

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



Recubrimiento de Bordos de Captación de Agua con Geomembrana Para  
Minimizar las Pérdidas por Infiltración e Incrementar la Eficiencia de  
Almacenamiento.

Por:

OSNI MERARI ESCOBAR MORALES

**T E S I S**

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

**INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACION**

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2015

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Recubrimiento de Bordos de Captación de Agua con Geomembrana Para Minimizar las Pérdidas por Infiltración e Incrementar la Eficiencia de Almacenamiento.

PRESENTADO POR:

**OSNI MERARI ESCOBAR MORALES**

**TESIS**

Presentado como Requisito para Obtener el Título de

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**



M.C. Luis Edmundo Ramirez Ramos

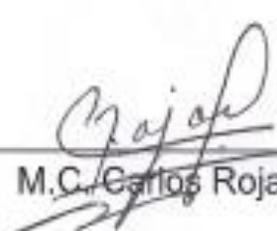
Presidente de Jurado



---

Dr. Juan P. Munguía López

Asesor Exterior



---

M.C. Carlos Rojas Peña

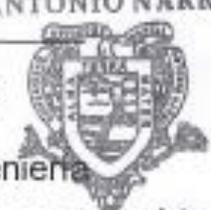
Asesor  
Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



---

Dr. Luis Samaniego Moreno

Coordinador de la división de ingeniería



Coordinación de  
Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México. Noviembre 2015

## AGRADECIMIENTOS

A dios por darme la vida, salud y fe para poder lograr esta meta en mi vida, te agradezco de todo corazón señor.

A mi familia que a pesar de todos los obstáculos en la vida han sabido permanecer y seguir de adelante, brindándome su apoyo incondicional, a mis hermanas y hermano y a más aun a mis padres gracias por todo.

A la **UAAAN** mi “Alma Terra Mater” por darme la oportunidad de formar en ella un hogar, donde aprendí de maestros, compañeros y amigos, gracias Narro por haberme formado como profesional y del orgullo de ser un buitre de corazón.

Al **Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA)** especialmente al área de de Agroplásticos y el personal que en el labora.

Al **Dr. Juan P. Munguía López** por la confianza brindada y permitir formar parte del grupo de investigación, gracias por sus consejos, asesoría, apoyo y paciencia durante la realización del presente trabajo.

Al M.C. **Luis Edmundo Ramírez Ramos** por permitir formar parte de su proyecto y por el apoyo brindado durante la realización de este trabajo.

Al M.C. **Carlos Rojas Peña** por aceptar ser parte de la presente investigación brindando su tiempo y asesorías.

Al **Arq. Jesús Huerta** e **Ing. Obet Velasco** por la confianza y apoyo que me brindaron y darme la oportunidad de formar parte del equipo **SERCOM**, gracias especialmente por la amistad que tengo con ustedes.

A mis compañeros y amigos, porque compartí con ellos momentos de alegrías y sufrimiento durante mi estancia en esta universidad que de alguna u otra manera influyeron en mi formación profesional.

Al proyecto: recubrimiento de bordo con geomembranas para minimizar las pérdidas por infiltración e incrementar eficiencia de almacenamiento apoyado por el **CONACYT** agradeciendo por las facilidades y apoyo económico asignado para la realización del presente trabajo de investigación.

Y a todas aquellas personas que de alguna manera colaboraron en la realización de dicho trabajo.

## DEDICATORIAS

A Dios primero agradecerle por guiar mi camino y darme la salud para seguir adelante, por cuidar siempre a mi familia y amigos.

### **A mis padres:**

#### **Sr. Julio Berni Escobar Maya:**

Gracias por todo su apoyo brindado durante mi formación como profesional, y darme su cariño, amor, confianza y consejos que fueron primordiales para la culminación de mi proyecto de vida. Gracias por darme las armas suficientes y estar preparado para la guerra de la vida y saber sobresalir y no decaer.

#### **Sra. Verónica Morales Marroquín:**

Gracias a ti madre por tu inmenso amor, cariño, confianza y consejos que me diste para poder llegar a culminar mi carrera como profesional, gracias por lo jalones de oreja que me diste para que en el camino no me desviara, a ti por ser mi inspiración en la vida por estar conmigo en los buenos y malos momentos de mi vida, quiero compartir contigo este triunfo.

