICIALES MEXICANAS

- a. *NOM-127-SSA1-1994*
- b. *NOM-201-SSA1-2002*
- c. *NOM-041-SSA1-1993*
- d. *NOM-181-SSA1-1998*
- e. *NOM-003-ECOL-1997*

a) **NOM-201-SSA1-2002**

NORMA Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2002, productos y servicios. Bienes y servicios. Agua y hielo para consumo humano envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.

Norma en estado vigente. Publicada en el Diario oficial de la Federación el 18 de octubre del 2002. Establece cumplir con la NOM -127-SSA1-1994 y suple a la NOM-041-SSA1-1993, NOM-042-SSA1-1993 y NOM-160-SSA1-1995. Esta Norma se encuentra incluida en el Programa Nacional de Normalización.

b) **NOM-127-SSA1-1994**

NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, salud ambiental, agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Publicada el 31 de mayo de 1994 en el Diario Oficial de la Federación.

Límites permisibles de calidad del agua

Límites permisibles de características bacteriológicas

El contenido de organismos resultante del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse a lo establecido en la Lista 1.

Bajo situaciones de emergencia, las autoridades competentes deben establecer los agentes biológicos nocivos a la salud a investigar.

LISTA 1

CARACTERISTICA LÍMITE PERMISIBLE

Organismos coliformes totales 2 NMP/100 ml

2 UFC/100 ml

Organismos coliformes fecales No detectable NMP/100 ml

Cero UFC/100 ml

Los resultados de los exámenes bacteriológicos se deben reportar en unidades de NMP/100 ml (número más probable por 100 ml), si se utiliza la técnica del número más probable o UFC/100 ml (unidades formadoras de colonias por 100 ml), si se utiliza la técnica de filtración por membrana.

Límites permisibles de características físicas y organolépticas

Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en la Lista 2. CARACTERISTICA LIMITE PERMISIBLE

LISTA 2

Color 20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.

Olor y sabor Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultados de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).

Turbiedad 5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.

Límites permisibles de características químicas

El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en la Lista 3. Los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad.

LISTA 3

CARACTERISTICA LIMITE PERMISIBLE

Aluminio 0.20

Arsénico 0.05

Bario 0.70

Cadmio 0.005

Cianuros (como CN-) 0.07

Cloro residual libre 0.2-1.50

Cloruros (como Cl-) 250.00

Cobre 2.00
Cromo total 0.05
Dureza total (como CaCO₃) 500.00
Fenoles o compuestos fenólicos 0.001
Fierro 0.30
Fluoruros (como F-) 1.50
Manganeso 0.15
Mercurio 0.001
Nitratos (como N) 10.00
Nitritos (como N) 0.05
Nitrógeno amoniacal (como N) 0.50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH 6.5-8.5
Plaguicidas en microgramos/l: Aldrín
y dieldrín (separados o combinados) 0.03
Clordano (total de isómeros) 0.30
DDT (total de isómeros) 1.00
Gamma-HCH (lindano) 2.00
Hexaclorobenceno 0.01
Heptacloro y epóxido de heptacloro 0.03
Metoxicloro 20.00
2,4 - D 50.00
Plomo 0.025
Sodio 200.00
Sólidos disueltos totales 1000.00
Sulfatos (como SO₄=) 400.00
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM) 0.50
Trihalometanos totales 0.20
Zinc 5.00

Los límites permisibles de metales se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos.

Límites permisibles de características radiactivas:

El contenido de constituyentes radiactivos deberá ajustarse a lo establecido en la Lista 4. Los límites se expresan en Bq/l (Becquerel por litro).

LISTA 4

CARACTERISTICA LIMITE PERMISIBLE

Radiactividad alfa global 0.1

Radiactividad beta global 1.0

c) **NOM-041-SSA1-1993**

Bienes y servicios. Agua purificada, especificaciones sanitarias.

d) **NOM-181-SSA1-1998**

Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Requisitos sanitarios que deben cumplir las sustancias germicidas para tratamiento de agua, de tipo doméstico. Requiere el cumplimiento de la NOM 127 SSA1 1994.

