



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO FACULTAD DE INGENIERIA



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**LICENCIATURA EN INGENIERIA CIVIL**

**Captación de agua lluvia para fortalecer la producción ganadera en la región  
del semidesierto Queretano**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**LICENCIADO EN INGENIERIA CIVIL**

**PRESENTA:**

**ADAN MONTES VEGA**

**EXPEDIENTE 168550**

**DIRIGIDO POR:**

**DR. ENRIQUE GONZALES SOSA**

**QUERETARO, QRO. JUNIO 2015**

La presente obra está bajo la licencia:  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

### Usted es libre de:

**Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

### Bajo los siguientes términos:



**Atribución** — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



**NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



**SinDerivadas** — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

**No hay restricciones adicionales** — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

### Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.



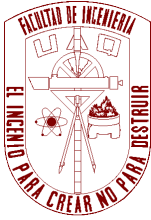
## AGRADECIMIENTOS

- A mi familia fuente de apoyo constante e incondicional en toda mi vida y más aún en mis años de carrera profesional, en especial quiero expresar mi más grande agradecimiento a mis padres que sin su ayuda hubiera sido imposible culminar mi profesión.
- A la Universidad Autónoma De Querétaro y a todos los formadores que a lo largo de mi carrera estuvieron presentes transmitiendo sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación que han sido fundamentales para mi formación como persona e ingeniero.
- Y en forma especial a mi asesor de tesis, Dr. Enrique Gonzales Sosa, su esfuerzo apoyo y dedicación, inculcando en mi seriedad, responsabilidad y rigor académico lo cual me hace sentir en deuda por todo lo recibido durante el periodo que ha durado esta tesis.



## RESUMEN

En México está enfrentando serio problemas ante la escasez de agua y los efectos del cambio climático global, entre los cuales destacan los problemas que enfrentan los sistemas de abastecimiento de agua potable. Este recurso se extrae de los acuíferos de manera que se sobreexplotan, al ser mayor la extracción que la recarga. Sin embargo la distribución de la población hace que las recargas se compliquen y que el agua se contamine más fácilmente, esto aunado a la poca cultura en cuanto a la combinación de agua pluvial y drenaje en las distintas ciudades. Del mismo modo las repercusiones de la escasez de agua potable afectan a los sectores primarios de la economía mexicana. Por tal razón, este trabajo sobre la Captación de agua lluvia para fortalecer la producción ganadera en la región del semidesierto Queretano es en buena medida un trabajo que permite evaluar el equilibrio en la tierra, fomentar el uso de agua pluvial para usos pecuarios, culturizar a las personas mientras que su economía se vea beneficiada. Comenzamos introduciendo, justificando y desarrollando los pasos a seguir para llegar al objetivo propuesto, el aprovechamiento del agua pluvial en el sector agropecuario con agua de calidad basándonos en estudios previos teóricos y prácticos. Continuando con el estudio de la zona semidesértica del estado de Querétaro, esencialmente el municipio de Ezequiel Montes, a fin de analizar e implementar un sistema de captación o cosecha (rainfall harvest, en inglés) de agua de lluvia y con ello valor los beneficios que ello representa para el sector agropecuario in perder de vista la calidad del agua y el tipo de tratamiento requerido para el consumo de ganado. Finalmente con los resultados del estudio se elaboró una propuesta para dimensionamiento e instalación del sistema de captación de agua de lluvia, el aprovechamiento de la misma para mejorar el su costo-beneficio que esto representa en la producción de carne, de manera que apoye su explotación masiva



y su posible difusión en distintos lugares de la región semidesértica del estado de Querétaro.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1 METODOLOGIA GENERAL

Cuadro 3.1 tabla de tratamiento del agua. (conama)

## LISTA DE FIGURAS

Figura. 2.1 CISTERNA A CIELO ABIERTO PARA LA RECOLECCION DE AGUA DE LLUVIA EN YEMEN. (Historia de los sistemas de aprovechamiento del agua de lluvia, Colombia 2006)

Figura.2.2 SASSI DE MATERA, ITALIA PUEBLO ESCULPIDO SOLAMENTE EN ROCA. (UNESCO 1999) Figura. 2.3 ESTRUCTURA VERTICAL DE SASSI DE MATERA, ITALIA. (UNESCO 1999)

Figura. 2.4 Distribución del agua en el planeta tierra. (wáter.usgs.gov)

Figura 2.5 Fuente: Nace, Encuesta Geológica de los Estados Unidos, 1967 y El Ciclo Hidrológico (Panfleto), U.S. Geological Survey, 1984

Figura. 2.6 colección de agua mediante canales de plástico al final de un sembradío. AFRICA ([www2.uah.es](http://www2.uah.es))

Figura 2.7 tecnologías desarrolladas en el oriente para la colección y reusó del agua. ASIA ([hidropluviales.com](http://hidropluviales.com))

Figura 2.8 los primeros sistemas instalados en México con fines de ayudar a escuelas y poblaciones más necesitadas. (conectanoti)

Figura 2.9 esquema general de la lluvia y su recolección.



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO FACULTAD DE INGENIERIA



Figura. 3.1 elementos del sistema de captación de agua de lluvia. (conectanoti)

Figura. 3.2 ubicación del sitio de experimentación del proyecto. (inegi)

Figura. 3.3 grafica de precipitación en la región del semidesierto. Inegi 2014

Figura 3.4 esquema de un sistema de captación. (CONAFOR)

Figura 4.1 ganado charolesa. (infocarne)

Figura 4.2 características de la raza. Wikipedia

Figura 4.3 características de la raza. Wikipedia

Figura 4.4 evolución del costo del agua. (Propia)

Figura 4.5 mantención animal. (Propia)

Figura 4.6 relación agua carne. (Propia)

Figura 4.7 evolución del costo del agua a 10 años. (Propia)

Figura 4.8 mantención del agua captada. (Propia)

Figura 4.9 evolución del costo del agua a 20 años. (Propia)

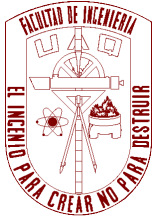
Figura 4.10 mantención de agua captada. (Propia)

Figura 5.1 evolución del costo del agua a 10 años. (Propia)

Figura 5.2 mantención del agua a 10 años. (Propia)

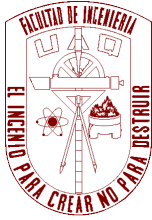
Figura 5.3 evolución del costo del agua comprada a CEA. (Propia)

Figura 5.4 mantención animal según el agua comprada a CEA. (Propia)



## Contenido

1 INTRODUCCIÓN .....	8
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	9
1.2 OBJETIVOS .....	10
1.2.1 OBJETIVO GENERAL .....	10
1.2.2 OBJETIVOS PARTICULARES .....	11
1.3 ALCANCE Y LIMITACIONES .....	11
1.4 METODOLOGÍA GENERAL.....	11
2 MARCO TEÓRICO .....	12
2.1 Generalidades de la captación de agua de lluvia en la historia de la humanidad .....	13
2.2 Situación actual .....	17
2.3. Ciclo del agua .....	17
2.4 ÁFRICA .....	22
2.5 ASIA .....	23
2.6 OCEANÍA E ISLAS .....	25
27 EUROPA .....	25
2.8 AMÉRICA .....	26
2.8.1 Canadá.....	27
2.8.2 Estados Unidos .....	27
2.8.3 Honduras .....	28
2.8.4 Nicaragua.....	28
2.8.5 Islas del caribe .....	29
2.8.6 MÉXICO.....	29
2.8.6.1.QUERÉTARO .....	31
2.9 DEFINICIÓN Y CLASIFICACION DE LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.....	32



2.9 Elementos fundamentales de la captación de agua de lluvia .....	34
2.10 COMPONENTES BÁSICOS de la captación de agua de lluvia.....	35
2.10.1 ÁREA DE CAPTACIÓN.....	35
2.10.2Techo:.....	35
2.10.3.CONDUCCIÓN.....	36
2.10.4. ALMACENAMIENTO.....	36
3 Caso de estudio .....	39
3.1 EZEQUIEL MONTES.....	39
3.2 AGRICULTURA Y GANADERIA .....	40
3.3 CLIMA .....	42
3.4 ECOSISTEMAS.....	43
3.5 SUELO .....	44
3.6 TIPO DE GANADO .....	44
4. GUÍA DE DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA .....	47
4.1 USO DEL AGUA DE LLUVIA Y TRATAMIENTO.....	48
4.2 COMPONENTES DEL SISTEMA.....	49
4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA : .....	52
4.4 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA.....	55
4.5 PROPUESTA DE SISTEMA DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO PLUVIAL .....	57
4.6 TREN DE TRATAMIENTO.....	58
4.7 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO .....	58
4.8 COMPARACION DE LOA CONSUMOS DE AGUA ESTIMADOS POR LA CEA Y DE EL SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA EVALUADO EN 2 ETAPAS .....	61
4.10 GUÍA RÁPIDA DE MANTENIMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS.....	69
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
5.1 POSIBLES ESCENARIOS .....	70
6. RECOMENDACIONES .....	80
7. CONCLUSIONES .....	81
8. REFERENCIAS .....	82





## 1 INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital para la producción vegetal y animal. Los seres vivos están más adaptados a sobrevivir con escasez de alimentos que con falta de agua. Esta importancia no solamente tiene que ver con las funciones metabólicas del agua para las plantas y animales (estructurales, transporte de solutos, turgencia celular, participación en reacciones y ciclos, etc.), sino también con sus características dinámicas en estos procesos metabólicos. La velocidad con que se puede pasar de una situación de disponibilidad plena hacia una situación de escasez de agua es mayor que en el caso de los nutrientes esenciales. Por ejemplo, un suelo no pasa de rico en nutrientes a una condición de deficiente en pocos días, pero la disponibilidad de agua sí. A excepción de algunas especies, no hay almacenamiento de reserva de agua de largo plazo en el organismo: su consumo ocurre casi en tiempo real, en la medida que se necesita. Una planta puede estar en plena actividad hídrica a las diez de la mañana y cuatro horas después presentar déficit, si no se mantiene el flujo de agua del suelo. Esta característica dinámica de la disponibilidad hídrica es todavía más importante en la medida que las condiciones climáticas, principalmente la precipitación, son inciertas (referencia).

El agua disponible, si no es aprovechada inmediatamente o almacenada para uso posterior, fluye hacia fuera de la zona de interés y alcance del agricultor y su familia (su vivienda, establo, cultivo, pasto, finca o parcela) y pasa a otras fases y componentes del ciclo hidrológico (capa freática, escorrentía, cauces de arroyos y ríos, atmósfera). (CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA, Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe)



Por tanto en este trabajo decimos que:

El agua de lluvia es agua muy buena. Si la captas y la tratas bien la puedes usar para todo lo que normalmente usamos el agua de la red (potable).

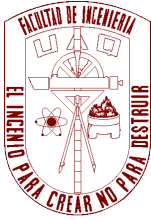
Además, el agua de lluvia es siempre gratis.

El agua en México es cada vez más escasa y cara. Esto seguirá empeorando porque más y más gente estamos sacando agua de las mismas fuentes. Si millones de personas sacamos agua es natural que nuestras fuentes se estén agotando.

Si aprendemos a captar y usar el agua de lluvia no estaremos totalmente desamparados cuando haya poca agua en la red y las pipas estén carísimas. En época de lluvias podemos tener siempre agua cristalina, y con el tiempo podemos agregar cisternas y tinacos para usar el agua en época de secas. Aprender hoy a usar la lluvia te dará agua tuya, gratis, todos los años.

## 1.1 JUSTIFICACIÓN

El sitio de interés, en la zona semidesértica del centro del país, tomando como referencia el municipio de Ezequiel Montes, con finalidad de presupuestar y ver los beneficios de captación de agua de lluvia y tomarla como insumo para los animales en engorda, proviéndolos de un techo y mejores condiciones de vida y ayudando a economizar su mantención. Pues la mayoría de los ganaderos tiene tomas de agua potable lo cual aparte de ser costoso, contribuye en gran medida al desabasto de agua en los acuíferos y por tanto en las viviendas, mientras que otros pocos cuentan con pozos, que si bien es más barato que las tomas de agua, no quita que sobreexploten los mantos.



Los datos de referencia están corroborados en estaciones implementadas en Cadereyta, municipio aledaño y perteneciente a la misma zona climatológica.

Se busca innovar y aprovechar el agua que por años se ha desperdiciado ya que al llover esta agua pasa a combinarse con nuestra agua residual y de esta manera se contamina inmediatamente, y en este proyecto lo evitaremos.

No alteraremos el ecosistema puesto que en zonas urbanas los caminos pavimentados ya lo hicieron, al ser capas impermeables impiden la filtración al suelo y solo se presenta escurrimiento y esto provoca que los mantos subterráneos no se recarguen y los agotemos de manera más rápida. Por ello al captar agua dejamos de consumir un porcentaje considerable del agua que se extrae de los mantos.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Optimizar el uso del agua en la ganadería: Hacer que el ganadero tenga mejores resultados monetarios al trabajar ahorrándose el gasto de agua ya sea acarreada o proveniente de las redes de agua potable, es decir que deje de pagar por ella. Sin descuidar el bienestar de los animales los cuales se verán beneficiados al 100% pues las condiciones de vida mejoraran al tener clima adecuado para el ganado y no sufrir las inclemencias del temporal de lluvias.



