



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS VERACRUZ POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**MODELO MULTI-CRITERIO PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL USO DE
AGUA DE LLUVIA: EL CASO DE LOS POBLADORES DE ANGOSTILLO,
PASO DE OVEJAS, VERACRUZ, MÉXICO**

JAVIER ANTONIO BENÍTEZ HERNÁNDEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ

2013

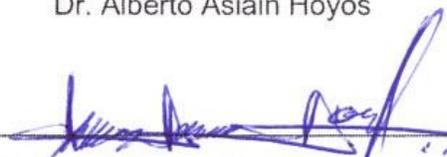
La presente tesis, titulada: **Modelo Multi-Criterio para la Toma de Decisiones en el Uso de Agua de Lluvia. El Caso de los Pobladores de Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz. México**, realizada por el alumno: **Javier Antonio Benítez Hernández**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
AGROECOSISTEMAS TRÓPICALES

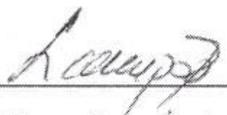
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 
Dr. Juan Lorenzo Reta Mendiola

ASESOR: 
Dr. Alberto Asiain Hoyos

ASESOR: 
Dr. Oliverio Hernández Romero

ASESOR: 
Dr. Octavio Ruiz Rosado

ASESOR: 
Dra. Liliana Campos Arriaga

Tepetates, Veracruz, México, 4 de Marzo de 2013.

MODELO MULTI-CRITERIO PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL USO DE AGUA
DE LLUVIA: EL CASO DE LOS POBLADORES DE ANGOSTILLO, PASO DE OVEJAS,
VERACRUZ. MÉXICO.

Javier Antonio Benítez Hernández, MC.

Colegio de Postgraduados, 2013

El presente trabajo se llevó a cabo en la localidad de Angostillo, Veracruz, México, donde las fuentes de abastecimiento de agua son de dudosa calidad y con insuficiencias que restringen el desarrollo rural. El objetivo es evaluar el agua de lluvia como fuente de abastecimiento convencional desde un enfoque sistémico estudiando aspectos sociales, técnicos, económicos, ambientales y normativos; la precipitación se concentra en los meses de julio-agosto (700-100 mm) la cual puede ser aprovechada para subsanar la escasez de los 8 meses restantes de periodo seco. El resultado fue un modelo multi-criterio que evidencia las ventajas y oportunidades de la lluvia en términos de calidad, cantidad, la legalidad, la infraestructura necesaria, la vulnerabilidad, la autonomía y la percepción del habitante. Este modelo fue utilizado como una herramienta para la toma de decisiones.

Palabras Clave: captación de agua de lluvia, multi-criterio, toma de decisiones.

A MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING MODEL FOR RAINWATER USE IN
ANGOSTILLO, PASO DE OVEJAS, VERACRUZ, MÉXICO

Javier Antonio Benítez Hernández, MC.

Colegio de Postgraduados, 2013

In Angostillo, Veracruz, Mexico, the questionable quality and insufficient quantity of water sources restrict rural development. Using a systemic perspective, the research objective was to evaluate the control and distribution of rainwater using social, technical, economic, environmental regulations. The precipitation that is concentrated during July-August (700-100 mm) can be harnessed to address the water shortage during the remaining eight months of the dry season. This study proposes a multi-criteria model of the advantages and opportunities for collecting rainwater in terms of its quality and quantity, and the societal legality, infrastructure, vulnerability, autonomy and perception of the residents. This model was used as a tool for decision-making.

Key Words: rainwater harvesting, multi-criteria, decision making.

DEDICATORIA

A Jorge Benítez y Juana Hernández, mis padres.

A los árboles, que de pie esperan los rayos del sol.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, paciencia, fuerza y valor.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para la realización de mis estudios de postgrado.

Al Colegio de Postgraduados Campus Veracruz por haber apoyado en la realización mis estudios de maestría.

Al Dr. Hugo Ernesto Flores López por impulsarme a realizar esta aspiración.

A los integrantes de mi consejo particular y a todos los docentes, por su apoyo y asesoría brindada.

Al Dr. Juan Lorenzo Reta Mendiola por su orientación, amistad y apoyo a lo largo de mi investigación y formación académica.

Al Dr. Alberto Asiain, por todas las enseñanzas y consejos.

Al Dr. Octavio Ruíz, por su paciencia y apoyo en todas las etapas del trabajo.

A la Dra. Liliana Campos, por compartir sus conocimientos de manera cordial y entusiasta.

Al Dr. Oliverio Hernández, por su disposición, apoyo y acertados consejos.

A mis padres y hermanos por el amor y apoyo en todas las etapas de mi vida.

A Viviana, por incorporarse a mi vida y apoyarme siempre.

A mis compañeros y amigos, por todos los momentos juntos.

A los habitantes de la localidad de Angostillo, por su confianza y apoyo en la etapa de campo.

A todos los que forma parte del Campus Veracruz.

Muchas gracias.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	HIPÓTESIS GENERAL.....	5
3.	OBJETIVO GENERAL.....	5
3.1.	Objetivos particulares.....	5
4.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
4.1.	El agua como recurso natural.....	6
4.2.	Escasez y sequía.....	7
4.3.	Calidad de agua.....	8
4.4.	Uso y captación de agua de lluvia.....	9
4.5.	Importancia y clasificación de los sistemas de captación de agua de lluvia.....	10
4.6.	Tipología, diseño y construcción de sistemas de captación de agua de lluvia.....	12
4.7.	Toma de decisiones.....	13
4.8.	Métodos y modelos para la toma de decisiones.....	14
4.9.	Métodos multi-criterio.....	16
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
5.1.	Sitio experimental.....	20
5.2.	Sistemas de captación de agua de lluvia en Angostillo.....	21
5.2.1.	Diseño e instalación de los sistemas de captación de agua de lluvia.....	22

5.3.	Modelo multi-criterio para la toma de decisiones sobre el uso de agua de lluvia.....	25
5.3.1.	Informantes clave.....	25
5.3.2.	Identificación de alternativas.....	25
5.3.3.	Determinación de criterios y evaluación.....	25
5.3.4.	Ponderación de criterios.....	27
5.3.5.	Matriz de valoración.....	28
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
6.1.	Sistema de captación de agua de lluvia.....	29
6.1.1.	Diseño de sistemas de captación de agua de lluvia.....	31
6.1.2.	Instalación de los sistemas de captación de agua de lluvia en Angostillo.....	32
6.2.	Modelo multi-criterio para la toma de decisiones.....	34
6.2.1.	Identificación de alternativas de abasto de agua.....	34
6.2.2.	Análisis de calidad de las fuentes de abastecimiento de agua.....	37
6.2.3.	Determinación de criterios y evaluación.....	39
6.2.4.	Ponderación de criterios.....	46
6.2.5.	Matriz de valoración.....	46
6.2.6.	Resultados de encuesta de percepción.....	53
7.	CONCLUSIONES.....	57
8.	LITERATURA CITADA.....	59
9.	ANEXOS.....	67

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Beneficios de captación y uso del agua de lluvia.....	10
Cuadro 2. Matriz de valoración.....	28
Cuadro 3. Análisis fisicoquímicos de las fuentes de abastecimiento de agua en Angostillo.....	38
Cuadro 4. Análisis microbiológicos de las fuentes de abastecimiento de agua en la localidad de Angostillo.....	39
Cuadro 5. Escala de valoración para el criterio de cantidad.....	40
Cuadro 6. Escala de valoración para el criterio de calidad.....	41
Cuadro 7. Escala de valoración para el criterio de costo.....	41
Cuadro 8. Escala de valoración para el criterio de legalidad.....	42
Cuadro 9. Escala de valoración para el criterio de infraestructura.....	43
Cuadro 10. Escala de valoración para el criterio de autonomía.....	44
Cuadro 11. Escala de valoración para el criterio de vulnerabilidad.....	45
Cuadro 12. Escala de valoración para el criterio de percepción.....	45
Cuadro 13. Resultados de encuesta de ponderación de criterios.....	46
Cuadro 14. Valores máximos de la matriz de valoración.....	47
Cuadro 15. Matriz de valoración de las fuentes de abastecimiento de agua en la localidad de Angostillo.....	49
Cuadro 16. Valor de las fuentes de abastecimiento de agua.....	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la comunidad de Agostillo, Veracruz.....	21
Figura 2. Localización de los sistemas de captación de agua de lluvia en Angostillo.....	22
Figura 3. Enfoque multi-criterio para el sistema de captación de agua de lluvia.....	29
Figura 4. Sistema de captación de agua de lluvia demostrativo.....	33
Figura 5. Sistema de captación de agua de lluvia de evaluación.....	34
Figura 6. Comparación de alternativas de abasto de agua en Angostillo...	50
Figura 7. Uso y consumo del agua de lluvia en Angostillo.....	53
Figura 8. Evaluación de percepción de los pobladores de Angostillo.....	56

LISTA DE ANEXOS

Figura A-1. Portada tríptico de captación de agua de lluvia.....	67
Figura A-2. Contraportada tríptico de captación de agua de lluvia.....	68
Figura A-3. Plano arquitectónico para el sistema de captación de agua de lluvia demostrativo.....	69
Figura A-4. Plano arquitectónico para el sistema de captación de agua de lluvia de evaluación.....	70
Figura A-5. Encuesta de legalidad, vulnerabilidad y percepción.....	71
Figura A-6. Resultados de encuesta de legalidad, vulnerabilidad y percepción.....	72
Figura A-7. Encuesta de legalidad, vulnerabilidad y percepción.....	82
Figura A-8. Resultados encuesta de ponderación.....	83

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural fundamental para la vida, la salud, el desarrollo social, cultural y económico de los seres humanos (Jiménez, 2002). La necesidad o petición de agua se denomina demanda; conforme exista un aumento de población, coexistirá un aumento a la demanda de agua; para la satisfacción de las de necesidades humanas, como alimento, uso doméstico, usos industriales, recreación, entre otras. Esta demanda es cada vez mayor y genera conflictos sociales por disposición de agua en cantidades suficientes y de manera oportuna.

El agua constituye un eje transversal en la vida del hombre, es decir hemos establecido con ella una relación tan compleja, extensa e intensa, que ya no nos damos cuenta de su importancia (SEMARNAT, 2011). Por lo que es urgente una reflexión para su uso, idear programas educativos que generen conciencia social, realizar modelos para la toma de decisiones y cambiar la actitud sobre el uso del agua. Actualmente existe la preocupación a nivel nacional, estatal, regional y local, por la mala calidad y baja disponibilidad de agua potable.

En la localidad de Angostillo, perteneciente al municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México, se tiene una situación problemática en cuanto al abasto de agua en determinadas épocas. El acceso al agua para uso doméstico y productivo se ha tornado inseguro. La precipitación media anual en el municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, es de 925 mm anuales con una distribución concentrada en los meses de julio a octubre, el resto del año, las lluvias son escasas y menores a 40 mm mensuales (CONAGUA, 1998).

En este territorio las actividades agropecuarias se desarrollan sujetas al temporal, el cual es errático, por lo que es difícil definir actividades productivas exitosas sujetas a esta condición limitante de productividad.

La población hace una serie de actividades como son el bombeo de agua del río y el acarreo de agua para abastecerse de este líquido, los aspectos de calidad y cantidad son dudosos según las recomendaciones y parámetros de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

La bomba de agua que abastece a esta población, es vulnerable debido a que se encuentra a la orilla del río Paso de Ovejas y sufre por inundaciones en los periodos de las avenidas de agua torrenciales y en ocasiones ha sido devastada, este fue el caso de la contingencia del huracán Karl que en el año 2010 destruyó la infraestructura y arrastró el equipo de bombeo. La localidad de Angostillo quedó sin abasto por más de tres meses, durante este periodo existieron apoyos de gobierno, se instaló una planta potabilizadora de agua portátil y se vendió agua transportada en pipas (camiones transportadores de agua con capacidades de 10,000 l), este fenómeno causó un bajo nivel de vida de la población, no siendo autónomos en el abasto de agua de calidad, no pudiendo disponer de agua para el uso doméstico de manera eficiente con sus respectivas consecuencias en salud y bienestar.

En tiempo regular de lluvia, el agua del río que abastece la localidad de Angostillo presenta un importante arrastre de suelo, cambiando visiblemente el color del agua por sólidos en suspensión, incrementando la turbidez del agua y alterando los parámetros de calidad para uso doméstico, en consecuencia las actividades domésticas y de

abrevadero se ven seriamente afectadas, ya que el agua no es apta para consumo, para aseo personal, higiene de utensilios domésticos y lavado de ropa, lo que incide en la calidad de vida de los habitantes de Angostillo. La temporada de lluvia que ocasiona esta condición se presenta en los meses de julio a octubre, meses en que la precipitación media anual es de 925 (CONAGUA, 1998), es decir, que la localidad sufre de abasto de agua de calidad, pero la precipitación pluvial sobre la población, paradójicamente presenta condiciones favorables de uso. Durante esta temporada se observan intentos de captación de agua de lluvia en la localidad, colocando recipientes bajo los aleros de los techos de las casas, propiciando un abasto incipiente y errático. El captar el agua de lluvia puede traer como consecuencia el abasto de agua de calidad durante los meses de lluvia (julio a octubre), y si el diseño de agua de lluvia y su plan de uso es el adecuado el periodo para disponer de agua de calidad puede ampliarse, en caso óptimo para todo el año. La propuesta del uso del agua de lluvia trae como consecuencia autonomía familiar para disponer de agua de calidad, evitar problemas de abasto por contingencias climáticas o por otros percances recurrentes como el robo de equipo de bombeo y cables de energía eléctrica debido al vandalismo existente en esta región.

El abasto de agua potable embotellada es suministrado por empresas que comercializan el agua a través de las tiendas de abarrotes de la localidad, su costo entre 12 y 21 pesos (garrafón de 19 L) y su distribución está sujeta a las condiciones de estas empresas, además que su calidad no está plenamente confirmada por los usuarios, quiénes desconocen el proceso de potabilización del agua que consumen. La recomendación de los servicios médicos locales es hervir el agua. Una alternativa a

esta situación es que el agua de lluvia puede ser potable a través de procesos sencillos domésticos, trayendo como consecuencia la autonomía en abasto.