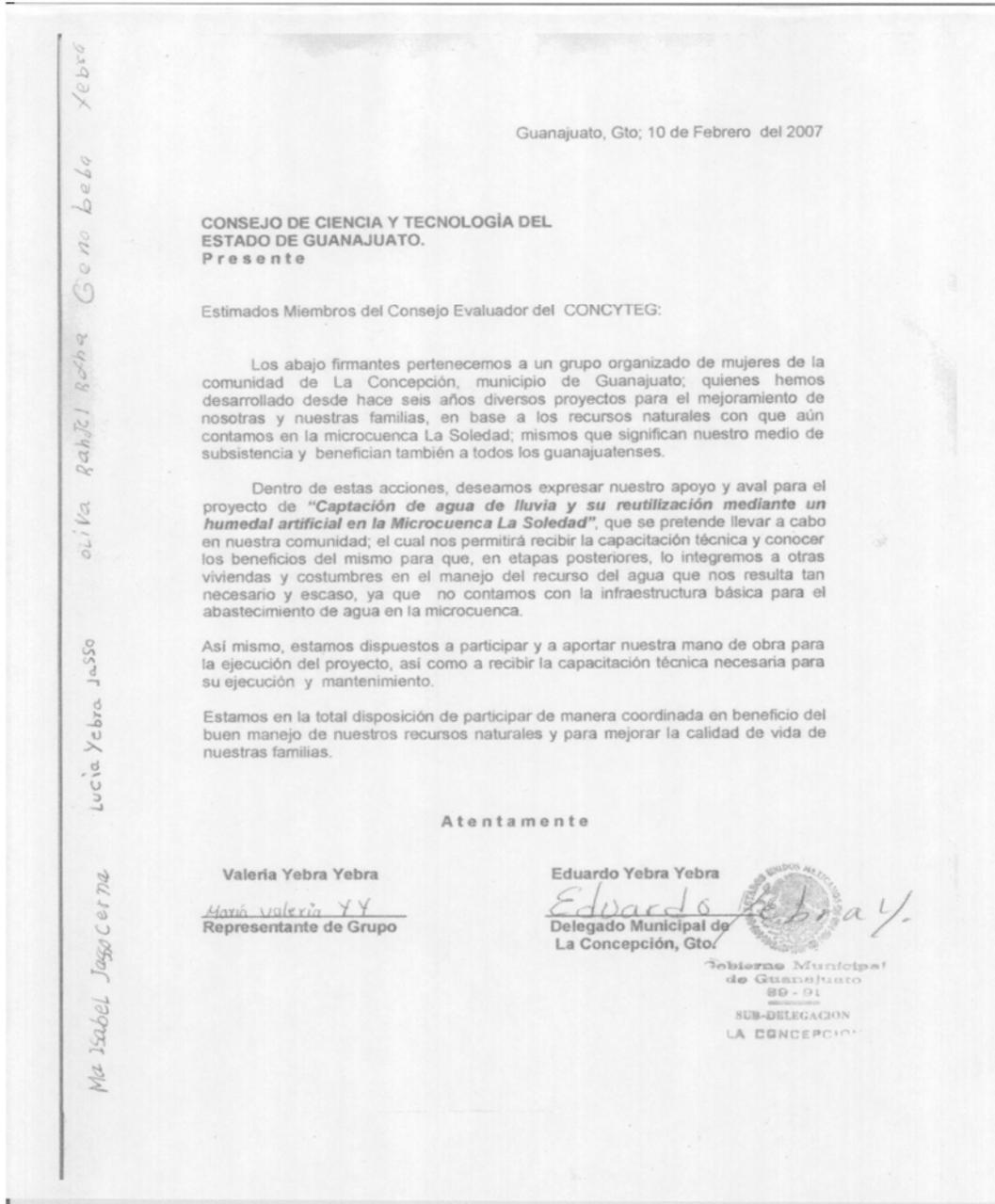
d) **NOM-003-ECOL-1997**

Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reutilicen en servicios al público.

El objetivo es proteger la salud de los usuarios de las aguas tratadas al medio ambiente por los efectos negativos ocasionados por los subproductos de tratamiento.

ANEXO 3

3.1 Gestión social e institucional: carta de aceptación del Grupo Organizado de Mujeres de la microcuenca Santa Ana, Guanajuato para proyecto ejecutivo.