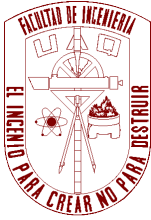
## 1.2.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- .
- Exponer cada uno de los elementos pertenecientes al sistema de captación, almacenamiento y tratamiento para garantizar los resultados expuestos.
- Que este proyecto sea un detonador para grandes medianos y pequeños ganaderos y tomen en cuenta los beneficios que este genera para conservar el equilibrio en el planeta.
- Evaluar si calidad en el agua captada cumple con los requisitos para consumo animal

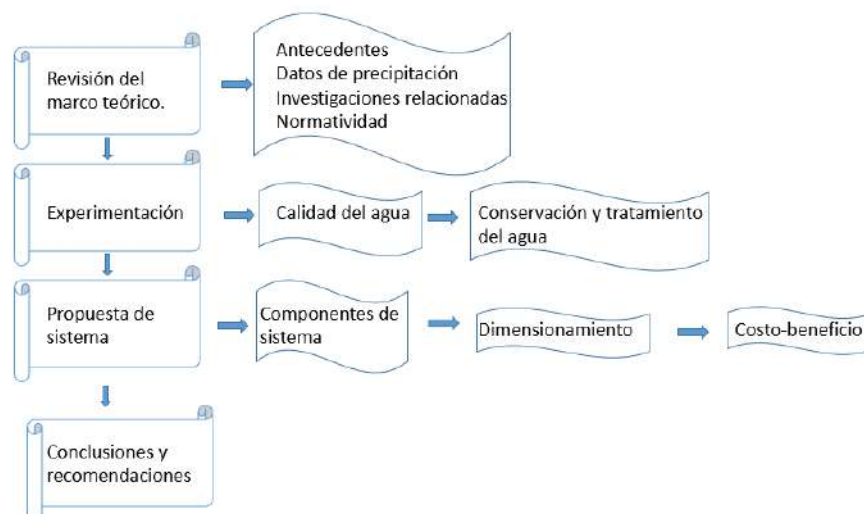
## 1.3 ALCANCE Y LIMITACIONES

Se diseñara un sistema de captación, almacenamiento y aprovechamiento pluvial para la mantención de una corraleta de 35 bovinos. El diseño de este se basara en los resultados de este trabajo, calidad del agua obtenida y la relación costo-beneficio. Para así tomarlo como una base y pueda ser replicado a cualquier dimensión y zona de estudio.

## 1.4 METODOLOGÍA GENERAL



- Revisión del marco teórico; literatura relacionada información oficial, datos históricos, antecedentes, investigaciones relacionadas, entre otros.
- Ejecución del experimento; donde se llevara a cabo el estudio de la calidad del agua en la zona elegida además de lo necesario para la conservación del agua.
- Propuesta del sistema idóneo; tomando en cuenta el material de la techumbre, tecnologías, depósitos, análisis costo-beneficio



Cuadro 1.1 Esquema de la metodología para la captación de agua de lluvia y su aprovechamiento

## 2 MARCO TEÓRICO



Haremos referencia general sobre la captación de agua de lluvia que servirá como apoyo para la elaboración del proyecto.

## **2.1 Generalidades de la captación de agua de lluvia en la historia de la humanidad**

Una de las soluciones para hacer frente a la escasez de agua es el aprovechamiento eficiente del agua de lluvia, tradición milenaria que se practica desde hace 5000 años. A lo largo de distintas épocas, culturas en todo el mundo desarrollaron métodos para recoger y utilizar el recurso pluvial, sin embargo con el progreso de los sistemas de distribución entubada, estas prácticas se fueron abandonando.

Cuando las civilizaciones crecieron demográficamente, el agua y el alimento comenzó a ser más demandado, por lo que algunos tuvieron que migrar a zonas más áridas. Entonces comenzó el desarrollo de formas de captación de lluvia como alternativa para el riego de cultivos y el consumo de la población en general (Ballén, 2006).

Haciendo una referencia histórica de los asentamientos poblacionales donde se promovió la captación de agua de lluvia destacan:

Beluchistán, en la India, hay evidencia de estructuras de piedra para embalse de agua de lluvia, que datan del tercer milenio a.C. (Gould y Nissen-Petersen, 1999).

Desierto de Negev, en Israel y Jordania, se descubrieron sistemas de captación de lluvia que tienen 4000 o más años de antigüedad. Estos sistemas consistían en el



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO FACULTAD DE INGENIERIA



desmante de loma para aumentar la escorrentía superficial, que era entonces dirigida a predios agrícolas en las zonas más bajas. (Ballén, 2006).

Durante los tiempos de la República Romana, en los siglos III y IV a.C., la Ciudad de Roma en su mayoría estaba formada por viviendas unifamiliares denominadas *la Domus* que contaban con un espacio principal a cielo abierto, conocido como *atrium*, en el que se instalaba un estanque central para recoger el agua de lluvia llamado *impluvium*. La lluvia entraba por un orificio en el techo llamado *compluvium* (referencia)

En la meseta de Loess, en la provincia de Gansu en China se han hallado pozos y jarras para la captación de lluvia con más de 2000 años de antigüedad.

En Irán siguen existiendo los *abarbars*, que son los sistemas tradicionales locales para la captación y almacenamiento de la lluvia.

En América se conoce el caso de los mayas en Yucatán que al pie de la montaña Puuc recogían el agua de lluvia y la almacenaban en *chultuns*, que eran cisternas excavadas en el subsuelo e impermeabilizadas con yeso.

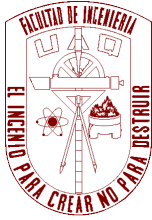


Figura. 2.1 CISTERNA A CIELO ABIERTO PARA LA RECOLECCION DE AGUA DE LLUVIA EN YEMEN. (Historia de los sistemas de aprovechamiento del agua de lluvia, Colombia 2006)



Figura.2.2 SASSI DE MATERA, ITALIA PUEBLO ESCULPIDO SOLAMENTE EN ROCA. (UNESCO 1999)



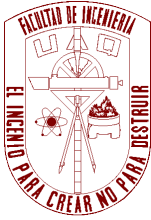


Figura. 2.3 ESTRUCTURA VERTICAL DE SASSI DE MATERA, ITALIA. (UNESCO 1999)

En otras zonas de las tierras bajas, como Edzná, 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. El canal proporcionaba agua para beber y regar los cultivos (Ballén, 2006).

Siglos después el uso de los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia decreció debido a la imposición de métodos y obras para la utilización del agua superficial y subterránea, como presas, acueductos, pozos de extracción y sistemas de irrigación. En la península de Yucatán y otras zonas de América se dejó de lado el aprovechamiento del agua de lluvia cuando los colonizadores introdujeron otros sistemas de agricultura, 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 sus metodologías tradicionales.

Los sistemas de captación y aprovechamiento de la lluvia han ayudado a resolver el problema de abastecimiento de agua para uso doméstico y agrícola y representan



una opción real para incrementar el volumen disponible para uso humano y de otros seres vivos además de ser una opción sustentable (Anaya, 1998).

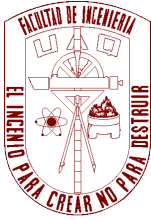
## 2.2 Situación actual

En el siglo XIX y XX la mayoría de las ciudades del mundo tuvieron un gran crecimiento. Los ingenieros solucionaron el suministro de agua a la población por medio de la acumulación de agua superficial para luego ser distribuida por una red centralizada de acueducto. En muchas ocasiones se recurrió a la explotación del agua subterránea. En cualquiera de los casos se reduce o anula la posibilidad de sistemas de aprovechamiento de lluvia u otros sistemas alternativos más amigables con el ciclo hidrológico natural (Ballén, 2006).

En épocas recientes, el crecimiento acelerado de la población mundial está ejerciendo presión sobre las fuentes finitas de agua. Por ello, en las últimas dos décadas el interés por la captación del agua de lluvia se ha incrementado. Mientras que en algunas regiones nunca se ha dejado de utilizar el agua de lluvia debido a la escasez de otras fuentes, como el caso de islas volcánicas y zonas áridas, en otros sitios su uso se está expandiendo rápidamente, particularmente por países en vías de desarrollo de África y Asia (Gould y Nissen-Petersen, 1999).

Por lo anterior mencionado por Gould y Nissen-Petersen, 1999y comparando ambas épocas, podemos complementar con los siguientes conceptos como es que se maneja el agua hoy en día y como es que ella manifiesta la consecuencia de nuestros actos:

## 2.3. Ciclo del agua



El ciclo hidrológico o ciclo del agua es el proceso de circulación del agua entre los distintos compartimentos de la hidrosfera. Se trata de un ciclo biogeoquímico en el que hay una intervención de reacciones químicas, y el agua se traslada de unos lugares a otros o cambia de estado físico.

El agua de la hidrósfera procede de la desgasificación del manto, donde tiene una presencia significativa, por los procesos del vulcanismo. Una parte del agua puede reincorporarse al manto con los sedimentos oceánicos de los que forma parte cuando éstos acompañan a la litosfera en subducción.

La mayor parte de la masa del agua se encuentra en forma líquida, sobre todo en los océanos y mares y en menor medida en forma de agua subterránea o de agua superficial por ejemplo en los ríos y arroyos. El segundo compartimento por su importancia es el del agua acumulada como hielo sobre todo en los casquetes glaciares antártico y groenlandés, con una participación pequeña de los glaciares de montaña, sobre todo de las latitudes altas y medias, y de la banquisa. Por último, una fracción menor está presente en la atmósfera como vapor o, en estado gaseoso, como nubes. Esta fracción atmosférica es sin embargo muy importante para el intercambio entre compartimentos y para la circulación horizontal del agua, de manera que se asegura un suministro permanente a las regiones de la superficie continental alejadas de los depósitos principales. (referencia)

### **2.3.1. Cambio climático**

El término Calentamiento Global se refiere al aumento gradual de las temperaturas de la atmósfera océanos de la Tierra que se ha detectado en la actualidad, además de su continuo aumento que se proyecta a futuro.

Nadie pone en duda el aumento de la temperatura global, lo que todavía genera controversia es la fuente y razón de este aumento de la temperatura. Aun así, la



mayor parte de la comunidad científica asegura que hay más que un 90% de certeza que el aumento se debe al aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero por las actividades humanas que incluyen deforestación y la quema de combustibles fósiles como el petróleo y el carbón. Estas conclusiones son avaladas por las academias de ciencia de la mayoría de los países industrializados.(referencia)

Un aumento de la temperatura global resultará en cambios como ya se están observando a nivel mundial, podemos enumerar:

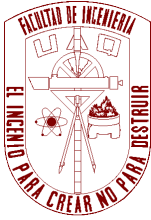
- Aumento de los niveles del mar
- Cambios en el patrón y cantidad de precipitaciones
- Expansión de los desiertos subtropicales

### **2.3.2.Precipitación**

La precipitación es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra. Ocurre cuando la atmósfera (que es una gran solución gaseosa) se satura con el vapor de agua, y el agua se condensa y cae de la solución (es decir, precipita). El aire se satura a través de dos procesos: por enfriamiento y añadiendo humedad.

La precipitación que alcanza la superficie de la tierra puede producirse en muchas formas diferentes, como lluvia, lluvia congelada, llovizna, nieve, aguanieve y granizo. La virga es la precipitación que comienza a caer a la tierra pero que se evapora antes de alcanzar la superficie.

La precipitación es un componente principal del ciclo hidrológico, y es responsable de depositar la mayor parte del agua dulce en el planeta. Aproximadamente 505000



km<sup>3</sup> de agua caen como precipitación cada año, y de ellos 398000 km<sup>3</sup> caen sobre los océanos. Dada el área superficial de la Tierra, eso significa que la precipitación anual promediada globalmente es más o menos de 1 m, y la precipitación anual media sobre los océanos de 1.1 m.

### 2.3.3. Distribución del agua

En la Figura 2.4 se muestra un diagrama de barras que muestran dónde se localiza el agua de la tierra y en qué forma ésta existe. La barra de la izquierda muestra en dónde se encuentra el agua; casi un 97 por ciento de toda el agua se encuentra en los océanos. La barra de en medio representa el 3 por ciento de la "otra" parte de la barra del lado izquierdo (la porción de toda el agua de la Tierra que NO se encuentra en los océanos). La mayoría, un 77 por ciento, se encuentra en glaciares y capas de hielo, principalmente en Groenlandia y la Antártica y en los mares salados que se localizan en partes interiores de los países. Veinte y dos por ciento de esta porción del agua es agua subterránea.

La barra del lado derecho muestra la distribución de la "otra" porción de la barra de en medio (el remanente uno por ciento). Nótese que los ríos comprenden menos de la 4/10ava. Del uno por ciento de esta agua remanente -- sin embargo, ¡de este remanente es de donde la gente se surte la mayor parte del agua para su uso diario!

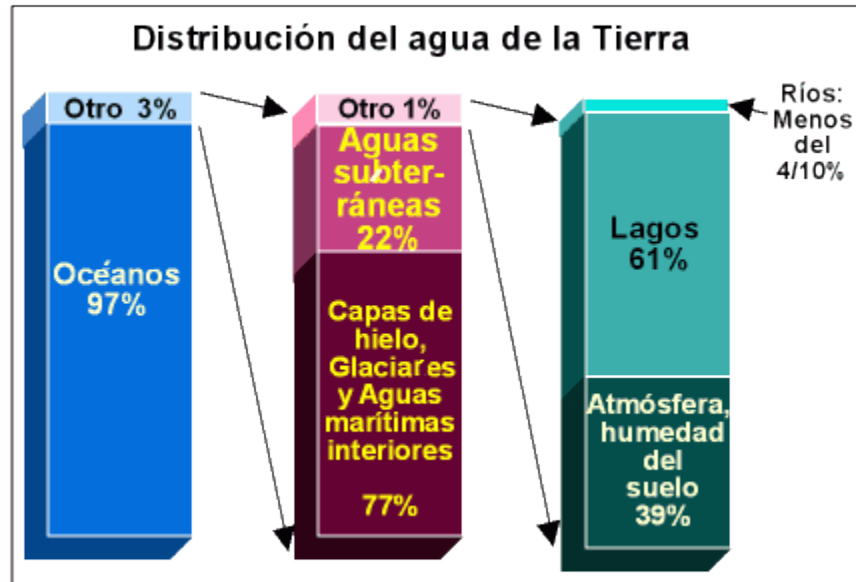


Figura. 2.4 Distribución del agua en el planeta tierra. (wáter.usgs.gov)

Esta misma información también se muestra en el siguiente cuadro. Nótese que la cantidad de agua de los ríos comprende únicamente cerca de 300 millas cúbicas -- que representan cerca de la 1/10,000ava. Parte de un porciento de toda el agua de la Tierra.