Una de las ideas prevalecientes en la localidad de Angostillo es el uso de agua de pozo, se manifiesta que se han hecho intentos de abasto de agua extrayendo de los mantos freáticos profundos, sin tener resultados satisfactorios.

La opinión sobre el abasto y la calidad del agua en la localidad de Angostillo es diversa y se hace evidente la falta de criterios técnicos para la toma de decisiones que pueden llevar a la localidad a tener un buen estándar de abasto, pudiendo disponer de agua de calidad de manera continua y en cantidades suficientes. El análisis de esta problemática a través de un modelo de toma de decisiones multi-criterio puede ayudar a la localidad de Angostillo a utilizar el agua de lluvia como una fuente de abasto autónoma, eficiente y oportuna.

Debido a lo antes expuesto, la presente investigación propone la siguiente hipótesis y objetivos:

2. HIPÓTESIS GENERAL

En la localidad de Angostillo, el agua de lluvia presenta cualidades para ser considerada como fuente de abasto.

3. OBJETIVOS GENERAL

Valorar el agua de lluvia como fuente de abastecimiento en la localidad de Angostillo, mediante un modelo que considere aspectos sociales, técnicos, ambientales y normativos.

3.1. OBJETIVOS PARTICULARES

- Conocer cuáles son las fuentes de abastecimiento de agua de la comunidad.
- Conocer la viabilidad de un sistema de captación de agua de lluvia en la comunidad de Angostillo, municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México
- Conocer la viabilidad de un modelo multi-criterio para la toma de decisiones de los pobladores de Angostillo para el uso del agua.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. El agua como recurso natural

Un elemento al ser proporcionado por la naturaleza y disponible en un ecosistema se le denomina recurso natural, frecuentemente éstos son aprovechados por el hombre para satisfacer sus necesidades. El agua de la tierra cubre más del 70% de la superficie del planeta, de ésta el 97.1% se encuentra en los océanos y es salada; el 2.9% es agua dulce, y la mayor parte, 2.24% se encuentra en los glaciares; 0.02% en la atmósfera como vapor de agua, solo el 0.01% se presenta como agua superficial y subterránea en lagos, lagunas y otros humedales, ríos, en la atmósfera, en el suelo y en los seres vivos (Montané, 2012).

El agua es un recurso indispensable y fundamental para los seres vivos, especialmente para los humanos, éste constituye el recurso más importante en la tierra, estando presente en mares y océanos, en aguas superficiales y aguas subterráneas (Torres-Vega, 2009), siendo el agua dulce esencial para la vida, la salud, el desarrollo social, cultural y económico de los seres humanos (Jiménez, 2002). A su vez es un recurso escaso que lo hace cada vez más valioso económicamente (Solanes y Dourojeanni, 1995).

En México, instituciones como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2011) mencionan al agua como eje transversal en la vida del hombre, el cual establece relaciones complejas, extensas e intensas, de tal forma que pareciera no darse cuenta de la importancia de este vital líquido, por su actitud hacia él en regiones en donde aún su presencia es abundante. En México existen contrastes en cuanto a la

disponibilidad de agua debido a las características topográficas y geográficas, haciendo la disponibilidad variada entre las 37 Regiones hidrológico-administrativas (CNA, 2004).

Para que los grupos humanos y los ecosistemas puedan prosperar, el agua debe considerarse limpia y debe alcanzar para todos (Bokova, 2010). Por lo tanto, será un desafío para los gobiernos garantizar el suministro de agua potable para la población en el futuro (Enedir, 2006).

Existen innumerables ideologías sobre el agua como recurso natural, que van desde apreciaciones antropocentristas, hasta comentarios pertinentes sobre la importancia del agua en los procesos civilizatorios, sin embargo, resulta necesario para proporcionar un valor al agua como recurso natural, así como darle un valor social y no solo privado.

4.2. Escasez y sequía

Sequía se describe como un periodo seco y relativamente largo de tiempo. Las sequías están relacionadas con la reducción en la cantidad de precipitación recibida durante un periodo prolongado de tiempo, tal como una temporada o un año (Mishra y Singh, 2010).

En un sentido tradicional Iguíñiz (2012), menciona escasez como una carencia de algo (bien o servicio), que sufren las personas, en algún lugar y momento determinado.

El uso indiscriminado del agua en las actividades antropogénicas, el consumo excesivo, la falta de cultura en cuanto al cuidado de la misma y la falta de acción de reciclaje de este vital líquido, lleva a disminuir la cantidad y la calidad de agua en los mantos

freáticos; produciendo una escasez de agua que hoy en día es uno de los principales problemas que limitan las condiciones de vida humana.

El desarrollo urbano y la creciente demanda del agua aumentan la presión sobre los recursos hídricos existentes (Villareal y Dixon, 2005), que son posibles causas para que el consumo de agua esté lejos de ser sostenible (Sazakli *et al*; 2007).

El aumento al sector energético e industrial, el crecimiento poblacional y la expansión de la agricultura (Misrhra y SIng, 2010); el desarrollo urbano las actividades humanas, la industrialización (Sazakli *et al*; 2007); y otros inconvenientes como la reducción de los depósitos de agua o problemas de calidad de agua también son ligados al aumento de escasez de agua.

En la actualidad existe una preocupación por la seguridad y distribución del agua, medios de comunicación y medios de divulgación, muestran acontecimientos poco alentadores en el tema.

4.3. Calidad de agua

La calidad de agua es importante para el uso de la misma. La norma NOM-127-SSA1-1994 establece los máximos permisibles de calidad para consumo humano, éstos dependen de sus características bacteriológicas (organismos coliformes fecales y organismos coliformes totales), características físicas y organolépticas (color, olor y sabor, y turbiedad), características químicas (aluminio, arsénico, bario, cadmio, cianuros, cloro residual, cloruros, cobre, cromo, dureza total, fenoles, fierro, fluoruros, manganeso, mercurio, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal, pH, entre otros) y

características radioactivas (radiactividad global alfa y beta) (Secretaria de Salud, 2012).

Cabe mencionar que en México aún no se cuenta con una normativa relacionada con la calidad del agua de lluvia, se puede tomar en cuenta la normativa de acuerdo al uso que se le dé pero sería conveniente contar con algunas recomendaciones o lineamientos que permitieran regular la calidad del agua de lluvia.

4.4. Uso y captación de agua de lluvia

Las fuentes de abastecimiento de agua se definen como los sitios de los cuales se toma agua para suministros en un sistema de distribución (CNA, 2009). Éstas son clasificadas en aguas subterráneas (pozos y manantiales), aguas superficiales (ríos, arroyos y lagos) y agua de lluvia.

Conforme la situación que requiere el país para su abastecimiento de agua, es indispensable el aprovechamiento de todas las fuentes de abastecimiento, ahora la atención se centra en alternativas como la captación de agua de lluvia (Villarreal y Dixon, 2005). Siendo una alternativa prometedora para el suministro de agua dulce en frente la creciente escasez y creciente demanda (Sazakli *et al*, 2007). Además de ser una opción de bajo costo que efectivamente aumenta la disponibilidad de agua (CEPIS, 2011).

Captación de agua de lluvia consiste en la captura, desvío y almacenaje de agua de lluvia para su uso (De La Cruz, 2011) y beneficio (Bocek, 2004). Permitiendo el abastecimiento de agua en cantidad y calidad para poblaciones (rurales o urbanas) que sufren la carencia de este vital liquido (Anaya *et al.*, 2007).

4.5. Importancia y clasificación de los sistemas de captación de agua de lluvia

Al coleccionar el agua, canalizarla y almacenarla, los sistemas de captación de agua de lluvia son una estrategia importante para aumentar la productividad en sistemas de producción en zonas áridas y semiáridas (Euzen y Morehouse, 2011) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Beneficios de captación y uso del agua lluvia.

Económicos	Medio Ambientales	Sociales
Sistema independiente, ideal para comunidades dispersas	Alta calidad del agua obtenida	Reduce el uso de agua potable en actividades no potables (inodoro, riego)
No requiere energía para la operación	Conservación de reservas de agua superficiales y subterráneas	Utilización de materiales y mano de obra local
Fácil manejo y mantenimiento	Se quitan posibilidades de que sea recargado el acuífero	

Elaboración propia. Fuente Revista Día V. (2005).

Estudios realizados muestran los sistemas de captación de agua de lluvia como alternativas para consumo humano a nivel familiar y a nivel comunidad (Phillips *et al.*, 2004). La mayoría de los trabajos referentes al tema son principalmente en Medio Oriente, Australia, África e India. En México, las principales actividades relacionadas con la captación de agua de lluvia están en la parte norte del país (FAO, 1990), ya que en estas regiones padecen de constantes problemas de escasez de agua.

Para un futuro urbano sostenible, la sociedad debe avanzar hacia el objetivo del eficiente y apropiado uso de agua, la cosecha de agua de lluvia desempeña un papel

importante en esta tarea (Abdulla y Al-Shareef, 2009), además, está puede ser una alternativa para el problema de escasez de calidad de agua (Sazakli *et al*, 2007).

Los métodos de cosecha de escorrentía superficial están divididos en dos categorías; Micro-cuenca de cosecha de agua y cosecha de agua de escorrentía agrícola (Boers y Ben-Asher, 1982). El primero consiste en la captación (colecta) de escorrentías superficiales de área inferior a 100 m² y almacenándola para su uso consuntivo en la zona de raíces adyacentes, y la segunda definida como el método de recolección de escorrentía superficial de un área de influencia, utilizando canales, presas o sistemas de desviación, almacenándola en un embalse o zona radicular de la superficie cultivada para uso consuntivo directo. MCWH y RFWH por sus siglas en ingles.

Desde tiempos ancestrales han existido diversas formas de captación de agua de lluvia, estas estudiadas científicamente e implementadas como parte del desarrollo rural (FAO, 1990), las cuales pueden ser clasificadas en tres categorías básicas: microcaptaciones o captación dentro del sistemas, sistemas de captación externa y sistemas de inundación, derivación y distribución.

Moges *et al.* (2011) sugieren sistemas de captación de agua de lluvia ex-situ, como alternativa para asegurar cosechas donde la precipitación es insuficiente para un cultivo, estos poseen el potencial para aumentar la producción agrícola.

En la captación de agua de lluvia con fines domésticos, se acostumbra utilizar la superficie del techo de la casa como área de captación, conociéndose a este método como sistemas de captación de agua pluvial en techos (CEPIS, 2011).

La probabilidad de que un sistema de cosecha de agua pluvial funcione bien o sea segura está determinada por la relación entre el régimen de precipitación local, el volumen del tanque, el área de captación y la magnitud y distribución temporal en función de la demanda (Basinger *et al*, 2010). El aspecto más atractivo de la cosecha de agua de lluvia es el bajo costo de los materiales del sistema, la accesibilidad y el fácil mantenimiento a nivel doméstico (Abdulla y Shareef, 2009).

4.6. Tipología, diseño y construcción de sistemas de captación de agua lluvia

Los componentes de un sistema de captación de agua de lluvia dependen principalmente del objetivo de uso del agua y las características de la región donde se instalará. A continuación se muestran algunos componentes básicos según Kinkade-Levario (2007).

- Zona de captación: es la superficie sobre la que cae la lluvia, puede ser un techo o pavimento y puede incluir zonas de jardines.
- Transporte: son los canales o tuberías que transportan el agua del área de captación hasta el lugar de almacenamiento.
- Lavado de techo: los sistemas que filtran y eliminan los contaminantes y escombros.
- Almacenamiento: cisternas o tanques donde el agua de lluvia es recogida y almacenada.
- Distribución: el sistema que transporta el agua de lluvia, ya sea por gravedad o por bombeo.

- Purificación: incluye la filtración, destilación y filtro para la desinfección del agua recogida.

4.7. Toma de decisiones

A lo largo de la vida, todo ser humano se encuentra con distintos escenarios donde es necesario tomar decisiones, algunas veces innumerables las alternativas, opciones o soluciones, entre las que se debe decidir, de tal forma, quien toma la decisión debe seleccionar la que a su juicio le parezca la mejor, pero ¿Qué es una decisión? ¿Qué es decidir? ¿Qué es una alternativa? ¿Qué es un decisor? Y ¿Qué es eficacia?

Esta sección consiste en responder esas preguntas, partiendo de la definición de “Decisión” de esta manera conocer cuáles son los elementos que interactúan en ella y poder distinguir entre decisiones correctas o erróneas.

Etimológicamente “decidir” proviene del latín *decidere* que significa, cortar (Corominas, 1961). El diccionario de la Real Academia Española (2012) define “decidir” como cortar la dificultad, formar juicio definitivo sobre algo dudoso. La definición de alternativa es la opción entre dos o más cosas.

Dado el conjunto de alternativas de acción, llamamos “eficacia” al grado en que una alternativa es: operativa, efectiva, valida y óptima. La acción en la que es más eficaz; esto es, en la que es más operativa, más efectiva y más valida (Bastons, 2004).

Se considera “decisor” al individuo o conjunto de individuos que tienen la responsabilidad de tomar la decisión (García, 2009).

La toma de decisiones es un proceso de pensamiento que ocupa toda la actividad que tiene por fin solucionar un problema (Gigch, 1987). Durante la cual una persona debe escoger entre dos o más alternativas (B-Mary, 2009), proceso que consiste en identificar y seleccionar la alternativa más adecuada para la solución del problemas específico (Corona, 2009).

Son diferentes las áreas que aplican la toma de decisiones como herramienta de trabajo, investigación o incluso estilo de vida.

Para identificar una decisión correcta, López-Jurado (2010) expresa que las decisiones son correctas si no nos invalidan para ir alcanzando satisfacciones cada vez más profundas, si poco a poco el sujeto que las toma va interiorizando el valor de la realidad que más satisfacción le va a producir, ahora y en el futuro.