### **A mis hermanos:**

**RudiGuiovani Escobar Morales, Karen Belén Escobar Morales y Alexa Verónica Escobar Morales (la consentida)**, darle gracias por su cariño y amor que siempre me brindaron, por creer siempre en mi, por compartir los buenos y malos momentos, y hoy dedico este logro en mi vida ya que tengo los mejores hermanos que Dios me pudo regalar.

### **A mi abuela**

#### **Esperanza Maya Pérez**

Gracias por su amor, cariño y los consejos en la vida que no puedo olvidar, gracias por darme también una educación para bien y por estar en los buenos y malos momentos con mi familia. Agradezco a Dios que me dio una abuela como usted y que nunca me ha dejado caer y siempre estar ahí

### **A mis amigos:**

**Royli Ortiz, Ricardo Zunun, Mixer Mejía, Miguel Marroquín, Israel de Jorge, Fredy López, Jorge Santana, Gustavo Rodríguez, Johan Pérez, Jorge Kau, Alexis Hernández, Erick Silva, Roberto Ruiz.** Por estar conmigo en los buenos y malos momentos de durante la convivencia y siempre les guardare respeto admiración.

## INDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>ii</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>vi</b>
<b>INDICE DE CUADROS.....</b>	<b>viii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Información Geográfica Municipal.....</b>	<b>4</b>
2.1.1. Ubicación geográfica .....	4
2.1.2. Fisiografía .....	4
2.1.3.Clima .....	5
2.1.4. Geología.....	5
2.1.5.Edafología.....	5
2.1.6. Hidrología .....	5
2.1.7.Uso del suelo y vegetación .....	6
<b>2.2.Información Cartográfica Municipal .....</b>	<b>7</b>
2.2.1. Localidades e infraestructura para el transporte municipal .....	7
2.2.2. Relieve escala municipal.....	8
2.2.3.Geología (clase de roca) dominante escala municipal .....	9
2.2.4. Suelos dominantes a escala municipal.....	10
2.2.5.Uso del suelo y vegetación dominantes a escala municipal.....	11
<b>2.3. Descripción Del Lugar Específico de Investigación. ....</b>	<b>12</b>
2.3.1. Zona de Investigación de la problemática. ....	12
2.3.2. Fisiografía dentro del área de investigación.....	13
2.3.4. Clima dentro del área de investigación.....	14
2.3.5. Uso del suelo y su vegetación .....	15
<b>2.4. Comportamiento Naturales Para La Zona de Investigación.....</b>	<b>16</b>
2.4.1. Infiltración y almacenamiento .....	16
2.4.2. Escorrentía .....	16
2.4.3. El cambio climático.....	17
2.4.4. Precipitación en Coahuila .....	18

2.4.5. Disminuir pérdidas por evaporación .....	20
2.4.6. Pérdidas por infiltración .....	21
2.5. Geomembrana de Polietileno .....	22
2.5.1. Beneficios .....	22
2.5.2. Principales Aplicaciones .....	22
2.5.3. Manejo de desechos urbanos. ....	23
2.6. Industria Petrolera y Gasífera. ....	23
2.6.1. Operaciones mineras.....	23
2.6.7. Arquitectura paisajística y recreativa.....	23
2.7. Sectores Agricultura y Acuícola .....	24
2.7.1. Sector acuífero. ....	24
2.7.2 Construcción civil: canales y áreas sujetas a infiltración .....	25
2.8. Selección de Geomembrana .....	26
2.8.1. Lugar de instalación .....	26
2.8.2. Forma de colocar las geomembranas .....	26
2.8.3. Sellado en campo.....	27
2.8.4. Sellado por fusión .....	27
2.8.5. Sellado por extracción.....	28
III. MATERIALES Y METODOS.....	31
3.1. Características del Sitio Experimental .....	31
3.1.1. Localización geográfica.....	31
3.2. Material Utilizado.....	31
3.3. Metodología .....	32
3.3.1. Metodología para la aplicación de las geomembranas.....	32
3.3.3. Método para sellar la geomembrana .....	35
3.4. Volumen de Captación de Agua en el Bordo .....	35
3.4.1. Topografía.....	35
3.4.2. Medición del terreno .....	36
3.4.3 Levantamiento topográfico con nivel.....	37
3.4.4. Determinación de las curvas de nivel .....	38
3.4.5 Medición de área del bordo .....	39
IV. RESULTADOS .....	40
4.1. Presentación de Lecturas Tomadas.....	40