Origen del agua	Volumen del agua en kilómetros cúbicos	Porciento de agua total
Océanos	1,321,000,000	97.24%
Capas de hielo, Glaciares	29,200,000	2.14%
Agua subterránea	8,340,000	0.61%
Lagos de agua dulce	125,000	0.009%



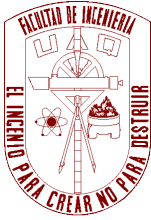
Origen del agua	Volumen del agua en kilómetros cúbicos	Por ciento de agua total
Mares tierra adentro	104,000	0.008%
Humedad de la tierra	66,700	0.005%
Atmósfera	12,900	0.001%
Ríos	1,250	0.0001%
Volumen total de agua	1,360,000,000	100%

Tabla Fuente: Nace, Encuesta Geológica de los Estados Unidos, 1967 y El Ciclo Hidrológico (Panfleto), U.S. Geological Survey, 1984

## 2.4 ÁFRICA

Existe una situación muy crítica debido a la alta concentración de pobreza que imposibilita la obtención de recursos y tecnología necesaria para construcción y operación de un sistema de acueducto adecuado.

En algunas zonas de África se ha producido en años recientes una expansión de los sistemas de aprovechamiento lluvia, pero el proceso de implantación de esta tecnología ha sido lento, debido a la baja precipitación, el reducido número y tamaño de las cubiertas impermeabilizadas y el alto costo en la construcción de los sistemas en relación a los ingresos familiares. Con todo esto la captación de lluvia es muy difundida con grandes proyectos en Botswana, Togo, Mali, Malawi,



Sudáfrica, Namibia, Zimbawe, Mozambique, Sierra Leona y Tanzania.



Figura. 2.6 Imagen que muestra la Colección de agua mediante canales de plástico al final de un sembradío. AFRICA ([www2.uah.es](http://www2.uah.es))

## 2.5 ASIA

La India es el segundo país con mayor población después de China. Por ello el gran problema es suministrar los servicios básicos a más de 1000 millones de personas. Una solución que se ha tomado para enfrentar estos problemas son las técnicas de aprovechamiento de lluvia. En la India, el monzón es un diluvio breve; allí se dan aproximadamente 100 horas de lluvia por año y en éstas se debe captar y almacenar el agua para el mayor tiempo posible.

En Bangladesh, la recolección de lluvia se ve como una alternativa viable para el suministro de agua segura en áreas afectadas por contaminación con arsénico. Desde 1977, cerca de 1000 sistemas de aprovechamiento de lluvia fueron instalados en el país por la ONG *Forum for Drinking Water Supply & Sanitation*. Aquí se utilizan varios tipos de tanques para el almacenamiento de agua de lluvia: de





concreto reforzado, de mampostería y subterráneos. El agua de lluvia almacenada es aceptada como segura y se usa para beber y cocinar.

Al noroeste de China, la peor condición de escasez de agua se da en la meseta de Loess de Gansu por ser una de las áreas más pobres y donde el agua superficial es muy escasa. Debido a esto, desde 1988 se han probado eficientes técnicas de captación de lluvia y en 1995 el gobierno local implementó el proyecto “121”, apoyando económicamente a cada familia para construir un campo de recolección de agua, dos sitios de almacenamiento y un terreno adecuado para cultivar.

Este proyecto ayuda a suministrar agua a 1.2 millones de personas y 1.18 millones de cabezas de ganado.

Singapur cuenta con recursos naturales limitados y una creciente demanda de agua. Esto ha llevado a la búsqueda de fuentes alternativas y métodos innovadores para el aprovechamiento del agua. Alrededor del 86 % de la población de Singapur vive en edificios de apartamentos, donde los techos de estos edificios son utilizados para la captación de agua de lluvia; esta es almacenada en cisternas separadas del agua potable, para darle usos diferentes al de consumo humano.

En Tokio, Japón, el aprovechamiento de lluvia es promovido para mitigar la escasez de agua, controlar las inundaciones y asegurar agua para emergencias. A nivel comunitario se están implementando instalaciones llamadas *Ronjinson*, que están introduciendo a la población en el aprovechamiento pluvial. Funcionan recibiendo el agua del techo de la casa, luego se almacena en un pozo subterráneo y después se extrae mediante una bomba manual como se ilustra en la

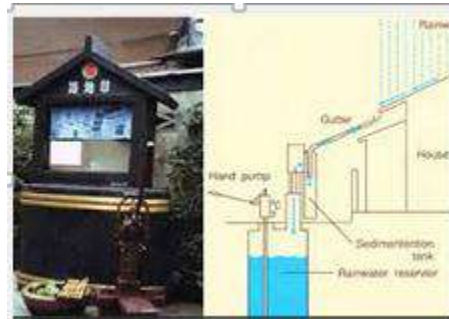
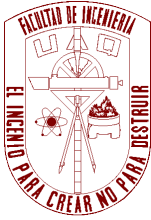


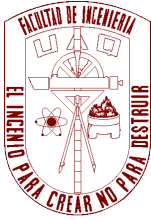
Figura 2.7 tecnologías desarrolladas en el oriente para la colección y reusó del agua. ASIA (hidropluviales.com)

## 2.6 OCEANÍA E ISLAS

A excepción de los grandes asentamientos, la densidad de población en Australia es muy baja. Debido a esto el agua debe recorrer grandes distancias a través de kilómetros de tubería, haciendo que sea muy costosa o que en algunos lugares remotos no se suministre el servicio. Allí se utiliza el aprovechamiento de lluvia como una solución al problema. En 1994, la Oficina Australiana de Estadística dio a conocer que el 30.4 % de los hogares australianos ubicados en las zonas rurales y el 6.5 % de los hogares en las ciudades utilizan algún sistema de aprovechamiento de lluvia, de la suma de éstos, el 13 % utiliza el agua para beber y cocinar.

Las poblaciones de algunas islas con escasas corrientes de agua superficial suelen utilizar los sistemas de aprovechamiento pluvial como su forma de suministro. Este es el caso de Micronesia, Rapa-Nui, Bermudas, Islas Vírgenes, Hawái y San Andrés.

## 27 EUROPA



En 1998 los sistemas de aprovechamiento de pluvial fueron introducidos en Berlín, Alemania, como parte de un desarrollo urbano a gran escala. Además de aprovechar de manera más eficiente el agua superficial, se capta el agua de la lluvia que cae en las cubiertas de algunos edificios y se almacena en un tanque subterráneo. Esta agua es usada para la descarga de inodoros, el riego de zonas verdes y para llenar un estanque artificial.

En otro proyecto de *Belss-Luedecke-Strasse Building State* en Berlín, el agua de lluvia de las cubiertas de algunas casas se descarga en una cisterna con capacidad, junto con el agua de escurrimiento de las calles, espacios de estacionamiento y vías peatonales. El agua es tratada en varios pasos y usada en la descarga de sanitarios y el riego de jardines. El sistema está diseñado para que la mayoría de los contaminantes del flujo inicial sean evacuados al alcantarillado. El sistema retiene aproximadamente el 58 % del agua de lluvia que cae dentro de las instalaciones. A través de un modelo basado en 10 años de simulación se estimó que el ahorro de agua potable con la utilización de lluvia es de 2 430 m<sup>3</sup> por año. Con este volumen se puede preservar el reservorio de agua subterránea de Berlín.

## 2.8 AMÉRICA

En América cada vez es más común la utilización de sistemas de captación de agua de lluvia como solución a los problemas de suministro que están teniendo las grandes ciudades, las comunidades agrícolas que viven en lugares distantes y las regiones más áridas.

En algunos países se están retomando tradiciones antiguas o recuperando sistemas olvidados, al tiempo que se desarrollan nuevos métodos, a pequeña o gran escala, para aprovechar el escurrimiento pluvial como solución al reto doble que significa el



cambio climático, sequías más prolongadas y precipitaciones más intensas en épocas de lluvia.

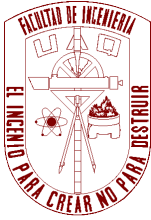
En el norte la necesidad de agua es muy poca ya que cuentan con reservas hídricas constantes por deshielo y nieve, así como por las lluvias. Sin embargo, el incremento poblacional y la contaminación de fuentes, en zonas urbanas ha hecho que sea cada vez más evidente escasez de agua. Por esta razón algunos estados de ambos países están fomentando la captación de agua de lluvia, como un medio para ahorrar agua, evitar contaminación y prevenir posibles inundaciones.

### **2.8.1 Canadá**

Como parte de un programa piloto para la conservación del agua, en Vancouver se entrega un subsidio para la compra de tanques plásticos de 75 galones (283.5 litros) que permitan almacenar el escurrimiento pluvial. Se utilizan para recolectar el agua de lluvia proveniente de los techos que luego es utilizada para regar los jardines, actividad que demanda alrededor del 40% del suministro de agua durante el verano. Algunas proyecciones indican que cada tanque podría ahorrar cerca de 1.300 galones de agua durante los meses de verano, cuando la demanda de agua es más alta.

### **2.8.2 Estados Unidos**

En Estados Unidos La gestión del recurso pluvial es una práctica cada vez más común en estados como: Maine, California, Oregón y Washington. Sin embargo, en los estados del oeste y del sudoeste, en donde se encuentran se encuentran en zonas áridas y más necesitadas del recurso, el gobierno estadounidense ha puesto especial interés en los sistemas para la captación de agua de lluvia, siendo el más avanzado Texas. En algunos se ha creado una legislación que exige la



implementación de estos equipos, también se dan incentivos en los impuestos o facilidades en presentamos, por ejemplo, en Arizona el gobierno ofrece un crédito del 25% para las personas que adquieran sistemas de captación, incluso se aplica para los constructores.

### **2.8.3 Honduras**

Los habitantes de las comunidades del municipio de Orocuina, hasta 1992 tenían que recorrer diariamente distancias de hasta 2.5 km para abastecerse de agua de baja calidad, situación que se hacía más difícil en la temporada seca. En respuesta a este problema, la Universidad Nacional Autónoma de Honduras diseñó e instaló cinco sistemas basados en pilas recolectoras para almacenamiento de agua de lluvia. Los sistemas consistían en colocar canaletes alrededor del techo de las viviendas y estos se conectaban a las pilas recolectoras construidas con materiales locales como arena, grava o piedra. La capacidad de almacenamiento podía ser de 1.03 m<sup>3</sup> hasta 4.40m<sup>3</sup>, los tamaños de las estructuras dependían de las posibilidades económicas de la población y de las necesidades de consumo según el tamaño del grupo familiar. El periodo de utilización del agua fue de alrededor de 40 días considerando el consumo diario de 25 litros por persona. Este proyecto redujo el gasto económico en agua y dotó de mayor tiempo a los habitantes para desempeñar tareas diversas relacionadas con su actividad primaria. (referencia)

### **2.8.4 Nicaragua**

En 2004 las organizaciones Georg Fischer y Mercy Ship implementaron un proyecto para construir sistemas de captación pluvial en las áreas de acceso más limitado al agua. El ejemplo más claro se vivió en el departamento de León, en donde fueron



instalados 7 tanques con capacidades que variaron entre los 14m<sup>3</sup> y los 71 m<sup>3</sup>, los cuales permitieron a los habitantes abastecerse de agua durante la temporada seca para distintas actividades, todas ellas relacionadas con el consumo humano.

### **2.8.5 Islas del caribe**

Los sistemas de captación del agua de lluvia para uso doméstico son una solución común para el abasto de agua. La mayoría de los países de la región utilizan las tecnologías de captación del agua de lluvia en techos y pisos. Algunos cuentan con legislación y normatividad para captar la lluvia logrando la autosuficiencia como: Islas Vírgenes, Barbados y las Islas Turcos y Caicos.

### **2.8.6 MÉXICO**

La precipitación anual en México es de 1,489 miles de millones de m<sup>3</sup> (760 mm), de ésta se estima que 73.2% se evapotranspira y regresa a la atmósfera. Si este recurso fuera captado y aprovechado se podría utilizar en diversos usos no potables y recargar los acuíferos abatidos. Sobre todo teniendo en cuenta que el país ha pasado en las últimas décadas de una situación de exceso de agua y otra de baja disponibilidad.

Por otra parte, el aprovechamiento y gestión integral del agua de lluvia son fundamentales ante dos retos actuales, el aumento de la población y el cambio climático. En México, la población se cuadruplicó en estas últimas cinco décadas, pasando de 25.8 millones de habitantes en 1950 a aproximadamente 104 millones en la actualidad, este incremento es más significativo en zonas urbanas, lo que está suponiendo un aumento en el consumo de servicios básicos como el agua. Mientras que los efectos del cambio climático están produciendo estaciones impredecibles,

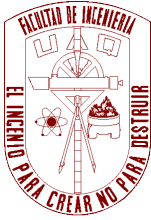


fenómenos más intensos tanto sequías como inundaciones, y se están sobre pasando las cifras máximas de las que se tiene registro, situación que se está convirtiendo en una constatación, 2010 fue el segundo año más lluvioso y en 2011 se vivió una de las sequías más largas e intensas registradas en México que afectó a 40% del territorio. (referencia)

Por esta razón, una gestión integral y sustentable del agua de lluvia puede ser una solución para tres de los principales problemas que se están generando:

- 1) Aumentar la disponibilidad: al aprovechar el agua de lluvia para usos que no impliquen su consumo como sanitarios, limpieza de superficies, procesos industriales, lavado de vehículos, riego de áreas verdes o cultivos y sobre todo para la recarga de acuíferos.
- 2) Mitigar inundaciones: al controlar y almacenar el agua de lluvia, se evita que sature la infraestructura urbana que es cada vez más ineficiente debido a que se han incrementado los volúmenes de agua que deben ser desalojados.
- 3) Evitar contaminación de fuentes naturales: al retener y limpiar el escurrimiento pluvial se evita que arrastre basuras, sedimentos y grasas a ríos, canales, lagos y humedales. También se evita que la tierra absorba estos desechos y que contamine las reservas subterráneas de agua.