4.8. Métodos y modelos para la toma de decisiones

Un modelo, es una abstracción de la realidad que captura la esencia funcional del sistema, con el detalle suficiente como para que pueda utilizarse en investigación y experimentación en lugar del sistema real, con menos riesgo, tiempo y costo. En la medida en que un modelo particular es un presentación apropiada del sistema, pueda ser una ayuda muy valiosa para el análisis de políticas, toma de decisiones y la resolución de problemas (Drew, 1995).

Un modelo de decisión abarca un procedimiento de evaluación que ayuda al planificador y al analista a hacer una selección (Gigch, 1987), estos explican por qué y cómo se toma una decisión, predice aproximadamente el resultado de ella y eventualmente, es atractivo para quienes lo conocen y utilizan (Yacuzzi, 2007).

Los modelos son constructos diseñados por un observador que persigue identificar y medir relaciones sistémicas complejas. La decisión en un punto depende tanto de los objetivos del moderador como de su capacidad para distinguir las relaciones relevantes con la relación a tales objetivos (Cathalifaud y Osorio, 2006).

Según Gigch (1987) un decisor o autor de decisiones encuentra diferentes modelos:

- Modelos de intercambio; proporcionan métodos por los cuales pueden compararse y evaluarse situaciones de medios y fines.
- Modelos de decisión de objetivo único y múltiple o de atributos; los cuales pueden evaluarse y clasificarse la selección de alternativas complejas.
- Modelos de optimización; abarca la formulación de sistemas totales para lograr un objetivo óptimo local.
- Modelos de juicio o evaluación; los cuales se integran indicadores e información en juicios globales o compuestos.
- Modelos de sistemas de investigación o modelos epistemológicos; que describen cómo puede validarse la verdad en un contexto de un método de razonamiento particular.
- Modelos de diagnóstico; que describen procedimientos de investigación sistémica en los casos de un funcionamiento defectuoso de los sistemas.

Los modelos son caracterizados de acuerdo por el número de objetivos o criterios que se usan para evaluar las diferentes alternativas, de acuerdo a esta clasificación los modelos pueden poseer un solo objetivo y ser de objetivo único o contener varios

objetivos y ser de objetivos múltiples. Por extensión los modelos de objetivos múltiples también se llaman modelos de atributos múltiples o de criterio múltiple.

4.9. Métodos multi-criterio

El análisis multi-criterio (AMC) es un enfoque frecuente a los problemas que involucran a múltiples dimensiones o criterios, siendo un enfoque robusto que presenta una amplia variedad de aplicaciones. Reichert *et al.*, (2007) mencionan que dicho análisis ofrecen un entorno analítico donde múltiples metas, objetivos y perspectivas que logran acomodarse y analizar en conjunto y de manera integral (Mendoza y Prabhu, 2005).

Los modelos para la toma de decisiones o MCDM por sus siglas en inglés, son un marco estructurado para el análisis de problemas de decisión, caracterizado por la complejidad en múltiples objetivos (Nijkamp *et al.*, 1990). Los MCDM se utilizan para identificar ventajas y desventajas, beneficios colaterales, soluciones de problemas complejos y políticas de planificación (Romero, 1999). Este modelo es un enfoque prometedor para el manejo de la complejidad (Mendoza y Martins, 2006). Anada y Herath (2009) mencionan en su artículo haber encontrado autores que definen este proceso dividido en etapas; definición los objetivos, especificación de alternativas, transformación de las escalas de criterio en unidades conmensurables, asignación ponderada a criterios respecto su importancia relativa, selección y aplicación de un algoritmo matemático para el ranking de alternativas y elección de alternativa.

Los MCDA se han desarrollado para permitir el análisis de situaciones de decisión con múltiples criterios, estos se utilizan típicamente para tratar con planificación situaciones en las que uno tiene que evaluar de manera integral diferentes alternativas de decisión,

además por la multiplicidad de los criterios de decisión resulta complicado para su comparación (Kangas y Kangas, 2005).

Hajkowicz *et al.* (2000), clasifican los MCDM en dos agrupaciones denominados continuo y discretos, los métodos continuos apuntan a identificar una cantidad óptima que pueden variar infinitamente en un problema de decisión, los métodos discretos se definen como apoyo a la toma de decisiones donde existe un número finito de alternativas, así como objetivos definidos y criterios calificados de acuerdo a las alternativas. Los métodos discretos pueden ser subdivididos en métodos de ponderación y métodos de clasificación (Nijkamp *et al.*, 1990), ambas categorías pueden subdividirse en métodos cualitativos, cuantitativos y mixtos (Hajkowicz *et al.*, 2000). Donde los métodos cualitativos requieren los datos expresados en mediciones cardinales o de relación, métodos cualitativos y mixtos aplican diferentes reglas de decisión basada en el tipo de datos disponibles (Anada y Herath, 2009).

Para Belton y Stewart (2002) los MCDA son definidos como un término general para describir un conjunto de planteamientos formales que tratan de tener explícitamente en cuenta múltiples criterios para ayudar a las personas o grupos para explorar las decisiones que importan.

Fernández (2010) menciona algunas ventajas y limitantes del análisis multi-criterio:

Ventajas

- Encontrar una solución en situaciones complejas, la principal ventaja del análisis multi-criterio en su totalidad para simplificar situaciones complejas, integrando en la valoración la totalidad de información.

- Un método comprensible, aunque las herramientas matemáticas empleadas para tratar la información puede ser compleja, las bases sobre las que se realiza la selección de los criterios y la puntuación de los resultados son a menudo muy sencillas, comprensibles y determinadas por el grupo que conduce el análisis.
- Un método racional, reconociendo que el estudio es homogéneo y simultáneo de un gran número de factores este método permite también una valoración estable de diferentes elementos incluidos en el análisis, permitiendo el razonamiento del proceso y conduce a decidir.
- Es una herramienta de negociación útil en discusiones complejas, la claridad del método contribuye a relajar el debate y aumentar y desarrollar la comunicación entre los actores.

Desventajas

- Dificultad de las decisiones. seleccionar las acciones o alternativas a estudiar, definir los criterios de comparación y elaborar las tablas de puntuación puede ser un proceso tedioso.
- Disponibilidad de los datos. En determinadas situaciones la falta de datos fiables en el plazo necesario para establecer y validar los métodos puede ser un problema.
- Factor tiempo. La duración de la ejecución y el costo es a menudo un factor que limita la evaluación, los análisis multi-criterio suelen basarse en procesos prolongados e iterativos que pueden requerir un importante y largo periodo de negociación en el contexto de la evaluación por lo que podría ser un problema.

- **Tecnicidad del método.** Es evidente que este tipo de análisis conlleva cierto grado de tecnicidad, los conceptos y métodos matemáticos de agregación de datos requieren la cualificación adecuada de lo contrario se puede dirigir el análisis de forma confusa y llegarse a conclusiones erróneas.
- **Dimensión subjetiva del análisis.** Aunque el análisis multi-criterio racionaliza el enfoque de problemas complejos incluyendo datos objetivos y subjetivos, es cierto que puede ser considerado como método subjetivo por sus detractores.

En conclusión, los modelos multi-criterio permiten simplificar problemas como escasez de agua, otorgando valores a alternativas como el agua de lluvia para el caso particular. Por lo tanto el presente trabajo elaboró un modelo con estas características.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó mediante un enfoque de investigación inductivo-deductivo, inicia bajo observaciones individuales, a partir de las cuales se plantean generalizaciones, que son reforzadas si se confirman o debilitadas si se fracasa (Salas, 2003). Dicho procedimiento estuvo dividido en 2 secciones: 1) instalación de sistema de captación de agua de lluvia; 2) construcción de modelo multi-criterio para la toma de decisiones sobre el uso del agua de lluvia.

Además se realizó un tríptico como medio gráfico para sensibilizar a los pobladores sobre los beneficios de coleccionar y usar el agua de lluvia, como apoyo para la etapa 2 (Anexo 1).

5.1. Sitio experimental

El estudio se realizó en la comunidad de Angostillo, la cual pertenece al municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. Ubicada geográficamente a 19°13' 0" latitud norte y 96° 32' 0" longitud oeste, a 260 msnm, posee un clima Aw0 (w) (García, 1981), (Figura 1).



Figura 1. Localización de la comunidad de Angostillo, Veracruz.

5.2. Sistemas de captación de agua de lluvia en Angostillo

En el mes de junio de 2012 se instalaron dos sistemas de captación de agua de lluvia llamados: I.- Demostrativo y II.- De evaluación, con el objetivo de que fueran observados, valorados y adoptados en la comunidad. Los hogares seleccionados para la instalación se seleccionaron de acuerdo a su ubicación (Figura 2).



Figura 2. Localización de sistemas de captación de agua de lluvia en Angostillo.

5.2.1. Diseño e instalación de los sistemas de captación de agua de lluvia

Es la primera vez que se documenta mediante un levantamiento arquitectónico, la tipología de vivienda de la comunidad y su sistema constructivo. Por lo que, para establecer las bases para el diseño de los sistemas de captación de agua de lluvia se realizó el levantamiento arquitectónico en los hogares donde se realizó la instalación, la metodología fue de la siguiente manera:

1. Un dibujo a mano alzada de las casas a representar, en donde se colocaron los puntos y líneas relevantes.
2. Toma de datos, con ayuda de un flexómetro de cinta metálica se midieron todos los puntos de los hogares.
3. Croquis, para referenciar las casas y su orientación.
4. Utilizando el programa AutoCAD 2010 © se elaboraron los planos arquitectónicos (plantas arquitectónica, cortes, fachadas y detalles constructivos).

El diseño de los sistemas de captación de agua de lluvia se realizó en base al manual del participante del XIII DIPLOMADO INTERNACIONAL “Sistemas de captación de agua de lluvia para consumo humano, producción en traspatio, ambientes controlados, agricultura de temporal y recarga de acuíferos” del Dr. Manuel Anaya (2011).

Se realizaron los cálculos para conocer la Precipitación Neta (PN) de acuerdo a Anaya (2011), está se define como la cantidad de agua de lluvia que queda a disposición del sistema de captación de agua de lluvia de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$PN = P * N$$

$$N = Ce * Cp$$

En donde:

PN = precipitación neta (mm)

P = precipitación (mm)

N= eficiencia de captación del agua de lluvia

Ce =Coeficiente de escurrimiento: con un tipo de captación de hojas de metal acanaladas equivale a 0.7- 0.9.

Cp = coeficiente de captación es igual a 0.85.

Para determinar la capacidad de captación se aplica la siguiente ecuación de Anaya (2011).

$$D \text{ anual} = Aec \left(\sum_{j=1}^n PN \right) \dots (ec. 5.8)$$

En donde:

A_{ec} = Área efectiva de captación (m^2)

D_{anual} = Demanda anual (m^3)

PN = Precipitación Neta (m)

$j...n$ = mese cuya precipitación media es ≥ 40 mm

- El área de captación que se utilizó para los sistemas de captación fue la superficie utilizable de la cubierta de las casas sobre la cual cae la lluvia.
- El sistema de conducción del agua de lluvia demostrativo fue con materiales prefabricados, canaletas de PVC de 3 m de largo (Canalón Bco. Tradicional MO573), rejillas (Rejillas Plus Blanco. Sistema tradicional) bajantes (Bajante Bco. Tradicional MO593), codos (Codo A. Sistema tradicional), todos estos materiales marca Home Depot © seleccionados por ser accesibles, es decir la facilidad de encontrarlos en cerca de la comunidad. Para el sistema de evaluación se utilizó una lámina de zinc como canaleta, se construyó un cono de aluminio donde se acumula en agua de lluvia y para la conducción se utilizó tubo de PVC de 4 ´´.
- Sistema de almacenamiento, para el sistema demostrativo se utilizó un depósito de agua con estructura de aluminio (también llamado portátil) con capacidad de 1000 l y para el sistema de evaluación se utilizó una cisterna Rotoplas© con capacidad de 10 000 l.

Además se colectaron datos de precipitación del año 2011 y 2012 en la comunidad con una estación meteorológica automática (Davis Vantage Pro2) instalada en la localidad por la Subdirección de Vinculación del Colegio de Postgraduados.

5.3. Modelo multi-criterio para la toma de decisiones sobre el uso del agua de lluvia

Con base en la información derivada en la etapa de instalación del sistema de captación de agua de lluvia en Angostillo y se realizó la segunda etapa de la investigación.

5.3.1. Informantes clave

Para recabar la información pertinente en la comunidad de Angostillo (Municipio de Paso de Ovejas), se identificó a los integrantes que participan en la toma de decisiones locales, académicos y estudiantes que están estrechamente ligados el mismo objetivo de progreso comunitario y otros representantes significativos.

5.3.2. Identificación de alternativas

La cantidad de alternativas (A) o fuentes de abastecimientos de agua se identificaron realizando una caracterización en la localidad, dicho proceso se completó con entrevistas abiertas a los informantes clave.

5.3.3. Determinación de criterios y evaluación

Se llevó acabo un sondeo, una revisión bibliográfica y se consideró la opinión de los informantes clave para conocer los principales criterios (c) que intervienen en: 1.El uso de fuentes de abastecimiento de agua en América Latina y países con problemas de escasez de agua en el resto del mundo y 2. La utilización de agua de lluvia para comunidades rurales. Por lo tanto se evaluaron en base a aspectos económicos, políticos, técnicos, ambientales y sociales. A continuación se presentan los criterios más relevantes, su definición y el método de evaluación correspondiente:

- Calidad. Definido como los requerimientos mínimos para que la fuente de abastecimiento de agua sea útil para uso y consumo humano. Determinado de acuerdo a la norma NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano, que establece los límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización (nitratos, nitritos, amonio, dureza total, solidos disueltos, cloruros, turbidez, coliformes totales y *E. col.*), las pruebas de calidad se realizaron de acuerdo a las metodologías empleadas en el laboratorio del Instituto Tecnológico de Boca del Río, Veracruz.
- Cantidad. Definida como la capacidad de garantizar el abastecimiento de agua en la comunidad. Determinada por las recomendaciones de la UNESCO en diferentes usos (inodoro, regadera, lavar, cocina, preparación de alimentos y varios).
- Costo. Definido como el gasto económico en forma unitaria que paga el usuario por el agua. Determinado por el precio en pesos mexicanos para el costo para cada fuente de abastecimiento de agua (\$/m³).
- Legalidad. Definido como las estipulaciones para lograr tener acceso a cada fuente de abastecimiento de agua. Determinado mediante encuestas completamente al azar a los pobladores de la comunidad donde se requiere de algún contrato para logra hacer uso de la fuente de abastecimiento (siempre, algunas veces o nunca).
- Autonomía. Definido como la independencia de algún tercero que opere o distribuya alguna fuente de abastecimiento de agua (operador o distribuidor).