<b>4.2. Presentación de las Curvas de Nivel Obtenido .....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.1 Programa utilizado .....</b>	<b>41</b>
<b>4.3. Cálculo Para Las mediciones Del Área Del Bordo .....</b>	<b>43</b>
<b>4.3.1. Resultados de la medición de las áreas después de a ver pasado por el medidor de área foliar.....</b>	<b>45</b>
<b>4.3.2. Cálculos para determinar área de base menor y de base mayor del bordo .....</b>	<b>45</b>
<b>4.4. Cálculos Para Determinar Cantidad de Volumen de Captación de Agua para el Bordo.....</b>	<b>46</b>
<b>4.5. Cálculo para Determinar la Evaporación que se Presenta en Bordo de Captación de Agua.....</b>	<b>46</b>
<b>4.6. Cálculo para la Evaporación .....</b>	<b>47</b>
<b>4.6.1. Evaporación mínima .....</b>	<b>47</b>
<b>4.6.2. Cálculo para la evaporación promedio .....</b>	<b>47</b>
<b>4.6.4. Cálculo de consumo de agua por unidad animal y total de días que puede sustentar el bordo de captación de agua cuando esto se encuentre a su máximo volumen.....</b>	<b>48</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>VI. RESUMEN.....</b>	<b>53</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA .....</b>	<b>55</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1. Presentación de localidades y vías de comunicación a nivel municipal Ramos Arizpe.</b> .....	<b>7</b>
<b>Figura 2.2. Presentación de localidades y vías de comunicación a nivel municipal Ramos Arizpe.</b> .....	<b>8</b>
<b>Figura 2.3. Presentación de geología a nivel municipal Ramos Arizpe.</b> .....	<b>9</b>
<b>Figura 2.4. Presentación de los tipos de suelos dominantes que se presentan a nivel municipal Ramos Arizpe.</b> .....	<b>10</b>
<b>Figura 2.5. Presentación el uso de suelo y su vegetación que se presenta a nivel municipal Ramos Arizpe.</b> .....	<b>11</b>
<b>Figura 2.6. Ubicación del punto de investigación ubicada en campo experimental de CIQA, Ejido las Encinas, Ramos Arizpe, Coahuila.</b> .....	<b>12</b>
<b>Figura 2.7. Fisiografía que se presenta dentro del área de campo experimental de CIQA, Ejido las Encinas, Ramos Arizpe, Coahuila.</b> .....	<b>13</b>
<b>Figura 2.8. Es clima dentro del área de campo experimental de CIQA, Ejido las Encinas, Ramos Arizpe, Coahuila.</b> .....	<b>14</b>
<b>Figura 2.9. El uso del suelo y su vegetación del punto de investigación dentro del área de campo experimental de CIQA, Ejido las Encinas, Ramos Arizpe, Coahuila.</b> .....	<b>15</b>
<b>Figura 2.10. El uso de maquinaria es necesario para es necesario para la colocacion de correcta de la geomembrana</b> .....	<b>23</b>
<b>Figura 2.11. En esta imagen se presenta los otros usos pecuarios en las que se puede ocupar las geomembranas.</b> .....	<b>25</b>
<b>Figura 2.12. colocacion correcta de la geomembrana con la disposición de la mano de obra</b> ..	<b>26</b>
<b>Figura 2.13. En esta imagen se presenta la forma correcta para la colocación de la geomembrana</b> .....	<b>27</b>
<b>Figura 2.14. En esta imagen se presenta la unión de dos geomembranas por el método de sellado por fusión.</b> .....	<b>28</b>
<b>Figura 2.15. En esta imagen se presenta la forma de sellado por método de extracción para unión de geomembranas</b> .....	<b>28</b>
<b>Imagen 2.16. En esta imagen se presenta la manera en la que quedaría un bordo cubierto de geomembrana por el método cualquier pero de manera correcta.</b> .....	<b>29</b>
<b>Figura 3.1. Presentación la manera en la que se divide el bordo por el método de la cuadrícula ubicada dentro del área de investigación e instalaciones de CIQA, Ejido las Encinas, Ramos Arizpe, Coahuila.</b> .....	<b>36</b>