Entre los obstáculos se encuentra el hecho de que las lluvias se registran casi exclusivamente en el periodo que va de julio a octubre, así como la desigual distribución de las precipitaciones en el país: el norte, con 30% del territorio, recibe solo 4% de las lluvias, mientras que las costas y el sureste captan más de la mitad de las precipitaciones pluviales.



En varias ciudades del País como Guadalajara, Querétaro y el propio Distrito Federal, existen sistemas de recolección pluvial, sin embargo, son experiencias aisladas y están dirigidas más a evitar inundaciones que a reutilizar el líquido. Además, por lo menos en el Distrito Federal, según la Ley de Aguas publicada en 2003, es obligatorio para las nuevas edificaciones comerciales y de vivienda, cuenten con sistema de recolección de agua de lluvia.



Figura 2.8 los primeros sistemas instalados en México con fines de ayudar a escuelas y poblaciones más necesitadas. (conectanoti)

### 2.8.6.1. QUERÉTARO

En el gobierno actual se está dando seguimiento en zonas marginadas como la sierra gorda con proyectos de captación de agua su almacenamiento y uso doméstico. Aquí se adecúan y construyen sistemas de captación y tratamiento del agua de lluvia, a nivel domiciliario y colectivo, respectivamente. Este proyecto se enfoca en poblaciones seleccionadas a partir de un diagnóstico poblacional y socioeconómico que considera determinante la escasez de agua para uso y consumo humano.



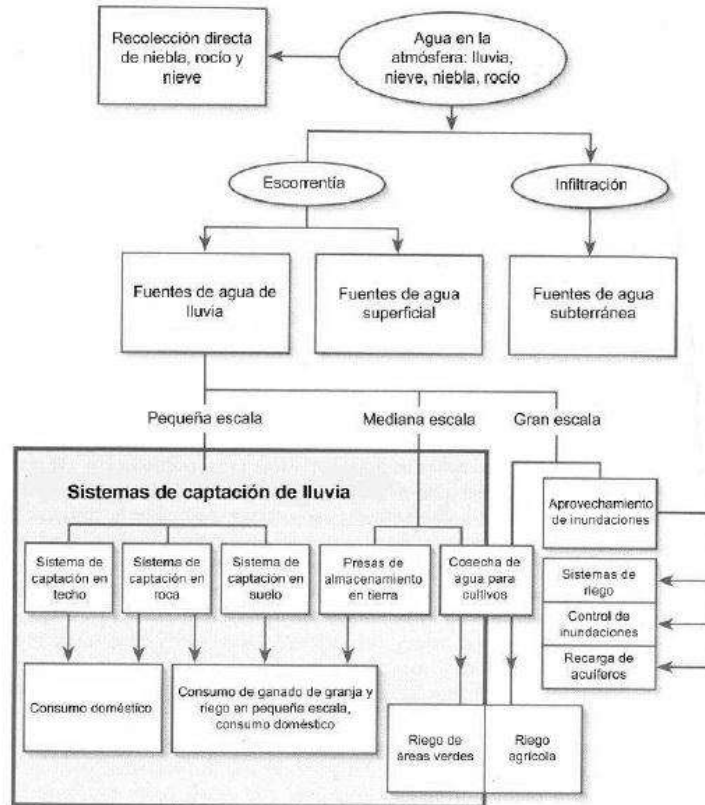


## 2.9 DEFINICIÓN Y CLASIFICACION DE LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

Se puede definir a la captación pluvial como la recolección del escurrimiento de lluvia sobre una superficie para propósitos de aprovechamiento. El concepto hace énfasis en el almacenamiento del agua de lluvia para su utilización posterior. Cuando se enfoca únicamente en el agua que cae en un sitio puntual, se denomina microcaptación o captación de microcuencas.

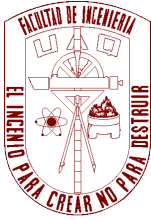
La captación de lluvia puede ser considerada como una forma rudimentaria de riego, usando surcos, canales, etc. La diferencia es que la idea de la captación está en el control sobre la aplicación del agua colectada y no está sujeta únicamente al momento en el que llueve.

Existe conocimiento sobre una gran variedad de técnicas relacionadas con sistemas de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. Dichas técnicas se pueden clasificar con base en sus diferentes fuentes, tipo de esorrentía, técnicas de manipulación, tipo de almacenamiento y a los diferentes usos que se le da al recurso (FAO, 2000).



Clasificación general de los sistemas de captación de lluvia (Gould y Nissen-Petersen, 1999).

Figura 2.9 esquema general de la lluvia y su recolección.



Clasificación de los sistemas de captación de lluvia por diferentes rubros.

Clasificación	Ejemplos
Por fuente	Precipitación Niebla Nieve
Por escurrimiento	En terrazas y patios En techos En tierra y campo En roca
Por área o extensión	Grandes extensiones (comunal) Extensiones medianas Extensiones pequeñas (microcaptación)
Por almacenamiento	Cisterna (cemento, plástico, etc.) Tanque (plástico, metálico, etc.) Suelo froca, suelo impermeabilizado, etc.)
Por uso o aprovechamiento	Animales Humano Agricultura o riego

Fuente: Modificación a la clasificación de FAO del 2000.

## 2.9 Elementos fundamentales de la captación de agua de lluvia

En este apartado haremos mención a las ventajas, desventajas y otros aspectos importantes para implementar este sistema:

### Ventajas:

- Calidad del agua relativamente alta respecto con lo que se encuentra en la superficie.
- El sistema es independiente y de fácil instalación en cualquier zona
- Los materiales son de fácil acceso y la instalación es simple y duradera.
- El funcionamiento del sistema no genera costos mayores a los beneficios

### Desventajas:

- La inversión inicial no es recuperada rápidamente, se genera después de un tiempo.



- El volumen de agua captada es en función de la precipitación, el área de captación, la capacidad de almacenaje, entre otras cuestiones geográficas.
- El costo del tratamiento del agua depende de la calidad del agua captada y el uso que se le designe, en función de la normatividad correspondiente.

**Se debe tomar en cuenta que:**

- Los beneficios que se adquirirán al implementar este sistema en la zona deseada.
- Evaluar la funcionalidad del diseño
- Mantención de calidad del sistema y del producto captado.

## **2.10 COMPONENTES BÁSICOS de la captación de agua de lluvia**

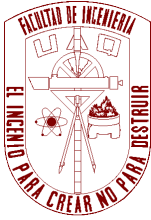
Existen muchos elementos que pueden integrarse a un sistema de captación y aprovechamiento de lluvia, pero los básicos están en función de la captación, conducción y almacenamiento del líquido. Cada uno de estos subsistemas puede incluir componentes adicionales que den beneficios adicionales a los usuarios.

### **2.10.1 ÁREA DE CAPTACIÓN**

Se refiere a la zona que recolectara el agua pluvial en cada evento de precipitación, la cual puede ser natural o bien hecha por obra humana;

### **2.10.2Techo:**

será la superficie designada para coleccionar el agua de lluvia. Deberá estar lo más limpio posible para aprovechar la mayor cantidad posible. Los materiales a usar



dependen de la estructura a construir: plástico, lámina, asbesto, concreto, acero, plantas, etc...

Las características de cada techo influyen en la mayor captación al tener menos filtración y mayor escurrimiento.

### 2.10.3.CONDUCCIÓN

Estos elementos son los que conectan el área de captación con el área de tratado, para lo cual se usan comúnmente canaletas y/o tuberías de distintos materiales: PVC, lámina de acero galvanizada o zinc, madera y fibras.

**Canaletas:** ubicadas en la cara del techo donde escurrirá el agua, teniendo una forma de “u” y con pendiente dirigida hacia el tubo que conecte al almacenamiento.

**Desvió al drenaje:** tubo proveniente de la canaleta con el fin de que el agua más sucia o la inicial pueda ser drenada de nuestro sistema y no contamine la próxima en escurrir, tendrá una llave para el control de salida.

### 2.10.4. ALMACENAMIENTO

El lugar donde se conservará el agua captada puede ser muy variado y de sus características depende la calidad que mantendrá el líquido previo a su aprovechamiento. Puede ir desde zanjas naturales hasta tanques especiales. Algunos ejemplos de contenedores superficiales o subterráneos son:

Cemento o ferro cemento: cisternas, jarras

Metálicos: botes, tinacos o cisternas de lámina de acero

Plásticos: botes, tinacos o cisternas de HDPE.



**Cisterna:** será nuestro almacén de toda la lluvia captada y de este modo conservar el agua y usarla a nuestra disposición en tiempo y forma, debe ser lo suficientemente grande para satisfacer nuestras necesidades en relación con la precipitación de cada zona.

### 2.10.5. OTROS COMPONENTES

Según Gould y Nissen Petersen (1999) y Mechell *et al.* (2010), respectivamente, algunos componentes complementarios que repercuten directamente en la calidad del agua son los siguientes:

**Filtros:** serán usados 2 uno de carbón activado; Los filtros de carbón activado son sistemas de purificación de agua comunes en casas y edificios y se utilizan para filtrar contaminantes tales como el cloro, disolventes orgánicos, herbicidas, pesticidas y radón del agua. Muchas personas creen que estos filtros hacen el agua más sana y más natural. Los filtros los utilizan con frecuencia personas que son conscientes de la salud y que desean evitar que las partículas granuladas u olores desagradables y sabores queden en el agua. Debes saber que los filtros de carbón activado no quitan las bacterias, virus u hongos, ni esporas de hongos del agua; y el de plata coloidal; La plata coloidal es un poderoso antibiótico de amplio espectro que inactiva las enzimas que bacterias, hongos, virus y parásitos usan para su metabolismo del oxígeno, causando entonces su asfixia tras pocos minutos. Las formas pleomórficas (que tienen capacidad de adoptar distintas formas) o mutantes de estos organismos son también vulnerables. Muchos antibióticos matan solo pocos microorganismos causantes de enfermedades, pero el coloide de plata es conocido por su eficiencia sobre centenares de ellos.

**Interceptores o separadores de primera lluvia.** Su objetivo es apartar la primera agua que escurre y arrastra una mayor concentración de contaminantes de la



atmósfera y partículas de la superficie de captación. Hay separadores de lluvia manuales y automáticos.

**Sedimentadores, desarenadores y clarificadores.** Su objetivo es retirar sólidos que pueden sedimentar antes del almacenamiento. Este tratamiento ayuda a hacer más eficiente el filtrado y reducir el mantenimiento general de los tratamientos posteriores.

**Dispositivos para desinfección.** Ayudan a eliminar microorganismos y potabilizan el agua colectada. Algunos ejemplos son: cloradores, lámparas de luz ultravioleta y dosificadores de plata coloidal.

**Dispositivos de automatización.** Se trata de equipo que ayuda a complementar el sistema en la parte operativa. Se incluyen la bomba o equipo para trasladar el líquido por presión, el controlador y los sensores de nivel que automatizan esta labor, sensores de temperatura, pH, etc.

En este capítulo se han establecido antecedentes generales de la captación y aprovechamiento de lluvia que la resumen como una técnica natural, milenaria, sencilla, productiva, sustentable, entre otras ventajas. Con esta información se procede a estudiar el sitio de estudio para la propuesta de diseño del sistema.



Figura. 3.1 Elementos del sistema de captación de agua de lluvia. (conectanoti)

### 3 Caso de estudio

En este apartado se describirán las características del sitio en estudio, destacando las geográficas, pues son las más relacionadas con el proyecto.

#### 3.1 EZEQUIEL MONTES

Ocupa el decimoséptimo lugar en extensión territorial ya que tiene una superficie de 298.277 kilómetros cuadrados, que corresponden al 2.4% de la superficie total del Estado de Querétaro.





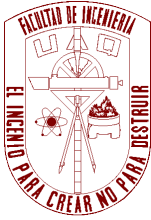
El municipio de Ezequiel Montes se encuentra ubicado al centro del Estado de Querétaro en la latitud Norte 20°43' a 20°31' y en la longitud Oeste 99°44' a 99°59'. Limita al Norte con el municipio de Tolimán en 12.749 kilómetros; al Este y Noreste, colinda con Cadereyta de Montes en 51.829 kilómetros; al Sureste con el Estado de Hidalgo en 9.531 kilómetros; limita al Suroeste con Tequisquiapan en 40.689 kilómetros y al Oeste con el municipio de Colón en 31.695 kilómetros, haciendo un total de 146.495 kilómetros aproximadamente de perímetro. Su Cabecera Municipal se ubica a 57 kilómetros de la capital del Estado.

### **3.2 AGRICULTURA Y GANADERIA**

El municipio de Ezequiel Montes, de acuerdo al anuario estadístico del Estado de Querétaro (1997), contaba en 1991 con 1 249 unidades de producción rural, con una superficie total de 25 899 hectáreas, lo cual representa el 93% de la superficie total del municipio.

De la superficie ocupada por las unidades de producción rural, el 38% son tierras de labor. Las tierras con pasto natural, agostadero o enmontadas, representan el 60% de las unidades de producción rural.

