

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS  
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES



**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DEL AGUA DE  
LLUVIA PARA CONSUMO ANIMAL EN EL EJIDO LA  
CANDELARIA, MUNICIPIO DE CANDELARIA, CAMPECHE”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA.**

**PRESENTA  
FLOR BEATRIZ RUVALCABA SAUCEDO**

**DIRECTOR  
DRA. ANA ISABEL RAMÍREZ QUINTANA**

**LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JAL., AGOSTO 2012.**



**Universidad de Guadalajara**

**Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias**

*Coordinación de Carrera de la Licenciatura en Biología*

COORD-BIO-149/2012

**C. FLOR BEATRIZ RUVALCABA SAUCEDO  
PRESENTE**

Manifestamos a usted, que con esta fecha, ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de **TESIS E INFORMES** opción: **TESIS**, con el título "**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO ANIMAL EN EL EJIDO LA CANDELARIA, MUNICIPIO DE CANDELARIA, CAMPECHE**", para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos, que ha sido aceptado como director(a) de dicho trabajo a la **Dra. Ana Isabel Ramírez Quintana**, y asesores al **Dr. Manuel Anaya Garduño** y **Dr. Javier García Velasco**.

Sin mas por el momento, aprovechamos para enviarle un cordial saludo

**ATENTAMENTE  
"PIENSA Y TRABAJA"**

Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal., 23 de agosto, del 2012.

**DRA. TERESA DE JESÚS ACEVES ESQUIVIAS  
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN**

*Verónica Palomera Avalos*

**M.C. VERÓNICA PALOMERA AVALOS  
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN**

Dra. Teresa de Jesús Aceves Esquivias  
 Presidente del Comité de Titulación.  
 Licenciatura en Biología.  
 CUCBA.  
 Presente


Nos permitimos informar a usted que habiendo revisado el trabajo de titulación modalidad **V Tesis o Informes**, opción **Tesis**. Con el título: **"Propuesta de un Sistema de Captación del Agua de Lluvia para Consumo Animal en el ejido La Candelaria, Municipio de Candelaria, Campeche."** que realizó la pasante **Flor Beatriz Ruvalcaba Saucedo** con número de código **303763609** consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorizar su impresión



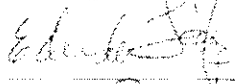


Sin otro particular quedamos de usted con un cordial saludo.

Atentamente

Las Aguas, Zapopan, Jal., a 22 de agosto de 2012

  
 Dra. Ana Isabel Ramírez Quintana.  
 Directora del trabajo

  
 Flor Beatriz Ruvalcaba Saucedo.  
 Pasante

Nombre completo de los Sinodales asignados por el Comité de Titulación	Firma de aprobación	Fecha de aprobación
Dr. Manuel Anaya Garduño. (Asesor)		25/08/2012
Dr. Javier García Velasco (Asesor)		24/08/2012
Dr. Eduardo López Alcocer. (Sinodal)		22/08/2012
Dra. Martha Georgina Orozco. (Sinodal)		22/08/2012
Dra. Hermila Brito Paiacios. (Sinodal)		

## AGRADECIMIENTOS:

A mi madre, el ser que mas amo por su apoyo, paciencia y comprensión, por impulsarme a levantarme cada vez que caigo, por enseñarme a jamás dejar inconclusas las cosas tanto en la tesis como en la vida.

A mis bellas y exitosas hermanas (Nereyda, Cristina y Citlally) por escucharme y darme consejos cuando la desesperación y frustración me atormentan, quienes además de todo son mis mejores amigas.

Por supuesto a mis amigas compañeras de generación a las cuales admiro por su inteligencia y tenacidad: Karla Terriquez, Mariana Andrade, Laura Mares, Abigail Ramírez, Brenda Yáñez y Samara Gutiérrez.

A mi *alma mater* la Universidad de Guadalajara, de la cual tengo el gran honor de ser egresada. Al Centro de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), campus que sueño ver sustentable algún día. Al departamento de Ciencias Ambientales, al M. C. Carlos Félix Barrera Sánchez por su paciencia y valiosa aportación en la orientación con los SIG, al M. C. Oscar Francisco Reyna Bustos por sus bellas palabras de aliento cada que me vio cabizbaja.

Al Colegio de Postgraduados (CP) por abrir sus puertas para mí, por las experiencias laborales que ahí aprendí y por las oportunidades de crecimiento académico que me ofrece.

A la Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA) por la información, facilidades y agradables experiencias proporcionadas durante mi estancia.

A mis sinodales el Dr. Eduardo López Alcocer a quien respeto y admiro, la Dra. Hermila Brito Palacios y la Dra. Georgina Medina Orozco por sus valiosas observaciones y aportaciones.

A mi asesor el Dr. Javier García Velasco, que me hizo recobrar la esperanza cuando casi la perdí, además de ser quien despertó mi interés por las hidrociencias.

Y por ultimo a la persona que creyó en mí y que me mostro la línea a seguir cada que me sentí desorientada y perdida la Dra. Ana Isabel Ramírez Quintana, quien además de ser mi directora de tesis considero mi amiga y confidente.

A todos ellos: Gracias.

CONTENIDO		Pág
I.	INTRODUCCIÓN.....	5
II.	ANTECEDENTES.....	8
	2.1 Características de los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL).....	12
	2.1.1 Conceptos generales.....	12
	2.2 SCALL para consumo animal.....	16
	2.2.1 Características de los SCALL para consumo animal.....	17
	2.2.2 Ventajas de los SCALL para consumo animal.....	18
	2.3 SCALL para consumo animal en el Estado de Campeche.....	18
III.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
IV.	OBJETIVOS.....	22
V.	METODOLOGÍA.....	23
	5.1 Caracterización del ejido "La Candelaria", municipio de Candelaria Campeche.....	25
	5.1.1 Descripción física.....	25
	5.1.2 Descripción biológica.....	32
	5.1.3 Descripción social.....	34
	5.2 Realización de cálculos para el diseño del SCALL.....	41
	5.2.1 Precipitación pluvial media histórica.....	42
	5.2.2 Precipitación pluvial Neta.....	42
	5.2.3 Demanda de agua mensual.....	45
	5.2.4 Área de captación del agua de lluvia.....	46
	5.2.5 Volumen que se puede captar.....	47
	5.3 Diseño de las cisternas.....	47
	5.4 Análisis de materiales.....	49
	5.4.1 Análisis de las propiedades de las cisternas de "ferrocemento".....	49
	5.4.2 Análisis de las propiedades de las cisternas de "polipropileno".....	49
	5.4.3 Análisis de las propiedades de las cisternas de "geomembrana".....	49
	5.4.4 Análisis de las propiedades de los bordos.....	50
	5.5 Análisis de costos.....	51
	5.6 Ubicación física e instalación técnica.....	53

5.6.1	Localización de canaletas.....	53
5.6.2	Localización de cisternas.....	55
5.6.3	Localización de líneas de conducción.....	56
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>59</b>
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>61</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>66</b>
8.1	Elementos Jurídicos que son de aplicación en un modelos SCALL ..	66
8.2	Estación hidrometeorológica "Candelaria-Carmen" .....	69
8.3	Precipitación pluvial media Histórica. Normales Climatológicas "Candelaria-Carmen".....	70

**Índice de Figuras**

Figura 2.1	Corte transversal y entrada de agua del chultun.....	8
Figura 2.2	Techo cuenca .....	11
Figura 2.3	Niñas mazahuas bebiendo agua de lluvia embotellada.....	11
Figura 2.4	Techos de escuelas usados como área de captación .....	13
Figura 2.5	Sistemas de conducción y filtración del agua de lluvia.....	13
Figura 2.6	Tipos de sistemas de almacenamiento del agua de lluvia.....	14
Figura 2.7	Precipitación pluvial en el Estado de Campeche.....	18
Figura 5.1	Diagrama de flujo.....	23
Figura 5.2	Reunión con los productores del ejido "La Candelaria". Enero 2011.....	24
Figura 5.3	División política estatal de México.....	26
Figura 5.4	Ubicación geográfica del Estado de Campeche.....	27
Figura 5.5	Ubicación geográfica del ejido "La Candelaria".....	28
Figura 5.6	Subregiones hidrológicas.....	29
Figura 5.7	Rio Candelaria.....	30
Figura 5.8	Mapa edafológico .....	31
Figura 5.9	Vegetación representativa de municipio.....	33
Figura 5.10	Carreteras del Estado de Campeche.....	34
Figura 5.11	Grado de marginación por estado, 2005.....	36
Figura 5.12	Vivienda sin drenaje.....	38
Figura 5.13	Bordo a cielo abierto, "Ejido la Candelaria".....	41
Figura 5.14	Precipitación media histórica .....	42

Figura 5.15 Croquis de infraestructura en el rancho que muestra el área de captación.....	46
Figura 5.16 Estanques para almacenar agua de lluvia, ejido "La Candalaria".....	48
Figura 5.17 Ubicación de canaletas.....	53
Figura 5.18 Área de captación en infraestructura doméstica.....	54
Figura 5.19 Bodega del Rancho.....	55
Figura 5.20 Croquis de cisternas.....	56
Figura 5.21 Croquis de cisternas, líneas de conducción y bebederos.....	57
Figura 5.22 Ubicación real de los bebederos.....	58

### Índice de Tablas

Tabla 2.1 Coeficiente de escurrimiento (Ce) según el material de la superficie de captación.....	15
Tabla 5.1 Población total, edad media y relación hombre-mujer por municipio.....	35
Tabla 5.2 Indicadores de desarrollo humano.....	37
Tabla 5.3 Elementos existentes y necesidades para la producción primaria.....	40
Tabla 5.4 Coeficiente de escurrimiento (Ce).....	43
Tabla 5.5 Precipitación pluvial Neta.....	44
Tabla 5.6 Análisis de costos.....	51
Tabla 5.7 Comparación de costos-beneficio de un SCALL.....	52

### Índice de Ecuaciones.

Ecuación 5.1 Precipitación pluvial Neta.....	43
Ecuación 5.2 Demanda de agua mensual.....	45
Ecuación 5.3 Área de captación.....	46
Ecuación 5.4 Volumen de agua que se puede captar.....	47
Ecuación 5.5 Volumen de las cisternas.....	48

## I. INTRODUCCIÓN.

Desarrollo sostenible o sustentable, es aquel que permite hacer frente a las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras. Por lo que se requiere de medidas alternativas que contribuyan a explotar los recursos naturales de manera inteligente que satisfagan la demanda actual, sin afectar al ecosistema.

Uno de los recursos imprescindibles es el agua; líquido vital, indispensable para la realización de las necesidades fisiológicas diarias de todos los seres vivos. Desde épocas ancestrales el agua ha sido el medio indispensable para el desarrollo económico y social de las civilizaciones, siendo el factor determinante para el impulso de la agricultura, ganadería, pesca y navegación.

Al principio de las civilizaciones la agricultura se llevaba a cabo utilizando principalmente el agua de lluvia. Las cosechas dependían directamente del temporal además, captar el agua de lluvia con fines de uso doméstico era una técnica común entre los pobladores, usando sistemas que colectan la escorrentía del suelo como los chultun<sup>1</sup> en la península de Yucatán o sistemas más sofisticados como las galerías filtrantes en medio oriente.

Los Sistemas de Captación del Agua de Lluvia (SCALL) es la práctica de recolectar y utilizar el agua de lluvia que se descarga de las superficies duras, como los techos o el escurrimiento de suelos. Es una técnica ancestral que está recuperando su popularidad ahora que cada vez más gente está buscando maneras de usar las fuentes de agua de forma más inteligente.

En la actualidad gran parte del agua dulce disponible para el consumo humano se encuentra contaminada por descargas de desechos industriales, agrícolas o urbanos. Por ello la captación del agua de lluvia es un método simple y económico que aporta agua limpia y útil para el uso y consumo humano. Por lo tanto, la captación, manejo y tratamiento del agua de lluvia, puede jugar un rol importante en la adaptación al cambio climático, en términos de una sustentabilidad hídrica y en la reducción de costos de energía en construcción y mantenimiento.

---

<sup>1</sup> Cisterna en forma de olla enterrada en el suelo que capta el escurrimiento superficial del suelo.



Recientemente, captar el agua de lluvia ha llamado la atención como una solución que contribuye a disminuir la escasez del agua y problemas del ciclo hidrológico en áreas urbanas. Cosechar el agua utilizando techos o pisos, almacenarla y aprovecharla, es un método simple que favorece al abastecimiento continuo de agua al público, además interviene para que menos agua limpia se contamine con aguas residuales en la época de lluvias.

Por otra parte, se ha reconocido que la restauración y aprovechamiento del ciclo hidrológico es un método indispensable para el desarrollo sostenible. La urbanización ha aumentado las áreas impermeables, por lo que las áreas urbanas desarrolladas han perdido las funciones de almacenamiento e infiltración del agua de lluvia dando como resultado inundaciones y sequías.

En las grandes ciudades del país cada vez es más frecuente que durante la época de lluvias se presenten inundaciones asociadas a:

- a) fenómenos naturales de precipitación pluvial extraordinaria,
- b) falta de mecanismos que las controlen,
- c) incremento del área impermeable de las ciudades (asfalto); por lo tanto, el escurrimiento llega a drenajes de aguas residuales.

El diseño para el desarrollo tecnológico de los sistemas de captación de agua de lluvia, está basado en cuatro factores:

1. Precipitación pluvial (cantidad, frecuencia y distribución).
2. Demanda de agua.
3. Área de captación.
4. Capacidad de almacenamiento.

Además la práctica común de esta técnica contribuye a desarrollar conciencia de la necesidad de cuidar el agua.

El presente se desarrolla luego de atender a la solicitud de un grupo de ejidatarios del municipio de Candelaria, Campeche. Los cuales estaban en busca de respuestas que les permitieran saciar las necesidades hídricas de sus tierras y de sus animales durante la

temporada de estiaje. Por ello se han analizado diversas propuestas para encontrar cual es la más viable y sustentable.

Además, se intenta introducir una nueva cultura del agua en el medio rural. Lo anterior no sería posible de lograr haciendo estanques y aljibes lo cuál es lo único que pide un productor, ya que es todo lo que conoce, si se le pregunta a éste que necesita, eso es lo que pedirá, debido a que no conocen otras alternativas.

## II. ANTECEDENTES.

Desde su origen el ser humano ha aprovechado el agua superficial como primera fuente de abastecimiento, consumo y vía de transporte, por ello el valle de los ríos fue el lugar escogido para establecer las primeras civilizaciones. Es en este momento cuando se domestican los cultivos y se encuentra la primera aplicación al agua lluvia, pero no se depende directamente de ella para su supervivencia debido a la presencia permanente del agua superficial. Cuando las civilizaciones crecieron demográficamente y algunos pueblos debieron ocupar zonas áridas o semiáridas del planeta comenzó el desarrollo de formas de captación de aguas lluvias, como alternativa para el riego de cultivos y el consumo doméstico (Frost, 2011).

Desde hace más de tres siglos, en América Latina y el Caribe, se han utilizado los Sistemas de Captación del Agua de Lluvia para uso doméstico, donde la recolección del agua proveniente de los techos y pisos se almacenaba en cisternas de diferentes tipos (Anaya González-Rivera, 2001).

En Centroamérica se conoce el caso del imperio Maya donde sus reyes sostenían a sus pueblos de modos prácticos, ocupándose de la construcción de obras públicas. Al sur de la ciudad Oxkutzcab (Estado de Yucatán) en el pie de la montaña Puuc, en el siglo X a.C. el abastecimiento de agua para la población y el riego de los cultivos se hacía a través una tecnología para el aprovechamiento de agua lluvia. En este sistema el agua era recogida en un área de 100 a 200 m<sup>2</sup> y almacenada en cisternas llamadas "chultuns", estas cisternas tenían un diámetro aproximado de 5 m. y eran excavadas en el subsuelo e impermeabilizadas con yeso (Figura. 2.1).

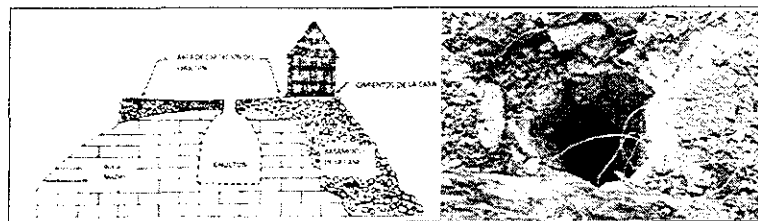


Figura 2.1. Corte transversal de un chultun y entrada de agua del chultun  
Fuente: Zapata, 1969

En Cerros, una ciudad y centro ceremonial que se encuentra en el actual Belice, los habitantes cavaron canales y diques de drenaje para administrar el agua de lluvia y mediante un sistema de depósitos, estos permitían que la gente permaneciera en la zona durante la estación seca cuando escaseaba el agua potable (año 200 d.C.). En otras zonas de las tierras bajas, como en Edzná, en Campeche, los pobladores precolombinos de esta ciudad construyeron un canal de casi 50 m de ancho y de 1 m de profundidad para aprovechar el agua de lluvia, este canal proporcionaba agua para beber y regar los cultivos (Zapata, 1989).