- Infraestructura. Definido como el conjunto de elementos y/o servicios necesarios para poder hacer uso de cada fuente de abastecimiento de agua. Determinado de acuerdo con las normas complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas del Distrito Federal como lo son gastos de diseño, tubería, tanque o sistemas de almacenamiento, equipo de filtración, válvulas, bombeo e instalación de bombeo, plantas de potabilización, estructura de concreto o mampostería, tanques y recipientes, equipos de trasportación, prefabricados y ensamble y servicio eléctrico.
- Vulnerabilidad. Definido como la ocurrencia de algún fenómeno extremo que perjudique el abastecimiento de alguna fuente de abastecimiento de agua. Determinado como los problemas que tiene la fuente de agua para llegar al usuario (siempre, algunas veces o nunca).
- Apreciación. Definida como el suministro considerado necesario de las fuentes de abastecimiento de agua. Determinado mediante encuesta completamente al azar a los habitantes de la comunidad, donde la fuente abastecimiento cubre las necesidades del usuario (siempre, algunas veces o nunca).

Para la evaluación de criterios se determinó por etapas; la ponderación de criterios, elaboración de matriz de valoración y la suma ponderada. A continuación se describe cada una de las etapas:

5.3.4. Ponderación de criterios

La ponderación (w) es asociada a cada uno de los criterios, está se determinó mediante el método de asignación directa, donde los informantes clave asignaron un

valor a cada aspecto en forma de tasación simple (1 a 8) en una encuesta. Anexo 16.

5.3.5. Matriz de valoración

Una vez establecidos los criterios (C) y la ponderación (W), se procedió a darle un valor numérico a cada alternativa, con respecto a cada criterio y representada como matriz de valoración (X_{ij}) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Matriz de valoración

	w ₁	w ₂	...	w _n
	C ₁	C ₂	...	C _n
A ₁	X ₁₁	X ₁₂	...	X _{1n}
A ₂	X ₂₁	X ₂₂	...	X _{2n}
A _m	X _{m1}	X ₁₂	...	X _{mn}

Cada fila de la matriz expresa valoraciones de alternativa A_i, con respecto a los *n* criterios. Cada columna de la matriz recoge las evaluaciones ó juicios emitidos por el decisor de todas las alternativas respecto al criterio C_j (García, 2009).

Se utilizó el método de suma ponderada de acuerdo con García (2009), que asume que la función buscada se puede descomponer y asimilar a un método aditivo es decir, presentarse de la forma:

$$v = \lambda_1 \cdot v_1 + \lambda_2 \cdot v_2 + \dots + \lambda_n \cdot v_n$$

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta sección reporta los principales hallazgos acontecidos en la comunidad de Angostillo, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz. Al momento de instalar un sistema de captación de agua de lluvia y construir un modelo multi-criterio para la toma de decisiones de los pobladores de Angostillo para el uso del agua de lluvia, objetivos de la investigación. Conjuntamente se realiza un análisis de los resultados y discusión de los mismos.

6.1. Sistema de captación de agua de lluvia

El análisis de los resultados para el objetivo de instalación del sistema de captación de agua de lluvia en la comunidad de Angostillo, se realizó con un enfoque multi-criterio, es decir considerando los diferentes aspectos que pudieran incidir (Reichert et al., 2007). Por lo tanto, para la presente investigación se seleccionaron las siguientes 5 dimensiones: social, técnico, económico, ambiental y normativo.

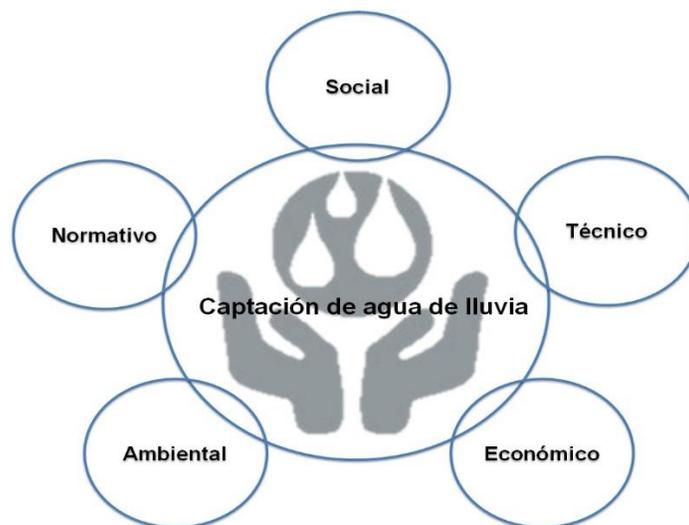


Figura 3. Enfoque multi-criterio para el sistema de captación de agua de lluvia.

La inserción de los sistemas de captación de agua de lluvia se desarrolló con participación activa y armónica con los propietarios de las casas de la comunidad de Angostillo, esto se debe a la participación que ha tenido el Colegio de Postgraduados en la comunidad donde las personas tienen confianza en los proyectos realizados, por lo que el elemento social no demostró problema alguno para el objetivo.

El elemento técnico, un plano arquitectónico como sugerencia en la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia, que si bien aumenta los costos de instalación, resulta una herramienta para toma de decisiones al respecto. En el caso de esta investigación se realizó con ayuda de un profesional en el tema, que con su experiencia apoyo en la parte técnica del proyecto.

Los materiales utilizados en los sistemas de captación de agua de lluvia fueron los más accesibles en la comunidad, sin embargo utilizar otras tecnologías como tanques de ferrocemento o geo-membrana en los sistemas de almacenamiento de agua son opciones que en su contexto pudieran disminuir el costo total.

El uso de agua de lluvia contribuye a minimizar el impacto ecológico, en el caso de esta investigación minimiza el consumo de agua de ríos, pretende generar conocimiento para evitar el agotamiento de los mantos freáticos, los sistemas de captación de agua de lluvia son proyectos ambientalmente responsables.

El uso de suelo en la comunidad de Angostillo y la captación de agua no tuvo problemas normativos, además no requirió de ningún permiso especial.

Cabe mencionar que la instalación de los sistemas de captación de agua en la comunidad de Angostillo, fueron proyectos individuales, por lo que habría que

considerar si fuesen de manera colectiva el impacto que tendría y sobre todo el abastecimiento de agua que beneficiaría.

En este caso los sistemas de captación de agua de lluvia instalados se analizaron con el enfoque multi-criterio, además este contribuye a formar equipos de trabajo transdisciplinario que perfeccionan la utilidad de los mismos.

6.1.1. Diseño de sistemas de captación de agua de lluvia

En este apartado se da a conocer el diseño y los componentes de los sistemas de captación de agua de lluvia instalados (Anaya, 2011). Para ello se utilizó planos arquitectónicos que permiten la toma de decisiones importantes en cuanto a:

Área total potencial de captación de agua:

Los techos de las casas donde se instalaron los sistemas de captación de agua de lluvia equivale a 74.13 m² para el sistema demostrativo, el cual está construido de lámina de zinc a dos aguas (Anexo 3). El sistema de evaluación tiene un área 102.89 m² cuyo material en gran parte es de lámina de zinc y otra porción de concreto (Anexo 4).

Área efectiva de captación del sistema

En el caso del sistema demostrativo se definió un área de 19.67 m² con una pendiente de 18.8% lo cual corresponde al agua de la fachada de casa. El sistema de evaluación tiene un área de captación de 74 m² y una pendiente de 50% que corresponde a la cobertura de lámina de zinc.

Cuantificar los materiales y definir los soportes:

Para el caso del sistema demostrativo se ensamblaron tres canaletas, cinco rejillas, un bajante, tres codos y se ensamblaron siete ménsulas de ángulo de fierro de 2'' con medidas de 64x36 cm a una distancia de 1.24 m entre cada una para el sistema de conducción del agua de lluvia. El sistema de evaluación fue reforzado con dos ménsulas de fierro de 2'' con medidas de 95 x36 cm a una distancia de 1.20 m entre cada una, además se instaló un receptáculo de aluminio al final de la canaleta para la recolección del agua pluvial con medidas de 35x95x30 cm.

Materiales del sistema de almacenamiento y su ubicación.

De acuerdo con el plano arquitectónico se definieron las características del sistema de almacenamiento y su ubicación. En el caso del sistema demostrativo se ubicó un tanque de 1000 l, en un costado de la casa. Para el caso de evaluación la definió un almacenamiento de 10 000 l y se tomó la decisión para su instalación de excavar un metro de profundidad para que quedara a nivel con el área de captación.

6.1.2. Instalación de los sistema de captación de agua de lluvia en Angostillo

Sistema demostrativo: se instaló en la fachada de la casa habitación ubicado en el domicilio conocido como, camino rumbo a la comunidad de Xocotitla, Municipio de Paso de Ovejas sin número, por el cual transitan habitantes locales y de otras comunidades y pretende cumplir con el objetivo de exposición del sistema en la comunidad.

El volumen de agua que puede ser captado en la superficie el sistema demostrativo es de 105.3 m³ (Figura 4).



Figura 4. Sistema de captación de agua de lluvia demostrativo

Sistema de evaluación: el sistema de evaluación está ubicado en el camino rumbo a la comunidad de Acazonica, Municipio de Paso de Ovejas. Instalado en la parte exterior de la casa de la Sra. Olga Contreras Casas, con el objetivo de evaluar la implementación del sistema de captación de agua de lluvia en la comunidad, siendo la instalación participativa y la operación posterior a cargo de la familia que habita en este lugar.

El volumen de agua que puede ser captado en la superficie del sistema de evaluación es de 396 m³ (Figura 5).



Figura 5. Sistema de captación de agua de lluvia de evaluación.

6.2. Modelo multi-criterio para la toma de decisiones sobre el uso del agua de lluvia

El modelo multi-criterio fue considerado para la toma de decisiones sobre el uso del agua de lluvia en Agostillo, en este apartado se describe la etapa de especificaciones de alternativas (Anada y Herath, 2009).

6.2.1. Identificación de alternativas de abasto de agua

El método para la identificación de alternativas se realizó con ayuda de informantes clave, se encontraron tres alternativas de abasto o fuentes de abastecimiento.

Agua de lluvia

En la región geográfica a la que pertenece la localidad de Angostillo se ha registrado una precipitación media anual de 925 mm de 1987 a 1997 (CONAGUA, 1998). La temporada de lluvias es únicamente de cuatro meses, de julio a octubre por lo tanto la escasez de agua de lluvia es durante los ocho meses restantes de noviembre a junio.

Desafortunadamente, no existe información meteorológica actual en la comunidad lo que restringe conocer la precipitación anual con mayor precisión. Por ello se colectaron datos de precipitación con la estación meteorológica instalada por la Subdirección de Vinculación del Colegio de Postgraduados del periodo 2011-2012.

El uso del agua de lluvia en la comunidad es para las actividades agrícolas, sobre todo de maíz, además en algunos casos existen ollas de agua para abastecer la actividad pecuaria. Existen represas en desuso, actualmente el Colegio de Postgraduados incide en proyectos para el manejo eficiente de este tipo de infraestructura captadora del agua de lluvia (Olguín, 2012 comunicación personal¹).

Agua embotellada

En la región existen varias embotelladoras que provén el líquido a la comunidad entre los que se encuentran las empresas: Continental, Piscis, Acatepec, San Francisco, Ciel, Santorini, Jallapan y Cristal. Con ayuda de los informantes clave se seleccionaron dos embotelladoras que se describen a continuación:

Agua Continental: La purificadora del agua Continental se encuentra en la cabecera del Municipio de Paso de Ovejas, está hace un recorrido de 14.6 km o 21 min aproximadamente para llegar a la comunidad de Angostillo. Un informante clave empleado de la empresa, encargado de la distribución y abasto en la comunidad de Angostillo indicó que existe una venta semanal de 20 a 30 garrafones y algunas veces de 40 garrafones, además indicó que el precio del garrafón de 19 l es de \$12.00.

¹ Carlos Olguín Palacios. Profesor Titular Extensionista del Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.

Agua Acatepec: La purificadora de agua Acatepec se encuentra ubicada en la cabecera del municipio de Huatusco de Chicuellar, está hace un recorrido de 68.7 km o un tiempo estimado de 57 min aproximadamente para llegar a la comunidad de Angostillo. El informante clave indicó que tienen una venta de 100 garrafones de 19 l semanalmente, con un precio de \$15.00.

Agua de río

La comunidad de Angostillo, municipio de Paso de Ovejas, se ubica en la cuenca del río La Antigua situada geográficamente entre los 19° 17' y 19° 35' latitud norte, y los 96° 17' y 97° 15' longitud oeste, con un área aproximada de 2827 km² la cual comprende al río Atliyac o Paso de Ovejas.

Esté río es la principal fuente de abastecimiento de agua en la comunidad, recorre una distancia de 500 m (Informante clave, comunicación personal) y llega directamente a las llaves de agua en la comunidad ya que el tanque elevado en la comunidad tiene fracturas y fugas que lo hacen inservible.

Cabe mencionar que la mayoría de las casas cuentan con tanques reservorios de agua en los patios de sus casas, debido a que existen constantes problemas de abasto en la comunidad.

El agua del río es utilizada para todas la actividades dentro del hogar (baño, cocina, regadera), sin embargo, está requiere de un contrato para poder hacer uso de la misma además tiene una tarifa de \$74.80 por mes. Durante una entrevista a un informante clave de Paso de Ovejas, quién es el encargado de agua potable y alcantarillado comentó que el abastecimiento de agua en la comunidad corresponde a 10

m³/familia/mes y que el agua tiene un proceso de cloración antes de llegar a la comunidad.