3.2 Propuesta para solicitar el apoyo financiero al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Guanajuato. Convocatoria: “*Investigación e Innovación tecnológica de calidad de impacto económico y social*”

CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DEL ESTADO DE GUANAJUATO
Solicitud de Apoyo a Proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico.

1. CONCENTRADO DE LA INFORMACION

- 1.1. ¹FECHA DE RECEPCIÓN :
- 1.2. ¹PROGRAMA :
- 1.3. ¹PROYECTO GENERAL :
- 1.4. NOMBRE DEL PROYECTO : CAPTACIÓN PLUVIAL Y SU REUTILIZACIÓN MEDIANTE HUMEDALES ARTIFICIALES EN LA MICROCUENCA LA SOLEDAD, GUANAJUATO.
- 1.5. RESPONSABLE DEL PROYECTO : Dra. Mahinda Martínez y Díaz de Salas
- 1.6. INSTITUCION QUE PRESENTA EL PROYECTO : Universidad Autónoma de Querétaro
- 1.7. DISCIPLINA : Biología
- 1.8. ESPECIALIDAD : Botánica
- 1.9. DURACION DEL PROYECTO : 1 SEMESTRES.
- 1.10. COSTO TOTAL DEL PROYECTO : 68,000.00
- 1.11. MONTO SOLICITADO AL CONCYTEG : 60,000.00
- 1.12. OTRAS APORTACIONES AL PROYECTO : Comunidad 8,000.00

M. en C. RAÚL ITURRALDE OLVERA

(firma)

M. en A. Raúl Iturralde Olvera

Rector/Director o representante de la Institución

DRA. MAHINDA MARTÍNEZ Y DÍAZ DE SALAS

(firma)

Dra. Mahinda Martínez y D.