Siglos después el uso de los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia decreció debido a la imposición de otros métodos y obras hidráulicas para la utilización del agua superficial y subterránea tales como: presas, acueductos, pozos de extracción y sistemas de irrigación. En la península de Yucatán se dejó de lado el aprovechamiento de agua lluvia debido a la invasión española en el siglo XIV, los españoles colonizaron los territorios introduciendo sistemas de agricultura distintos, animales domésticos, plantas y métodos de construcción europeos. Una situación similar sucedió en India con la colonización Inglesa, que obligó a los nativos a abandonar las metodologías tradicionales (Martínez, 2008).

En el siglo XIX y XX las ciudades de la mayoría de los países experimentaron un gran crecimiento, realizando el suministro de agua a la población por medio de la acumulación de agua superficial para luego ser distribuida por una red centralizada de acueductos. En otras ocasiones se acudió a la explotación del agua subterránea. En cualquiera de los casos se elimina la posibilidad de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia u otros sistemas alternativos (Love, 2008).

Diferentes formas de captación de agua de lluvia se han utilizado tradicionalmente a través de la historia de las civilizaciones, pero estas tecnologías sólo se han comenzado a estudiar y publicar recientemente. Con base en la distribución de restos de estructuras de captación de agua de lluvia en el mundo y el continuo uso de estas obras en la historia, se puede concluir que las técnicas de captación de agua de lluvia cumplen un papel importante en la producción agrícola y en satisfacer las necesidades domésticas, con un uso intensivo en las regiones áridas o semiáridas del planeta. (Ballén, 2006).

Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son el resultado de las necesidades (demanda), recursos disponibles (precipitación, dinero para invertir y materiales de construcción), y las condiciones ambientales en cada región. Sólo cuando no existe red de agua potable, el suministro es deficiente o el agua tiene un costo muy alto, es cuando se piensa en buscar sistemas alternativos de abastecimiento, por ello la documentación sobre sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias, se limita a las acciones realizadas en las últimas décadas en zonas del planeta con las deficiencias mencionadas anteriormente (Vázquez, 2010).

En México se han realizado diversos proyectos de SCALL para diferentes tipos de usos tales como: consumo humano, agrícola y pecuario. A continuación se enlistan algunos de ellos:

#### 1. Proyecto "Agua y Vida".

En el estado de Guanajuato a una altura de 2,140 metros sobre el nivel del mar, se encuentra el municipio de San Felipe donde el clima es templado y seco, de tipo desértico. En este municipio el Ingeniero Agrónomo fallecido Hugo Velasco Molina, con el apoyo de la División de Agricultura y Tecnología de Alimentos, del Tecnológico de Monterrey desarrolló su proyecto "Agua y Vida". El proyecto comenzó en 1996 con almacenamientos de agua, ya que en esta población se dan periodos sin lluvia que superan los dos meses, el primer desarrollo tecnológico fue un sistema de aprovechamiento de agua lluvia que cuenta con una cisterna con capacidad de almacenamiento de 500.000 litros y un área de captación cubierta de piedra laja.

La siguiente obra fue construida a las afueras del municipio y se llamó "Techo-Cuenca" y consta de dos cubiertas con pendiente que se unen en una canal la cuál está conectada a una tubería que conduce el agua a un deposito con capacidad para almacenar 285.000 litros de agua ubicado dentro del municipio (Figura 2.2), que se ha denominado "Casa del Agua y Vida" donde se distribuye agua potable a las familias que la necesiten. Varias de las construcciones de tipo institucional como el "jardín de niños" y la escuela primaria municipal están equipados con sistemas de aprovechamiento de agua lluvia que es utilizada para la descarga de inodoros, el aseo de pisos, baños y para regar los jardines. La población ha sido transformada en seis años y la mayoría de sus necesidades de agua han sido suplidas por los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia (Ojeda, 2006).

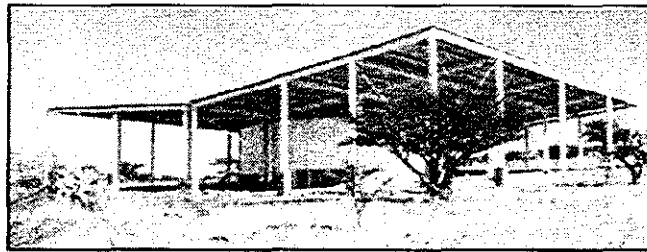


Figura 2.2 Techo-cuenco  
Fuente: Velasco, 1996.

## 2. Captación, Potabilización y Purificación del Agua de Lluvia en el Colegio de Postgraduados:

El Dr. Manuel Anaya Garduño, Investigador del Colegio de Postgraduados ideó un sistema para cosechar el agua de lluvia a fin de resolver parcialmente el problema del agua potable. El sistema consiste en captar agua de lluvia en los techos, almacenarla en cisternas y dirigirla a una planta donde se purifica mediante un tren terciario avanzado para la potabilización y purificación del agua de lluvia para posteriormente envasarla (Rueda, 2008).

## 3. Proyecto SCALL en la zona Mazahua:

La Fundación Pro Zona Mazahua, con apoyo del Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia del Colegio de Postgraduados (CIDECALLI-CP), diseñó un proyecto de captación y purificación, el cual beneficia a 6,000 indígenas del municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México (Véase Figura 2.3), por medio de esta técnica cuentan ya con agua potable (Pacheco, 2008).



Figura 2.3 Niñas mazahuas bebiendo agua de lluvia embotellada  
Fuente: Pacheco, 2008

#### 4. Proyecto de captación de agua de lluvia en El Salto por Investigadores de la Universidad de Guadalajara:

El proyecto está en fase de implementación en un fraccionamiento de El Salto, Jalisco en un proyecto que esta siendo realizado directamente con las constructoras. Según Arturo Gleason profesor investigador de la Universidad de Guadalajara en el Centro Universitario de Arte Arquitectura y Diseño (CUAAD), la ciudad es un desorden en materia de agua y la captación de este liquido debe tener el lugar que merece. es necesario legislar, regular y aprovechar el agua de lluvia (Sepúlveda, 2010).

En la actualidad la captación de agua de lluvia es un medio fácil de obtener agua para consumo humano y/o uso agrícola. Un gran número de lugares en el mundo con alta o media precipitación y en donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento. Al efecto, el agua de lluvia es interceptada, colectada y almacenada en depósitos para su posterior uso. En la captación del agua de lluvia con fines domésticos se acostumbra a utilizar la superficie del techo como área de captación, conociéndose a este modelo como SCAPT (sistema de captación de agua pluvial en techos). Este modelo tiene un beneficio adicional y es que además de su ubicación minimiza la contaminación del agua (CEPIS, 2001).

#### 2.1 Características de los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL).

Es importante identificar los principales componentes de un SCALL, su funcionamiento, los criterios de diseño, características de materiales, construcción, operación y mantenimiento, de tal manera que la puesta en marcha de la propuesta sea factible y sustentable. Para poder llevar a cabo un proyecto SCALL es indispensable contar con cuatro componentes principales: 1) Área de captación, 2) Sistema de conducción, 3) Filtros e 4) Infraestructura de almacenamiento

##### 2.1.1 Conceptos Generales.

**1) Área de captación:** Lugar donde se almacenan los escurrimientos de agua de lluvia, antes de realizar su uso y disposición final. Por lo general se utilizan superficies como los techos de las casas, escuelas, almacenes, entre otros (Figura 2.4) que deben estar impermeabilizados. También se puede captar el agua que escurre de calles o estacionamientos por medio de canales.

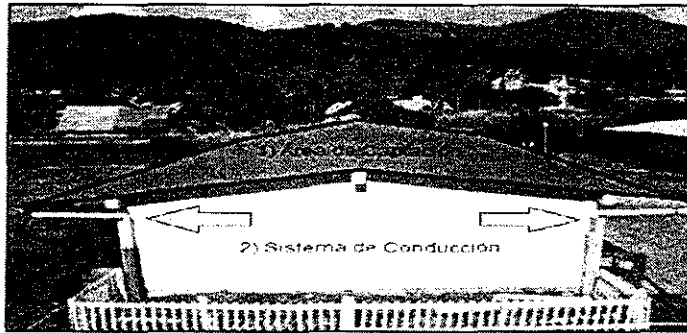


Figura 2.4 Techo de escuela usado como área de captación  
Fuente: CEPIS, 2001

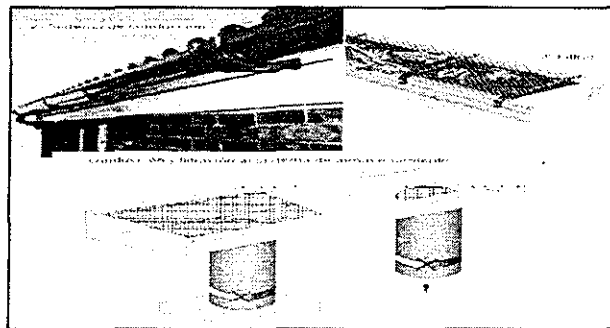


Figura 2.5 Sistema de conducción y filtración del agua de lluvia  
Fuente: CEPIS, 2001

**2) Sistema de conducción:** Conjunto de canaletas o tuberías de diferentes materiales y formas que conducen el agua de lluvia del área de captación al sistema de almacenamiento (Figura 2.4). El material utilizado debe ser liviano, resistente, fácil de unir entre sí y que no permita la contaminación con compuestos orgánicos o inorgánicos (véase Figura 2.5).

**3) Sistema de conducción y filtración:** Antes de conducir el agua a la infraestructura de almacenamiento se recomienda colocar un dispositivo que filtre los contaminantes que puede arrastrar el agua a su paso por las superficies, como pueden ser sedimentos, metales y basuras. De esta forma el agua llegará sin residuos tóxicos al lugar de almacenamiento (Figura 2.5).



**4) Infraestructura de almacenamiento:** Se trata de tinacos, estanques o cisternas en donde se conserva el agua de lluvia captada, se pueden situar por encima o por debajo de la tierra. Deben ser de material resistente, impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración y estar cubiertos para impedir el ingreso de polvo, insectos, luz solar y posible contaminantes (Figura 2.6).

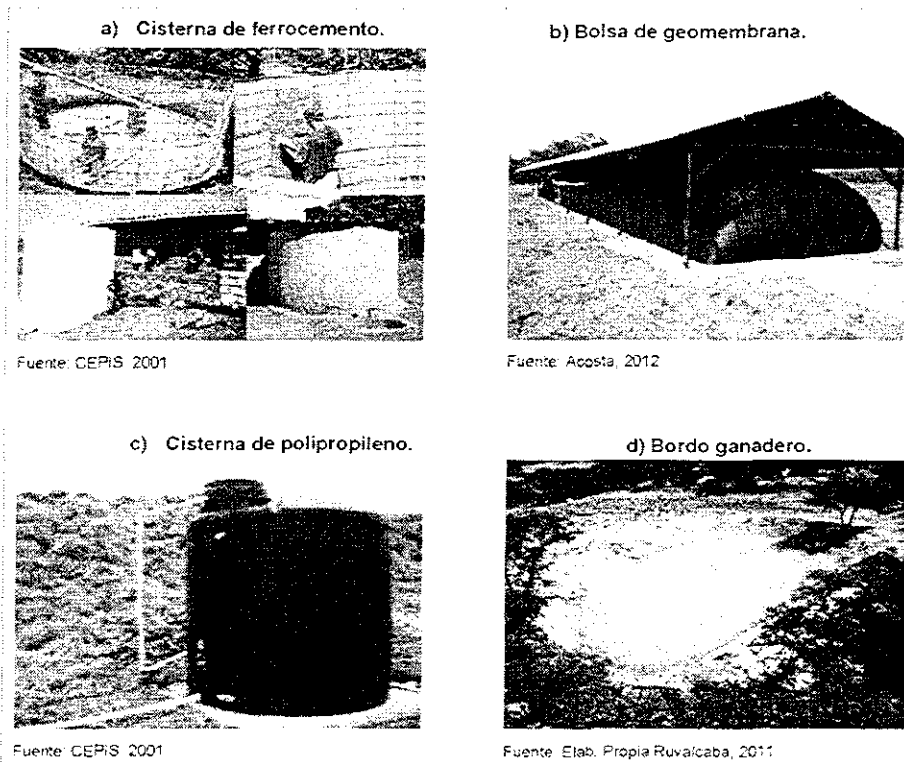


Figura 2.6 Tipos de sistemas de almacenamiento.

#### Diseño de Dimensión.

El criterio para el diseño del volumen de la cisterna consiste en considerar la demanda de agua mensual que necesita una población durante la sequía más dos meses (coeficiente de seguridad) con el objeto de aseverar el abastecimiento de agua. A su vez se debe tomar en cuenta los siguientes criterios para realizar un proyecto SCALL: 1) Precipitación

histórica del lugar, 2) tipo de material de la superficie de captación, 3) número de individuos, 4) dotación por individuo por día.

- 1) **Precipitación histórica del lugar:** Para determinar la precipitación histórica, debe recabarse las estadísticas de al menos 10 años de la precipitación pluvial mensual del sitio, con el fin de obtener un promedio de cuanta agua llueve en el lugar.
- 2) **Tipo de material de la superficie de captación:** Es de gran importancia tener en cuenta qué tipo de material cubre la superficie de captación ya que de éste depende el coeficiente de escurrimiento es decir; la cantidad de agua que llegará a la infraestructura de almacenamiento y cuanta agua se perderá debido a infiltraciones, fugas o por el rebote de las gotas contra la superficie de captación (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Coeficiente de escurrimiento (Ce) según el material de la superficie de captación

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

Fuente: Anaya, 2007

- 3) **Número de individuos:** Para llevar a cabo un SCALL es necesario saber cuántos individuos se beneficiarán del proyecto, con el fin de saber la escala y la dimensión en que debe ser construido.
- 4) **Demanda de agua por individuo por día:** La demanda o dotación por persona, es la cantidad de agua que necesita una persona diariamente para cumplir con las funciones

físicas y biológicas de su cuerpo, según el CIDECALLI-CP cada individuo necesita beber el 3% de su peso corporal en litros para poder cumplir dichas funciones.

Por último, los SCALL deben cumplir con las siguientes características:

1. De fácil instalación.
2. No generan dependencia tecnológica.
3. Priorizan el uso de materiales locales.
4. No requieren mano de obra calificada.
5. Requieren poca inversión.
6. Adaptables a distintos contextos socioculturales, lugares y circunstancias.
7. No dañan el medio ambiente.

Por otra parte el calentamiento global trae como consecuencia huracanes, inundaciones además de irregularidades en la duración e intensidad en las temporadas de lluvia. Los SCALL representan una medida de prevención que contribuye a mitigar las pérdidas económicas en la ganadería por el impacto de las sequías y tener una fuente de reserva de agua.

Una forma de simplificar la implementación de los SCALL es mediante el uso de bases de datos, cálculos matemáticos sistematizados, análisis de costos, materiales y dimensiones esto permite que la aplicación de un proyecto SCALL sea más fácil, versátil y aplicable en cualquier región independientemente de la precipitación pluvial que ésta presente.

## **2.2 SCALL Para Consumo Animal.**

Los SCALL para consumo animal son una ecotecnia que contribuye a incrementar la eficiencia en el aprovechamiento del agua de lluvia y prolonga el abastecimiento para el consumo del ganado, además es una técnica simple y sencilla de construir en los predios ganaderos. Gran parte del material de construcción está disponible en todo el medio rural y prácticamente puede ser construida por los propios agricultores.

Los sistemas de agua de lluvia para consumo animal son una alternativa para que el ganado obtenga agua permanente durante las épocas de sequía prolongada, contribuyendo a reducir los problemas de abastecimiento del vital líquido que afrontan los hatos ganaderos durante la temporada de estiaje.

Algunos ranchos están alejados de las fuentes de agua y tienen problemas para satisfacer la demanda de agua para consumo animal, sobre todo en la época de sequía los pequeños productores de ganado tienen que comprar pastura y acarrear agua en vehículo (INEGI, 2010). Esto ocasiona que los costos de producción se eleven, lo cual repercute en la relación costo-beneficio. Una opción tecnológica para ayudar a disminuir éste problema, se refiere a los Sistemas de Captación del Agua de Lluvia (SCALL), los cuales permiten satisfacer la demanda de agua en cantidad y calidad de manera continua.

#### 2.2.1 Características de los SCALL para consumo animal.

1. Es un sistema recolector de agua de lluvia, que consiste en un área de captación que conecta con una cisterna de almacenamiento.
2. El agua captada y almacenada en la infraestructura de almacenamiento se distribuye por gravedad, y se dirige hasta el centro de los agostaderos donde se localiza el bebedero, por medio de tubería.
3. El área de escurrimiento y la cisterna de almacenamiento deben ubicarse dentro de un área protegida que evite el acceso del ganado; esta área debe quedar totalmente impermeabilizada.
4. Este sistema es de baja inversión y no genera contaminación

Los sistemas de captación de agua de lluvia, son de bajo costo, sencillos, presentan escaso o nulo consumo de energía, con facilidad para su construcción, bajo mantenimiento y bajo costo de operación, además de que no dañan el medio ambiente y son opciones viables y eficientes para dotar de agua a los animales (SAGARPA, 2004).