6.2.2 Análisis de calidad de las fuentes de abastecimiento de agua

Se tomaron muestras de todas las fuentes de abastecimiento de agua para análisis fisicoquímicos y microbiológicos. El agua de lluvia se tomó directamente del sistema de almacenamiento cuando esté se encontraba a un 90% de su capacidad. En el caso del agua embotellada se compró un garrafón de cada marca y sellado se llevó al laboratorio y para el caso del agua de río se tomó una muestra directamente del río de Paso de Ovejas, además una muestra del tanque donde se encuentra la bomba de agua de la comunidad.

Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Toxicología y Nutrición Acuícola del Laboratorio de Investigación de Recursos Acuáticos (LIRA) del Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA). Los resultados se presentan a continuación en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Análisis fisicoquímicos de las fuentes de abastecimiento de agua en Angostillo

Muestra	Nitritos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Amonio (mg/l)	Dureza total (mg/l) CaCO ₃	Solidos disueltos (mg/l)	Cloruros (mg/l)	Turbidez (ntu ²)
Agua de lluvia	ND	ND	0.34	90	3.97	1.29	0.31
Agua Continental	0.25	4.1	ND	150	0.24	0.029	0.18
Agua Acatepec	ND	1.0	ND	80	0.10	0.011	0.05
Río Atoyac	ND	1	ND	100	0.17	0.021	0.8
Bomba de agua	0.25	1	ND	120	0.25	0.026	0.11
Tanque de agua	ND	1	ND	90	0.23	0.029	0.19

N.D: No Detectable

² NTU: Unidades de turbidez nefelométricas

Cuadro 4. Análisis microbiológicos de las fuentes de abastecimiento de agua en la localidad de Angostillo.

Muestra	Coliformes totales (nmp/100ml)	<i>E. Coli</i>
Agua de lluvia	1600	Positivo
Agua Continental	1200	Positivo
Agua Acatepec	1200	Positivo
Río Atoyac	1200	Positivo
Bomba de agua	1200	Positivo
Tanque de agua	1200	Positivo

De acuerdo a la norma NOM-127-SSA1-1994 el límite permisible para Organismos Coliformes totales es de 2 NMP/100 ml (Número Más Probable por 100 ml). Por lo que en el Cuadro 4. Se muestra que en el caso de todas las muestras están por encima del límite permisible, lo que manifiesta que pueden ser nocivas para la salud.

6.2.3. Determinación de criterios y evaluación

Se realizaron escalas de valoración para cada uno de los criterios considerados en el modelo multi-criterio para la toma de decisiones para el uso del agua de lluvia (Anada y Herath, 2009).

Cantidad (C1)

La escala de valoración para el aspecto de cantidad asume un valor de uno si la fuente de abastecimiento de agua cumple con la recomendación, y el valor de cero cuando no lo cumple.

Cuadro 5. Escala de valoración para el criterio de cantidad.

Fuente de Abastecimiento	inodoro (40 l)	Regadera (30 l)	Lavar (12 l)	Cocina (6 l)	P. Alimentos (5 l)	Varios (4 l)	Total
Río	1	1	1	1	1	1	6
Agua Continental	0	0	0	1	1	0	2
Agua Acatepec	0	0	0	1	1	0	2
Lluvia	1	1	1	1	1	1	6

Nota: litros recomendados por la UNESCO entre paréntesis.

Calidad (C2)

La escala de valoración para el criterio de calidad tiene un valor de uno si la fuente de abastecimiento de agua cumple con el parámetro establecido en la norma oficial NOM-127-SSA1-1994- y un valor de cero en caso contrario.

Cuadro 6. Escala de valoración para el criterio de calidad

Fuente de abastecimiento	<i>E. Coli</i>	CT	T	SD	Cloruros	Nitratos	Nitritos	Amonio	DT	Total
Río	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7
Agua Continental	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7
Agua Acatepec	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7
Lluvia	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7

CT. Coliformes Totales
T. Turbidez
SD. Sólidos Disueltos.
DT. Dureza total

Costo (C3)

La escala de valoración para el criterio de costo asume un valor de acuerdo al orden del costo por m³ de cada fuente de abastecimiento de agua de menor a mayor otorgando el valor de 4 al que tuvo el valor más alto y 1 al menor.

Cuadro 7. Escala de valoración para el criterio de costo

Fuente de Abastecimiento	Costo (\$/m ³)	Valor
Río	7.83	3
Agua Continental	789.4	1
Agua Acatepec	631.1	2
Lluvia	0	4

Legalidad (C4)

La escala de valoración para el aspecto de legalidad asume el valor de 2 para la fuente de abastecimiento que no encuentra impedimento legal que tiene el consumidor para hacer uso del agua y un valor de 1 cuando requiere alguna valoración de ley para cumplir la normatividad.

Cuadro 8. Escala de valoración para el criterio de legalidad.

Fuente de Abastecimiento	Valor
Río	1
Agua Continental	2
Agua Acatepec	2
Lluvia	2

Infraestructura (C5)

La escala de valoración para el criterio de infraestructura asume el valor de uno cuando la fuente de abastecimiento de agua requiere de alguna obra o instalación y en caso de que no lo requiera un valor de dos.

Cuadro 9. Escala de valoración para el criterio de infraestructura

Fuente de Abastecimiento	Gastos de diseño	Tubería	Tanque o cisterna de almacenamiento	Equipo de filtración
Río	1	1	1	1
Agua Continental	1	1	1	1
Agua Acatepec	1	1	1	1
Lluvia	2	1	1	1

Continuación Cuadro 9

Fuente de Abastecimiento	Válvulas	Bomba e instalación de bombeo	Plantas de potabilización	Estructura de concreto y mampostería
Río	1	1	1	1
Agua Continental	1	2	1	2
Agua Acatepec	1	2	1	2
Lluvia	1	1	2	1

Continuación Cuadro 9

Fuente de Abastecimiento	Tanques y recipientes	Equipo de transportación	Prefabricados y ensamblados	Servicio eléctrico	Total
Río	2	2	2	1	15
Agua Continental	1	1	1	1	14
Agua Acatepec	1	1	1	1	14
Lluvia	2	2	1	1	16

Autonomía (C6)

La escala de valoración para el criterio de autonomía asume el valor de dos cuando la fuente de abastecimiento de agua es autónoma y el valor de uno en caso contrario.

Cuadro 10. Escala de valoración para el criterio de autonomía

Fuente de Abastecimiento	Nivel
Río	1
Agua Continental	1
Agua Acatepec	1
Lluvia	2

Vulnerabilidad (C7)

La escala de valoración para el criterio de vulnerabilidad asume valores mediante el resultado de una encuesta realizada a una muestra representativa de la población (Anexo 5), donde se preguntó si la fuente de abastecimiento de agua tiene problemas para llegar a la comunidad y de esta manera es afectado el suministro de agua (Anexo 6-15). Los valores de la escala es de uno si la mayoría de los encuestados que la fuente de abastecimiento siempre tiene problemas para llegar a la comunidad, dos si algunas veces y tres si la respuesta es nunca.

Cuadro 11. Escala de valoración para el criterio de vulnerabilidad.

Fuente de Abastecimiento	Respuesta	Valor
Río	Siempre	1
Agua Continental	Nunca	3
Agua Acatepec	Nunca	3
Lluvia	Siempre	1

Percepción (C8)

La escala de valoración asume valores mediante el resultado de una encuesta realizada en una muestra representativa de la población (Anexo 5), en donde se preguntó si la fuente de abastecimiento cubre sus necesidades (anexo 6-15). Dando un valor de tres para la respuesta de siempre, dos para algunas veces y uno para nunca.

Cuadro 12. Escala de valoración para el criterio de percepción

Fuente de Abastecimiento	Respuesta	Valor
Río	Siempre	3
Agua Continental	Siempre	3
Agua Acatepec	Siempre	3
Lluvia	Algunas veces	2

6.2.4. Ponderación de criterios

Una vez conocido las fuentes de abastecimientos de agua (A) y los criterios (C), se realizó la encuesta de ponderación de criterios (W), (Anexo 16), a veinte informantes clave (Anexo 17). Los resultados se muestran a continuación (Cuadro 13).

Cuadro 13. Resultados de encuesta de ponderación de criterios.

Aspecto	Costo (C3)	Legalidad (C4)	Cantidad (C1)	Vulnerabilidad (C7)
Total No.	84	91	96	80
Porcentaje %	11.67	12.64	13.33	11.11

Continuación Cuadro13

Aspecto	Percepción (C8)	Calidad (C2)	Autonomía (C6)	Infraestructura (C5)
Total No.	102	93	79	95
Porcentaje %	14.17	12.92	10.97	13.19

6.2.5. Matriz de valoración

Para conocer los valores numéricos en la matriz de valoración se multiplicó el valor de los criterios (C) determinado por las escalas de valoración, por el valor de la ponderación del criterio (W) y finalmente la suma de estos para cada fuente de

abastecimiento de agua (García, 2009). El valor máximo al que podrían llegar cada fuente abastecimiento de agua se muestra en el cuadro siguiente (Cuadro 14).

Cuadro 14. Valores máximos de la matriz de valoración

Criterio de evaluación	Cantidad	Calidad	Costo	Legalidad	Infraestructura
Valor más elevado	79.9	116.1	46.6	25.2	316.5

Continuación Cuadro 14

Criterio de evaluación	Autonomía	Vulnerabilidad	Percepción	Total
Valor más elevado	21.9	33.3	42.4	682.3

A continuación se muestran los resultados obtenidos en la matriz de valoración para las fuentes de abastecimiento de agua en la comunidad de Angostillo (Cuadro 15).

Finalmente, de acuerdo con la matriz de valoración se muestra el valor obtenido para cada fuente de abastecimiento ordenando de mayor a menor.

De acuerdo al cuadro anterior el modelo multi-criterio deriva un valor para cada alternativa, de cual se considera el puntaje más elevado como mejor alternativa de abasto de agua en la comunidad, es decir el agua de lluvia.

El análisis multi-criterio su muestra en la Figura 6, donde se puede analizar cada uno de los aspectos de forma individual o de forma general todo el modelo, de acuerdo con las escalas de valoración.

Cuadro 15. Matriz de valoración de las fuentes de abastecimiento de agua en la localidad de Angostillo.

Ponderación	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	Total
	13.33	12.92	11.67	12.64	13.19	10.97	11.11	14.17	
Alternativa	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	
	Cantidad	Calidad	Costo	Legalidad	Infraestructura	Autonomía	Vulnerabilidad	Percepción	
Río	79.98	90.37	34.98	12.63	197.85	10.97	11.11	42.4	480.3
Agua Continental	26.66	90.37	11.66	25.26	184.66	10.97	33.33	42.4	425.3
Agua Acatepec	26.66	90.37	23.32	25.26	184.66	10.97	33.33	42.2	437.0
Agua de lluvia	79.98	90.37	46.64	25.26	211.04	21.94	11.11	28.3	514.6

Comparación de alternativas de abasto de agua en Angostillo

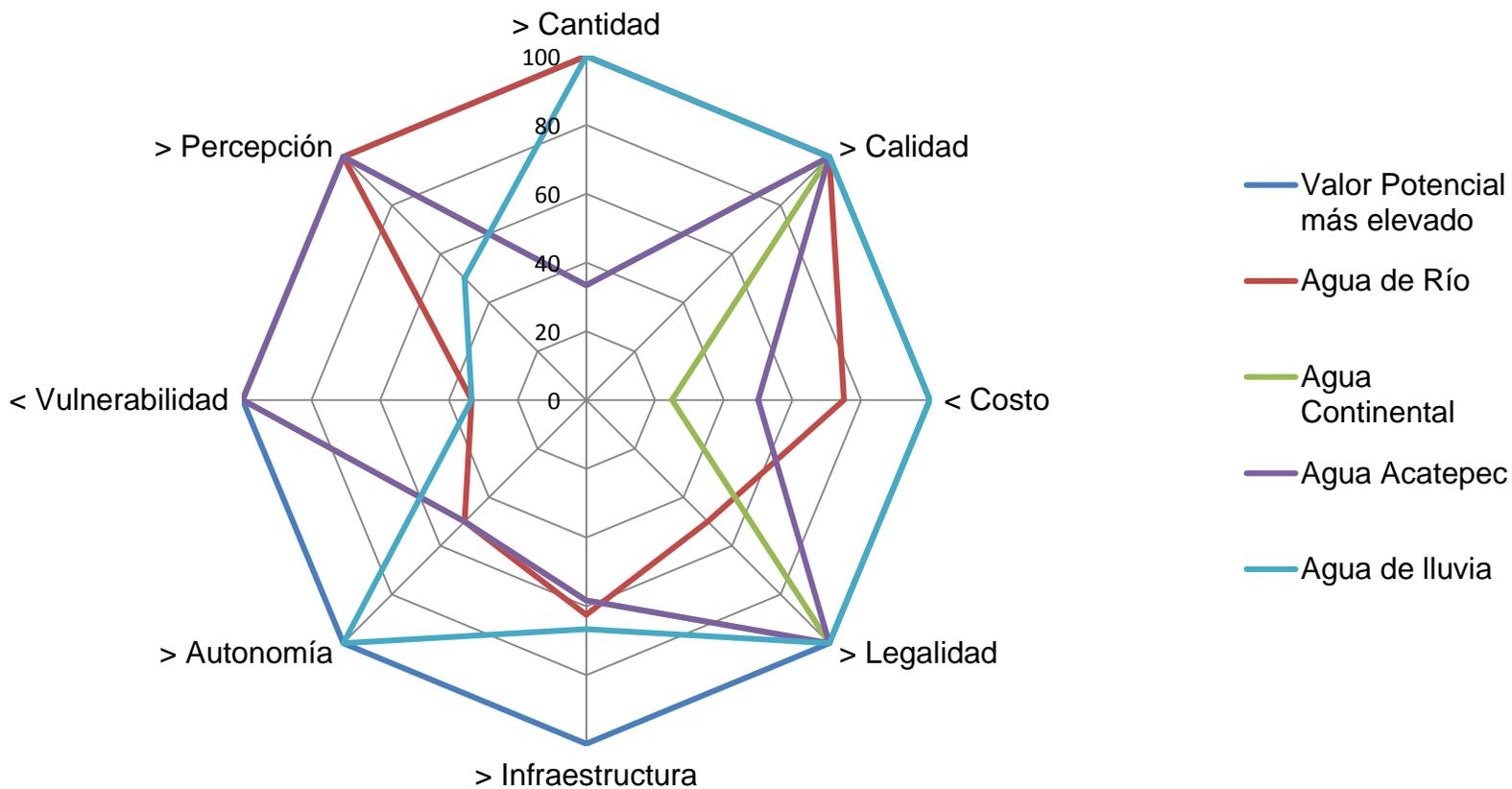


Figura 6. Comparación de alternativas de abasto de agua en Angostillo, Paso de Ovejas, Veracruz, México.