- Figura 3.3. Mediciones de curvas de nivel dentro del bordo investigación que se localiza dentro del área de campo experimental de CIQA, Ejido las Encinas, Ramos Arizpe, Coahuila.....38**
- Figura 4.1. Curvas de nivel obtenidas con el programa de Surfer 10 donde presenta la entrada del agua y el vertedor demasías ubicada dentro del área de campo experimental de CIQA, Ejido las Encinas, Ramos Arizpe, Coahuila. ....41**
- Figura 4.2. Imagen donde se representa con mallas el bordo de captación de agua en 3D ubicada dentro del área de campo experimental de CIQA, Ejido las Encinas, Ramos Arizpe, Coahuila. ....42**
- Figura 4.3. Esta Imagen donde se representa la superficie del bordo en 3D ubicada dentro del área de campo experimental de CIQA, Ejido las Encinas, Ramos Arizpe, Coahuila.....42**
- Figura 4.4. Cortes de papel realizado para poder hacer las lecturas correspondientes por el aparato de medición de área foliar.....43**
- Figura 4.5 .Realización de la lectura correspondientes de los cortes realizados en el medidor de área foliar un LI-COR inc. Lincoln. Nebraska USA LI-3100 AREA METER. Este procedimiento fue realizado en las instalaciones de CIQA departamento de Agroplásticos.....44**

**INDICE DE CUADROS**

<b>Cuadro 4.1. Resultado de las lecturas tomadas tomando como referencia las coordenadas x, y con valores de 5 metros de separación. ....</b>	<b>40</b>
<b>Cuadro 4.2. En el cuadro siguiente se presenta las medidas correspondiente después de a ver sido pasado por el medidor de área foliar.....</b>	<b>45</b>
<b>Cuadro 4.3. Requerimientos diarios de agua en litros para los diferentes tipos de animales en condiciones normales. ....</b>	<b>49</b>

## I. INTRODUCCIÓN

Desde esta óptica es posible fusionar en este proyecto actividades distintas a la investigación científica, como las recreativas o las de educación y capacitación pero eso sí, todas ellas vinculadas al centro de trabajo.

El estado de Coahuila se localiza en el noreste de México. Está situado, en su mayor parte, en el oriente de una gran área climática denominada como Desierto de Chihuahua, o Desierto del Norte de México. Se caracteriza por poseer climas continentales, secos y muy secos, que van desde los semiáridos, predominantes en los bolsones coahuilenses, hasta los templados de las partes más altas y las más septentrionales.

El estado tiene un bajo potencial hidrológico; ocupa el tercer lugar nacional con menor precipitación pluvial con una media anual de poco más de 327 mm. Cuenta con regiones donde la escasez de este líquido es evidente, lo cual genera una presión y sobreexplotación de los recursos hídricos.

La información adjunta se refiere al ejercicio de planeación agronómica para el desarrollo de un recubrimiento de bordo para captación de agua que son espacios destinados a la investigación relacionada con la producción agrícola.

La circunstancia de que las prácticas y obras de captación de agua de lluvia sean poco costosas, las hace accesibles a los productores rurales de bajos ingresos que predominan en la agricultura de secano de las zonas semiáridas de la Región. Por ese motivo el aumento de rendimientos que pueden generar estas prácticas, debe considerarse no sólo como un medio realista y práctico para obtener el aumento de producción, sino también para lograr el alivio de la pobreza de los productores rurales de esas zonas.

A pesar de estas ventajas, las técnicas de captación de lluvia están poco extendidas entre los productores, lo que fundamenta la importancia de estos manuales. La captación de agua de lluvia es considerada en esta publicación como la recolección o

cosecha de la escorrentía superficial para propósitos de producción agropecuaria y forestal. Las prácticas de captación de lluvia además disminuyen el riesgo de erosión al disminuir la escorrentía libre del agua sobre las tierras.