### 2.2.2 Ventaja de los SCALL para Consumo Animal.

1. Reduce las enfermedades y muertes de ganado por falta de agua durante la temporada de sequía.
2. El agua de lluvia cosechada presenta una alta calidad física y química.
3. Es un sistema independiente, ideal para lugares dispersos y alejados.
4. Empleo de mano de obra y/o materiales locales.
5. Requiere escasa o nula energía para la operación del sistema.
6. Fácil mantenimiento.
7. Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección del agua de lluvia.
8. Aprovechamiento eficiente del agua de lluvia.
9. Representa una fuente alternativa y ecológica de agua.

Con las ventajas del modelo SCALL se contribuye a disminuir los problemas de abastecimiento de agua en los predios ganadero y generar una mejor condición de vida para el hato ganadero en las épocas de sequía (SAGARPA, 2004).

### 2.3 SCALL para consumo animal en el Estado de Campeche.

El Estado de Campeche dedica una gran parte de sus actividades económicas a la producción animal (Gobierno del Estado de Campeche, 2004). Por lo que existe el paradigma de que la necesidad de abastecer de agua a los animales rivaliza con la de abastecer a la población. Lo anterior queda descartado ya que en el Estado de Campeche llueve una lamina de 98.5 mm al mes y tiene una precipitación pluvial anual de 1182 mm (Figura 2.7). De aquí que la cantidad de agua no es un factor limitante para que tanto la población como el ganado puedan saciar sus necesidades diarias. Se puede abastecer perfectamente tanto al consumo humano como animal a la vez.

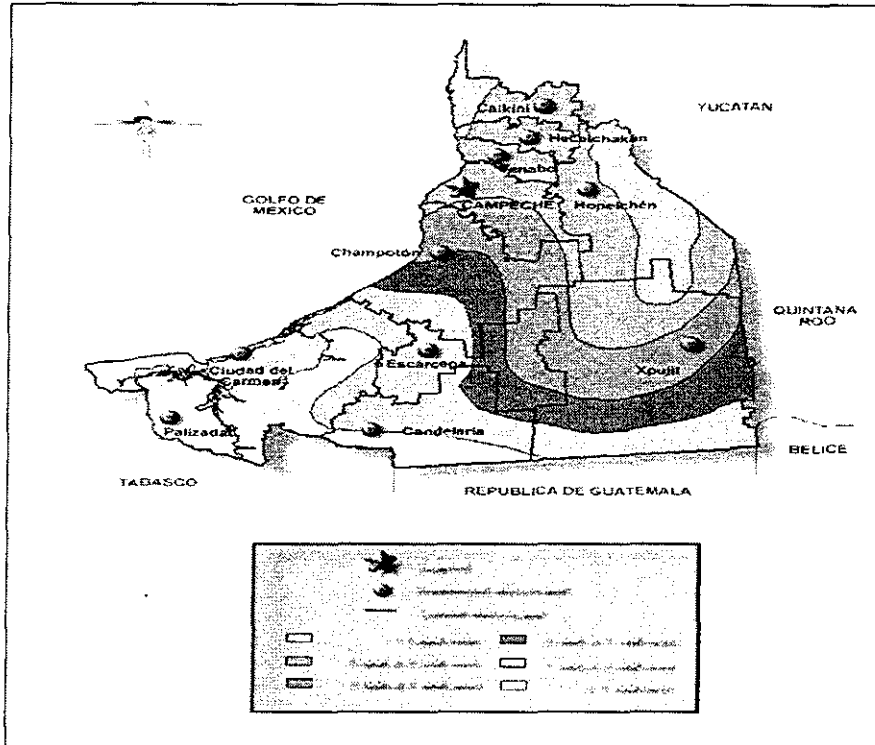


Figura 2.7 Precipitación pluvial en el Estado de Campeche  
Fuente: INEGI, 2012

Candelaria forma parte de una planicie donde las alturas van desde los 10 hasta los 100 metros sobre el nivel del mar, con pendientes muy suaves. Colinda al norte con el municipio de Escárcega; al sur con la Republica de Guatemala y el estado de Tabasco; al este con el municipio de Calakmul y al oeste con el municipio del Carmen. Comprende una extensión territorial de 5,518.55 km<sup>2</sup>, lo cual representa el 9.71% del total del territorio estatal.

El municipio de Candelaria, Campeche tiene una población animal de aproximadamente 150,000 cabezas de ganado de engorda (Arteaga, 2005), además se produce carne de borrego, cabra, gallina, cerdo y pavo. Lo cual indica que la ganadería es una actividad económica de gran relevancia en el municipio.

La falta de agua y forraje son los factores que más afectan la producción cárnica y de lácteos en el municipio de Candelaria, Campeche, lo cual indica la urgente necesidad de lograr la autosuficiencia en agua y en alimentos para los animales, poniendo especial atención a la cantidad, calidad y continuidad en el abastecimiento (Anaya, 2007).

A su vez los SCALL, son una alternativa económica, cómoda, práctica y ecológica que contribuye a mitigar el problema de la falta de agua. Si se lograra la sustentabilidad de agua, se podría atenuar las pérdidas económicas causadas por la muerte de ganado.

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la industria de la ganadería para la producción de carne es poco frecuente que exista conciencia sobre el aprovechamiento del agua. La principal problemática que presentan los Sistemas de Captación del Agua de Lluvia (SCALL) para consumo animal, es la falta de conocimiento de las características de los SCALL, creer que estos proyectos no satisfacen de manera adecuada la demanda de agua de los animales, que son costosos o difíciles de implementar, hace que las personas sientan apatía hacia esta ecotecnia con el fin de cosechar agua.

Otro problema que presenta la industria ganadera es que durante la temporada de estiaje los animales reducen entre 50 y 60 kilogramos de su peso corporal debido a la falta de agua. Los mantos acuíferos han mermado y por ende existe escasez de agua en los bordos<sup>2</sup>, muchos de éstos se han secado, lo que aunado a la falta de forraje hace que la situación se vuelva crítica en la región.

Los ganaderos ejidales son quienes más sufren estas consecuencias, los pequeños productores de ganado tienen que comprar pastura y acarrear agua en vehículo. Esto ocasiona que sus gastos se eleven, lo cual repercute en la relación costo-beneficio.

Además, no existe una norma que establezca cómo abastecer con agua en cantidad y calidad a los animales, para disminuir enfermedades en el ganado y en las personas que consumen los subproductos de éste. Contar con un suministro alternativo de agua es cada vez más necesario debido a que la escasez de agua provoca la muerte de los animales.

La elaboración de programas de implementación de sistemas de captación de agua de lluvia permitirá atender estas necesidades específicas en poblaciones cuyas condiciones de disponibilidad de recursos hídricos pone en riesgo la continuidad de sus procesos productivos, impactando a la calidad de vida, del ecosistema y la economía de dichas comunidades.

---

<sup>2</sup> Depresión sobre el terreno que permite almacenar agua proveniente de escurrimientos superficiales.



#### IV. OBJETIVOS.

Objetivo General:

- Proponer un modelo de Sistema de Captación del Agua de Lluvia para consumo animal, que contribuya a abastecer la demanda de agua durante la temporada de estiaje en un rancho ganadero ubicado en el ejido "La Candelaria" municipio de Candelaria, Campeche.

Objetivo Específico:

- Describir mediante datos oficiales disponibles el ejido "La Candelaria", en aspectos de población, actividades productivas, infraestructura hidráulica presente.
- Identificar cuáles son las necesidades reales de recursos hídricos, mediante entrevistas con los lugareños.
- Determinar las necesidades técnicas y de gestión que contribuyan a facilitar la realización de un sistema de captación de agua de lluvia:
  - 1) Demanda de agua por individuo.
  - 2) Área de captación.
  - 3) Sistema de conducción.
  - 4) Sistema de almacenamiento.

## V. METODOLOGÍA.

La propuesta de implementación del SCALL se desarrolla de la siguiente forma (Véase Figura 5.1):

1. Descripción del ejido "La Candelaria" en aspectos de población, actividades productivas, infraestructura hidráulica presente, vías de comunicación, necesidades reales de recursos hídricos, entre otros.
2. Visita de campo al municipio de Candelaria, Campeche para verificar los datos obtenidos y coleccionar datos faltantes: Entrevista con los habitantes y productores de la comunidad para conocer las necesidades que presentan los productores durante la temporada de estiaje así como características e infraestructura del rancho y número de cabezas de ganado.
3. Caracterización climática, física, biológica y social del sitio.
4. Realización de cálculos para diseñar de posibles propuestas de modelos SCALL en función de los requerimientos de un rancho ganadero en el ejido "La Candelaria", municipio de Candelaria, Campeche, para con ello elegir el modelo que presente mayor viabilidad técnica y económica.
5. Elaboración detallada del modelo del SCALL.
6. Diseño de un protocolo de manejo y gestión integral del SCALL.
7. Elaboración de la propuesta.

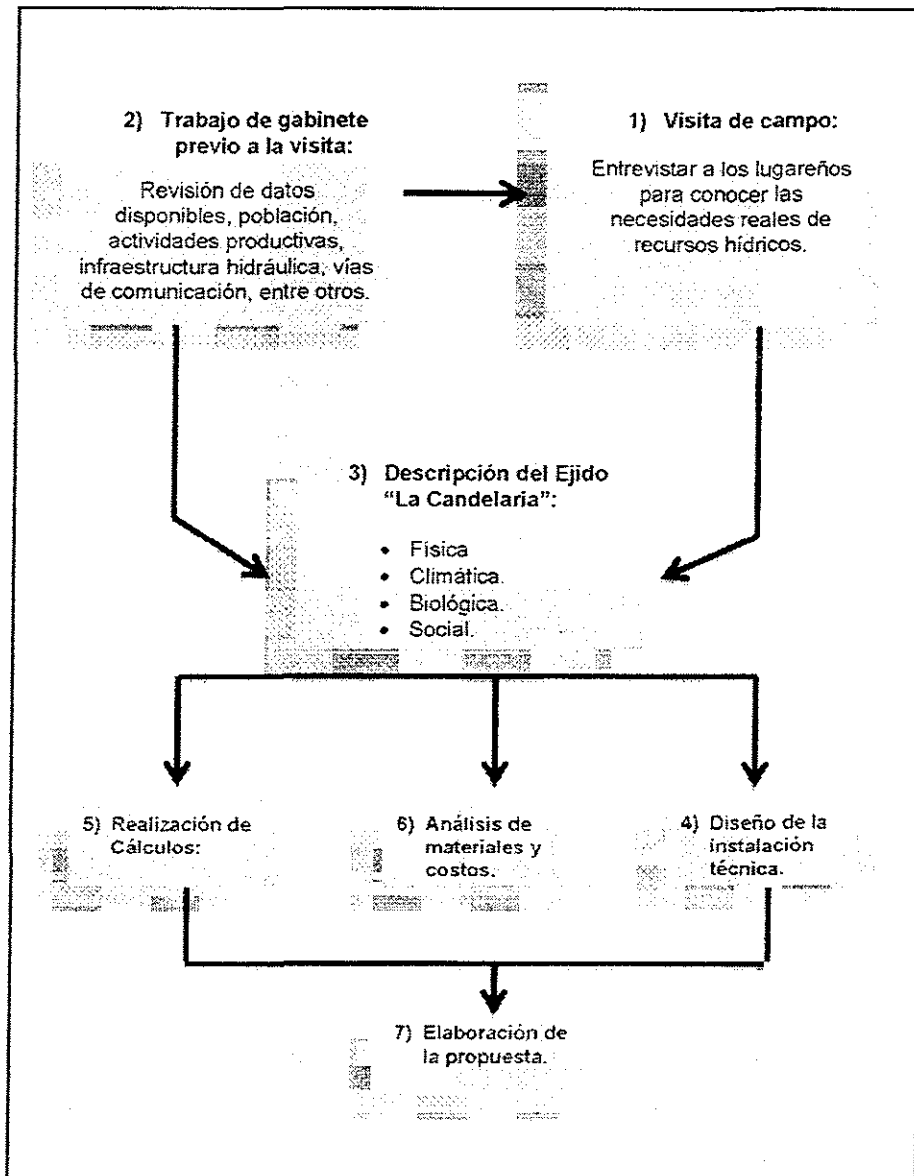


Figura 5.1 Diagrama de flujo  
Fuente: Elab. Propia. Ruvalcaba, 2012

Los ejidatarios de "La Candelaria" solicitarán un proyecto de captación del agua de lluvia para satisfacer la demanda de agua animal, por lo que se desarrollo el presente proyecto. Se evaluaron las características principales del municipio mediante fuentes oficiales de información. Después se concretó una reunion con los ejidatarios para explicarles la potencialidad de captación del lugar (Figura 5.2).

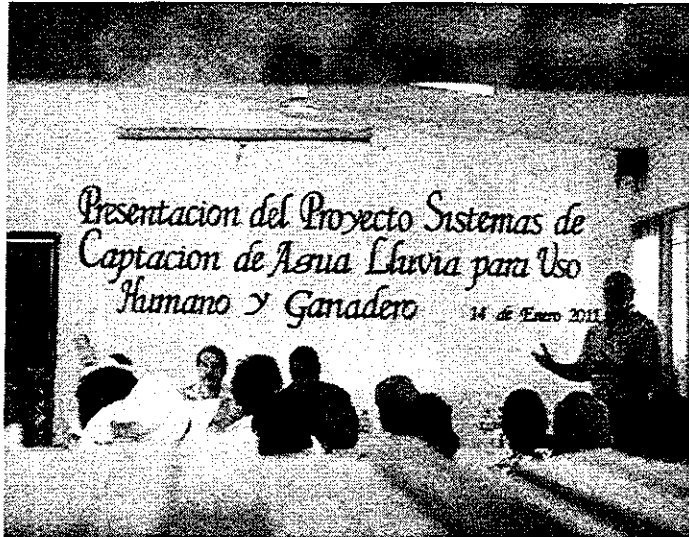


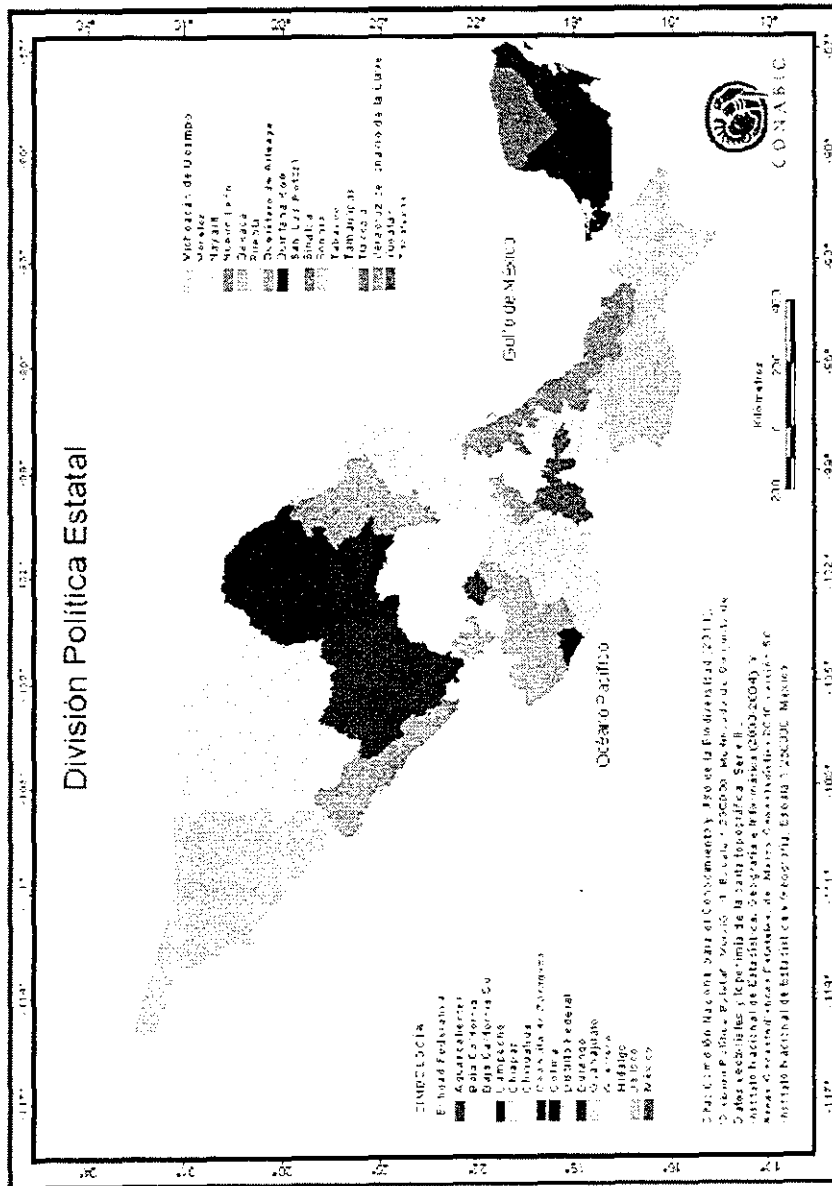
Figura 5.2 Reunion con los productores del ejido "La Candelaria" Enero 2011.  
Fuente: Elab. Propia. Ruavalcaba 2011.

## 5.1 Caracterización del ejido "La Candelaria", municipio de Candelaria, Campeche.

### 5.1.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA.

- Ubicación.