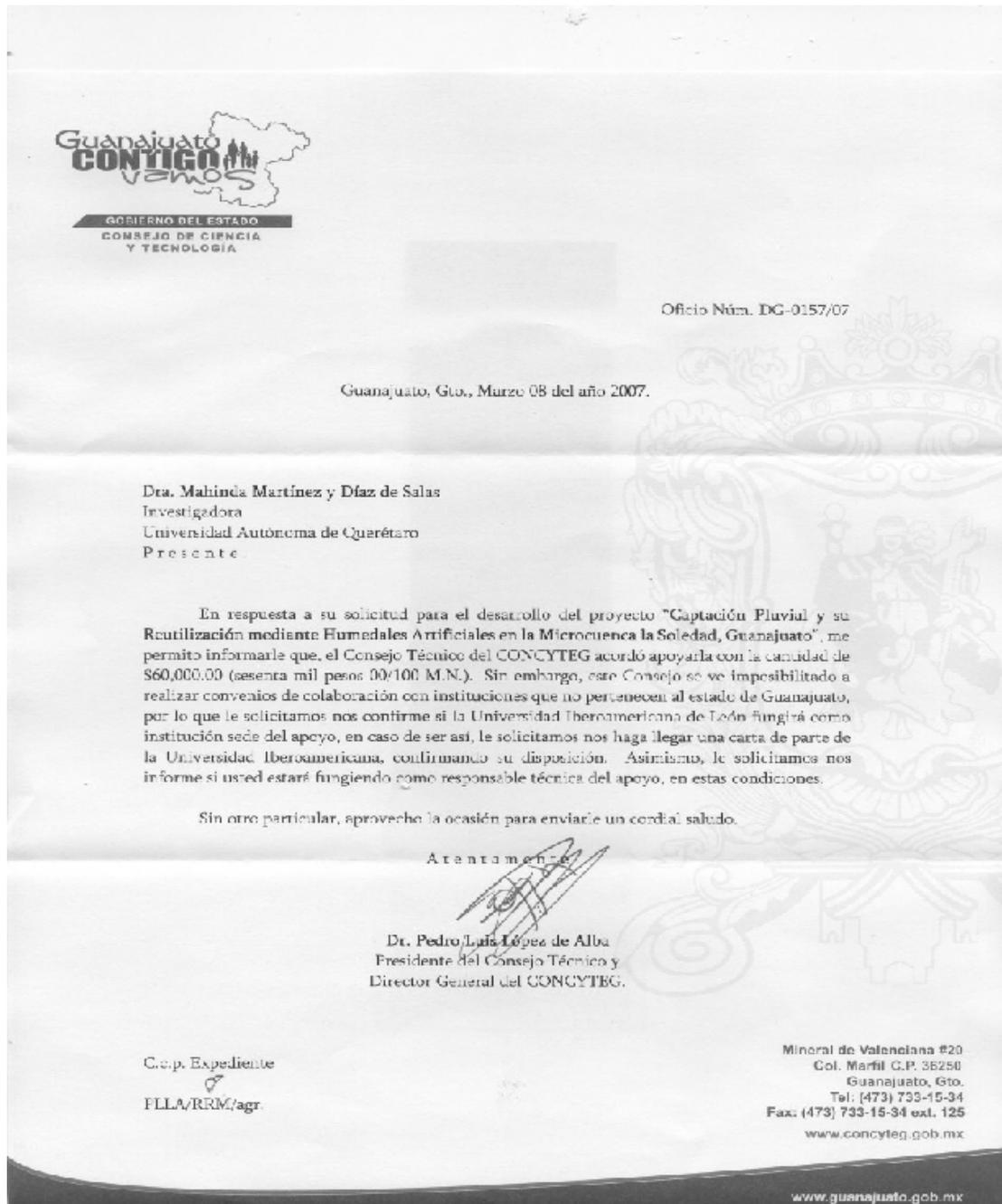
Responsable del Proyecto


RESPONSABLE DEL PROYECTO

Notas importantes :

- a) Los gastos del rubro de servicios generales deberán poder ser identificados en una revisión de aplicación de recursos.
- b) Todos los gastos del rubro de inversiones deberán ser detallados y justificados en su aplicación al proyecto.
- c) Para cada una de las metas, indique los montos indispensables de los rubros financieros correspondientes, para la realización del proyecto.

3.3 Carta de Aceptación y otorgamiento del apoyo financiero al proyecto, del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato.



LITERATURA CITADA

- Alain, L. 2001. Valoración Económica de los Humedales, Convención RAMSAR, México, p. 5
- Anaya, G., E. Sosa. 1997. IV Reunión nacional sobre sistemas de captación de agua de lluvia. Ed. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. México. p. 4
- Anaya, M., 2005. Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de lluvia en poblaciones marginadas, 1er. Simposio Internacional de Forrajes Tropicales en la producción animal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 19 al 22 de octubre.
- Anaya, M., M. Pacheco, J. J. Martínez, V. Ramírez. 2006. Primer Diplomado Internacional sobre Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia para Consumo Humano, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (COLPOS), Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento de Agua de Lluvia (CIDECALLI), UNCCD, PNUMA, IRHA. México. p.11
- Anaya, M., J. J. Martínez. 2006. Sistemas de captación, conducción, almacenamiento y tratamientos de agua de lluvia. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (COLPOS), Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento de Agua de Lluvia (CIDECALLI), UNCCD, PNUMA, IRHA. México. p. 18
- Boege, E. 2003. Protegiendo lo nuestro: manual para la gestión ambiental comunitaria, uso y conservación de la biodiversidad de los campesinos indígenas de América Latina y el Caribe. SEMARNAT, INI, PNUMA. México. p.28
- Caltzontzin, B., G. Martínez, L. M. Rivera. 2003. La vivienda campesina sustentable en el desarrollo comunitario. SEDESOL, CEDESA. México. p. 5
- Castelán, E. 2001. La participación de la sociedad civil y los gobiernos locales en el manejo de los recursos hídricos en México: La experiencia del estado de Guanajuato. Informe de investigación del centro del tercer mundo para el manejo del agua. México. p. 6
- CETENAL. 1973. Carta Edafológica F14C43; escala 1:50,000., Guanajuato, Guanajuato. México.
- Cortijo, A. 2004. Aplicación de tecnologías de bajo costo para depuración integral de agua residual en pequeños municipios de León y Castilla. Instituto de Medio Ambiente, Universidad de León. España. P. 17
- CNA, SEMARNAP. 1996. Programa hidráulico 1995-2000. Poder Ejecutivo Federal. México. p.20