Cuadro 16. Valor de las fuentes de abastecimiento de agua.

Alternativa	Valor
Valor potencial más elevado	682.3
Agua de lluvia	514.6
Río	480.3
Agua Acatepec	437.0
Agua Continental	425.3

Para el aspecto de cantidad se muestra similitud de abastecimiento en las fuentes de agua de río y agua de lluvia en Agostillo, cabe mencionar que el abastecimiento del agua de lluvia está en función de la precipitación del lugar y del sistema de almacenamiento, el agua de río tiene consideraciones como dependencia al encargado de prender la bomba, además en temporadas de lluvias la bomba de agua tiene constantes complicaciones. El agua de garrafón definitivamente no compite en ese aspecto.

La calidad de cada una de las fuentes de abastecimiento de agua se observan similares (Cuadro 3 y 4), el agua de río tiene un sistema de cloración, el cual es errática su operación. El caso de las embotelladoras y en virtud de que son una marca registrada se asume que cuentan con algún tratamiento de purificación pero resulta alarmante la calidad del agua para las mismas. Por lo que si consideramos algún sistema de tratamiento para el agua de lluvia, está estaría en misma condiciones y la calidad del agua de lluvia aumentaría, por lo tanto su puntaje en la matriz de valoración (Cuadro 15)

El costo por m³ de las fuentes de abastecimiento de agua se observa nulo en el caso del agua de lluvia, sin embargo debemos encontrar la rentabilidad de la inversión y comparar con el agua del río y las embotelladoras.

Los trámites legales resultan una afectación para el uso de las fuentes de abastecimiento de agua en la comunidad, las embotelladoras requieren trámites legales para su venta, pero para el consumidor, es decir, la persona que compra el garrafón no es necesario, únicamente el agua de río requiere un trámite legal para poder utilizarse.

El aspecto de infraestructura muestra al agua de lluvia como el que menos infraestructura requiere, en comparación con el agua de río y el agua embotellada. Evidentemente el agua de lluvia es autónoma como se observa en la Figura 6, el resto de las fuentes de abastecimiento de agua depende de un tercero para poder hacer uso de ella.

En cuanto al aspecto de vulnerabilidad, los pobladores consideraron como vulnerable el agua de río y el agua de lluvia. Seguramente porque en ocasiones anteriores han sufrido de eventos extremos que perjudican el abastecimiento de agua en la comunidad. Para el caso de las embotelladoras no se consideraron vulnerables.

Referente al aspecto de percepción, los pobladores consideraron que el agua de lluvia no cubre sus expectativas, seguramente es debido a que no es considerada con fuente de abastecimiento de agua o desconocen las virtudes de la misma.

6.2.6. Resultados para la encuesta de percepción

Mediante un muestreo aleatorio simple, se preguntó en la localidad si utilizan o han utilizado el agua de lluvia, el resultado indica que el 91.7% utiliza o ha utilizado el agua de lluvia como alternativa cuando se presentan problemas con el agua de la red. Lo que resulta inconveniente es que si la mayoría utilizan o han utilizado el agua de lluvia por que no ocurre la adopción de esta fuente como convencional (Figura 7).

Para reforzar la evaluación se realizó una encuesta de percepción a 24 habitantes de la comunidad contemplando dos fuentes de abastecimiento alternativos, agua de pozo y agua de pipa (Figura 8).



Figura 7. Uso y consumo del agua de lluvia en Angostillo

En la Figura 8, se presentan los resultados de la evaluación de la percepción de los pobladores. Para el caso del agua del agua del río los resultados indicaron que el 50% dice que el agua de garrafón es la que cuesta más, después el agua de río con el 29%, el agua de pozo un 17%, el 4% el agua de pipa y no hubo ninguna respuesta que mencionara que el agua de lluvia tuviera algún costo.

El resultado para la mejor calidad de las fuentes de abastecimiento de agua menciona que el 50% de los encuestados consideran el agua de pozo como de mejor calidad, el 46% para el agua de garrafón, el 4% considera el agua del río y el 0% consideraron al agua de pipa y el agua de lluvia.

El agua que consideraron los encuestados como con mayor infraestructura es el agua de río con el 46%, el agua de pozo con el 33%, el 17% el agua de garrafón, el 4% el agua de pipa y el 0% el agua de lluvia.

El agua que requiere más mano de obra es el agua de río con el 46%, el agua de garrafón un 29%, el agua de pozo con el 25% y 0% con el agua de pipa y el agua de lluvia.

El agua de lluvia de pozo fue considerado como la mejor agua de para los encuestados con un 56.3% seguido del agua de garrafón con un 33.3% y 8.3% para el agua de río. El agua de lluvia y el agua de pipa no fueron consideradas para este aspecto.

Lo que muestran los resultados al no considerar en ningún aspecto el agua de lluvia probablemente es porque desconocen la lluvia fuente de abastecimiento de agua. Por otro lado, la mayoría de respuestas de percepción señalan al agua de

pozo considerándola como la mejor en varios aspectos, sin embargo el agua de pozo no es una fuente de abastecimiento de agua que este en la comunidad.

Evaluación de percepción de los pobladores de Angostillo.

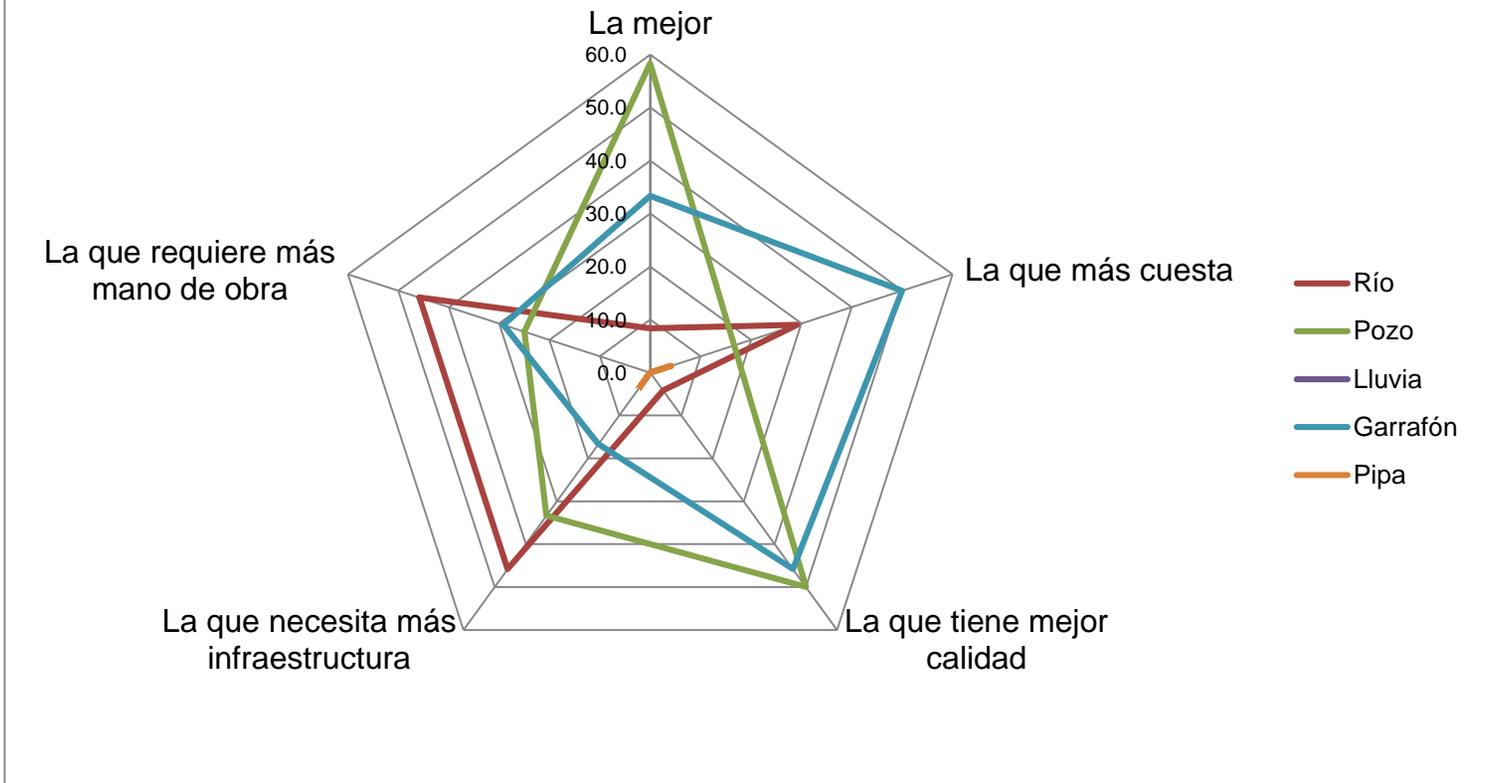


Figura 8. Evaluación de percepción de los pobladores de Angostillo.

7. CONCLUSIONES

La presente investigación, concluye que la hipótesis planteada es aceptada debido a que los sistemas de captación de agua de lluvia instalados en la comunidad por parte del proyecto demostraron su factibilidad en términos de calidad, cantidad, costo, legalidad, autonomía, infraestructura, vulnerabilidad y percepción en comparación con los sistemas de agua convencionales.

Se mostró que los modelo multi-criterio para la toma de decisiones actúan como herramienta para solucionar problemas complejos como lo es el abastecimiento de agua en las comunidades rurales.

El modelo multi-criterio para la toma de decisiones planteado para el uso del agua de lluvia en esta investigación, funcionó en términos de la selección de una forma diferente de abasto de agua a la comunidad, con características de calidad y abasto también mejores que las convencionales.

El dar una opción de abasto de agua con características de autonomía ha sido un factor motivante para que los usuarios tomen interés y el sistema permanezca y mejore.

La tesis demuestra que el agua de lluvia es una opción de abasto viable y rentable y coadyuva a resolver un problema social con la intención de mejorar la calidad de vida de los habitantes de esta región.

Recomendaciones de la investigación

Es conveniente que la investigación sea retomada para conocer si la información generó conocimiento que quedo en la memoria de los habitantes de la comunidad que participaron además determinar las áreas de oportunidad del sistema para su optimización.

Es recomendable que se dé continuidad a la asesoría técnica participativa y organizacional a los habitantes de esta comunidad.

Con la información recabada es viable construir y promover un sistema de difusión local para que más habitantes sean beneficiados. La organización social es importante en la construcción de un modelo de captación de agua colectivo en la comunidad.

8. LITERATURA CITADA

- Abdulla, F. A., and A. W. Al-Shareef. 2009. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. *Desalination* 243: 195-207.
- Ananda, J., and G. Herath. 2009. A critical review of multi-criteria decision making methods with special reference to forest management and planning. *Ecological Economics*. 68: 2535-2548.
- Anaya G., M. 2011. Problemática del agua en el mundo. *In: XIII Diplomado internacional: "Sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para consumo humano, producción de traspatio, ambientes controlados, agricultura de temporal y recarga de acuíferos"* Montecillo. México
- Anaya G., M., V. Ramírez C., J. Martínez J. 2007. *In: III Diplomado Internacional Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia (SCALL) para consumo humano y uso doméstico.* COLPOS. México
- Basinger, M., F. Montalto, and U. Lall. 2010. A rainwater harvesting system reliability model based on nonparametric stochastic rainfall generator. *Journal of Hydrology*.392: 105-118.
- Bastons P., M. 2004. *La toma de decisiones en la organización.* Ariel, España. 30 p.
- Belton, V., and T. J. Stewart. 2002. *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach.* Kluwer Academic Publishers. 372 p.
- B-Mary Emily. 2009. *Toma de decisiones.* El Cid Editor, apuntes. Argentina.

- Bocek A. 2004. Introducción a la captación del agua. Acuicultura y aprovechamiento del agua para el desarrollo rural. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments. Swingle Hall. Auburn University, United States. 18 p.
- Boers, T. M., and J. Ben-Asher. 1982. A review of rainwater harvesting. *Agricultural Water Management*. 5: 145-158.
- Bokova, I. 2010. 22 de marzo: Día Mundial del Agua. Elemental Watson. Universidad de Buenos Aires. Argentina. 1 (1): 5.
- Cathalifaud, A. M., and F. Osorio. 2006. Introducción a los conceptos básicos de la Teoría General de Sistemas. Cinta de Moebio. Facultad de ciencias Sociales. Universidad de Chile, Chile. 12 p.
- CEPIS, 2011. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. División de Salud y Ambiente. Organización Panamericana de la Salud. Guía de diseño para captación de agua de lluvia. Organización Panamericana de la Salud. Lima, Perú. 18 pp.
- CNA. 2004. Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del agua en México. México. 2a. ed. 143 p.
- CNA. 2009. Comisión Nacional del Agua. Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable. México. 194 p.
- CONAGUA 1998. ERIC II. Extractor Rápido de Información Climatológica. Servicio Meteorología Nacional (SMN).

Corominas J. 1961. Breve diccionario etimológico de la lengua castellana. Gredos, Madrid. 640 p.

Corona, M. L., M. Hernández. 2009. La teoría sobre la toma de decisiones y su aplicación al campo de la asistencia médica. Revista Electrónica de las Ciencias Médicas en Cienfuegos. Centro Provincial de las Ciencias Médicas en Cienfuegos. Cuba. 2: 1.

De la Cruz, M. 2011. Multi-sectorial, spatially and temporary adaptable technical guide and simulative design application for rainwater harvesting. Thesis of Master of Science in Civil Engineering. Universidad Politécnica. San Juan, Puerto Rico.