El estado de Campeche se localiza al Sureste de la República Mexicana y al Oeste de la Península de Yucatán, entre los paralelos 17°49' y 20°51' de latitud Norte y los meridianos 89°06' y 92°27' de longitud Oeste. Colinda al Noreste con el estado de Yucatán, al Este con el estado de Quintana Roo, al Sureste con Belice, al Sur con la República de Guatemala, al Suroeste con el Estado de Tabasco y al Oeste con el Golfo de México (Figura 5.3).



5.3 División política estatal de México.  
 Fuente: CONABIO, 2012

CONABIO, 2012. Modificado por el autor.

Estado de Campeche.

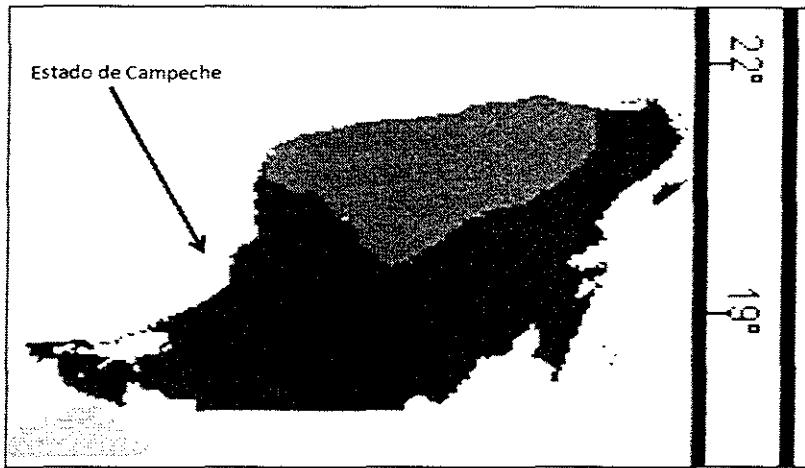
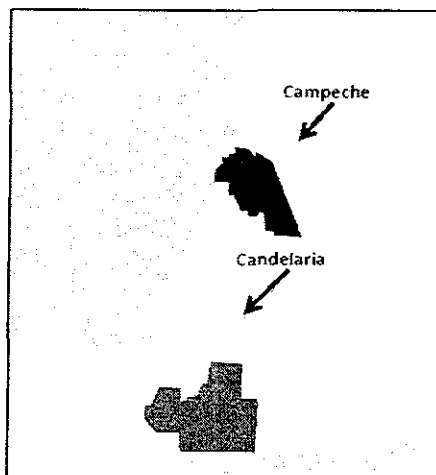


Figura 5.4 Ubicación geográfica del Estado de Campeche

Fuente: CONABIO, 2012

Por su parte el municipio de Candelaria es uno de los once municipios que conforman al Estado de Campeche y se encuentra ubicado al Sureste del territorio entre los paralelos  $17^{\circ} 49' 00''$  y  $18^{\circ} 30' 39''$  de latitud Norte y los meridianos  $90^{\circ} 14' 00''$  y  $91^{\circ} 19' 42''$  de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich. Cuenta con una superficie de  $5,518.55 \text{ Km}^2$ , colinda al Norte con el municipio de Escárcega; al Sur con la República de Guatemala y el Estado de Tabasco; al Este con el municipio de Calakmul y al Oeste con el municipio de Carmen (Figura 5.5).

Municipio de Candelaria.



Fuente: CONABIO, 2012

Ejido "La Candelaria".



Fuente: Elab Propia Ruvalcaba 2012

Figura 5.5 Ubicación geográfica del ejido "La Candelaria"

El ejido "La Candelaria" se encuentra entre los paralelos 18°10'56" N y 91°05'24" y colindancias:

Norte: con el predio "Pejelagarto".

Sur: Camino de terracería "Candelaria-Ranchería Salto Grande".

Este: Ejido "Monclova".

Oeste: Predio "Buenavista".

- **Clima.**

En general, el clima del estado de Campeche es cálido subhúmedo con lluvias en verano y con una precipitación pluvial promedio anual de 1,200 hasta los 1,500 mm; el periodo de lluvias es de junio a octubre. La temperatura media anual es de 27°C; no se presentan heladas, y en cuanto a huracanes, su litoral es el de menor incidencia.

El Municipio de Candelaria cuenta con un clima cálido húmedo y cálido subhúmedo tropical lluvioso, con lluvias monzónicas en verano, la máxima oscilación absoluta encontrada en la temperatura anual es de 25° C. La precipitación en la región de

Candelaria es de aproximadamente 1,336 mm, abarcando el periodo de mayo a diciembre, con mayor frecuencia en los meses de junio a octubre (CONAGUA, 2012).

El Estado de Campeche es extenso, y cuenta con las características climatológicas adecuadas que hacen de este estado un lugar propicio para la explotación de este terreno con fines de llevar a cabo diversas actividades primarias en él.

- Hidrología.

La región está integrada al sistema hidrológico Grijalva-Usumacinta (Figura 5.6) y comprende la corriente del Río Candelaria, que nace en el Departamento del Peten (Guatemala), con el nombre de San Pedro y desemboca en la Boca de Pargos en la Laguna de Carmen.



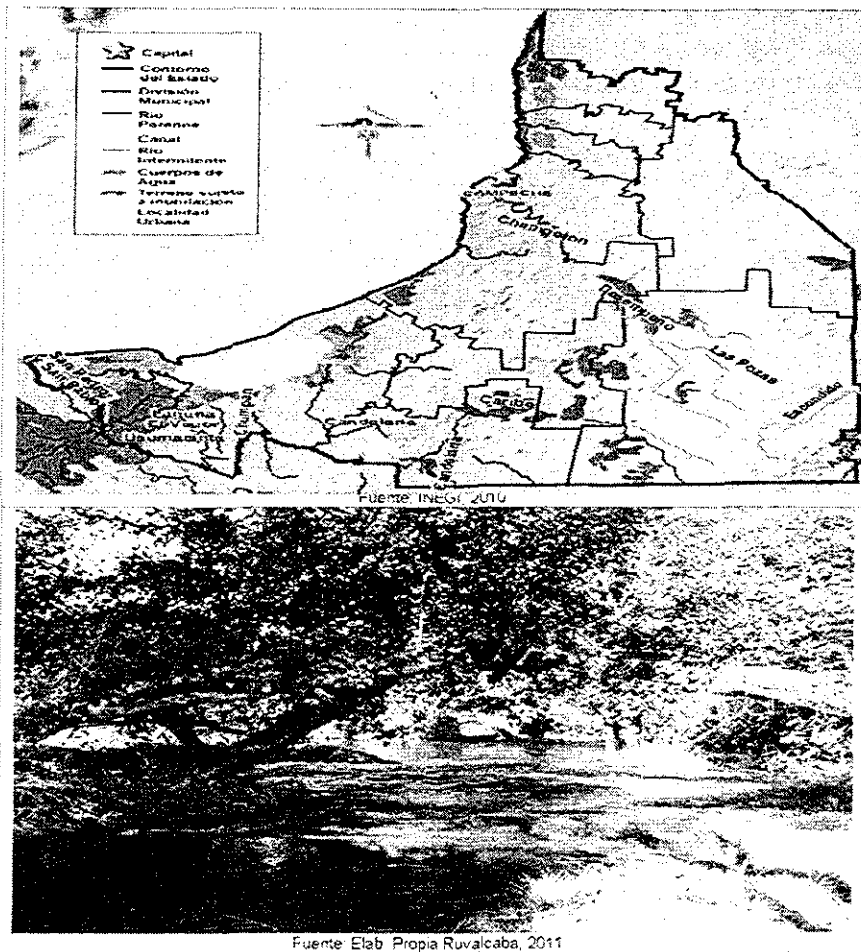
Figura 5.6 Subregiones hidrológicas

Fuente: INEGI, 2012.

El Río Candelaria tiene una longitud de 402 km. Su afluente principal es San Pedro y el Caribe. El Ejido “La Candelaria” se encuentra en un terreno sujeto a inundación



(Figura 5.7). Por ello de la importancia de implementar un SCALL para almacenar el agua que se estanca, se contamina y se vuelve una molestia durante la temporada de lluvias y aprovecharla posteriormente durante la temporada de sequias



Fuente: Elab. Propia Ruvalcaba, 2011

Figura 5.7 Río Candelaria

Los subafuentes del Río Candelaria son los siguientes arroyos: Las Golondrinas, Ojo de Agua, Pejelagarto, Arroyo Negro y la esperanza, siendo este último el de mayor extensión de los subafuentes.

- Tipo de Suelo.

Dentro de los tipos de suelo del municipio se pueden mencionar los de tipo vertisol y de gleysol con algunas asociaciones que presentan aptitudes para ser explotadas con técnicas de manejo de suelo (Véase Figura 5.8)



Figura 5.8 Mapa edafológico de México  
Fuente: CONABIO, 2012

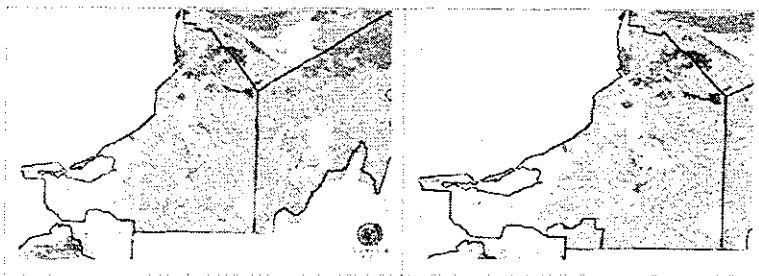


Figura 5.9 Edafología del Estado de Campeche y del Municipio de Candelaria

Fuente: CONABIO, 2012

En cuanto a la distribución del suelo se tiene estimado que corresponde al uso agrícola el 30%, al ganadero el 20% y al forestal el 50% de un total de 551,855 has. Las cuales corresponden al territorio de la región.

#### 5.1.2 Descripción biológica.

- Vegetación.

La vegetación de la región está caracterizada por su clima tropical lluvioso (Figura 5.9), puede dividirse de la siguiente manera:

- **Selva Alta Subperennifolia:** es una comunidad arbórea con especies que llegan a medir hasta más de 30 metros de altura, entre estos árboles están: ramón, capomo (*Brosimum alicastrum* Swarts), chico zapote (*Manilkara zapota*), caoba (*Swietenia macrophylla* King) y pucte (*Bucidas buceras*), entre otros.
- **Selva Mediana Subperennifolia:** compuesta por árboles cuya altura es de 15 a 30 metros, aquí podemos encontrar árboles como el jicote (*Melipona yucaticá*), entre otros.
- **Selva Baja Subperennifolia:** está compuesta por árboles maderables como el palo de tinte (*Haematoxyylum campechianun*) y chechen blanco (*Metopium Brownei*), por mencionar algunos.
- **Tular:** compuesto de carrizales (*Zizaniopsis bonariensis*), localizado a las orillas del río Candelaria (Gobierno del Estado de Campeche, 2004)

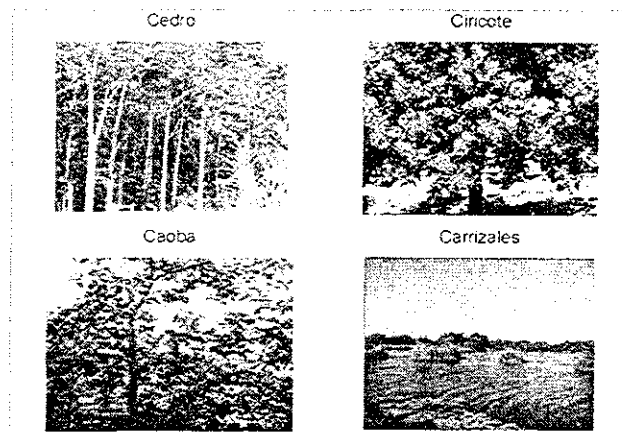


Figura 5.9 Vegetación representativa del municipio

Fuente: Etab. Propia. Ruvalcaba, 2012

- **Fauna.**

La fauna de la región está compuesta por una rica variedad de especies de animales que pueden dividirse en cuatro clases:

- **Mamíferos:** venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), venado temazate (*Mazama americana*), jabalí (*Sus scrofa*), armadillo (*Dasybus novemcinctus*), puerco espín (*Coendou sp*), mapache (*Procyon lotor*), tepezcuintle (*Cuniculus paca*), zorra gris (*Pseudalopex griseus*), tigrillo (*Leopardus tigrinus*), puma (*Felis concolor*), jaguar (*Panthera onca*), ardillas (*Sciurus vulgaris*), conejos (*Oryctolagus cuniculus*), entre otros.
- **Aves:** chachalaca (*Ortalis vetula*), pavo ocelado (*Mejeagris ocellata*), tórtola (*Streptopelia turtur*), cenizontle (*Mimus polyglottos*), gallinola (*Crypturellus cinnamomeus*), perdiz (*Alectoris rufa*), gavilán (*Accipiter nissus*), tucán (*Ramphastos Sulfuratus*), comechile (*Pitangus sulphuratus*), golondrina (*Hirundo rustica*), aguililla (*Hieratus pennatus*), codorniz (*Coturnix coturnix*), colibrí (*Archilochus colubris*) y cotorra (*Myiopsitta monachus*) entre otros.
- **Reptiles:** vibora de cascabel (*Crotalus durissus terrificus*), nauyaca (*Brothrops spp*), bejuquilla (*Imantodes cenchoa*), boa u oxcán (*Boa constrictor*), lagartija (*Cnemidophorus spp*), tortugas (*Trachemys y Terrapenes*), iguana (*Iguana iguana*), icotea (*Trachemys callirostris*), etc.

- **Peces:** guavina (*Lebiasina bimaculata*), robalo (*Centropomus undecimalis*), pejelagarto (*Lepisosteus osseus*), macabil (*Brycon Hilarii*), mojarra (*Diplodus vulgaris*) y tenguyaca (*Petenia splendida*) (Gobierno del Estado de Campeche, 2004).

### 5.1.3 Descripción social.

- **Vías de comunicación.**

Las vías de acceso han sido un factor determinante en la conformación demográfica actual en el municipio de Candelaria, ya que en torno a ellas se encuentran las principales concentraciones humanas, conservándose grandes extensiones que no cuentan con comunicación alguna.

La carretera federal 186 "Villahermosa, Tabasco – Chetumal, Quintana Roo" cruza el municipio de Escárcega y se conecta con la carretera federal 221 la cual entra al municipio de Candelaria, cuenta con una longitud de aproximadamente 15.5 Km de largo (Figura 5.9) la carretera 186 es la carretera que comunica al municipio de Candelaria con el Estado de Tabasco y el Estado de Quintana Roo.

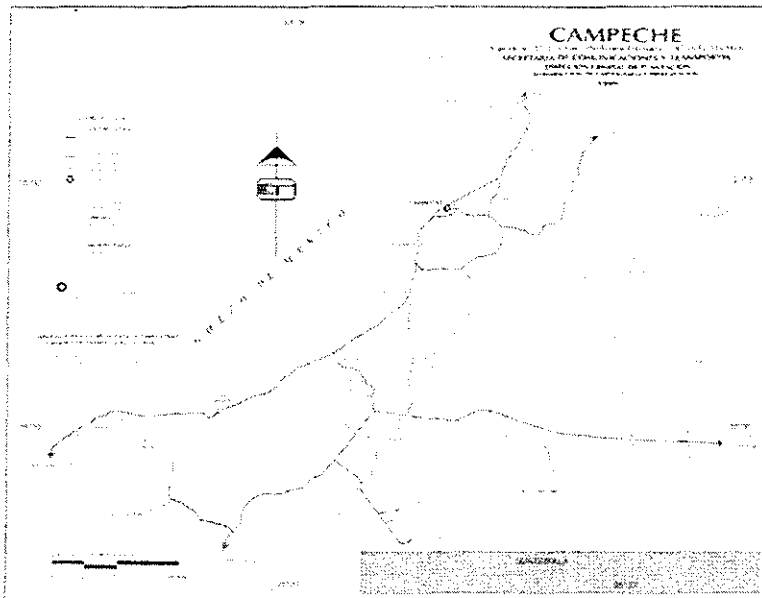


Figura 5.10 Carreteras del Estado de Campeche.

Fuente: SOT, 2012

El municipio de Candelaria cuenta con una red interestatal y de caminos rurales pavimentados y de terracería, los cuales comunican a las localidades de la región entre sí. La carretera más extensa del municipio es la carretera federal 221 "Campeche, Cam. – Nuevo Coahuila, Cam." Esta carretera cruza a lo largo del municipio de Candelaria y conecta el ejido Candelaria con el ejido Nuevo Coahuila.

- Población.

Este municipio de Candelaria es de reciente creación, surgió el 1° julio de 1998 y cabe mencionar que la población que integra este municipio, proviene de una parte de las localidades de los municipios del Carmen, Calakmul y de la sección municipal de Candelaria.

Según el Censo de Población y Vivienda del 2010 el municipio cuenta con una población total de 41,194 de los cuales el 50.8% (20,924) corresponde a la población masculina y el otro 49.2% (20,270) a la población femenina (Tabla 5.1).