En los últimos años han aparecido varias publicaciones sobre el tema, según las cuales tanto los rendimientos como la rentabilidad de la producción pueden mejorarse significativamente con la captación de agua de lluvia. Por lo tanto, la captación de agua de lluvia podría ser una técnica importante para aumentar la producción en las zonas áridas y semiáridas. Sin embargo, muchas de estas publicaciones tratan los aspectos técnicos de la captación de agua sin tratar la importancia de la integración con otras prácticas conservacionistas dentro de los sistemas de producción.

Si bien esta concepción aplica para conjuntos existentes, en el caso de aquellos conjuntos por desarrollar, el recubrimiento de bordo para captación de agua amplía dicha concepción ya que además se constituye como principal herramienta de Planeación, y es que sus alcances además de identificar el contexto físico ambiental e integrar el proyecto al mismo, permite que el desarrollo tome congruencia en cada una de sus etapas de desarrollo porque genera una normatividad funcional, formal y técnica lo suficientemente flexible para que, aunque la edificación de cada elemento se realice en diferentes tiempos, siempre exista una premisa que regule el crecimiento de forma armónica.

Por otra parte, es importante señalar que se han integrado a este proyecto las necesidades de las diferentes áreas de investigación de campo y gabinete del Centro, dotándolas de los espacios para Agricultura Protegida y a Cielo Abierto, Investigación y Experimentación, así como los relativos a la Administración, Servicios, Capacitación y hasta Recreación.

A pesar de las condiciones de aridez que caracterizan a la entidad, numerosas corrientes cruzan el estado, alimentadas principalmente por aguas subterráneas, las que, por accidentes geológicos, afloran a la superficie.

Los habitantes de las zonas áridas y semiáridas, tiene como actividad el dedicarse a la agricultura de temporal y al pastoreo de ganado caprino, ovino y vacuno. Actualmente los productores de la llamada agricultura de temporal, tiene los rendimientos muy bajos

pues su agricultura es muy deficiente en lo que se refiere al aprovechamiento del escurrimiento superficial.

El presente estudio tiene como meta el desarrollo integral de las zonas áridas y semidesérticas por lo que poseen un gran potencial, en sus suelos y su gente de investigación para crear una sociedad más competente en la agricultura. En estas zonas áridas del país , desde el punto de vista agropecuario presentan una gran variedad de problemas, debido a las bajas y erráticas precipitaciones, la alta evaporación y sus temperaturas extremas, lo que obliga a la población rural a realizar enormes esfuerzos a cambio de mínimas remuneraciones con su limitada infraestructura y los usos de los recursos naturales.

### **1.1 Objetivo general**

- Aprovechar los escurrimientos superficiales y el bordo de captación de agua existente en la zona de investigación.
- Incrementar el tiempo de conservación del agua en el bordo de captación para uso pecuario, disminuyendo las pérdidas causadas por la velocidad de infiltración instantánea.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Información Geográfica Municipal

La descripción del medio físico ambiental se presenta en dos escalas, una municipal y otra regional, ambas son una herramienta fundamental para la localización de parcelas e invernaderos.

#### 2.1.1 Ubicación geográfica

Coordenadas	Entre los paralelos 25° 27' y 26° 24' de latitud norte; los meridianos 101° 54' y 100° 33' de longitud oeste; altitud entre 1196 msnm.
Colindancias	Colinda al norte con los municipios de Cuatro Ciénegas, Castaños y el estado de Nuevo León; al este con el estado de Nuevo León; al sur con los municipios de Arteaga, Saltillo y General Cepeda; al oeste con el municipio de Parras.
Otros datos	Ocupa el 4.4% de la superficie del estado Cuenta con 430 localidades y una población total de 56 708 habitantes <a href="http://mapserver.inegi.gob.mx/mgn2k/">http://mapserver.inegi.gob.mx/mgn2k/</a> ; 25 de febrero de 2009.