De Miguel-Fernández, C. y Y. M. Vázquez-Taset. 2006. Origen de los nitratos (NO_3) y nitritos (NO_2) y su influencia en la potabilidad de las aguas subterráneas. Minería y Geología. 22 (3): 1-9.

Drew D., R. 1995. Dinámica de sistemas aplicada. ISDEFE, Madrid. 226 p.

Eneid, G. 2006. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. Building and Environment. 41: 1544-1550.

Euzen, A., and B. Morehouse. 2011. Water: what values? Policy and Society. 30: 237-247.

FAO, 1990. (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación). Oficina regional para América Latina y el Caribe. Manual de

- auto instrucción de materiales de construcción para obras de riego. Santiago, Chile. 313 p.
- FAO, 2000 (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación). Manual de Captación y Manejo de Agua de Lluvia, Experiencias en América Latina. Serie Zonas Áridas y Semiáridas. No 13. Santiago, Chile.
- Fernández B., A. 2010. Diseño de una herramienta de evaluación multicriterio. Trabajo Fin de carrera. Facultad de Informática. Universidad Politécnica de Madrid, España.
- García, C., M. 2009. Métodos para la comparación de alternativas mediante un sistema de ayuda a la decisión (S.A.D.) y "Soft Computing". Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena de Indias, Colombia.
- García E. 1981. Modificación al sistema de clasificación de Koppen. 3a. ed. Instituto de geografía. UNAM. México, DF.
- Gigch J. P. 1987. Teoría general de sistemas. 2a. ed. Trillas, México. 265 p.
- Greening, L. A., and S. Bernow. 2004. "Design of coordinated energy and environmental policies: use of multi-criteria decision-making." *Energy Policy*. 32(6): 721-735.
- Hajkowicz, S. A., T. G. McDonald, and N. P. Smith. 2000. An Evaluation of Multiple Objective Decision Support Weighting Techniques in Natural Resource Management. *Journal of Environmental Planning and Management* 43(5):505-518.

- Iguiñiz, J. 2012. Tres conceptos de escasez. *Economía* 33 (65): 69-1032.
- Jiménez E., J. 2002. La contaminación ambiental en México, efectos y tecnología apropiada; Editorial LIMUSA S.A. de C.V. México D.F. p- 911
- Kangas, J., and A. Kangas. 2005. Multiple criteria decision support in forest management—the approach, methods applied, and experiences gained. *Forest Ecology and Management*. 207:133-143.
- Kinkade-Levario, H. 2007. Design for water: rainwater harvesting, stormwater catchment, and alternate water reuse. Gabriola Island, B.C. New Society Publishers. 257 p.
- López-Jurado, P., M. 2010 La decisión correcta: el aprendizaje de valores morales en la toma de decisiones. Desclée de Brouwer, España. 312 p.
- Mendoza, G. A., and H. Martins. 2006. Multi-criteria decision analysis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms. *Forest Ecology and Management*. 230: 1-22.
- Mendoza, G. A., and R. Prabhu. 2005. Combining participatory modeling and multi-criteria analysis for community-based forest management. *Forest Ecology and Management* 207:145-156.
- Mishra, A. K., and V. P. Singh. 2010. A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*. 391: 202-216.

- Moges, G., H. Hengsijk and H. C. Jansen. 2011. Review and quantitative assessment of *ex situ* household rainwater harvesting systems in Ethiopia. *Agricultural Water Management*. 98: 1215-1227.
- Montané, R. 2012. *Ecología y conservación ambiental*. Trillas, México. 426 p.
- Nijkamp, P., P. Rietveld, and H. Voogd, 1990. *Multi-criteria Evaluation in Physical Planning*. North-Holland Publishers, Amsterdam. 219 p.
- Phillips, B. C., W. Wade, T. Howard and M. Breen. 2004. Towards the introduction of rainwater tanks across the city of Caloundra, *Cities as Catchments; International Conference on Water Sensitive Urban Design, Proceedings of*. Barton, A.C.T.: Engineers Australia, 2004: 480-491
- Real Academia Española. 2012. Real Academia Española. Retrieved September 8, 2012, from <http://lema.rae.es/drae/?val=decidir>
- Reichert, P., M. Borsuk., M. Hostmann., S. Schweizer., C. Spörri., K. Tockner., and B. Truffer. 2007. Concepts of decision support for river rehabilitation. *Environmental Modelling and Software*. 22:188-201.
- Revista Día V, 2005. Agua de lluvia: el agua es de quien la recolecta. from <http://diav.com.mx/archivo/2005/septiembre>. Consultado marzo 2012.
- Romero C. 1999. Determination of the optimal externality: Efficiency versus equity. *European Journal of Operational Research*. 113:183-192.

- Salas I., M. 2003. El estatus científico de la enfermería: paradigma método y naturaleza de su objeto de estudio. *Cultura de los Cuidados, Revista de enfermería y humanidades*. 7 (14): 71-78.
- Sazakli, E., A. Alexopoulos, and M. Leotsinidis. 2007. Rainwater harvesting, quality assessment and utilization in Kefalonia Island, Greece. *Water Research*. 41: 2039-2047.
- Secretaria de Salud, 2012. 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. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/197ssa10.html>. Revisado el 6 de febrero de 2012.
- SEMARNAT. 2011. La importancia del buen uso del agua es aún más evidente en esta época de estiaje. Comunicado de prensa No.108-11. México, DF.
- Solanes M. y A. Dourojeanni. 1995. Mercados de derechos de aguas. *Debate Agrario*. 193: 15-36.
- Torres-Vega F., J. 2009. Desarrollo y aplicación de un índice de calidad de agua para ríos en Puerto Rico. Tesis de maestría en ciencias. University de Puerto Rico. Mayaguez, Puerto Rico.
- Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural. 2001. Guía de diseño para la captación de agua de lluvia. Lima, Peru.

Villarreal, E. L., and A. Dixon. 2005. Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrköping, Sweden. *Building and Environment*. 40: 1174-1184.

Yacuzzi E. 2007. Un panorama de los modelos de decisión. CEMA Working Papers: Serie Documentos de Trabajo. Universidad del CEMA.

7. ANEXOS

Figura A-1. Portada tríptico de captación de agua de lluvia.

¿Qué es la captación de agua de lluvia?

Es la captura, desvío y almacenaje de agua para diversos usos, incluyendo consumo humano, usos domésticos, irrigación, abrevadero, entre otras.

Captación de agua de lluvia

Una opción ambientalmente responsable y socialmente aceptable

Dr. Juan Lorenzo Reta Mendiola
Ing. Javier Antonio Benítez Hernández
Dr. Alberto Asiain Hoyos

Correo: jretam@colpos.mx
Benitez.javier@colpos.mx
aasiain@colpos.mx

Folleto Técnico No. 1
Serie: Solares Familiares
Tiraje: 1000 ejemplares

En la comunidad de Angostillo, el agua es escasa durante todo el año, y la lluvia no se aprovecha. El temporal es mayormente durante cuatro meses, junio, julio, agosto y septiembre, el resto del año no llueve.

El aprovechar la lluvia tiene beneficios importantes y es sencilla su cosecha.

Un ejemplo de aprovechamiento es en el techo de una casa de 7m de largo por 9 m de ancho, donde se pueden captar 44,190 lt de agua, lo equivalente a 2,325 garrafones de agua, que costarían aproximadamente 28 mil pesos.

Dirección:
Km. 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz, vía Paso de Ovejas; entre los pueblos Puente Julia y Paso San Juan.
Teléfono: 2292 01 07 70 Ext: 64301
Fax: 2299207259

CP

COLPOS VER
Colegio de Postgraduados Campus Veracruz

NIVEL DE LLUVIA

35
30
25
20
15
10

Figura A-2. Contraportada tríptico de captación de agua de lluvia.



Figura A-3. Plano arquitectónico para el sistema de captación de agua de lluvia demostrativo.

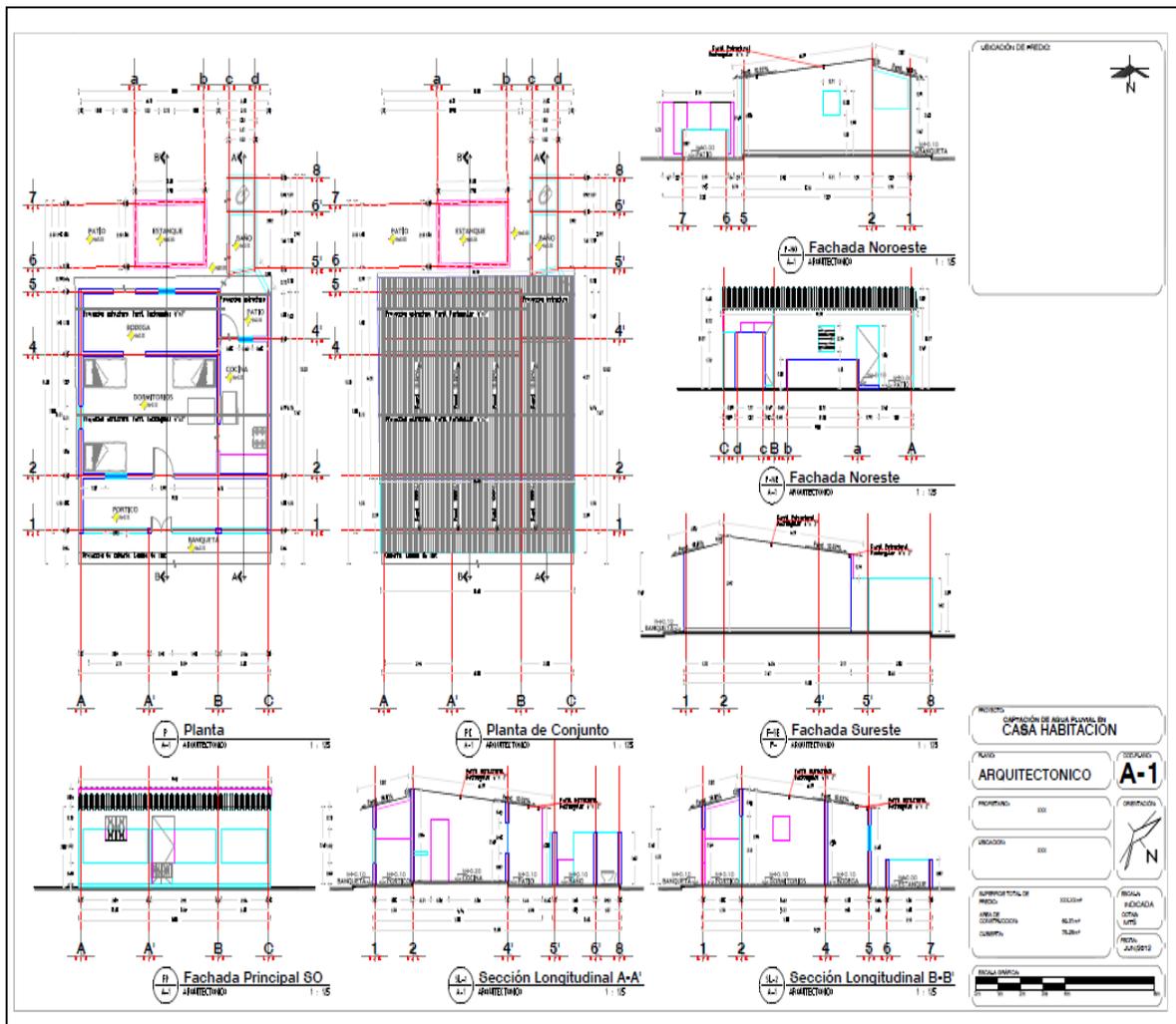


Figura A-5. Encuesta de legalidad, vulnerabilidad y percepción.

Modelo para la toma de decisiones de los pobladores de Angostillo, Veracruz para el uso del agua de lluvia

Instrucciones: lee con atención cada afirmación y señala la opción que consideres más adecuada de acuerdo a tu experiencia en la comunidad de Angostillo, Veracruz.

Nombre: _____

Escolaridad: _____ Edad _____

¿Usted utiliza o ha utilizado el agua de lluvia para uso o consumo? Si/No

	3	2	1	Puntos	
El agua embotellada requiere un contrato para su uso	Siempre	Algunas veces	Nunca		
El agua embotellada tiene problemas para llegar a la comunidad	Siempre	Algunas veces	Nunca		
El agua embotellada cubre mis necesidades	Siempre	Algunas veces	Nunca		
El agua del rio requiere un contrato para su uso	Siempre	Algunas veces	Nunca		
El agua del rio tiene problemas para llegar a la comunidad	Siempre	Algunas veces	Nunca		
El agua del rio cubre mis necesidades	Siempre	Algunas veces	Nunca		
El agua de lluvia requiere un contrato para su uso	Siempre	Algunas veces	Nunca		
El agua de lluvia tiene problemas para llegar a la comunidad	Siempre	Algunas veces	Nunca		
El agua de lluvia cubre mis necesidades	Siempre	Algunas veces	Nunca		
La mejor agua es	De rio	De pozo	De lluvia	De garrafón	De pipa
El agua que mas cuesta es	De rio	De pozo	De lluvia	De garrafón	De pipa
El agua que tiene la mejor calidad es	De rio	De pozo	De lluvia	De garrafón	De pipa
El agua que necesita más infraestructura es	De rio	De pozo	De lluvia	De garrafón	De pipa
El agua que requiere más mano de obra es	De rio	De pozo	De lluvia	De garrafón	De pipa

Se despide atentamente

Ing. Javier Antonio Benítez Hernández

Figura A-6. Resultados de encuesta de legalidad, vulnerabilidad y percepción.