Tabla 5.1 Población total, edad media y relación hombre-mujer por municipio

Municipio	Población total a/			Edad media			Relación hombres-mujeres
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	
<b>Estado</b>	<b>822 441</b>	<b>407 721</b>	<b>414 720</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>98.3</b>
Calakmul	26 882	13 647	13 235	19	18	19	103.1
Calixtlahuacán	52 890	26 072	26 818	25	25	26	97.2
Campeche	259 005	125 561	133 444	28	27	28	94.1
<b>Candelaria</b>	<b>41 194</b>	<b>20 924</b>	<b>20 270</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>103.2</b>
Carmen	221 094	110 317	110 777	25	26	26	99.6
Campotón	83 021	41 780	41 261	24	24	24	101.2
Escárcega	54 184	26 809	27 375	22	22	23	97.9
Hecelchakán	28 306	14 093	14 213	25	25	26	99.2
Hopelchén	37 777	19 306	18 471	22	22	22	104.5
Palizada	8 352	4 230	4 122	26	26	27	102.6
Tenabo	9 736	5 002	4 734	26	25	26	105.7

Fuente: INEGI, 2012

Los grupos étnicos principales que se encuentran en este municipio son los choles y los chontales. De acuerdo a los resultados que presentó el Censo de Población y Vivienda 2010 la población de 5 y más años que hablan alguna lengua indígena consta de 2,266 personas.

- Índice de Desarrollo Humano (IDH).

La evaluación de los niveles de marginación permite diferenciar municipios y localidades según el impacto que las carencias de servicios tienen sobre la población. Tales carencias se evalúan con el uso y disfrute de servicios y acceso a prestaciones sociales, lo cual permite tener una idea concreta acerca de la calidad de vida de una determinada población. Campeche es un Estado clasificado según el su niveles de "alta" marginación (Figura 5.11). El índice de Desarrollo Humano para el Estado de Campeche en el 2000 fue de 0.6787.

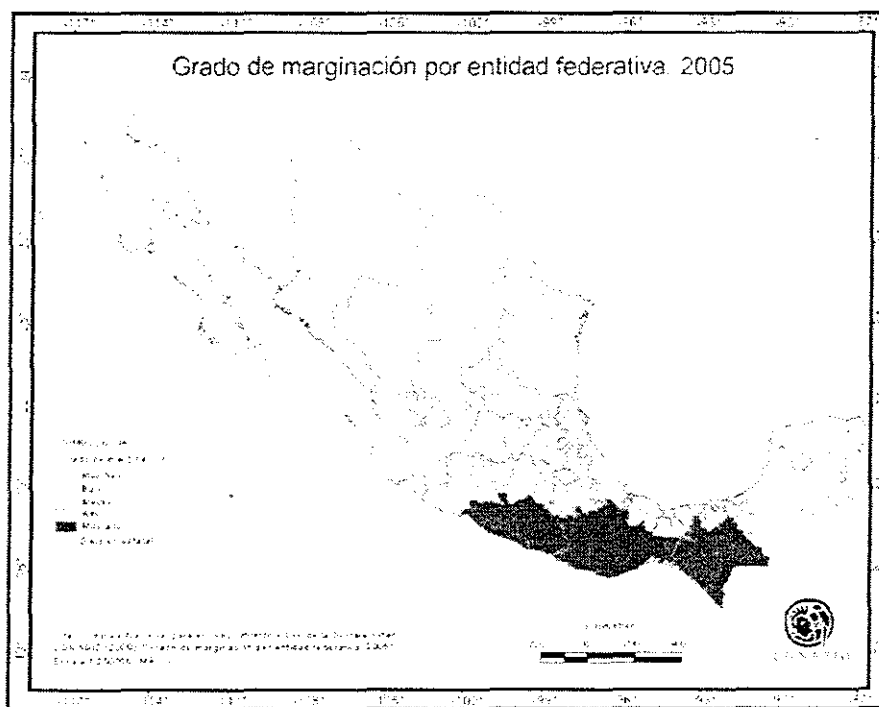


Figura 5.11 Grado de marginación por estado, 2005  
Fuente: CONABIO 2012.

Los indicadores del nivel socioeconómico que se registraron fueron: población analfabeta mayor a 15 años, vivienda sin drenaje, energía eléctrica, agua entubada, como se muestra en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2 Indicadores de desarrollo humano.

Estado y municipio	Índice de agua entubada	Índice de drenaje	Índice de electricidad	Índice de desarrollo humano con servicios	
				Índice	Rango
Estado	0.8795	0.7803	0.9413	0.8386	24
Calakmul	0.6059	0.3102	0.7970	0.7350	11
Calkini	0.9123	0.5624	0.9582	0.8052	5
Campeche	0.9747	0.9237	0.9761	0.8792	1
Candelaria	0.8070	0.5967	0.7392	0.7824	10
Carmen	0.7886	0.9276	0.9605	0.8478	2
Champotón	0.8724	0.6603	0.9526	0.8196	4
Escárcega	0.9492	0.7198	0.9366	0.8263	3
Hecelchakán	0.9062	0.4865	0.9181	0.8024	7
Hopelchén	0.9078	0.4597	0.8940	0.7984	9
Palizada	0.6355	0.8860	0.9194	0.8036	6
Tenabo	0.9254	0.3853	0.9346	0.7996	8

Fuente: INEGI, 2012

A su vez para el año 2010 el porcentaje de alfabetización es de 83.62% para la población de 15 años o más y el 6.12% de la población del mismo rango son analfabetas.

En el municipio de candelaria cerca del 65% de las localidades no cuentan con el servicio de drenaje (INEGI, 2010), ni agua entubada (Figura 5.12) por lo que es necesario acarrear agua del Río Candelaria y posteriormente hervirla en casa para el consumo humano. Para el consumo animal se acostumbra construir pequeños abrevaderos, pero estos en



temporada de estiaje se secan, o requieren de inversión económica para poder construirlos.

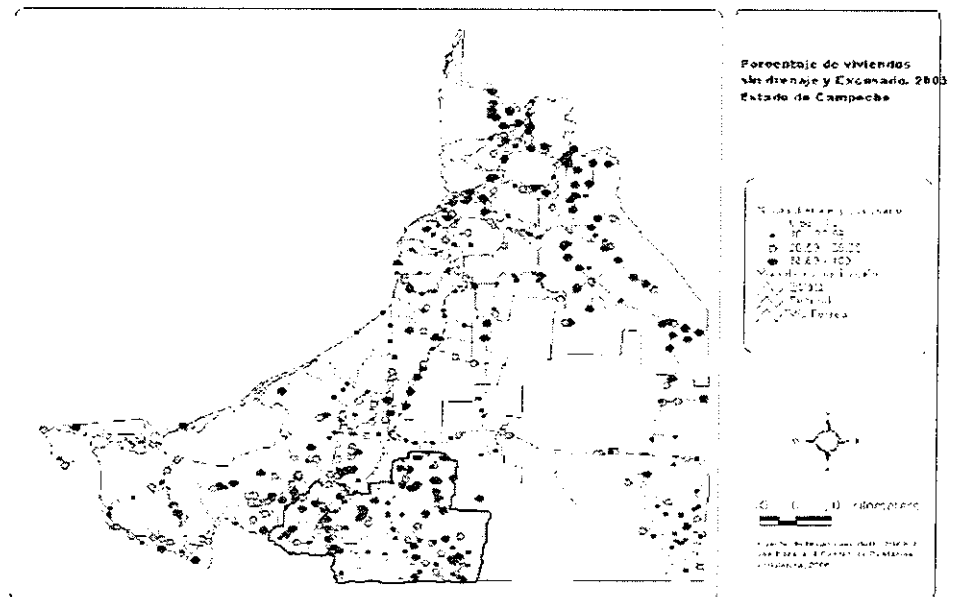


Figura 5-12 Viviendas sin drenaje  
Fuente: CONAPO, 2005

- **Actividades económicas:**

El municipio de Candelaria cuenta con 551,855 hectáreas. La gran mayoría corresponde a propiedad ejidal con aproximadamente 50 ejidos. El terreno restante es propiedad privada. La estructura económica de la región tiene como base a las actividades primarias, principalmente la ganadería, agricultura, silvicultura y pesca (CONAPO, 2005).

### **Pecuaría**

Los productores en su gran mayoría son pequeños propietarios y en menor proporción pertenecen al sector social, que son organizados en grupos solidarios, unidades de producción agropecuaria y grupos y unidades colectivas agropecuarias. Las reses para abasto son comercializadas en los mercados locales y nacionales, representando un fuerte pilar para la economía regional y estatal. En la región hay ganado de diferentes razas de las cuales aproximadamente un 70% pertenece a pequeños propietarios y un 30% a grupos ganaderos ejidales. Esta actividad ganadera ha venido incrementándose a

un ritmo acelerado en los últimos años. En menor importancia se explotan las especies porcinas, caprinos y aves.

### **Agricultura**

El terreno se emplea en distintas épocas para diferentes cultivos; entre ellos: maíz, chihua chile jalapeño, arroz y pastos para el ganado. De las 18,900 hectáreas dedicadas a la agricultura (el 9.46% del total estatal), el primer lugar lo ocupa el maíz con el 79.37% y el 11.64% la chihua<sup>3</sup>. Destaca también la superficie destinada al chile jalapeño con el 8.46%; la aportación del arroz es del orden de 0.53%. La estructura de la producción agrícola se orienta hacia un sistema de explotación bajo condiciones de temporal generalmente.

### **Explotación Forestal**

Tradicionalmente fue generadora de grandes utilidades pero el gran aprovechamiento maderero provocó un agotamiento prematuro sobre estas especies. Se maquilan anualmente un promedio de 12,877 m<sup>3</sup> de madera en rollo, de los cuales el mayor porcentaje es de maderas corrientes y el restante de maderas preciosas. La explotación de la resina del chicozapote se realiza muy escasamente.

### **Pesca**

La más antigua de las actividades de la región, es la pesca que se practica en el Río de Candelaria. Esta actividad se manifiesta exclusivamente a nivel local, pues cada comunidad ubicada en los márgenes del Río Candelaria, tiene pesca suficiente para su abasto doméstico y actualmente se cuenta con una cooperativa pesquera debidamente registrada. Las variedades de especies acuáticas comerciales son: robalo, mojarra, tilapia, pejelagarto, molula, paleta, tenhuayaca, pigua, bagre y tortuga.

Según el Ordenamiento Ecológico del municipio de Candelaria el recurso agua se identifica como una necesidad por resolver. (Véase Tabla 5.3) (Gobierno del Estado de Campeche, 2004).

---

<sup>3</sup> Planta herbácea rastrera de la familia de las cucurbitáceas, de frutos globosos, cáscara dura, forma esférica; con semillas blancas y apianadas, los frutos promedian de 5 a 8 kg; la pulpa es de color naranja. También conocida como calabaza semilla, pipián o pepitas.

Tabla 5.3. Elementos Existentes y necesidades para la producción primaria.

Concepto	Ganadería		Agricultura		Pesca		Silvicultura	
	Existe	Falta	Existe	Falta	Existe	Falta	Existe	Falta
<b>Agua</b>	Bordos y pozos a cielo abierto	Más bordos, más pozos. No hay suficiente agua.	Pozos y agua de temporal		Río, lagunas de agua dulce		Temporal	Pozos y sistema de riego
<b>Suelo</b>	Tierra Negra Sascab y Roja		Tierra Negra Sascab y Roja	Tierra fértil para no quemar monte	Piedras, Lodo y arena	Infra-estructura Hidráulica	Piedra en las lomas y tierra en las planadas estando a 20-50cm el sascab	Preparación de tierra con maquinaria
<b>Relieve</b>	Planadas y lomeríos		Lomas de sascab, piedras y planadas de tierra negra.		Islas, montañas campos a la orilla del río		Lomas y planadas	
<b>Vegetación</b>	Pastos llaneros, brisanta, humídica	Más forraje.	Jabin, acahual, potreros, jobo, pochote	Cedro, caoba, rehusar el terreno para recuperar la tierra	Rastrojo, hoja de sol, sibal, manglar por partes río abajo	Sergazo, hoja de sol, sibal, manglar por partes río abajo	Achuales para capturar Carbono.	Regular quemas, control de plagas
<b>Producción y venta</b>	Reces y pie de cria para venta en canal y vivo.				Venta y consumo Pescado, camarón, almeja y jaiba		Caoba.	

Fuente: Gobierno del Estado de Campeche, 2004.

- **Infraestructura Hidráulica.**

En el municipio la única infraestructura hidráulica son los bordos a cielo abierto dentro de los ejidos (Figura 5.13). No existen presas o bordos comunales, sólo los construidos en propiedad privada.



Figura 5.13 Bordo a cielo abierto, ejido "La Candelaria", Candelaria, Campeche  
Fuente: Elab. Propia. Ruvalcaba 2012.

## 5.2 Realización de cálculos para el diseño del SCALL.

Para poder realizar el modelo que permita analizar y seleccionar cuál diseño se ajusta a las necesidades del lugar y hará frente de manera satisfactoria a los usos que se requieran, se debe hacer una serie de cálculos técnicos.

Los parámetros que deben calcularse para el diseño del SCALL son:

- a) **Precipitación pluvial media histórica.**
- b) **Precipitación Pluvia Neta (PPN).**
- c) **Demanda de agua mensual.**
- d) **Área de captación del agua de lluvia.**
- e) **Volumen que se puede captar.**

### 5.2.1 Precipitación pluvial media histórica:

Para conocer la precipitación pluvial media histórica se revisó la estación meteorológica 00004039 Candelaria-Carmen (Véase Anexo 8.3). Y se observaron las normales climatológicas mensuales promedio de 29 años. La estación indica que en esta región llueve en promedio 1,338.7 mm anuales; es decir, 1,338.7 litros de agua sobre un metro<sup>2</sup>

Al graficar la precipitación pluvial mensual histórica se observa que la temporada de lluvia inicia a partir del mes de Mayo hasta Noviembre. Además demostrar que la temporada de estiaje cubre los meses febrero, marzo y abril (Figura 5.14).

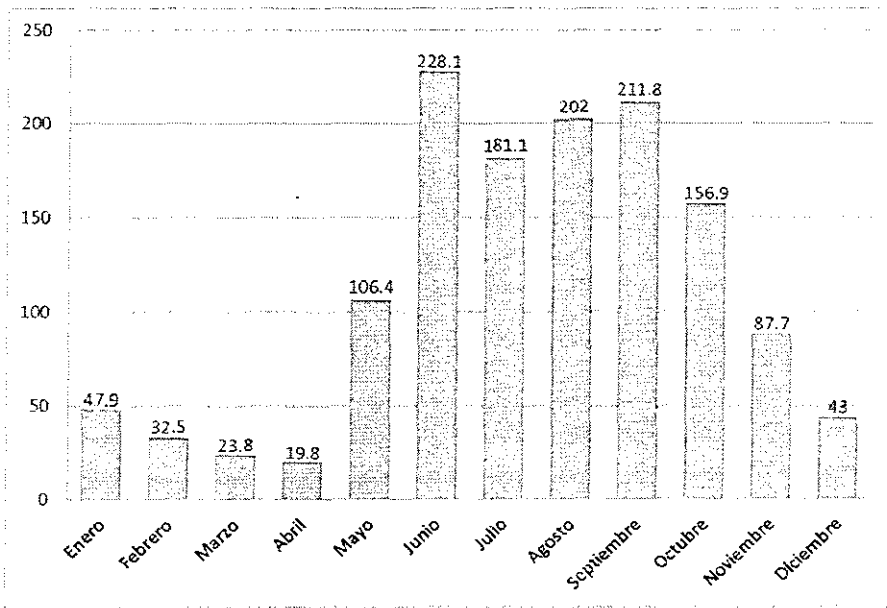


Figura 5.14 Precipitación media histórica de "La Cardelara"

Fuente: Eleb Propia. Ruvalcaba, 2012 (Modificado de CONAGUA, 2004)

### 5.2.2 Precipitación pluvial Neta (PN).

La Precipitación Pluvial Neta se define como la cantidad de agua de lluvia que queda a disposición del SCALL. Este método consiste en descontar las pérdidas de agua por diversos factores como salpicamiento, velocidad del viento, evaporación, fricción, tamaño

de la gota. La eficiencia de la captación del agua de lluvia depende del coeficiente de escurrimiento de los materiales del área de captación, el cual varía de 0.1 a 0.9

$$PN = P_j * C_e \dots \dots \dots (\text{Ecuación 5.1})$$

(Anaya et al. 98)

Donde:

PN = precipitación neta (mm).

$C_e = \eta_{\text{captación}} * P_r \text{ ob.}$

$P_j$  = precipitación del mes j (mm).

$\eta_{\text{captación}}$  = eficiencia de captación del agua de lluvia.

$C_e$  = coeficientes de escurrimiento.

El coeficiente de escurrimiento es la capacidad de absorber o dejar fluir el agua que cae sobre el material que cubre el área de captación (Tabla 5.4). En este caso el material del que está hecho la superficie de captación es decir, la cubierta de las naves de los establos es de láminas de metal

Tabla 5.4 Coeficiente de escurrimiento ( $C_e$ )

Tipo de captación	$C_e$
<b>Cubiertas superficiales</b>	
Concreto	0.6 – 0.8
Pavimento	0.5 – 0.6
Geomembrana de PVC	0.85 – 0.90
<b>Azotea</b>	
Azulejos	0.8 – 0.9
Hojas de metal acanaladas	0.8 – 0.9
Orgánicos (hojas con barro)	<0.2
<b>Captación en tierra</b>	
Suelo con pendientes menores al 10%	0.0 – 0.3
Superficies naturales rocosas	0.2 – 0.5

Fuente Anaya 2007

Por lo tanto la precipitación pluvial neta se presenta de la siguiente forma (Tabla 5.5):

Tabla 5.5 Precipitación pluvial Neta.