La agricultura de temporal logra sus mejores rendimientos en la zona del Jagüey, al Norte del municipio hasta la presa San Agustín, donde predominan suelos más o menos planos y suaves, en los que se cultivan básicamente maíz o maíz intercalado con frijol. Esa zona abarca aproximadamente el 65% del total de la superficie cultivable.



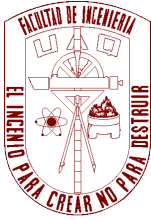
La principal actividad económica del municipio es la ganadería, sobresaliendo la engorda de ganado bovino, del cual el municipio cubre el 90 % de la producción de carne en el estado y ocupa el segundo lugar en vender carne al Distrito Federal. También la distribuye a los municipios de Cadereyta, Colón, Pedro Escobedo y Amealco, así como a los estados de Hidalgo y México. (referencia)

La asociación ganadera local cuenta con 300 ganaderos afiliados de los cuales hay algunos que tienen más de 1,000 cabezas. En el municipio existen aproximadamente 16,000 unidades reproductoras bovinas. Las razas más comunes son: cebú, charol, criollo y beef master.

El municipio de Ezequiel Montes presenta condiciones favorables para el desarrollo de esta actividad, debido a sus características topográficas y climatológicas.



Figura. 3.2 ubicación del sitio de experimentación del proyecto. (inegi)



### 3.3 CLIMA

El clima en el municipio es templado semiseco con una temperatura promedio anual de 16.7° C. La temperatura media más alta se registra durante los meses de abril a mayo con 22.5 °C. Las temperaturas bajo cero se registran en promedio durante los meses de diciembre a enero con 0° a -2°C.

La precipitación pluvial media anual es de 550 mm. Las lluvias son más abundantes durante los meses de mayo a octubre; no obstante, se aprecian durante los meses de noviembre hasta abril fuertes sequías que desequilibran la producción agropecuaria.

Los vientos generales soplan de Norte a Sur y del Noreste al Este, con velocidades promedio anual de 2 a 5 m/s. Los vientos con mayor velocidad se registran durante los meses de febrero a marzo, con velocidades ocasionales hasta de 15 m/s.



• EVOLUCIÓN Y COMPARACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN EL ESTADO DE QUERÉTARO 2003-2012\*

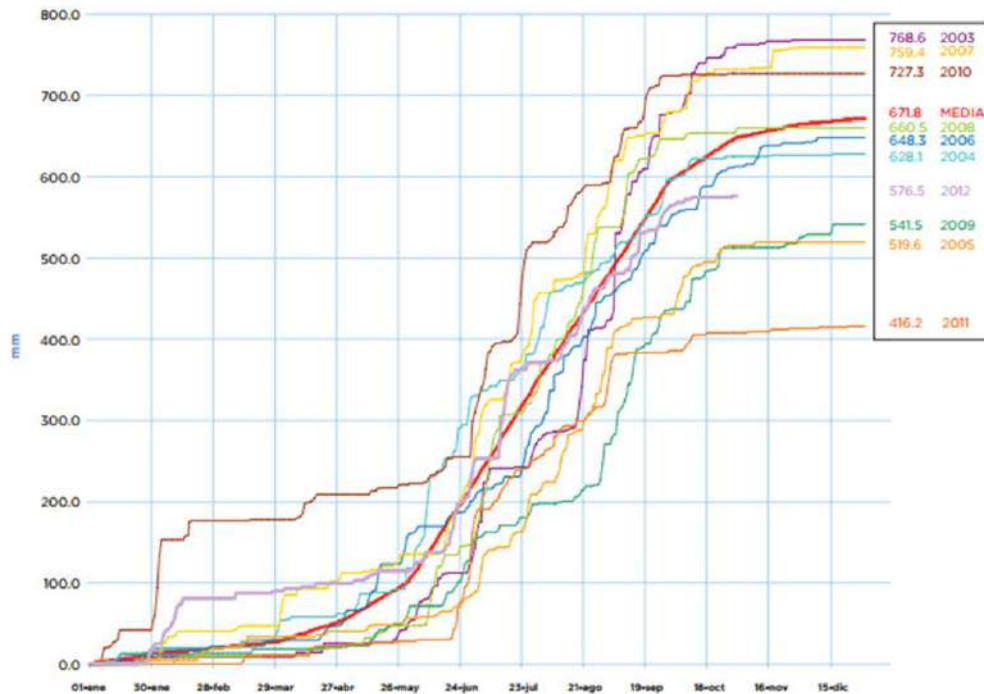
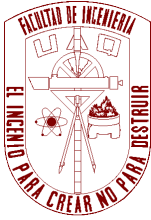


Figura. 3.3 grafica de precipitación en la región del semidesierto. Inegi 2014

### 3.4 ECOSISTEMAS

En lo referente a flora y fauna, la vegetación natural del municipio se caracteriza principalmente por la presencia de bosque caducifolio espinoso, selva baja caducifolia y matorral crasicaule.

El bosque caducifolio espinoso ocupa las partes planas del municipio y está representado por árboles menores de 15 metros de altura, cuyas especies son: mezquite, huisache, garambullo y granjeno. La selva baja caducifolia ocupa generalmente los terrenos cerriles de la región, abarcando un 20% del total del territorio municipal. Este tipo de agrupamiento vegetativo lo representan árboles



menores de 15 metros; son de troncos cortos, robustos y torcidos como el tepemuaje, palo bobo, patol, encino e higuera. Finalmente, el matorral crasicuale se localiza en lomeríos altos y cerriles hacia el Noreste y Noroeste del municipio; representado por plantas xerófitas como biznaga y nopal.

En el municipio existe una amplia gama de especies silvestres. En grado de importancia podemos citar: reptiles, conejo, liebre, ardilla, gato montés, coyote, codorniz, zorra, tordo, faisán, paloma ala blanca, cuervo, gavián, águila real y pato silvestre.

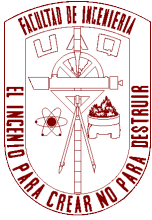
### **3.5 SUELO**

El tipo de suelo que predomina está compuesto por combinaciones de arcilla, limo y arenas, con mezcla en menos proporción de calizas; formando texturas delgadas que dan origen a los suelos arcillosos, arcillo-arenosos, arcillo limo-arenosos y calcáreos. La formación de los suelos es de origen residual en la sierra y de tipo aluviales y coluviales en las llanuras.

### **3.6 TIPO DE GANADO**

La charolesa (Charolais en francés), es una raza vacuna autóctona de Francia, en concreto del distrito de Charolles. Está considerada como una de las mejores razas productoras de carne.

Es una antigua raza de uso múltiple, convertida en una raza de carne. Es una raza que tiene una muy buena conformación cárnica. Es apreciada por la calidad de su carne, de bajo contenido en grasa derivado de su pasado como raza de trabajo.



Para promover las cualidades de la raza, los profesionales promueven, desde hace más de un siglo, concursos donde los animales son clasificados por los expertos.



Figura 3.4 ganado charolesa. (infocarne)

Las vacas son apreciadas por sus cualidades de cría:

Fertilidad y prolificidad (alta tasa de partos de gemelos)

Buena producción de leche para la alimentación de los terneros (la mejor entre las razas de carne)

Muy alta velocidad de crecimiento (hasta 2,5 kg por día)

Animal rústico, con una buena capacidad de adaptación a diferentes condiciones de cría, notablemente una elevada ganancia de peso con forrajes bastos.

La selección tiene como objetivo mejorar la capacidad de parto, sobre todo la facilidad de parto para el uso de toros charoleses sobre razas lecheras (en



particular, la raza normanda, de esa región del norte de Francia, a partir de 1960) en crecimiento.

Los toros charoleses son muy demandados para la exportación y sus precios son muy elevados pues se considera que transmiten a sus descendientes sus cualidades cárnicas.

## Charolesa



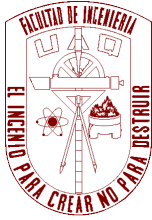


Ejemplar de raza charolesa

<b>Nomenclatura binominal</b>	<i>Bos taurus</i>
<b>Región de origen</b>	Distrito de Charolles
<b>Características</b>	
<b>Tipo</b>	bovino
<b>Peso</b>	900-1400 kg
<b>Pelaje</b>	blanco o crema uniforme
<b>Otros datos</b>	
<b>Utilización</b>	Producción de carne

Figura 3.5 Características de la raza. Wikipedia

La raza de ganado brahmán tiene su origen en el ganado cebú llevado originariamente a los Estados Unidos de América proveniente de la India.



Se ha cruzado extensivamente con *Bos taurus*, el ganado europeo. Ambos son miembros de la familia de los bóvidos.

El brahmán se caracteriza por una joroba en su lomo y por sus orejas blandas largas. Los colores más comunes son blanco, gris y rojo. El brahmán posee una capacidad notable de adaptación y supervivencia. Puede alimentarse con pastos inadecuados y es muy resistente a pestes de insectos, parásitos, enfermedades y a climas extremos.

El ganado brahmán puede desplazarse grandes distancias para obtener agua. El brahmán se desarrolla donde otro tipo de ganado apenas pueda sobrevivir.



Figura 3.6. Características de la raza. Wikipedia

#### 4. GUÍA DE DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

En este apartado se describe la propuesta de diseño del sistema de captación, sus componentes, funciones y especificaciones de implementación. Se diseñó en base





a los datos obtenidos y referenciados en capítulos anteriores. Se incluyen dimensionamiento de los componentes del sistema, un análisis costo – beneficio y especificaciones de mantenimiento de las partes del sistema.

#### 4.1 USO DEL AGUA DE LLUVIA Y TRATAMIENTO

Como se ha venido manejando nuestro objetivo es que el agua pluvial colectada sea destinada para consumo animal (bovinos de engorda), por lo cual su tratamiento debe constar de ciertos aditamentos para dejar el agua en buen estado y no dañe al consumidor o bien a terceros.

Según la norma NOM-127-SSA1- 1994, marca 3 diferentes tratamientos para el agua:

Clasificación	Usos	Calidad que se requiere Valor máximo según la NOM-127-SSA1-1993	Tratamiento
Primario	Lavado de ropa Sanitario Limpieza del hogar Limpieza del auto Jardinería	Turbiedad: 5 UTN Color verdadero: 20 UCV Características organolépticas adecuadas	Tirar primeras lluvias Cribado Separación de primera lluvia Sedimentación Conservación
Secundario	Ducha Higiene personal (lavado de manos y boca) Lavado de trastes	Además de las anteriores pH: Entre 6.5 y 8.5 Coliformes totales: No detectado Coliformes Fecales: No detectado	Además de los anteriores Eliminación de coliformes Filtración >50 µm Remoción de contaminantes orgánicos
Terciario	Agua para beber y cocinar	No debe superar ningún parámetro máximo señalado en la norma	Además de los anteriores Filtración >10 µm Remoción de metales pesados Remoción de contaminantes orgánicos Purificación

Cuadro 3.1 tabla de tratamiento del agua. (conama)

Viendo lo anterior nos coloca en un tratamiento secundario, donde el agua es apta para consumo animal y/o de riego.

## 4.2 COMPONENTES DEL SISTEMA

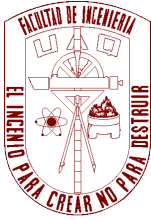
El sistema esta compuesto por los siguientes componentes ilustrados en el dibujo:

- 1) El techo
- 2) Los bajantes o canaletas
- 3) El desvío al drenaje
- 4) El filtro de hojas
- 5) El interceptor de primeras lluvias
- 6) La cisterna
- 7) La bomba
- 8) Los filtros



Figura 3.4 esquema de un sistema de captación. (CONAFOR)

En el dibujo anterior se pueden ver los componentes de un sistema de captación sencillo y eficiente:



**Área de captación:** será el primer punto de contacto sistema-agua, la superficie designada para coleccionar el agua de lluvia. Deberá estar lo más limpio posible para aprovechar la mayor cantidad posible. Los materiales a usar dependen de la estructura a construir: plástico, lamina, asbesto, concreto, acero, etc... se debe considerar una pendiente para que el agua pueda seguir nuestro sistema con facilidad y eficacia. Pueden ser de diferentes formas, a un agua, dos, etc., o bien domos arco techos entre otros.

El agua captada se puede medir en litros haciendo la siguiente operación:

$$\text{agua captada (lts)} = \text{area de captación (m}^2\text{)} \times \text{precipitación (mm)}$$

**Canaletas:** ubicadas en la cara del techo donde escurrirá el agua, teniendo una forma de “u” y con pendiente dirigida hacia el tubo que conecte al almacenamiento. Se deben calcular sus dimensiones con respecto a un periodo de retorno de 100 años, es decir, investigar la mayor precipitación y en base a ello definir nuestro sistema de tubería.

**Desvió al drenaje:** tubo proveniente de la canaleta con el fin de que el agua más sucia o la inicial pueda ser drenada de nuestro sistema y no contamine la próxima en escurrir, tendrá una llave para el control de salida.

**Filtro de hojas o mallas:** ubicado en la tubería de salida, pero con desagüe al desarenador, con el fin de eliminar grandes solidos del agua, es una serie de mallas intercaladas para hacer un filtro donde se queden cosas como hojas, plástico, piedras, etc.

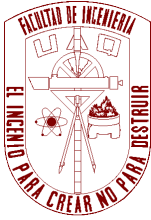


**Desarenador:** un pequeño almacén capaz de retener la primera parte de la lluvia con el fin de que lo que se logró pasar por el filtro de malla se asiente en este y no lleguen estos al almacenamiento final, con una llave de dren para purgarlo a medida que lo veamos sucio, congestionado o con alguna anomalía.

**Cisterna:** será nuestro almacén de toda la lluvia captada y de este modo conservar el agua y usarla a nuestra disposición en tiempo y forma, debe ser lo suficientemente grande para satisfacer nuestras necesidades en relación con la precipitación de cada zona.