- CNA. 1998. Los Consejos de Cuenca en México, Definiciones y Alcances. Comisión Nacional del Agua. México. p.6
- CNA.1999. Compendio Básico del Agua en México. Comisión Nacional del Agua. México. p.10
- Deffis, A. 1990. La Casa Ecológica Autosuficiente. Editorial Concepto. México, D.F. p.275
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Autónoma de México. Serie Libros Número 6. México, D.F. p. 90
- García, I., Merino, B., Silva, I. 1998. Promoción de la Salud. Organización Mundial de la Salud. Subdirección General de Epidemiología, Promoción y Educación para la Salud. Ginebra. p.28
- Holger, H. 2003. Manejo del agua en zonas áridas. Ed. Tierramor. (2ª. Ed.). México. p.25
- Humboldt Water Resources. 1999. Humedales artificiales para el tratamiento de aguas negras. Humboldt Water Resources. Canadá. p.13
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI.1998. Estadísticas del Medio Ambiente. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI. 2005. Estudio hidrológico del estado de Guanajuato. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. p. 21
- Lahora, A. 1998. Humedales controlados como tratamiento terciario de aguas residuales urbanas. Instituto de Estudios Almerienses, Universidad de Almería, Grupo Ecologista Mediterráneo. España. p. 47
- Lean, G., D. Hinrichsen. 1994. Atlas del Medio Ambiente. Harper Perennial. Nueva York. p.61
- Licerio, B. 2001. Diseño e implementación de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales en Ojo de Agua, Querétaro. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Querétaro. México. p.9
- Medina, R., P. Rivera, W. Wruck, A. Gómez, H. Cortés, D. Viramontes , G. Palma, Ma. D. Olvera, M.Yáñez, A. Aguayo, J.C. Pérez. 2003. Conservación y manejo participativo en microcuencas de la subcuenca La Purísima, Guanajuato. El manejo Integral de Cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. Cotler, H. compiladora. SEMARNAT, INE. México p.225

- OET, 2004. Programa de Ordenamiento Territorial del Estado de Guanajuato.
- Pérez, J. C. 2003. Manejo Integral de Microcuencas en la subcuenca Guanajuato, Guanajuato. El manejo Integral de Cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. Cotler, H. compiladora. SEMARNAT, INE. México. pp.248-249
- Reyna, R. 2006. Manual de Sistemas de Potabilización y Purificación del Agua de Lluvia. Grupo Quebec Water de México. México. p. 2
- Promoción Ecológica Campesina, A.C. (PROE). 2002. Sistema Único de Tratamiento y Rehúso de Agua, Nutriente y Energía (SUTRANE). Ed. COEA Institución Promotora de los Conjuntos Ecológicos Autosuficientes. México. Pp18-23
- Sarukhán, J., J. Larson. 2002. Cuando los bienes comunes son menos trágicos, dominios eminentes y privilegios comerciales en la valoración patrimonial del México rural. Instituto Nacional de Ecología (INE), Art. No. 67, revista Gaceta Ecológica. México p.7
- Seoáñez, M., 1998. Aguas residuales: tratamiento por humedales artificiales. Ed. Mundi Prensas. España. p19
- Shiklomanov, I. A., 1996. Evaluación de los recursos y agua disponible en el mundo. Informe del Secretario General a la quinta sesión de la Comisión de Desarrollo Sustentable de la ONU. State Hydrological Institute, San Petesburgo. Nueva York. p. 15
- Uriarte, M. A. 2002. Contribución al Estudio de Calidad de Agua de Lluvia. Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro. México. p.28
- Uruzquieta, A. 2006. Operación y Mantenimiento del Sistema de Captación del agua de Lluvia. México. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (COLPOS), Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento de Agua de Lluvia (CIDECALLI), UNCCD, PNUMA, IRHA. México. p.5
- Wruck; Gómez, Medina.1999. Microcuencas del estado de Guanajuato. División hidrológica; Memoria técnica del proyecto. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua IMTA- Morelos. México. p.113
- Zúñiga, I. 2006. Agua para el desarrollo como prioridad y como derecho. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA), revista Rumbo Rural, Año 1, Núm. 3, enero-abril 2006. México. p 12