Mes	Precipitación pluvial (mm)	Coefficiente de Escurrimiento.	Precipitación Neta. (mm)
Enero.	47.9	(0.9)	43.11
Febrero.	32.5	(0.9)	29.25
Marzo.	23.8	(0.9)	21.42
Abril.	19.8	(0.9)	17.82
Mayo.	106.4	(0.9)	95.76
Junio.	228.1	(0.9)	205.29
Julio.	181.1	(0.9)	163.00
Agosto.	202.0	(0.9)	181.80
Septiembre.	211.8	(0.9)	190.62
Octubre.	156.9	(0.9)	141.21
Noviembre.	87.7	(0.9)	78.93
Diciembre.	43.0	(0.9)	37.70
			PN Total 1137.42 mm
			PN Total 1.14 m

Fuente: Elab. Propia. Ruvalcaba, 2012.

Para el diseño del SCALL no se consideran las precipitaciones netas por debajo de los 40 mm de lámina de agua, ya que son lluvias aisladas con altas concentraciones de polvo y basuras, y debido a su mala calidad lo más conveniente es desconectar las canaletas y no captar esa precipitación. Entonces sumando los meses con precipitación pluvial neta mayor a los 40 mm se obtiene una precipitación pluvial neta anual de 1137.42 mm ó 1.14 m de precipitación.

### 5.2.3 Demanda de agua mensual:

La demanda mensual de agua es la cantidad de agua que requiere el rancho para cubrir las necesidades hídricas del ganado durante un mes. Y se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$D_j = \frac{Nu \cdot Dot \cdot Nd_j}{1000} \dots \dots \dots \text{Ecuación 5.2}$$

(Anaya et al. 98)

Donde:

D<sub>j</sub> = demanda de agua en el mes j.

Nu = número de beneficiarios del sistema.

Dot = dotación, en l/individuo/día,

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

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

Por lo tanto:

D<sub>j</sub> = demanda de agua en el mes j.

Nu = 300 cabezas de ganado,

Dot = 30 Lt/día (aproximadamente el 10% del peso corporal del animal)

Nd<sub>j</sub> = 30 días.

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

$$D_j = \frac{300 \cdot 30 \cdot 30}{1000} = 270 \quad D_j = 270 \text{ m}^3 \text{ al mes.}$$

Según la Precipitación Pluvial Neta (PPN) hay tres meses secos, durante esos meses se requieren 810 m<sup>3</sup> para continuar abasteciendo con agua al ganado durante los meses en los que no hay precipitación pluvial suficiente. Por lo tanto el SCALL deberá captar como mínimo la demanda de agua de esos tres meses en los que no llueve la cantidad de agua necesaria. Esta medida contribuye a evitar el acarreo de agua y mitigar las enfermedades que la falta de agua causa en los animales.



### 5.2.4 Área de Captación del agua de lluvia

El área de captación es la superficie donde el agua entra en contacto con el SCALL, en este caso son los techos de los establos. Se calcula sumando los metros cuadrados disponibles donde se puede captar el agua de lluvia.

$$A = a \times b \dots\dots\dots(\text{Ecuación 5.3})$$

Donde:

A= Área de captación, m<sup>2</sup>

a= Ancho, m

b= Largo, m

A continuación se presentan los techos de la infraestructura que puede utilizarse como área de captación. (Figura 5.15).

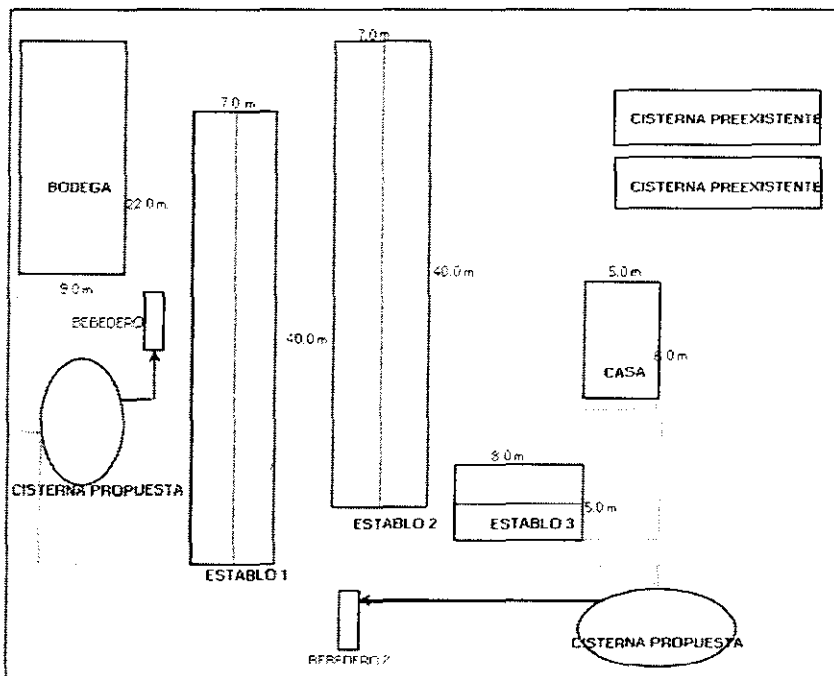


Figura 5.15 Croquis de infraestructura en el rancho que muestra el área de captación  
Fuente: Elab. Propia, Ruvalcaba, 2012.

Por lo tanto:

<u>Bodega</u>	<u>Establo 1</u>	<u>Establo 2</u>	<u>Establo 3</u>	<u>Case</u>
$a_1 = 9.0 \text{ m.}$	$a_2 = 7.0 \text{ m.}$	$6.0 \text{ m.}$	$8.0 \text{ m.}$	$5.0 \text{ m.}$
$b_1 = 22.0 \text{ m.}$	$b_2 = 40.0 \text{ m.}$	$40.0 \text{ m.}$	$5.0 \text{ m.}$	$6.0 \text{ m.}$
$A_1 = 198.0 \text{ m}^2$	$A_2 = 280.0 \text{ m}^2$	$A_3 = 280.0 \text{ m}^2$	$A_4 = 40.0 \text{ m}^2$	$A_5 = 30.0 \text{ m}^2$

$$A_1 (198 \text{ m}^2) + A_2 (280.0 \text{ m}^2) + A_3 (280.0 \text{ m}^2) + A_4 (40.0 \text{ m}^2) + A_5 (30.0 \text{ m}^2) = 828.0 \text{ m}^2$$

5.2.5 Volumen de agua que se puede captar.

$$V = A_{ec} * PN \dots\dots\dots(\text{Ecuación 5.4})$$

Donde:

V= volumen de la cisterna ( $\text{m}^3$ ).

$A_{ec}$  = Área efectiva de captación del agua de lluvia ( $\text{m}^2$ ).

PN= Precipitación pluvial Neta (m).

Por lo tanto:

$$A_{ec} = 828.00 \text{ m}^2$$

$$PN = 1.14 \text{ m}$$

$$V = (828.0 \text{ m}^2) (1.14 \text{ m}) = 943.9 \text{ m}^3$$

El resultado nos indica que con el área de captación de las naves existentes en el rancho se pueden captar  $943.9 \text{ m}^3$  de agua de lluvia, por lo que se requiere de una cisterna que cumpla con las dimensiones para almacenar dicha cantidad de agua.

### 5.3 Diseño de cisternas.

El ejido "La Candelaria" ya cuenta con dos estanques de almacenamiento los cuales están impermeabilizados con geomembrana para evitar la infiltración del agua y almacenarla durante la temporada de lluvias (Figura 5.16 ). Además, los estanques cuentan con una cubierta flotante del mismo material, geomembrana, que por ser de tipo lona, plástica,

tiene como función evitar la evaporación y contaminación del agua captada al terminar la temporada de lluvias

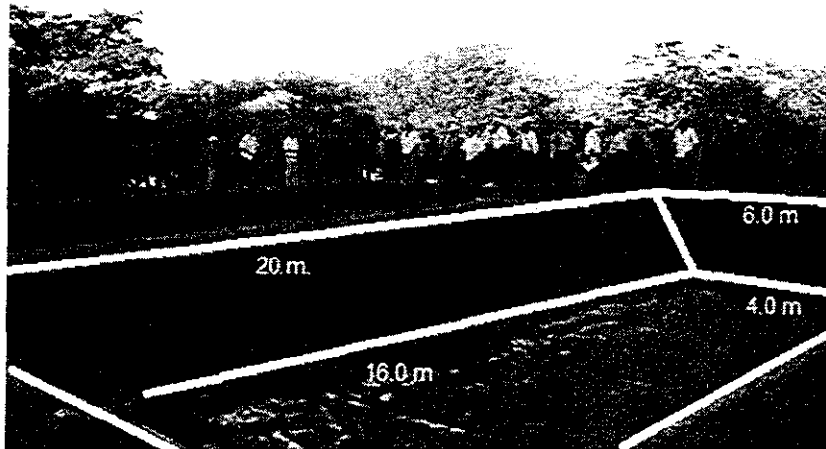


Figura 5.16 Estanques para almacenar el agua de lluvia, ejido "La Candelaria"  
Fuente: Elsb. Propia. Ruvalcoba, 2012

Estos estanques tienen forma trapezoidal así que en su base mayor tienen un perímetro de 20.0 m. de largo por 6.0 m. de ancho, y en la base menor 16.0 m. de largo por 4.0 de ancho y 2.0 m. de altura. Por lo tanto, el volumen de cada una es de 184 m<sup>3</sup> (Ec. 5.5).

$$V_{\text{trapezio}} = \frac{1}{3}h (A_B + A_b + \sqrt{A_B \cdot A_b}) \dots \dots \text{(Ecuación 5.5)}$$

En conjunto los dos estanques tienen la capacidad de almacenar 384 m<sup>3</sup>. Por lo que se considera necesario la instalación de una cisterna adicional que capte el agua restante que se requiere para los meses secos y poder aprovechar los 943.9 m<sup>3</sup> que se pueden captar.

Para poder almacenar toda el agua de lluvia que puede captarse con la infraestructura existente en el rancho se requiere una cisterna adicional de 600 m<sup>3</sup>. Esta cisterna puede ser elaborada de diversos materiales, mismos que se describen a continuación:

#### 5.4. Análisis de materiales:

El material de la cisterna depende del uso al que este destinado el SCALL la elección del material con el que se construirá la cisterna está directamente relacionado con las condiciones físicas, climáticas y biológicas del lugar en el que se instale. Por ejemplo las cisternas de ferrocemento no son recomendadas en zonas sísmicas debido al riesgo por agrietamiento. Para consumo doméstico es recomendable usar cisternas de polipropileno o ferrocemento, ya que sus dimensiones se ajustan a la demanda de agua de una familia. Para el consumo animal se requieren cisternas de gran volumen de almacenamiento debido a que la demanda de agua es mayor, para este tipo de uso se usan cisternas con gran capacidad de almacenamiento como bordos o bolsas de geomembranas..

##### 5.4.1 Análisis de las propiedades de las cisternas de "ferrocemento".

Es una estructura cilíndrica que permite almacenar agua. Por el tipo de estructura, se puede construir en el exterior sin necesidad de cavar un pozo. El ferrocemento se considera una ecotecnía barata y fácil de construir.

Para hacer trabajos de ferrocemento los materiales que se usan son: cemento, arena y malla de alambre. Estas estructuras son resistentes y ligeras, la resistencia se las proporciona su característica forma circular (CDI, 2008).

##### 5.4.2 Análisis de las propiedades de las cisternas de "polipropileno":

Las cisternas de polipropileno son las cisternas utilizadas comúnmente para casa-habitación debido a que son fáciles de obtener. Éstas se pueden comprar desde ferreterías hasta supermercados, no requieren preparación del terreno, por lo tanto no necesitan instalación técnica especializada y el mantenimiento de la cisterna puede ser hecho por el propietario con cloro y detergentes de uso común.

##### 5.4.3 Análisis de las propiedades de la "geomembrana".

Geomembrana se define como un recubrimiento, membrana o barrera de muy baja permeabilidad usada para controlar la migración de fluidos en cualquier proyecto, estructura o sistema construido. La impermeabilidad de las geomembranas es bastante alta comparada con otros materiales inclusive con suelos, aun con suelos arcillosos. Los

valores normales es de 85% a 90% de impermeabilidad, por esto las geomembranas son consideradas impermeables y por excelencia el material para el recubrimiento de depósitos. La geomembranas tiene las siguientes características:

- Impermeabilidad.
- Alta durabilidad.
- Resistentes a la mayoría de los líquidos peligrosos (alta resistencia química).
- Resistentes a la radiación ultra violeta (U.V.)
- Económicas.

Sus principales campos de aplicación son:

- Rellenos sanitarios.
- Piscinas.
- Tratamiento de lodos.
- Lagunas de oxidación
- Recubrimiento de canales.
- Minería.
- Acuicultura.
- Recubrimiento de túneles viales.
- Tanques de almacenamiento de líquidos sean estos en tierra o en concreto.

#### 5.4.4 Análisis de las propiedades de los bordos:

Los bordos, también conocidos como jagüey, olla de agua o caja de agua. El bordo de almacenamiento con fines de abrevadero es una obra hidráulica que consiste en construir una depresión sobre el terreno construyendo una pequeña cortina de tierra compactada a manera de presa que en función a las curvas de nivel permite almacenar el escurrimiento superficial y captar el agua de lluvia.

La finalidad de éstos es la de disponer de agua para el ganado durante la temporada de estiaje y reducir la mortandad. Sin los bordos la única forma de obtener agua es acarreándola o llevando el ganado a abrevar directamente a la fuente de agua más cercana. Los bordos requieren de grandes extensiones de terreno para llevar a cabo la construcción de la obra, además se requiere de mano de obra técnica especializada para su realización. Desde el punto de vista ambiental los bordos alteran el régimen del escurrimiento de un cauce lo que posteriormente resulta en el deterioro de la flora y la fauna del sitio donde se alteró el cauce original.

### 5.5 Análisis de Costos.

El precio del sistema de captación de agua de lluvia varía según las dimensiones, el material y el grado de especialización técnica que requiera la mano de obra para su instalación o construcción. El material del que esté construido el SCALL depende de la finalidad que tenga y las condiciones físicas, climáticas y biológicas del sitio en el que se instale (Tabla 5.6).

Tabla 5.6 Análisis de costos

Material	Tamaño	Precio de cisterna	Materiales e instalación	Costo/Litro	Observaciones.
Ferrocemento.	40 m <sup>3</sup>	\$ 38.900.00	\$11.097.04	\$1.24	Vida útil 4 décadas Pueden pintarse. Riesgos por grietas, no recomendables en zonas sísmicas. Hay que prepara el suelo para instalarla
Polipropileno.	10 m <sup>3</sup>	\$17.156.00	\$5.073.04	\$2.22	Vida útil más de 5 décadas. Son ligeros y de fácil instalación. Los tanques de color blanco fomentan el crecimiento de algas
	22 m <sup>3</sup>	\$45.000.00	\$5.073.04	\$2.27	
Geomembrana.	300 m <sup>3</sup>	\$45.925.50	\$16.153.04	\$0.209	Vida útil 4 décadas. No permite el crecimiento de algas ni de ningún otro microorganismo. Recomendable en zonas sísmicas. La instalación requiere de mano de obra técnica especializada
Bordo.	600 m <sup>3</sup>	\$172.590.01 (Preparación, limpieza y nivelación de 13.396,1 m <sup>2</sup> . Extracción, movimiento y compactación de 3.408,15 m <sup>3</sup> de suelo) Formación del bordo	\$43.253,18 (Jornales, maquinaria y materiales diversos)	\$0.360	Vida útil más de 5 décadas. Pérdida de agua por evaporación e infiltración y contaminación del agua. Se requiere de un terreno extenso para poder llevarlo a cabo. Su construcción requiere mano de obra técnica especializada

Fuente: Elab. Propia, Ruvalcaba, 2012

El precio total del sistema de captación del agua de lluvia contempla desde el diseño hasta la instalación de las líneas de conducción del sistema de almacenamiento al destino final. Lo anterior incluye: las canaletas, líneas de conducción, cisternas y mangueras.

Durante la temporada de estiaje el promedio de mortandad de animales en el municipio de Candelaria es de 4 hasta 7.1 cabezas de ganado (Santiago, 2012). El precio de una res adulta con un peso aproximado de 300 a 400 kg. va de los \$4,800.00 hasta los \$5,000.00. Además durante la época de sequía el agua es acarreada por los ejidatarios, llevándola del río hacia el rancho y según sus reportes, el gasto por gasolina para el acarreo es de aproximadamente \$800.00 pesos quincenales. Esto indica que la pérdida por animales muertos durante la temporada es de aproximadamente \$30,000 más \$4,800.00 por gastos de gasolina usada para los acarreos, da como resultado que cada ejidatario pierde alrededor de \$35,000.00 cada año. Para entender el costo-beneficio que puede proporcionar un SCALL se debe tener en cuenta las pérdidas anuales que causan los tres meses de sequía. Es necesario hacer una comparación entre los precios de cada tipo de cisterna y el dinero que se pierde por la muerte de ganado en una temporada seca (Tabla 5.7).