**Bomba:** será quien nos mande el agua a la zona deseada extrayéndola de nuestra cisterna. Puede ser eléctrica o mediante combustión, su dimensión será proporcional al uso de agua que se le exija y la altura de bombeo.

**Filtros:** serán usados 2 uno de carbón activado; Los filtros de carbón activado son sistemas de purificación de agua comunes en casas y edificios y se utilizan para filtrar contaminantes tales como el cloro, disolventes orgánicos, herbicidas, pesticidas y radón del agua. Muchas personas creen que estos filtros hacen el agua más sana y más natural. Los filtros los utilizan con frecuencia personas que son conscientes de la salud y que desean evitar que las partículas granuladas u olores desagradables y sabores queden en el agua. Debes saber que los filtros de carbón activado no quitan las bacterias, virus u hongos, ni esporas de hongos del agua; y el de plata coloidal; La plata coloidal es un poderoso antibiótico de amplio espectro que inactiva las enzimas que bacterias, hongos, virus y parásitos usan para su metabolismo del oxígeno, causando entonces su asfixia tras pocos minutos. Las formas polimórficas (que tienen capacidad de adoptar distintas formas) o mutantes de estos organismos son también vulnerables. Muchos antibióticos matan solo pocos microorganismos causantes de enfermedades, pero el coloide de plata es conocido por su eficiencia sobre centenares de ellos.



### **4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA :**

#### **ÁREA DE CAPTACIÓN**

El área será considerada promediando que las corraletas de engorda se manejan de 35 animales, lo cual arroja como medidas un espacio de 15x12 m. Será una estructura metálica con cubierta plástica sobre la totalidad del espacio para garantizar la captación de la zona y brindar condiciones estables al ganado durante su estancia. De aquí el agua captada se desplazará por medio de canaletas y tubos para llegar así hasta su destino, el tanque de almacenamiento.

#### **TUBERÍAS Y CANALETAS**

Son parte necesaria en cualquier sistema hidráulico para la conducción del fluido. Una vez captada el agua de lluvia por el techo, se requiere canalizarla al tren de tratamiento, al tanque de almacenamiento y distribuirla para su aprovechamiento. En nuestro caso particular usaremos canaletas para coleccionar el agua que fluirá por nuestro techo y así dirigir el fluido al desarenador.

#### **DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO**

Aquí se sugiere la adquisición de un tanque con la capacidad adecuada para coleccionar el mayor volumen de agua pluvial. Puede ser prefabricada o bien de mampostería y cemento.

#### **COMPONENTES PARA EL TRATAMIENTO**

-Desvío al drenaje: Además de ayudar a elevar de manera radical la calidad del agua de lluvia, el desvío al drenaje es un componente necesario en cualquier sistema de captación y aprovechamiento pluvial porque permite la opción de que la lluvia entre al sistema o se dirija a otro lado, como un pozo de absorción, un tanque



de almacenamiento o simplemente al drenaje. Este dispositivo es simplemente una llave de dos posiciones que permite ingresar o desviar el agua. También se puede utilizar un tapón de PVC que cumple con el mismo funcionamiento y es mucho más económico.

-Separador de sólidos grandes: se propone retirar del agua son los sólidos más grandes, entre los que se destacan las hojas, piedras, ramas, insectos y otros materiales que pueden estar presentes en la superficie de captación y ser arrastrados por el agua.

-Separador de primera lluvia: Este dispositivo es ampliamente recomendado por mantener la calidad del agua de lluvia, además de ser fácil de implementar. Martinson y Thomas (2009) reportan disminuciones de turbiedad superiores al 50 % con un separador usado adecuadamente, aun para superficies que aportan turbiedad mayor a 50 UTN.

-Clarificador o desarenador: Este dispositivo es un recipiente previo a la cisterna que actúa como un sedimentador rápido que retiene sólidos que precipiten en un lapso no mayor a 45 segundos. Este dispositivo se sugiere para evitar que un gran porcentaje de sólidos mayores a 0.1 mm de diámetro que superen el separador de hojas, se depositen directamente en el tanque de almacenamiento, sirvan para el crecimiento de los microorganismos, hagan más complicada la conservación del agua y en general hagan que todo el sistema requiera mayor tratamiento y mantenimiento.

-Conservación: Si el agua captada se destina a uso de riego, limpieza en general y sanitario se propone dar tratamiento químico de conservación en almacenamiento a la sombra. En este caso, se propone que un sistema para uso no potable



contemple la aplicación de  $\text{CuSO}_4$  para prevenir el color y olor que se producen a partir del crecimiento de microorganismos.

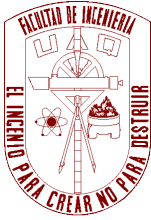
-Sulfato de cobre (ii): El cobre es un metal usado desde la antigüedad para fines de higiene pública. Mucho tiempo después los científicos estudiaron las propiedades antimicrobianas de este material. El cobre no solo puede inhibir el crecimiento de bacterias, hongos, levaduras y virus, sino que puede inactivarlos o incluso eliminarlos (Pancorbo, 2009).

-Iones de plata: La plata se usa como desinfectante desde épocas antiguas. En la actualidad el uso de iones de plata es una tecnología comercialmente emergente por su efectividad contra microorganismos y sobre todo por no tener efectos adversos contra la salud como otros tratamientos, pues se suministra en dosis de ppb (partes por billón), que cumplen normas internacionales de la USEPA y la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Silverlife, 2011).

-Cloración: Es un tratamiento común entre la población para potabilizar agua. El cloro elimina muchos microorganismos y virus, evita coloración y sobre todo tiene efecto residual.

Lazcano (2011) menciona que de manera general el agua con concentraciones bajas de contaminantes y pH entre 6 y 8, puede ser clorada manteniendo un tiempo de contacto de 30 a 60 minutos con resultados cercanos al 99 % de eficiencia.

-Filtros por gravedad: Continuando con el tren de filtrado, se recomienda colocar regaderas ahorradoras para ducha con filtros de carbón activado en bloque. Estos filtros actúan por gravedad y retiran cloro, olor, sabor, color, metales pesados por adsorción y contaminantes orgánicos.



## COMPLEMENTOS

-Válvula para evitar regreso de agua: Se trata de un dispositivo mecánico que permite el tránsito del agua en el sentido del tanque de almacenamiento hacia el drenaje pero no en sentido inverso. Se recomienda instalar una válvula *check* en el rebosadero que va del tanque de almacenamiento al drenaje para evitar que el agua del drenaje, en un momento de sobrecarga, pueda ingresar al tanque y contaminarlo. Además, este equipo es importante porque evita el paso de animales que pueden estar en el drenaje.

-Flotador para ingreso de agua de red: un flotador habilitado durante la época de captación que permita el ingreso de agua de la red al llegar un nivel de reserva en caso de que no se presenten lluvias (Lomnitz, 2010).

-Pichancha flotante: Este dispositivo permite que la bomba hidráulica siempre succione a unos centímetros por debajo del nivel del agua. Esto mejora la calidad del agua principalmente por 3 razones:

- Algunos sólidos sedimentan al fondo del tanque de almacenamiento, al dar tratamiento preventivo o de conservación, algunas sustancias pueden precipitar compuestos al fondo y en caso de que la lluvia arrastre metales pesados, se precipitarán al fondo del tanque de almacenamiento al no tener un pH suficientemente ácido para mantenerlos disueltos.

## 4.4 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA

Obtenido a través de cálculos y datos ya existentes sobre los espacios a estudiar y las características de sus habitantes.





---

### CALCULO DE AGUA QUE CONSUME UN ANIMAL ANUALMENTE EN PROMEDIO

---

DIAS	120	
LITROS	25	
TOTAL	3000	LTS X engorda

---

### AREA REQUERIDA PARA CAPTAR EL AGUA NECESARIA PARA MANTENER UN ANIMAL

---

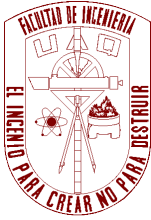
PRECIPITACION MEDIA ANUAL	0.55	m
METROS CUBICOS REQUERIDOS	3	m <sup>3</sup>
área requerida	5.5	m <sup>2</sup>

---

### DIMENSIONES DE CORRALETA PARA 35 BECERROS

---

ancho	15	m
largo	12	m



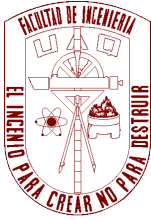
## AGUA CAPTADA POR LA CORRALETA

volumen de agua captada	99	m <sup>3</sup>
considerando que el 5% de lo captado sea desechado por el desarenador, el agua usada eficazmente es:	94.05	m <sup>3</sup>
becerros mantenidos	31.35	

COSTO DE M <sup>3</sup> EN LA CEA	\$ 71.00
m <sup>3</sup> REQUERIDOS X ANIMAL	3
\$ REQUERIDO x engorda	\$ 213.00

### 4.5 PROPUESTA DE SISTEMA DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO PLUVIAL

Se describe la propuesta de diseño del sistema para captación y aprovechamiento para el consumo animal.



## 4.6 TREN DE TRATAMIENTO

Aquí describiremos en general el proceso al que se someterá el agua captada para después ser consumida por los bovinos de engorda.

- Cribado: se separan los sólidos grandes en la entrada del sistema.
- Separación de primera lluvia: será para limpiar nuestras instalaciones y prepararlas para su funcionamiento próximo.
- Desarenación: se eliminan a base de filtros los sólidos finos.
- Sedimentación: los sólidos que no se lograron retirar se sedimentaran y saldrán de nuestro sistema.
- Desinfección: el agua se someterá a cloración y filtración con iones de plata y carbono activado con la finalidad de eliminar las partículas que no se hayan eliminado.

## 4.7 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

DIETA POR KILOGRAMO DE CARNE

FORRAJE	CANTIDAD %	KILOGRAMOS
MAIZ	35	350



SORGO	22	220
POLLINAZA	25	250
PASTURA	18	180

CALCULO DE AGUA QUE CONSUME UN ANIMAL ANUALMENTE EN PROMEDIO

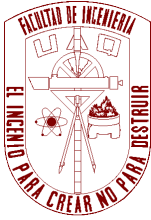
DIAS	120	
LITROS	25	
TOTAL	3000	LTS X engorda

AREA REQUERIDA PARA CAPTAR EL AGUA NECESARIA PARA MANTENER UN ANIMAL

PRECIPITACION MEDIA ANUAL	0.55	m
METROS CUBICOS REQUERIDOS	3	m <sup>3</sup>
area requerida	5.5	m <sup>2</sup>

DIMENSIONES DE CORRALETA PARA 35 BECERROS

ancho	15	m
largo	12	m



### AGUA CAPTADA POR LA CORRALETA

volumen de agua captada	99	m <sup>3</sup>
considerando que el 5% de lo captado sea desechado por el desarenador, el agua usada eficazmente es:	94.05	m <sup>3</sup>
becerros mantenidos	31.35	

COSTO DE M <sup>3</sup> EN LA CEA	\$ 71.00
m <sup>3</sup> REQUERIDOS X ANIMAL	3
\$ REQUERIDO x engorda	\$ 213.00

### COSTO DEL INVERNADERO PARA UNA CORRALETA

area m <sup>2</sup>	180
costo x m <sup>2</sup>	280
total	\$ 50,400



#### ESTIMACION DEL PAGO DE LA INVERSION

inversión	\$ 50,400
ahorro x animal	\$ 213.00
animales mantenidos	31
ahorro total	\$ 6,678

engordas necesarias para costear la inversión	7.55
---	------

#### 4.8 COMPARACION DE LOS CONSUMOS DE AGUA ESTIMADOS POR LA CEA Y DE EL SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA EVALUADO EN 2 ETAPAS

Al paso de los años se ha venido manejando una tecnología tras otra pero no muchas en cuestión del ahorro del agua, tal es el caso que la comisión estatal ha estado enviando mensajes a los ganaderos de una manera subliminal (elevando el precio del agua), para que busquen la manera de abastecer de agua el ganado usando el servicio lo menos posible.