Nombre	¿Usted utiliza o ha utilizado el agua de lluvia para uso o consumo?	
	Si	NO
Águeda Peña Morales	1	
María Grisel Morales Nájera	1	
Imelda Jiménez García	1	
Raúl Vela Pérez	1	
Andrea Contreras Colorado	1	
Lorena Cardeña Orayan	1	
Anastasia Barragán Alemán	1	
Victoria Contreras Meza	1	
Oscar Trujillo Vela	1	
Ana Isabel Velázquez Mesa	1	
María del Pilar Benítez León	1	
Irma Casas García	1	
Alejandra Vela	1	
Javier Jiménez García	1	
Matilde Hernández Colorado	1	
Aidé Hernández Colorado	1	
Salomón Fernández Morales		1
Teresa Trujillo Contreras		1
Mario Solís	1	
Gonzalo Jácome Acosta	1	
José Manuel Rodríguez Colorado	1	
Ignacio Domínguez Lagunés	1	
Isabel Lagunés Vela	1	
Ana Isabel Morales	1	
Total	22	2
Porcentaje	91.7	8.3

Continuación Figura A-6.

Nombre	El agua embotellada requiere un contrato para su uso		
	Siempre	Algunas Veces	Nunca
Águeda Peña Morales	0	0	1
María Grisel Morales Nájera	0	1	
Imelda Jiménez García	0	1	0
Raúl Vela Pérez			1
Andrea Contreras Colorado		1	
Lorena Cardeña Orayan	1		
Anastasia Barragán Alemán			1
Victoria Contreras Meza			1
Oscar Trujillo Vela			1
Ana Isabel Velázquez Mesa			1
María del Pilar Benítez León			1
Irma Casas García			1
Alejandra Vela			1
Javier Jiménez García			1
Matilde Hernández Colorado			1
Aidé Hernández Colorado			1
Salomón Fernández Morales			1
Teresa Trujillo Contreras			1
Mario Solís			1
Gonzalo Jácome Acosta			1
José Manuel Rodríguez Colorado	1		
Ignacio Domínguez Lagunés	1		
Isabel Lagunés Vela			1
Ana Isabel Morales			1
Total	3	3	18
Porcentaje	12.5	12.5	75

Continuación Figura A-6.

Nombre	El agua embotellada tiene problemas para llegar a la comunidad		
	Siempre	Algunas Veces	Nunca
Águeda Peña Morales			1
María Grisel Morales Nájera		1	
Imelda Jiménez García			1
Raúl Vela Pérez			1
Andrea Contreras Colorado			1
Lorena Cardeña Orayan	1		
Anastasia Barragán Alemán	1		
Victoria Contreras Meza	1		
Oscar Trujillo Vela			1
Ana Isabel Velázquez Mesa	1		
María del Pilar Benítez León			1
Irma Casas García			1
Alejandra Vela			1
Javier Jiménez García			1
Matilde Hernández Colorado		1	
Aidé Hernández Colorado		1	
Salomón Fernández Morales		1	
Teresa Trujillo Contreras			1
Mario Solís			1
Gonzalo Jácome Acosta			1
José Manuel Rodríguez Colorado		1	
Ignacio Domínguez Lagunés		1	
Isabel Lagunés Vela			1
Ana Isabel Morales			1
Total	4	6	14
Porcentaje	16.7	25.0	58.3

Continuación Figura A-6.

Nombre	El agua embotellada cubre mis necesidades		
	Siempre	Algunas Veces	Nunca
Águeda Peña Morales	1		
María Grisel Morales Nájera		1	
Imelda Jiménez García			0
Raúl Vela Pérez			0
Andrea Contreras Colorado			1
Lorena Cardeña Orayan	1		
Anastasia Barragán Alemán		1	
Victoria Contreras Meza		1	
Oscar Trujillo Vela	1		
Ana Isabel Velázquez Mesa	1		
María del Pilar Benítez León	1		
Irma Casas García		1	
Alejandra Vela			1
Javier Jiménez García			1
Matilde Hernández Colorado	1		
Aidé Hernández Colorado	1		
Salomón Fernández Morales	1		
Teresa Trujillo Contreras	1		
Mario Solís	1		
Gonzalo Jácome Acosta	1		
José Manuel Rodríguez Colorado			1
Ignacio Domínguez Lagunés			1
Isabel Lagunés Vela	1		
Ana Isabel Morales	1		
Total	13	4	5
Porcentaje	54.2	16.7	20.8

Continuación Figura A-6.

Nombre	El agua del rio requiere un contrato para su uso		
	Siempre	Algunas Veces	Nunca
Águeda Peña Morales			1
María Grisel Morales Nájera	1		
Imelda Jiménez García	1		
Raúl Vela Pérez	1		
Andrea Contreras Colorado	1		
Lorena Cardeña Orayan	1		
Anastasia Barragán Alemán	1		
Victoria Contreras Meza	1		
Oscar Trujillo Vela	1		
Ana Isabel Velázquez Mesa	1		
María del Pilar Benítez León	1		
Irma Casas García	1		
Alejandra Vela	1		
Javier Jiménez García	1		
Matilde Hernández Colorado	1		
Aidé Hernández Colorado	1		
Salomón Fernández Morales	1		
Teresa Trujillo Contreras	1		
Mario Solís	1		
Gonzalo Jácome Acosta			1
José Manuel Rodríguez Colorado	1		
Ignacio Domínguez Lagunés	1		
Isabel Lagunés Vela	1		
Ana Isabel Morales	1		
Total	22	0	2
Porcentaje	91.7	0.0	8.3

Continuación Figura A-6.

Nombre	El agua de río tiene problemas para llegar a la comunidad		
	Siempre	Algunas Veces	Nunca
Águeda Peña Morales		1	
María Grisel Morales Nájera	1		
Imelda Jiménez García		1	
Raúl Vela Pérez		1	
Andrea Contreras Colorado			1
Lorena Cardeña Orayan	1		
Anastasia Barragán Alemán		1	
Victoria Contreras Meza	1		
Oscar Trujillo Vela		1	
Ana Isabel Velázquez Mesa	1		
María del Pilar Benítez León		1	
Irma Casas García		1	
Alejandra Vela	1		
Javier Jiménez García	1		
Matilde Hernández Colorado	1		
Aidé Hernández Colorado	1		
Salomón Fernández Morales	1		
Teresa Trujillo Contreras	1		
Mario Solís	1		
Gonzalo Jácome Acosta		1	
José Manuel Rodríguez Colorado	1		
Ignacio Domínguez Lagunés	1		
Isabel Lagunés Vela	1		
Ana Isabel Morales	1		
Total	15	8	1
Porcentaje	62.5	33.3	4.2

Continuación Figura A-6.

Nombre	El agua de rio cubre mis necesidades		
	Siempre	Algunas Veces	Nunca
Águeda Peña Morales	1		
María Grisel Morales Nájera	1		
Imelda Jiménez García	1		
Raúl Vela Pérez	1		
Andrea Contreras Colorado	1		
Lorena Cardeña Orayan	1		
Anastasia Barragán Alemán	1		
Victoria Contreras Meza	1		
Oscar Trujillo Vela		1	
Ana Isabel Velázquez Mesa	1		
María del Pilar Benítez León	1		
Irma Casas García		1	
Alejandra Vela		1	
Javier Jiménez García			1
Matilde Hernández Colorado	1		
Aidé Hernández Colorado	1		
Salomón Fernández Morales	1		
Teresa Trujillo Contreras	1		
Mario Solís		1	
Gonzalo Jácome Acosta	1		
José Manuel Rodríguez Colorado		1	
Ignacio Domínguez Lagunés		1	
Isabel Lagunés Vela	1		
Ana Isabel Morales	1		
Total	17	6	1
Porcentaje	70.8	25.0	4.2

Continuación Figura A-6.

Nombre	El agua de lluvia requiere un contrato para su uso		
	Siempre	Algunas Veces	Nunca
Águeda Peña Morales			1
María Grisel Morales Nájera			1
Imelda Jiménez García			1
Raúl Vela Pérez			1
Andrea Contreras Colorado			1
Lorena Cardeña Orayan			1
Anastasia Barragán Alemán			1
Victoria Contreras Meza			1
Oscar Trujillo Vela			1
Ana Isabel Velázquez Mesa			1
María del Pilar Benítez León			1
Irma Casas García			1
Alejandra Vela			1
Javier Jiménez García			1
Matilde Hernández Colorado			1
Aidé Hernández Colorado			1
Salomón Fernández Morales			1
Teresa Trujillo Contreras			1
Mario Solís			1
Gonzalo Jácome Acosta			1
José Manuel Rodríguez Colorado			1
Ignacio Domínguez Lagunés			1
Isabel Lagunés Vela			1
Ana Isabel Morales			1
Total	0	0	24
Porcentaje	0.0	0.0	100.0

Continuación Figura A-6.

Nombre	El agua de lluvia tiene problemas para llegar a la comunidad		
	Siempre	Algunas Veces	Nunca
Águeda Peña Morales			1
María Grisel Morales Nájera	1		
Imelda Jiménez García			1
Raúl Vela Pérez			1
Andrea Contreras Colorado			1
Lorena Cardeña Orayan			1
Anastasia Barragán Alemán		1	
Victoria Contreras Meza	1		
Oscar Trujillo Vela		1	
Ana Isabel Velázquez Mesa		1	
María del Pilar Benítez León		1	
Irma Casas García			1
Alejandra Vela			1
Javier Jiménez García			1
Matilde Hernández Colorado		1	
Aidé Hernández Colorado		1	
Salomón Fernández Morales	1		
Teresa Trujillo Contreras		1	
Mario Solís			1
Gonzalo Jácome Acosta	1		
José Manuel Rodríguez Colorado			1
Ignacio Domínguez Lagunés			1
Isabel Lagunés Vela			1
Ana Isabel Morales			1
Total	4	7	13
Porcentaje	16.7	29.2	54.2

Continuación Figura A-6.

Nombre	El agua de lluvia cubre mis necesidades		
	Siempre	Algunas Veces	Nunca
Águeda Peña Morales			1
María Grisel Morales Nájera	1		
Imelda Jiménez García		1	
Raúl Vela Pérez		1	
Andrea Contreras Colorado	1		
Lorena Cardeña Orayan		1	
Anastasia Barragán Alemán		1	
Victoria Contreras Meza	1		
Oscar Trujillo Vela		1	
Ana Isabel Velázquez Mesa		1	
María del Pilar Benítez León	1		
Irma Casas García		1	
Alejandra Vela			1
Javier Jiménez García		1	
Matilde Hernández Colorado		1	
Aidé Hernández Colorado		1	
Salomón Fernández Morales			1
Teresa Trujillo Contreras			1
Mario Solís		1	
Gonzalo Jácome Acosta	1		
José Manuel Rodríguez Colorado	1		
Ignacio Domínguez Lagunés	1		
Isabel Lagunés Vela			1
Ana Isabel Morales	1		
Total	8	11	5
Porcentaje	33.3	45.8	20.8

Figura A-7. Encuesta de ponderación de criterios.

Toma de decisiones para definir la viabilidad del uso del agua de lluvia en la comunidad de Agostillo, Paso de Ovejas, Veracruz, México.

Con la finalidad de conocer la viabilidad del uso del agua de lluvia en la comunidad de Agostillo se han definido factores de riesgo que intervienen en las fuentes de abastecimiento de agua:

Calidad: los requerimientos inherentes mínimos del agua para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal.

Cantidad: Que garantice el abastecimiento de agua.

Costo: el gasto económico en forma unitaria que paga el usuario por el agua.

Infraestructura: el conjunto de elementos o servicios que están considerados como necesarios para que una fuente de abastecimiento de agua llegue al usuario.

Legalidad: Las estipulaciones para lograr tener acceso a cada fuente de abastecimiento.

Mano de obra: esfuerzo físico y mental que requieren para operar las fuentes de abastecimiento de agua para el servicio de los usuarios.

Percepción: la preferencia de la comunidad por alguna fuente de abastecimiento de agua.

Vulnerabilidad: la ocurrencia de algún fenómeno extremo que perjudique el abastecimiento de agua a la población.

Califique según su criterio personal la importancia jerárquica de los factores para definir la viabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua, ordenando del 1 al 8 los aspectos, siendo 8 el más importante y 1 el menos importante.

Aspecto	Importancia
Costo	
Legalidad	
Cantidad	
Vulnerabilidad	
Percepción	
Calidad	
Mano de obra	
infraestructura	

No olvides poner tu nombre y ocupación

Cuadro A-2. Resultados de encuesta de ponderación.

Nombre	Aspecto							
	Costo (C3)	Legalidad (C4)	Cantidad (C1)	Vulnerabilidad (C7)	Percepción (C8)	Calidad (C2)	Autonomia (C6)	Infraestructura (C5)
Dr. Carlos Olgúin	7	2	8	1	3	4	5	6
Dr. Julio Vilaboa	5	4	6	3	2	8	1	7
Ing. María Vega	6	5	7	2	3	8	1	4
Dr. Octavio Ruiz	5	1	8	3	7	4	2	6
Dr. Juan Reta	5	3	8	4	2	7	1	6
Dr. Gustavo López	2	3	6	8	4	7	1	5
Dra. Silvia López	5	7	4	3	8	6	1	2
Ing. Norma Irene	4	7	6	1	3	8	2	5
Mc. Eloísa ortega	2	4	7	3	1	8	5	6
Dr. Felipe Gallardo	4	3	8	1	2	7	5	6
Biol. Abraham Beltrán	3	5	2	6	8	1	7	4
Dr. Alberto Asíain	5	1	7	6	4	8	3	2
Biol. Gerson Adulcin	5	6	2	4	8	1	3	7
Ing. Carlos Suarez	7	5	1	4	6	2	8	3
Biol. Jimena Montane	3	7	1	4	8	2	6	5
Biol. Suemy Rosete	5	3	4	8	7	2	6	1
Ing. Viviana Valenzuela	3	5	4	7	8	1	6	2
Mc. Víctor Pérez	3	8	2	5	7	1	4	6
Mvz. Luis Morales	3	6	1	2	8	7	4	5
Mc. Manuel Mena	2	6	4	5	3	1	8	7
Total	84	91	96	80	102	93	79	95
Porcentaje	11.67	12.64	13.33	11.11	14.17	12.92	10.97	13.19
	Costo (C3)	Legalidad (C4)	Cantidad (C1)	Vulnerabilidad (C7)	Percepción (C8)	Calidad (C2)	Autonomia (C6)	Infraestructura (C5)