Tabla 5.7 Comparación de costos - beneficio de un SCALL.

Período	Pérdida	Tipo de SCALL	Precio del SCALL
1 año	\$35,000.00	Con cisterna de Polipropileno (10 m <sup>3</sup> )	\$22,229.04
2 años	\$70,000.00	Con cisterna de ferrocemento (40 m <sup>3</sup> )	\$49,997.04
3 años	\$105,000.00	Con bolsa de geomembrana (300 m <sup>3</sup> )	\$62,078.54
4 años	\$135,000.00	Con bordo (600 m <sup>3</sup> )	\$216,143.19

Fuente: Elab. Propia, 2012

Al hacer un análisis en retrospectiva se vuelve evidente que instalar un SCALL es más barato y práctico que dejar pasar temporadas de estiaje y tener pérdidas económicas a causa de la muerte y enfermedades del ganado por consecuencia de la sequía. Además, como se mencionó anteriormente el ejido se encuentra en un lugar propenso a inundarse, por lo que captar el agua de lluvia en lugar de permitir que se estanque, se contamine y cause enfermedades intestinales en el ganado resulta una opción que resulta práctica. Con ésta ecotecnia el agua se aprovecha en la temporada de lluvias y se evitan las molestias que causan las inundaciones además, se prevé una fuente alternativa de agua durante la temporada de sequía.

### 5.6 Ubicación física e instalación técnica:

La instalación técnica propone los sitios más prácticos en los que se puede acomodar el SCALL, la propuesta de instalación se basa en la infraestructura existente del ejido y considerando la pendiente del terreno para que el agua se conduzca por gravedad.

#### 5.6.1 Localización de canaletas.

Las canaletas deben ubicarse en el borde del área de captación con la finalidad de que conduzca el agua captada en el techo hacia las líneas de conducción que la dirijan a la cisterna (Figura 5.17). Estas canaletas pueden ser de 6 a 8 pulgadas de ancho, ya que una canaleta más angostas sería insuficiente para aprovechar la cantidad de agua ya se desbordaría.

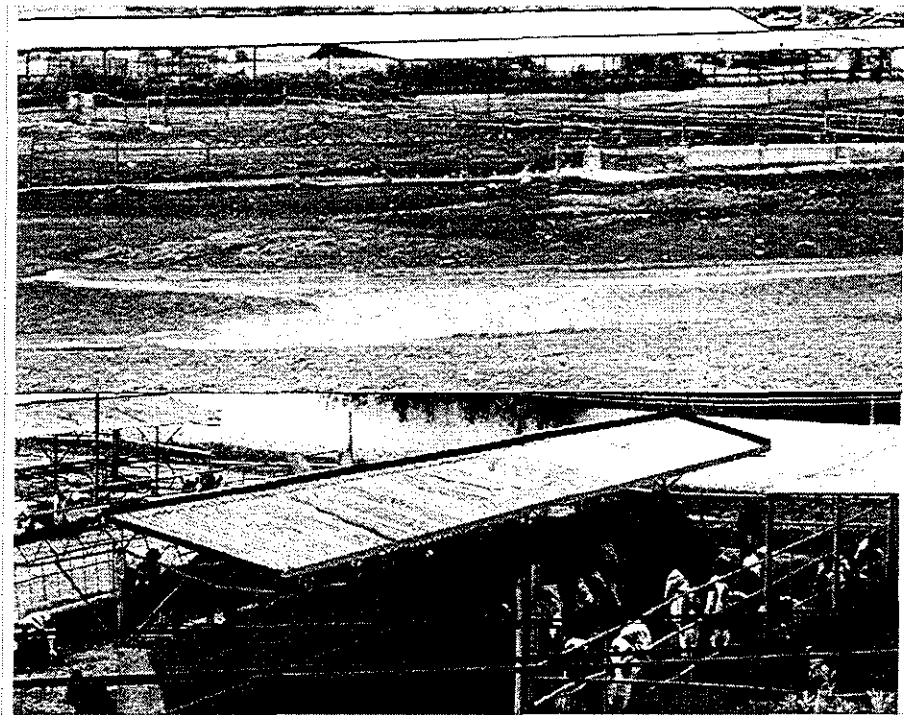


Figura 5.17 Ubicación de canaletas.  
Fuente: Elab propia Ruvalcaba, 2011



Como se ha mencionado cerca de los establos hay una pequeña casa, cuyo techo también se considera como área de captación (Véase Figura 5.18). Por lo anterior se propone poner canaleta al borde del techo que conduzca el agua que éste puede captar. Además, el agua de lluvia que cae en el techo es drenada a través de tubos de PVC con el fin de evitar que se inunde durante la temporada de lluvias.

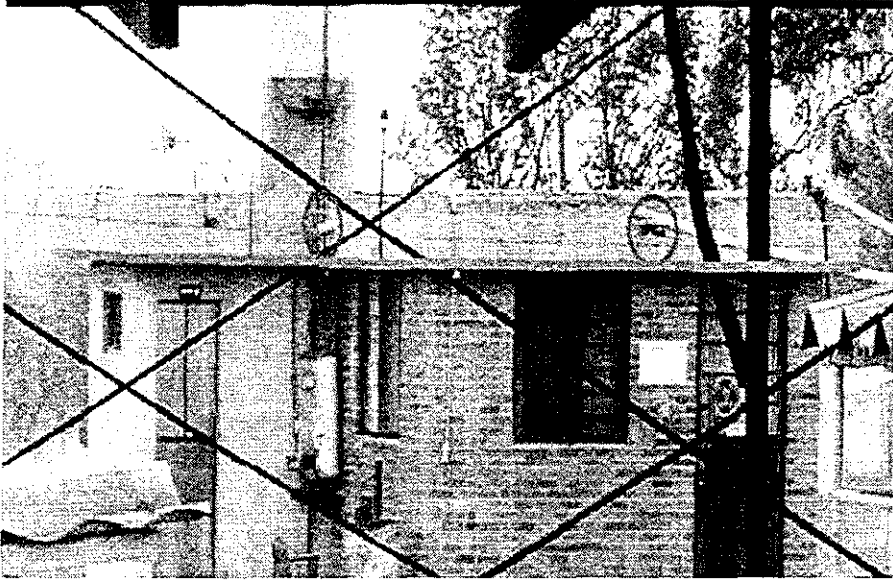


Figura 5.18 Área de captación en infraestructura doméstica  
Fuente: Elab propia, Ruvalcaba, 2011

Por su parte la bodega que está ubicada también cerca de los establos cuenta con una pendiente original lo cual facilita la decisión sobre dónde se debe instalar las canaletas. A diferencia de las otras infraestructuras, las canaletas de la bodega deben ser más anchas debido a que el agua se conducirá sólo sobre un lado de la infraestructura (Véase Figura 5.19).

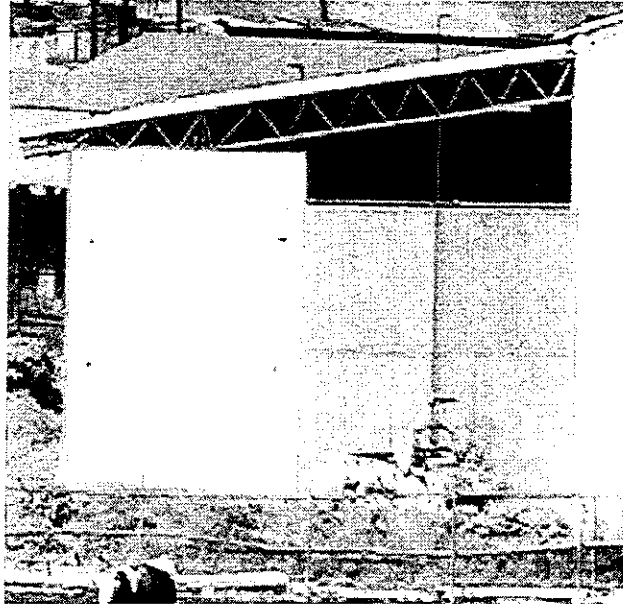


Figura 5.19 Bodega del establo  
Fuente: Elab propia. Rivalcaba, 2010

#### 5.6.2 Localización de las cisternas.

Como se ha mencionado anteriormente, el rancho cuenta con dos cisternas cubiertas de geomembranas con una capacidad de almacenamiento de 384 m<sup>3</sup> de agua. Debido a que la demanda de agua del rancho durante la temporada de estiaje es de 810 m<sup>3</sup> se requiere una cisterna que pueda almacenar cerca de 600 m<sup>3</sup>. Debido a que no existen cisternas de tales dimensiones (a menos que se construya un bordo) se propone instalar dos cisternas distribuidas estratégicamente para que estén situadas cerca de los puntos donde el ganado abreva. (Figura 5.20)

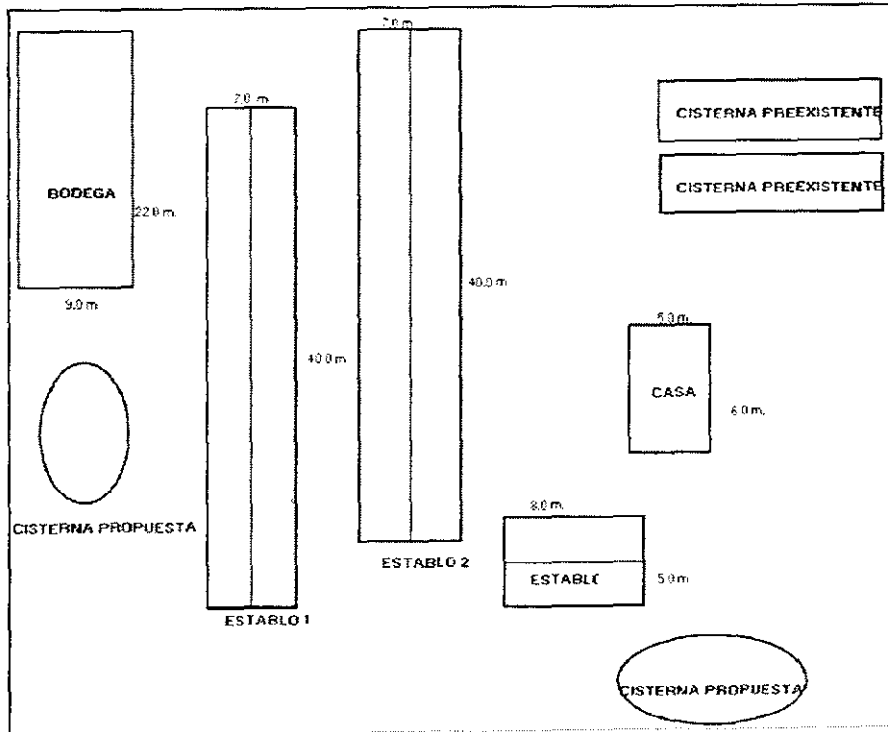


Figura 5.20 Croquis de cisternas.  
Fuente: Elab. Propia. Ruvalcaba, 2011.

### 5.6.3 Localización de líneas de conducción y bebederos.

Las líneas de conducción como su nombre lo indica son las tuberías y mangueras que dirigen el agua captada de los techos hacia las cisternas, y de éstas a los bebederos. Se propone instalar líneas de conducción que se dirijan el agua captada hacia las cisternas propuestas y que de éstas el agua se dirija posteriormente hacia los bebederos. El rancho ya cuenta con dos bebederos de lamaño importante en comparación con los demás. Es a estos bebederos donde el agua captada será dirigida (Figura 5.21).

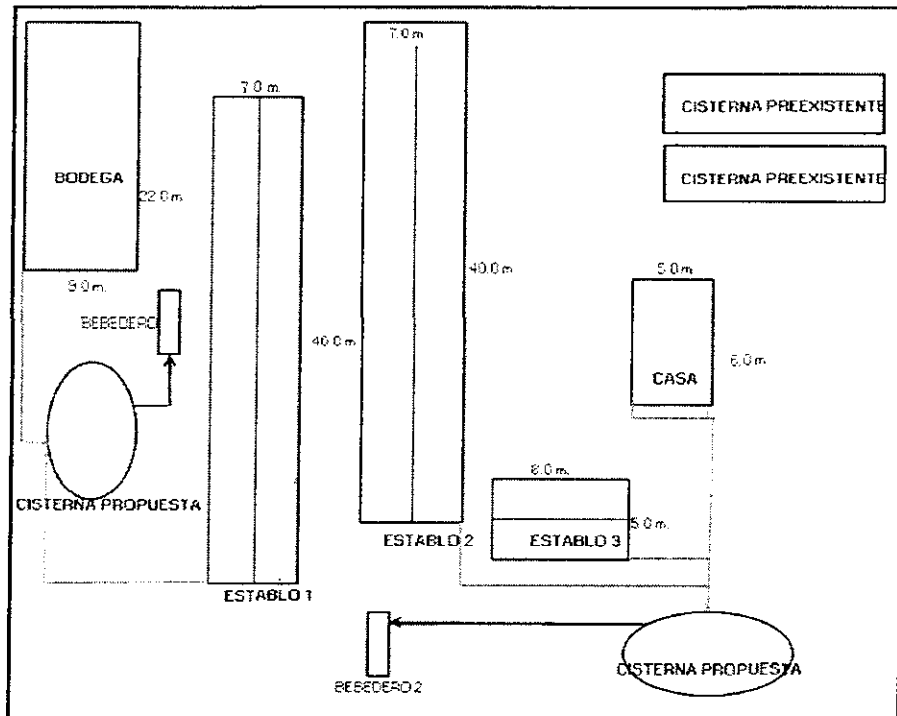


Figura 5.21 Croquis de cisternas, líneas de conducción y bebederos  
Fuente: Elab. Propia Ruvacaba 2011

Las cisternas deben estar cercadas con malla ciclónica o algún material que el ganado no pueda cruzar para evitar cualquier percance. Así mismo se muestran imágenes de los bebederos reales a donde se propone enviar el agua de las cisternas (Figura 5.22).



Figura 5.22 Ubicación real de los bebederos en el rancho  
Fuente: Elab. Propia Ruvalcaba 2011.

Los bebederos del rancho se ubican a aproximadamente 20 metros de los establos ya que una vaca no debe caminar en busca de agua más de 200 metros en terreno plano ó 150 metros en terreno ondulado (Gorlach, 1999). Debido a que la caminata hace que el ganado pierda peso

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El ejido "La Candelaria" requiere 810 m<sup>3</sup> de agua durante los tres meses que dura la temporada de estiaje, para cubrir la demanda diaria de agua del ganado sin que éste sufra alguna consecuencia o enfermedad causada por la falta del recurso. Las superficies aprovechables para la cosecha de agua logran captar 943.9 m<sup>3</sup>. Ésto indica que si se utiliza la infraestructura existente del rancho y se aprovechan sus techos como áreas de captación del agua de lluvia, se podría obtener más agua de la que demanda el hato ganadero durante la temporada de sequía.

Basado en los datos oficiales disponibles consultados y las necesidades reales de los productores primarios de esta región, se concluye que debido a las características físicas, climáticas, biológicas y sociales el sistema de almacenamiento más recomendable para el Sistema de Captación del Agua de Lluvia es la bolsa de geomembrana con capacidad de 300 m<sup>3</sup>. Se requieren dos bolsas de 300 m<sup>3</sup> para que almacenen los 600 m<sup>3</sup> necesarios que no se pueden almacenar en las cisternas existentes. Esta opción es la más económica en comparación con las otras. Las cisternas de polipropileno, serían más costosas y no existen cisternas de este material en estas dimensiones. Las cisternas de ferrocemento sufren riesgo de agrietamiento en zonas sísmicas. Además, no es recomendable hacer estas cisternas mayores a los 100 m<sup>3</sup> ya que pierden estabilidad y la preparación del suelo para su instalación en tales dimensiones resulta costosa.

Los bordos es la opción más utilizada por los ejidatarios para almacenar grandes cantidades de agua, se requieren de grandes extensiones de terreno para poderlos construir además, es necesario limpiar, nivelar, excavar el terreno para después extraer y compactar los metros cúbicos de suelo lo cual es muy costoso y requiere mano de obra altamente tecnicada. En los bordos el agua se evapora durante la temporada de estiaje y es propenso a contaminarse. Otra desventaja de este sistema de almacenamiento de agua, es que debe desazolverse cada cierto tiempo dependiendo del tipo del suelo.

Si bien las bolsas de geomembrana requieren de mano de obra tecnicada, puesto que se deben mandar a hacer con las medidas exactas, ciertamente no hay que hacer mayor preparación en el suelo ni extraer grandes volúmenes de suelo para su instalación. Una

bolsa de 300 m<sup>3</sup> se puede depositar en una escudilla hecha en el suelo de metro y medio de profundidad que sea un metro más largo y más ancho que la bolsa para que le de margen de expandirse cuando se llene de agua. No requiere de mantenimiento técnico y tienen una vida útil de más de cuarenta años. No tiene un efecto negativo sobre el medio ambiente ya que no desvía el cauce natural de la cuenca como lo puede hacer el bordo y como resultado no transforma la vegetación aledaña al cauce natural.