A continuación se presenta la evolución de los costos según la CEA:



año	costo x m3
2000	27.9
2001	27.9
2002	28.7
2003	28.7
2004	29.5
2005	29.5
2006	30.2
2007	30.2
2008	30.2
2009	32.5
2010	32.5
2011	32.5
2012	32.5
2013	32.5
2014	71
2015	71.8

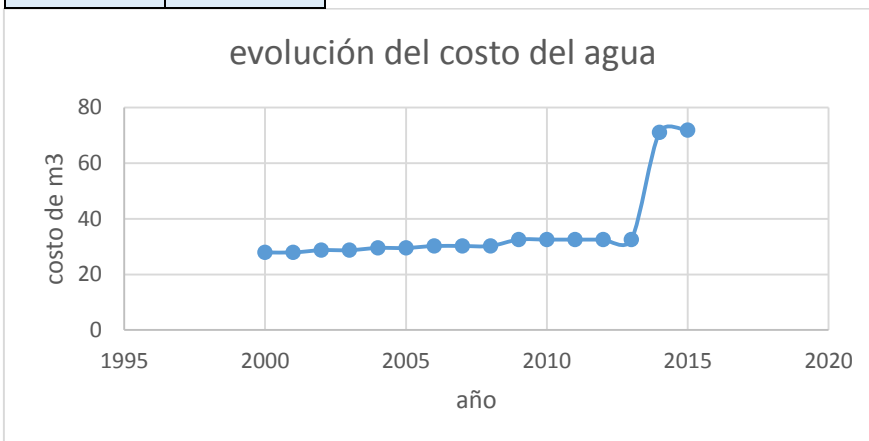
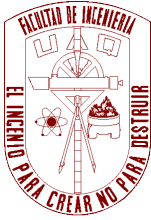


Figura 4.4 evolución del costo del agua. (Propia)



Esto afecta la productividad económica del ganadero puesto que en un análisis grafico podemos ver:

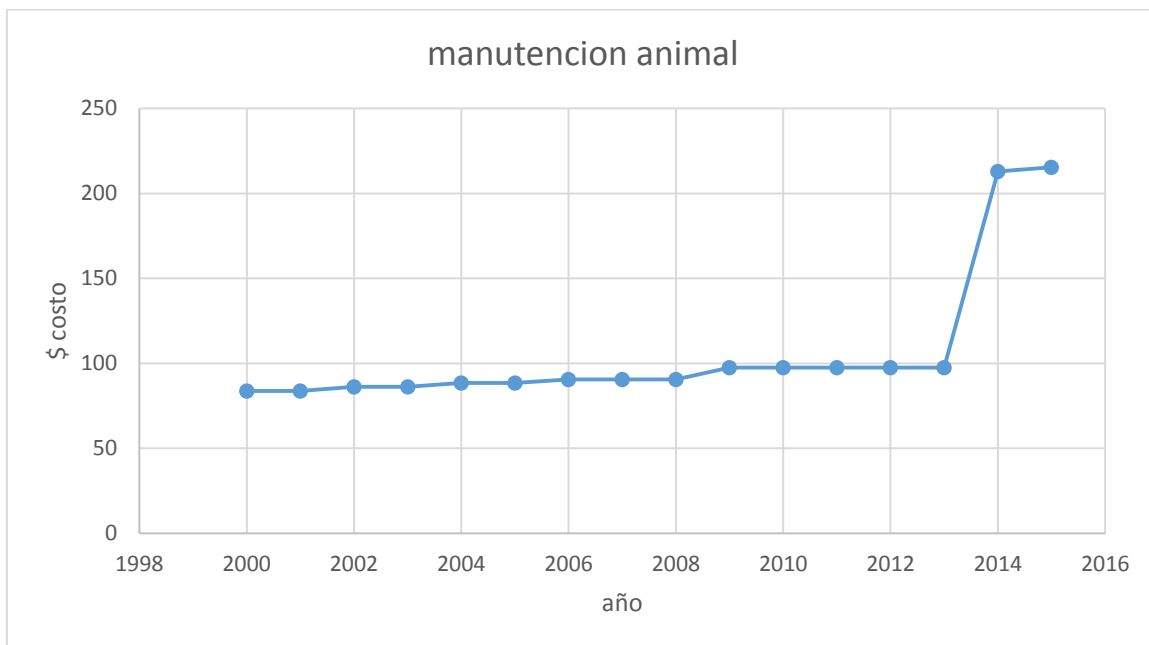


Figura 4.5 mantención animal. (Propia)

Y bien los números hablan por sí solos y podemos apreciar que el costo de elevo de manera radical en los últimos 3 años.

Ahora considerando los intereses del ganadero se hizo el estudio directo de la relación producción de carne – consumo de agua lo cual nos arrojó los siguientes datos:





COSTO AGUA CEA		COSTO AGUA CAPTADA A 10 AÑOS		COSTO AGUA CAPTADA A 20 AÑOS	
LITROS DIARIOS	25	LITROS DIARIOS	25	LITROS DIARIOS	25
INCREMENTO DE PESO DIARIO PROMEDIO (KG)	1.25	INCREMENTO DE PESO DIARIO PROMEDIO (KG)	1.25	INCREMENTO DE PESO DIARIO PROMEDIO (KG)	1.25
COSTO AGUA CEA	\$ 0.07	COSTO AGUA CAPTADA	\$ 0.06	COSTO AGUA CAPTADA	\$ 0.05

COSTO DE PRODUCCION DE 1 KG DE CARNE	\$ 1.42	COSTO DE PRODUCCION DE 1 KG DE CARNE	\$ 1.22	COSTO DE PRODUCCION DE 1 KG DE CARNE	\$ 1.02
--------------------------------------	---------	--------------------------------------	---------	--------------------------------------	---------

COSTO TOTAL DE LA ENGORDA X ANIMAL	\$ 284.00	COSTO TOTAL DE LA ENGORDA X ANIMAL	\$ 244.00	COSTO TOTAL DE LA ENGORDA X ANIMAL	\$ 204.00
------------------------------------	-----------	------------------------------------	-----------	------------------------------------	-----------

Desarrollando que el ganado promedio llega a las instalaciones de engorda de un peso promedio de 350 kg y se buscó tener un incremento de 200 kg en los 120 días de engorda, el comportamiento del costo diario agua-carne nos que como sigue:

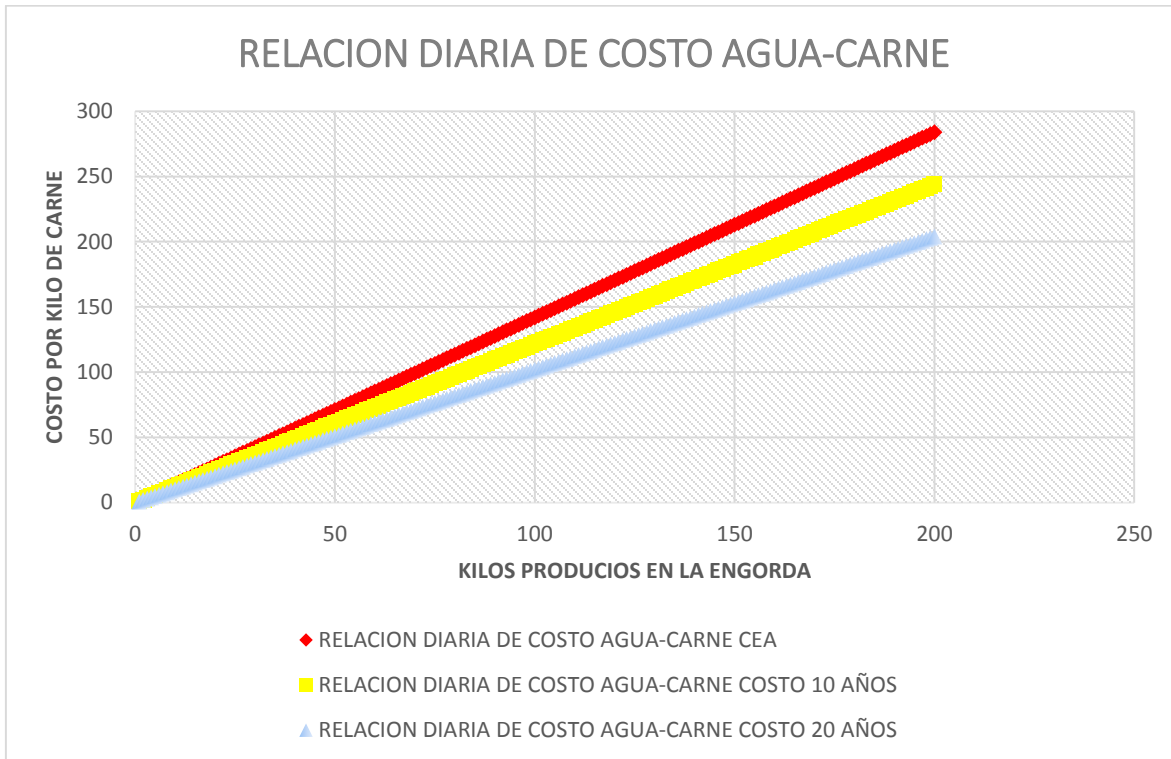
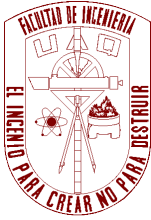
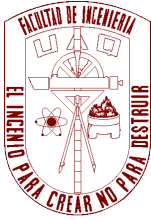


Figura 4.6 relación agua carne. (Propia)

Si bien es cierto la diferencia unitaria no representa un ahorro deslumbrante a los 3 meses podemos ver que el crecimiento del mismo se hace más significativo a medida que el engordador tiene más cabezas de ganado disponibles.

Son alrededor de 40 pesos por animal cada 3 meses lo cual nos manda una ganancia extra y por tal mayor rentabilidad del negocio sin contar los beneficios al ganado, como lo son un clima templado durante su engorda, una mejor desarrollo de crecimiento mayor aprovechamiento en sus alimentos entre otras.

Por esto y muchos otros factores debemos plantear maneras de optimizar el uso del agua, si aplicáramos lo anterior expuesto los resultados darían un cambio radical puesto que:



inversión	\$ 54,500.00
cantidad de animales en corral	30
área m <sup>2</sup>	180
PMA (m)	0.55
duración (años)	10
agua requerida por animal (m <sup>3</sup> )	3
m <sup>3</sup> captados	89.1

costo x m <sup>3</sup>	61.17
------------------------	-------



Figura 4.7 evolución del costo del agua a 10 años. (elaboración Propia)



Nuestro costo se mantendría congelado y en él se va costeando la inversión inicial y por obviedad nuestro costo de mantención anual queda fijo:

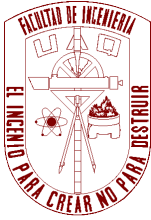


Figura 4.8 mantención del agua captada. (Propia)

Al parecer en estos primeros años no ahorramos mucho, 10 pesos por m<sup>3</sup>, pero al hacer la multiplicación el ahorro incrementa de manera radical.

Si bien no es deslumbrante, lo bueno de esto es que en los siguientes 10 años solo cambiaremos la cubierta y la estructura es servible para 4 o 5 periodos, por lo que en la siguiente corrida el costo por m<sup>3</sup> bajaría al 50%.

inversión	\$ 27,250.00
cantidad de animales en corral	30



área m2	180
PMA (m)	0.55
duración (años)	10
agua requerida por animal (m3)	3
m3 captados	89.1

costo x m3	30.58
------------	-------



Figura 4.9 evolución del costo del agua a 20 años. (Propia)





Figura 4.10 mantención de agua captada. (Propia)

#### 4.10 GUÍA RÁPIDA DE MANTENIMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS

- 1) Mantener lo más limpio posible la superficie de captación y en general todo el sistema.
- 2) Usar el desviador al drenaje para dejar escapar los primeros 3 a 5 aguaceros de la temporada de lluvia.
- 3) Mantener limpio el filtro de sólidos grandes.
- 4) Drenar el separador de primera lluvia por cada evento de lluvia y mantenerlo limpio. El agua del separador puede ocuparse en otros usos como riego, limpieza, etc.
- 5) Usar algún método de desinfección y conservación, como cloración,  $\text{CuSO}_4$  o iones de plata en el depósito de almacenamiento.
- 6) Los filtros tienen un tiempo de vida, se deben limpiar y reemplazar según el fabricante. Muchos modelos de filtros comerciales se pueden retro lavar para alargar el tiempo de vida.
- 7) Es importante que el rebosadero del tanque de almacenamiento siempre esté protegido contra la contaminación que puede entrar del drenaje. Revisar el funcionamiento de las válvulas *check* y/o trampas para evitar problemas de contaminación.



8) Lavar al menos cada año el tinaco y la cisterna, de preferencia antes de la temporada de lluvia.

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 POSIBLES ESCENARIOS

Como analogía final podremos destacar 3 casos probables durante la engorda, año húmedo, año con la lluvia media en los últimos 10 años o bien año seco.

Caso 1.

A partir de un año húmedo y tomando una precipitación anual de 768mm pertenecientes al año 2003;

	\$
inversión	54,500.00
cantidad de animales en corral	30
área m <sup>2</sup>	180
PMA (m)	0.768
duración (años)	10
agua requerida por animal (m <sup>3</sup> )	3
m <sup>3</sup> captados	124.416

costo x m <sup>3</sup>	43.80
------------------------	-------

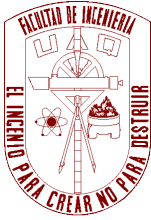


Figura 5.1 evolución del costo del agua a 10 años. (Propia)

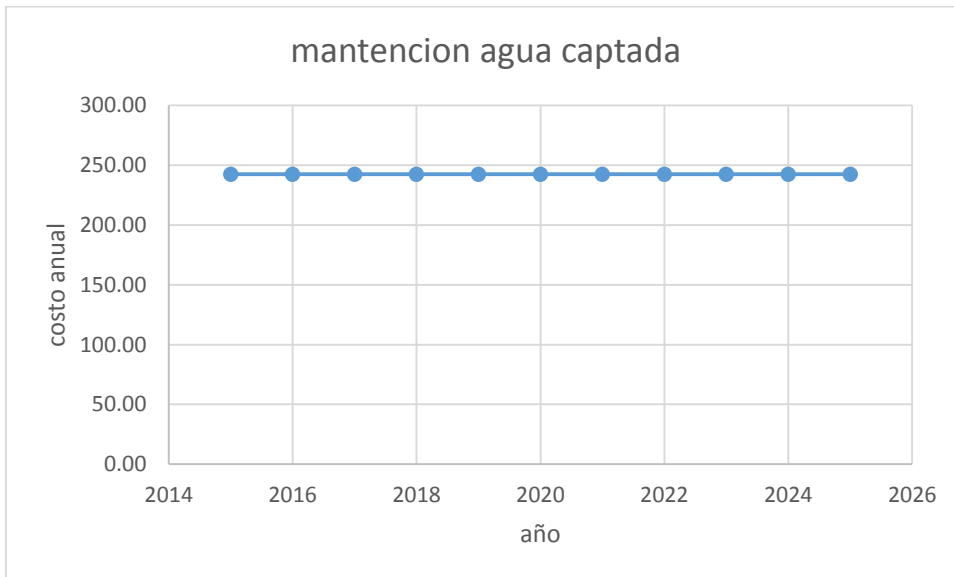


Figura 5.2 mantención del agua a 10 años. (Propia)





La cantidad de agua al ser mayor genera un ahorro mayor y abarata el costo del metro cubico de agua captado. Y del mismo modo poder alimentar 10 animales más que en un año con lluvia media. Acortando también el plazo de recuperación de la inversión, como se puede leer en la siguiente tabla:

### **CALCULO DE AGUA QUE CONSUME UN ANIMAL ANUALMENTE EN PROMEDIO**

<b>DIAS</b>	120	
<b>LITROS</b>	25	
<b>TOTAL</b>	<b>3000</b>	<b>LTS X engorda</b>

### **AREA REQUERIDA PARA CAPTAR EL AGUA NECESARIA PARA MANTENER UN ANIMAL**

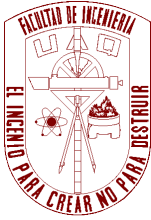
<b>PRECIPITACION MEDIA ANUAL</b>	0.768	m
<b>METROS CUBICOS REQUERIDOS</b>	3	m <sup>3</sup>
<b>área requerida</b>	<b>3.9</b>	<b>m<sup>2</sup></b>

### **DIMENSIONES DE CORRALETA PARA 35 BECERROS**

ancho	15	m
largo	12	m

### **AGUA CAPTADA POR LA CORRALETA**

volumen de agua captada	138.24	m <sup>3</sup>
<b>considerando que el 5% de lo captado sea desechado por el desarenador, el agua usada eficazmente es:</b>	131.33	m <sup>3</sup>
<b>becerros mantenidos</b>	<b>43.776</b>	



<b>COSTO DE m<sup>3</sup> EN LA CEA</b>	\$ 71.00
<b>m<sup>3</sup> REQUERIDOS X ANIMAL</b>	3
<b>\$ REQUERIDO x engorda</b>	\$ 213.00

---

**COSTO DEL INVERNADERO PARA UNA CORRALETA**

---

<b>área m<sup>2</sup></b>	<b>180</b>
<b>costo x m<sup>2</sup></b>	<b>280</b>
<b>total</b>	<b>\$ 50,400</b>

---

**ESTIMACION DEL PAGO DE LA INVERSION**

---

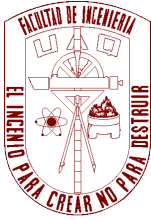
<b>inversión</b>	<b>\$ 50,400</b>
<b>ahorro x animal</b>	<b>\$ 213.00</b>
<b>animales mantenidos</b>	<b>44</b>
<b>ahorro total</b>	<b>\$ 9,324</b>

<b>engordas necesarias para costear la inversión</b>	<b>5.41</b>
--	-------------

**CASO 2.**

A partir de un año medio y tomando una precipitación anual de 550mm;

<b>inversión</b>	<b>\$ 54,500.00</b>
------------------	---------------------



cantidad de animales en corral	30
área m <sup>2</sup>	180
PMA (m)	0.55
duración (años)	10
agua requerida por animal (m <sup>3</sup> )	3
m <sup>3</sup> captados	89.1

costo x m <sup>3</sup>	61.17
------------------------	-------

La cantidad de agua a obtenerse es la que se ha desarrollado en los cálculos del proyecto y los resultados los podemos reafirmar en la siguiente tabla:

#### CALCULO DE AGUA QUE CONSUME UN ANIMAL ANUALMENTE EN PROMEDIO

<b>DIAS</b>	120	
<b>LITROS</b>	25	
<b>TOTAL</b>	<b>3000</b>	<b>LTS X engorda</b>

#### AREA REQUERIDA PARA CAPTAR EL AGUA NECESARIA PARA MANTENER UN ANIMAL

<b>PRECIPITACION MEDIA ANUAL</b>	0.55	m
<b>METROS CUBICOS REQUERIDOS</b>	3	m <sup>3</sup>



área requerida	5.5	m <sup>2</sup>
----------------	-----	----------------

### DIMENSIONES DE CORRALETA PARA 35 BECERROS

ancho	15	m
largo	12	m

### AGUA CAPTADA POR LA CORRALETA

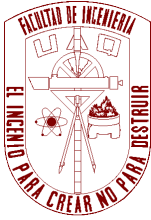
volumen de agua captada	99	m <sup>3</sup>
considerando que el 5% de lo captado sea desechado por el desarenador, el agua usada eficazmente es:	94.05	m <sup>3</sup>
becerros mantenidos	31.35	

COSTO DE M <sup>3</sup> EN LA CEA	\$	71.00
m <sup>3</sup> REQUERIDOS X ANIMAL		3
\$ REQUERIDO x engorda	\$	213.00

### COSTO DEL INVERNADERO PARA UNA CORRALETA

área m <sup>2</sup>	180
costo x m <sup>2</sup>	280
total	\$ 50,400

### ESTIMACION DEL PAGO DE LA INVERSION



<b>inversión</b>	<b>\$ 50,400</b>
<b>ahorro x animal</b>	<b>\$ 213.00</b>
<b>animales mantenidos</b>	<b>31</b>
<b>ahorro total</b>	<b>\$ 6,678</b>

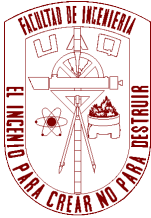
<b>engordas necesarias para costear la inversión</b>	<b>7.55</b>
--	-------------

### CASO 3.

A partir de un año húmedo y tomando una precipitación anual de 416mm pertenecientes al año 2011;

inversión	\$ 54,500.00
cantidad de animales en corral	30
área m2	180
PMA (m)	0.416
duración (años)	10
agua requerida por animal (m3)	3
m3 captados	67.392

costo x m3	80.87
------------	-------



La cantidad de agua al ser menor genera un gasto mayor y encarece el costo del metro cubico de agua captado. Y del mismo modo poder alimentar 8 animales menos que en un año con lluvia media. Alargando también el plazo de recuperación de la inversión, como se puede leer en la siguiente tabla:

### CALCULO DE AGUA QUE CONSUME UN ANIMAL ANUALMENTE EN PROMEDIO

<b>DIAS</b>	120	
<b>LITROS</b>	25	
<b>TOTAL</b>	<b>3000</b>	<b>LTS X engorda</b>

### AREA REQUERIDA PARA CAPTAR EL AGUA NECESARIA PARA MANTENER UN ANIMAL

<b>PRECIPITACION MEDIA ANUAL</b>	0.416	m
<b>METROS CUBICOS REQUERIDOS</b>	3	m <sup>3</sup>
<b>área requerida</b>	<b>7.2</b>	<b>m<sup>2</sup></b>

### DIMENSIONES DE CORRALETA PARA 35 BECERROS

ancho	15	m
largo	12	m

### AGUA CAPTADA POR LA CORRALETA

volumen de agua captada	74.88	m <sup>3</sup>
<b>considerando que el 5% de lo captado sea desechado por el desarenador, el agua usada eficazmente es:</b>	71.136	m <sup>3</sup>
<b>becerros mantenidos</b>	<b>23.712</b>	



<b>COSTO DE M<sup>3</sup> EN LA CEA</b>	\$ 71.00
<b>m<sup>3</sup> REQUERIDOS X ANIMAL</b>	3
<b>\$ REQUERIDO x engorda</b>	\$ 213.00

---

**COSTO DEL INVERNADERO PARA UNA CORRALETA**

---

<b>área m<sup>2</sup></b>	<b>180</b>
<b>costo x m<sup>2</sup></b>	<b>280</b>
<b>total</b>	<b>\$ 50,400</b>

---

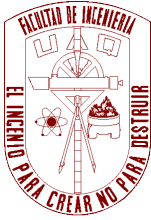
**ESTIMACION DEL PAGO DE LA INVERSION**

---

<b>inversión</b>	<b>\$ 50,400</b>
<b>ahorro x animal</b>	<b>\$ 213.00</b>
<b>animales mantenidos</b>	<b>24</b>
<b>ahorro total</b>	<b>\$ 5,051</b>

<b>engordas necesarias para costear la inversión</b>	<b>9.98</b>
--	-------------

De otros proyectos ligados al presentado podemos hacer las siguientes recomendaciones y conclusiones.



Por otro lado el estudio considero un precio fijo al día de hoy sobre el metro cubico de agua de la CEA, y un análisis siguiendo el comportamiento del sobreprecio y con una ecuación de segundo orden.

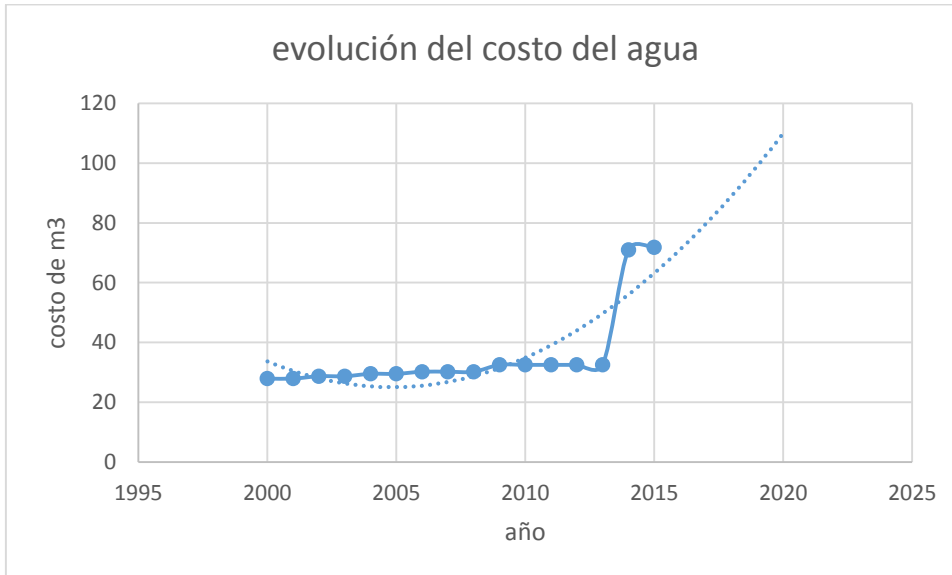


Figura 5.3 evolución del costo del agua comprada a CEA. (Propia)

Con este incremento en el precio también se incrementa la manutención animal como se puede ver en la tabla:





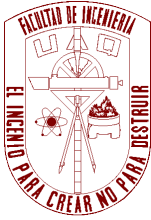
Figura 5.4 mantención animal según el agua comprada a CEA. (Propia)

Después de este análisis podemos decir que la viabilidad de nuestro proyecto aumenta en demasía pues nos brinda mejor calidad de vida para el animal, mayor aprovechamiento de los alimentos y una utilidad mayor en el negocio.

## 6. RECOMENDACIONES

Ventajas:

- El agua captada en la mayoría de los casos tiene alta calidad.
- Puede ser implementado en comunidades dispersas y alejadas.
- Es de fácil construcción.
- Es un sistema autónomo.
- Requiere de poco mantenimiento y su costo es relativamente bajo.
- Ahorro en tiempos de recolección del líquido.
- Disponibilidad del agua almacenada para su consumo

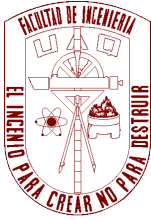


### Desventajas:

- Los costos de algunos materiales pueden dificultar su implementación para usuarios de bajos recursos.
- Totalmente dependiente de las lluvias y del área disponible para captación.
- Los sistemas de captación de lluvia, aunque no son un tema nuevo, requieren de más investigación y creatividad para que dejen de ser temas y casos aislados, y puedan detonar una mejora significativa en la manera de abastecimiento de agua humana en beneficio del ambiente y la sociedad.

## 7. CONCLUSIONES

- La investigación y los casos anteriores nos arrojan que el llevar a cabo este tipo de proyectos el medio ambiente se ve beneficiado pues no se contamina, no se sobreexplota el agua del subsuelo.
- Como se da en una zona poblada, con calles pavimentadas y crecimiento habitacional, impide el desgaste de los mantos pues la recarga se vuelve nula, y la intercepción hace que se aproveche al 100% y no se contamine con agua residual que sería su destino al caer al suelo.
- El costo beneficio se hace solo en base a los gastos de agua para así evitar la ganancia tradicional que se tenía en la engorda, la vida útil de 10 años del plástico sombra, es el gasto más constante de hacer en las instalaciones pues las demás con su mantenimiento son de 50 años.
- El periodo de retorno aproximado es de 7.5 engordas lo cual hace que este proyecto no se vean las ganancias reflejadas al instante si no a mediano plazo.
- El sistema de aprovechamiento de agua de lluvia evaluado es sencillo, de manera intencional para que pueda instalarse con conocimientos técnicos básicos. Además es modular para que pueda implementarse sólo el nivel de



tratamiento necesario. También es un sistema escalable para que, una vez iniciado, pueda seguirse ampliando con el tiempo y crecimiento según las necesidades de cada usuario. Todo lo anterior lo hace replicable en beneficio de los interesados.

## 8. REFERENCIAS

- <http://www.cuidatumundo.com/Pluvial.htm>
- Conafor Comisión Nacional Forestal
- ALLEN, Richard G.; PEREIRA, Luis. S.; RAES, Dirk; SMITH, Martin. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje, 56. FAO, Roma, 2006.
- Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. Manejo integrado de la subcuenca alta del río grande en la sierra norte, Oaxaca.
- Isla Urbana, 2010. Proyecto del IRRI (Instituto Internacional de Recursos Renovables).

México. <http://www.islaurbana.org/>

- ITC (Injection Technical Control Inc.). “Cloración de agua potable”.

[http://www.itc.es/pdf/Technical\\_documents/Agua-marca-Esp.pdf](http://www.itc.es/pdf/Technical_documents/Agua-marca-Esp.pdf)



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO FACULTAD DE INGENIERIA



- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), 2008. Estadísticas del agua en México.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). México.
- Anaya M., 1998. Sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en América

Latina y el Caribe, Manual técnico. IICA Biblioteca. Venezuela.

<http://books.google.com.mx/books?id=894qAAAAYAAJ&printsec=frontcover>