Esta propuesta se presentó con los ejidatarios para su discusión y posible adopción. Se propone un programa de visitas periódicas y consistentes, así como la estructuración de un programa realista de trabajo que contribuya a construir las bases de una forma de vida autosuficiente y sustentable. Además, de usarla como modelo tipo "parcela demostrativa" para otros usuarios.

Por su parte los ejidatarios de la región se mostraron motivados a llevar a cabo la propuesta, ya que pudieron comparar los gastos que representa un bordo, una cisterna de ferrocemento y la bolsa de geomembrana. Además de adoptar la conciencia sobre la importancia de mantener el agua en un lugar libre de contaminación y evaporación.

Mientras opere en condiciones óptimas se recomienda organizar en conjunto con la CONAFOR o la Universidad Estatal o diversas instituciones que tienen programas de adopción de ecotecnias, visitas para grupos de productores, con el fin de promover este tipo de de proyectos los cuales representan una opción viable del uso sustentable del agua, ya que tienen programas de adopción de ecotecnias.

## VII. BIBLIOGRAFÍA.

- Anaya G. M. (1977). *Optimización del aprovechamiento del uso del agua de lluvia para la producción agrícola bajo condiciones de temporal deficiente*. Chapingo, México. Hernández E. ed. 45 p.
- Anaya G. M. (2004). *Manual de sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y el Caribe*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Costa Rica. 404 p.
- Anaya G. M., García L. R. y Fernández L. E., (1983). *Manual de Conservación del Suelo y del Agua*. Escuela Nacional de Agricultura. 584 p.
- Anaya G. M., Ramírez C. V.; Martínez, J. J. (2007). III Diplomado Internacional Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia para Consumo Humano y Uso Doméstico. *Capítulo 4. Componentes de los sistemas de captación del agua de lluvia (SCALL)*. Colegio de Postgraduados. México. 256 -285 p.
- Anaya G. M.; Ramírez C. V.; Martínez, J. J. (2007). III Diplomado Internacional Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia (SCALL) para consumo humano y uso doméstico. *Capítulo 5. Diseño de los Sistemas de Captación del Agua de Lluvia (SCALL)*. Colegio de Postgraduados. México. 289-356 p.
- Anaya G-R. I. (2001). *Escasez de agua en América Latina y el Medio Oriente: Estudios de caso, problemas y soluciones*. Tesis de Licenciatura. Universidad de las Américas-Puebla. 148 p.
- Arteaga A. M. (2004). *Modelo de Ordenamiento Ecológico Territorial del Municipio de Candelaria*. Universidad Autónoma de Campeche. Centro de Estudios de Desarrollo Sustentable, Laboratorio de Análisis Territorial.
- Ballén S. J., Galarza G. M., Ortiz M. R. (2006). *Sistemas de Aprovechamiento de Agua para Vivienda Urbana*. Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua. Brasil, 5 a 7 de junio.
- Barrera R. A. (1995). El Puuc: Estilo, geografía y cultura. *Arqueología Mexicana*, Vol. II, No. 11, p. 18-25.



- Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del agua de Lluvia (CIDECALLI) (2011) Disponible en: <http://www.cidecalli.org.mx>
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS). (2001). *Guía de Diseño para Captación del Agua de Lluvia*. División de Salud y Ambiente. Lima, Perú. 18 p.
- Comisión Nacional de la Biodiversidad. (CONABIO) (2010). *Sistemas de Información Geográficos*. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Comisión Nacional de Población (CONAPO). (2005). *Índices de Marginación*. Disponible en: <http://www.conapo.gob.mx> (23 de Junio de 2012)
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2010). *Estadísticas del Agua en México*, edición 2010. Ed. SEMARNAT. México, D. F. 258 p.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2010). *Programa Nacional Hídrico*. México. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/programahidrico> (Marzo, 2012)
- Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI). (2008). *Cisternas de Ferrocemento*. Programa Organización Productiva para Mujeres Indígenas. Serie Cuidando Nuestro Ambiente. México D.F.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2007). *Protección, restauración y conservación de suelos forestales*. Manual de obras prácticas 3ra edición. Zapopan Jal. México. 293 p.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (2012) *Diario Oficial de la Federación*. Última reforma el 25 de junio de 2012. Artículo 4, fracción IV y V.
- Development Technology Unit. (2004) *Low Cost Storage for Domestic Roofwater Harvesting*. School of Engineering University of Warwick. Inglaterra.
- Food and Agriculture Organisation –FAO–, Oficina Regional para América Latina. (2000). *Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia Experiencias en América Latina*. Serie: Zonas Áridas y Semiáridas N° 13". Chile.
- Frost R. A., 2011. *Antecedentes de la captación del agua de lluvia*. Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia (CIDECALLI).

- Gobierno del Estado de Campeche. (2004). *Programa Estatal de Ordenamiento Territorial del Estado de Campeche*. Plan Estatal de Desarrollo 2003- 2009. 110 p.
- Gorlach A. (1999). Transferencia de Embriones en Ganado Vacuno. *Capítulo 5.2 Alimentación y Manejo*. Acriba, España. 142 p.
- Gutiérrez O. C. (2010). Aumento de la Oferta Hídrica. INDRHI-CEHICA. Republica Dominicana. Primera Edición. 148 p.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2011) Anuario Estadístico: Censo de Población y Vivienda, edición 2010. México. Disponible en: [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/continuas/vitales/demograficas/2010](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/continuas/vitales/demograficas/2010)
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2010). *Cartografía Recursos Naturales: hidrología*. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reconat/hidrologia> (08 de Agosto, 2012)
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2010). *Cartografía Recursos Naturales: climatología*. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reconat/clima> (08 de Agosto, 2012).
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2010). *Cartografía Recursos Naturales: edafología*. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reconat/edafologia> (08 de Agosto, 2012).
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2010). *Cartografía Recursos Naturales: uso de suelo y vegetación*. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reconat/ususuelo> (08 de Agosto, 2012).
- LAN. (2011). Ley de Aguas Nacionales. *Diario Oficial de la Federación*. Última reforma publicada el 24 de abril de 2004. Artículo 3, fracción X.
- LAN. (2011). Ley de Aguas Nacionales. *Diario Oficial de la Federación*. Última reforma publicada el 24 de abril de 2004. Artículo 7, fracciones IV y VI.
- Laureano P (2002). *Traditional Techniques of Water Management to Fight Against Desertification*.

- LGEEPA. (1988). Ley General del Equilibrio y Protección al Medio Ambiente. *Diario Oficial de la Federación*. Última reforma publicada el 16 de mayo de 2008, título primero, artículo 3, fracción XXIII.
- Love F. O. (2008). *Prácticas antiguas, técnicas nuevas: el aprovechamiento del agua de lluvia y el desarrollo rural en México*. Agrociencias. 43 p. 15 – 24.
- Lye D. J. (2002). *Health risks associated with consumption of untreated water from household roof catchment systems*. p. 1301-1306.
- Meera, V. & Mansoor A. M.(2006). *Water quality of rooftop harvesting systems: a review*. – *Journal of Water Supply Research and Technology*. AQUA. Vol 55. 257-268 p.
- Ojeda S. A. (2001) Agua y vida para saciar la sed de desarrollo. *Revista IntegraTEC México* No. 45. 16-21 p.
- Organización Mundial de la Salud. (2006) *Guías para la calidad del agua potable*. Primer apéndice. Volumen 1.
- Pacheco M. M. (2008). Avances en la Gestión Integral del Agua de Lluvia (GIALL): Contribuciones al consumo sostenible del agua, el caso de "Lluviatl" en México. *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*. Universitat politècnica de Catalunya. No 3. 39 – 57 p.
- Santiago K. A. (2012) *Calor y Muerte de Ganado en Candelaria*. *Info Rural*. Crónica de Campeche. 17-17 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2004). *Trampa de Agua para Abrevadero*. *Subsecretaría de Desarrollo Rural*. México D. F.
- Secretaría de Comunicación y Transportes (SCT). (2012) *Carreteras del Estado de Campeche*. Disponible en: <http://www.sct.gob.mx/carreteras/campeche/browse> (16 de Mayo, 2012).
- Sepúlveda L. (2010). *Inicia U. de G. proyecto de captación del agua de lluvia en El Saíto*. Medios UDG. Publicado en: MEDIOS UDG <http://www.medios.udg.mx> (Marzo, 2012)

- Servicio Meteorológico Nacional. (SMN). (2011). Normales Meteorológicas. Comisión Nacional del Agua. Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/normales/estacion/camp/NORMAL04039> (Marzo 2011).
- Thomas, T., REES, D. (2002). "Roofwater Catchment for the Rural Poor", Development Technology Unit, Warwick University, Inglaterra.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2000). Rainwater Harvesting and Utilisation. International Environmental Technology Center. Newsletter and Technical Publications.
- Vázquez V. S.; Bautista J. R.; Hernández V. I. (2010). Rehabilitación y construcción de infraestructura para el almacenamiento de agua de lluvia y transferencia de tecnologías apropiadas en comunidades de los Altos de Morelos. Programa para la Construcción y Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales (PROSSAPYS). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA.
- Zapata P., René L. (1989). Los chultunes: Sistemas de Captación y Almacenamiento de Agua Pluvial. Colección Científica, INAH, México.

## VIII. ANEXOS.

### 8.1 Elementos Jurídicos que son de Aplicación en un Modelo de SCALL.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, así como la ley de Aguas Nacionales, y la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente entre otras, garantizan el derecho al acceso de agua para su uso y consumo, así como el uso de ésta para llevar a cabo actividades económicas que retribuyan y mejoren su calidad de vida de las personas.

#### Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

##### Artículo 4

Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.

Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines.

Las reformas y adiciones de referencia, quedan incorporadas al capítulo I "De los Derechos Humanos y sus Garantías".

Artículo 7. Se declara de utilidad pública:

III. La instalación de los dispositivos necesarios para el aprovechamiento de las aguas nacionales y en general para la medición del ciclo hidrológico;

*Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente.*

Normas preliminares artículo 1

La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

V. El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas.

*Ley de Aguas Nacionales.*

Artículo 3°

XXI. "Desarrollo sustentable": En materia de recursos hídricos, es el proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter hídrico, económico, social y ambiental, que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se fundamenta en las medidas necesarias para la preservación del equilibrio hidrológico, el aprovechamiento y protección de los recursos hídricos, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de agua de las generaciones futuras.

XLIX. "Servicios Ambientales": Los beneficios de interés social que se generan o se derivan de las cuencas hidrológicas y sus componentes, tales como regulación climática, conservación de los ciclos hidrológicos, control de la erosión, control de inundaciones, recarga de acuíferos, mantenimiento de escurrimientos en calidad y cantidad, formación de suelo, captura de carbono, purificación de cuerpos de agua, así como conservación y protección de la biodiversidad; para la aplicación de este concepto en esta Ley se consideran primordialmente los recursos hídricos y su vínculo con los forestales.

LIX. "Uso Pecuario": La aplicación de aguas nacionales para la cría y engorda de ganado, aves de corral y otros animales, y su preparación para la primera enajenación siempre que no comprendan la transformación industrial; no incluye el riego de pastizales.

### 8.2 Estación Hidrometeorológica "Candelaria-Carmen"

SERVICIO METEOROLÓGICO GUATEMALA													
ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS 1974-2001													
ESTACION ID. CARMEN													
PERIODO DE DATOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL ANUAL
<b>TEMPERATURA MÁXIMA</b>													
GRADOS	28.0	26.7	26.8	27.8	27.8	28.0	28.9	28.8	27.8	26.0	25.1	25.8	28.4
GRADOS CENTÍGRADOS	21.1	20.8	20.7	20.1	20.4	21.1	20.8	20.8	19.1	18.8	18.7	18.8	20.9
GRADOS FARENHEIT	107.4	107.1	107.3	107.8	107.8	107.4	107.8	107.7	106.7	106.7	106.7	106.7	107.6
GRADOS CELSIUS	28.0	26.7	26.8	27.8	27.8	28.0	28.9	28.8	27.8	26.0	25.1	25.8	28.4
TEMPERATURA MÁXIMA	21.1987	20.1971	20.1972	21.1971	21.1972	21.1982	21.1991	21.1997	19.1979	18.1974	18.1983	21.1989	
GRADOS SIN DATOS	18	17	18	19	18	19	17	18	18	18	17	17	
<b>TEMPERATURA MEDIA</b>													
GRADOS	25.8	25.4	26.0	26.1	26.3	26.8	27.2	27.4	27.1	26.0	25.7	26.1	26.4
GRADOS CENTÍGRADOS	19.9	19.7	20.0	19.9	20.0	20.6	20.9	21.0	20.7	20.0	19.7	20.1	21.4
GRADOS FARENHEIT	108.4	107.7	108.8	109.0	109.3	110.2	111.2	111.3	110.8	108.0	108.3	109.2	111.3
GRADOS CELSIUS	25.8	25.4	26.0	26.1	26.3	26.8	27.2	27.4	27.1	26.0	25.7	26.1	26.4
TEMPERATURA MEDIA	18.1978	18.1971	18.1972	18.1971	18.1972	18.1978	18.1982	18.1981	17.1986	16.1974	16.1983	18.1989	
GRADOS SIN DATOS	18	17	18	18	18	18	17	18	18	18	17	17	
<b>TEMPERATURA MÍNIMA</b>													
GRADOS	16.7	17.1	16.4	16.2	16.1	16.0	16.2	16.0	16.4	16.7	16.8	17.0	16.8
GRADOS CENTÍGRADOS	14.0	14.0	14.0	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.0	13.0	13.0	13.0	14.0
GRADOS FARENHEIT	108.0	107.4	108.4	108.7	108.7	108.0	108.0	108.0	108.0	108.7	108.7	108.7	108.0
GRADOS CELSIUS	16.7	17.1	16.4	16.2	16.1	16.0	16.2	16.0	16.4	16.7	16.8	17.0	16.8
TEMPERATURA MÍNIMA	18.1978	18.1971	18.1972	18.1971	18.1972	18.1978	18.1982	18.1981	17.1986	16.1974	16.1983	18.1989	
GRADOS SIN DATOS	18	17	18	18	18	18	17	18	18	18	17	17	
<b>PRECIPITACION</b>													
MM	47.8	22.6	20.8	18.8	104.8	228.1	121.1	222.8	211.8	127.8	87.7	62.8	1,411.6
MM CENTÍMETROS	148.0	71.0	171.7	112.1	314.8	704.6	381.8	682.0	682.0	382.0	211.0	78.0	
MM DE MOYER	177.0	100.0	178.0	100.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	
MM CELSIUS	64.7	87.0	87.0	21.0	212.8	402.0	182.0	81.0	184.0	101.0	61.0	71.0	
PRECIPITACION	18.1978	18.1983	18.1978	18.1981	18.1978	18.1981	18.1981	18.1981	18.1978	18.1978	18.1978	18.1978	
MM SIN DATOS	18	17	18	18	18	18	18	18	18	18	18	17	
<b>PRECIPITACION TOTAL</b>													
MM	68.8	111.6	101.7	171.6	104.8	121.1	122.8	127.8	111.8	62.8	42.1	1,411.6	
MM SIN DATOS	17	17	18	18	18	17	18	17	18	18	18	18	
<b>GRANIZO DE DIAS CON CAÍDA</b>													
GRANIZO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
GRANIZO SIN DATOS	18	17	18	18	18	18	18	18	18	18	17	17	
<b>NEBLA</b>													
NEBLA	1.2	1.3	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
NEBLA SIN DATOS	18	17	18	18	18	18	18	18	18	18	18	17	
<b>GRANIZO</b>													
GRANIZO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
GRANIZO SIN DATOS	18	17	18	18	18	18	18	18	18	18	17	17	
<b>NEBLINA E.</b>													
NEBLINA E.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
NEBLINA E. SIN DATOS	18	17	18	18	18	18	18	18	18	18	17	17	



### 8.3 Precipitación pluvial media Histórica. Normales Climatológicas "Candelaria-Carmen".

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL													
NORMALES CLIMATOLÓGICAS ESTACIONALES													
ESTACIÓN DE CLIMAS													
ESTACION	LUGAR DE OBSERVACIONES												ALTURA
ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
<b>PRECIPITACION</b>													
mm	27.8	22.6	20.4	19.3	156.4	223.1	281.0	310.4	210.8	126.9	37.7	41.0	1,318.7
ESTACION DE NORMAL	1961-1990	1961-1990	1961-1990	1961-1990	1961-1990	1961-1990	1961-1990	1961-1990	1961-1990	1961-1990	1961-1990	1961-1990	1961-1990
MÚLTIPLICACION	107.2	109.0	107.0	108.0	103.9	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0
VALOR NORMAL	29.8	24.7	21.8	20.8	162.5	240.9	303.3	335.9	227.7	136.8	40.6	44.2	1,414.7
TOTAL NORMAL CLIMAS	10 1972	28 1935	24 1978	32 1980	27 1988	35 1974	31 1941	21 1983	28 1973	20 1987	18 1971	19 1973	
ÁREA DE ESTACION	15	17	13	15	11	11	13	13	13	11	17	17	
<b>PRECIPITACION TOTAL</b>													
mm	45.8	101.9	133.7	171.3	164.9	137.5	108.9	114.3	113.7	111.3	42.1	51.1	1,318.7
ÁREA DE ESTACION	17	17	16	16	14	17	15	17	17	14	15	15	