#### 2.1.2 Fisiografía

Provincia	Sierra Madre Oriental (99%) y Sierras y Llanuras del Norte (1%)
Sub-provincia	Sierra de Paila (48%), Pliegues Saltillo Parras (42%), Sierras y Llanuras
Sistema de topofomas	Coahuilenses (6%), Gran Sierra Plegada (3%) y Laguna de Mayrán (1%) Sierra de Pliegues Tendidos (20%), Sierra Plegada (18%). Bajada con Lomerío (14%), Llanura Desértica Salina (6%), Lomerío Típico (5.5%), Llanura Aluvial (5%), Llanura Baja de Piso Rocosó o Cementado con Lomerío (3.4%), Lomerío con Llanuras de Piso Rocosó o Cementado (3.3%), Sierra Plegada Flexionada (2.5%), Sierra Plegada con Lomerío (2.2%), Llanura Aluvial de Piso Rocosó o Cementado (1.5%), Llanura Desértica con Lomerío (0.8%), Llanura Desértica de Piso Rocosó o Cementado y Salino (0.7%), Llanura Desértica Inundable y Salina (0.7%), Meseta Típica (0.2%), Valle

	Intermontano (0.1%) y Llanura Aluvial con Lomerío (0.1%)
--	--

### 2.1.3. Clima

Rango de temperatura	12 - 22°C 100 - 600 mm
Rango de precipitación	Muy seco semicálido (50%), Seco semicálido (30.8%), Semiseco templado 13%),
Clima	Seco templado (6%) y Templado subhúmedo con lluvias escasas todo el año (0.2%)

### 2.1.4. Geología

Periodo	Cretácico (52%), Cuaternario (47.5%), Jurásico (0.4%) y Neógeno (0.1%)
Roca	<p>Igneaeextrusiva: Basalto (1.3%) y riolita (0.1%)</p> <p>Sedimentaria: Lutita-arenisca (27.8%), caliza (24%), conglomerado (10%), calizalutita (0.5%), lutita (0.1%), travertino (0.1%), yeso (0.1%) y arenisca (0.1%)</p> <p>Suelo: aluvial (36%)</p>

### 2.1.5. Edafología

Suelo dominante	Leptosol (34.6%), Calcisol (27.3%), Phaeozem (15.8%), Regosol (10.2%), Solonchak (4.4%), Luvisol (2.9%), Kastañozem (1.5%), Cambisol (0.8%), Chernozem (0.7%), Gypsisol (0.7%), Arenosol (0.5%), No aplicable (0.4%) y Fluvisol (0.2%)
-----------------	--

### 2.1.6. Hidrología

Región hidrológica	Bravo-Conchos (84%), Mapimí (12%) y Nazas-Aguanaval (4%)
Cuenca	R. Bravo-San Juan (83%), Valle Hundido (12%), L. de Mayrán y Viesca (4%) y P.

Subcuenca	Falcón-R. Salado (1%)
Corrientes de agua	R. San Miguel (74.4%), El Hundido (12%), R. Pesquería (6%), L. de Mayrán (4%), R. Salinas (1.5%), A. Huizache (1.3%) y R. Monterrey (0.8%)
Cuerpos de agua	Intermitentes: A. Grande, A. Loma Prieta, A. El Aparejo, A. El Caballo, A. El Carmen, A. El Diablo, A. El Mimbres, A. El Realito, A. El Saucillo, A. El Tenistete, A. El Valle, A. Flores, A. La Boca, A. La Carrera, A. La Encantada, A. La Florida, A. La Mula, A. La Noria, A. La Palma Ramuda, A. La Varita, A. La Víbora, A. La Virgen, A. Las Vegas, A. Los Camotes, R. Pesquería, A. Piedra Blanca, A. Piedritas, R. Salinas, A. San Antonio, A. Sotoaliento y A. Tata Hilario P. Los Pichones, P. Las Casas, P. Los Ángeles, P. Santo Domingo, P. Las Moras, P. El Tulillo, P. San Antonio, P. La Jarita, P. Santa María de las Hediondas, P. Bordo Cerro Bola, P. La Leona, P. El Barranco, P. Las Esperanzas, P. La Palma Ramuda, P. Pantalones, P. Nacapa y P. Alto de Norias

### 2.1.7. Uso del suelo y vegetación

Agrícola	Para la agricultura mecanizada continua (34%) Para la agricultura con tracción animal continua (0.4%) No apta para la agricultura (65.6%)
Pecuario	Para el aprovechamiento de la vegetación natural diferente del pastizal (19%) Para el aprovechamiento de la vegetación natural únicamente por el ganado caprino (44%) No aptas para uso pecuario (3%)

## 2.2. Información Cartográfica Municipal

### 2.2.1. Localidades e infraestructura para el transporte municipal

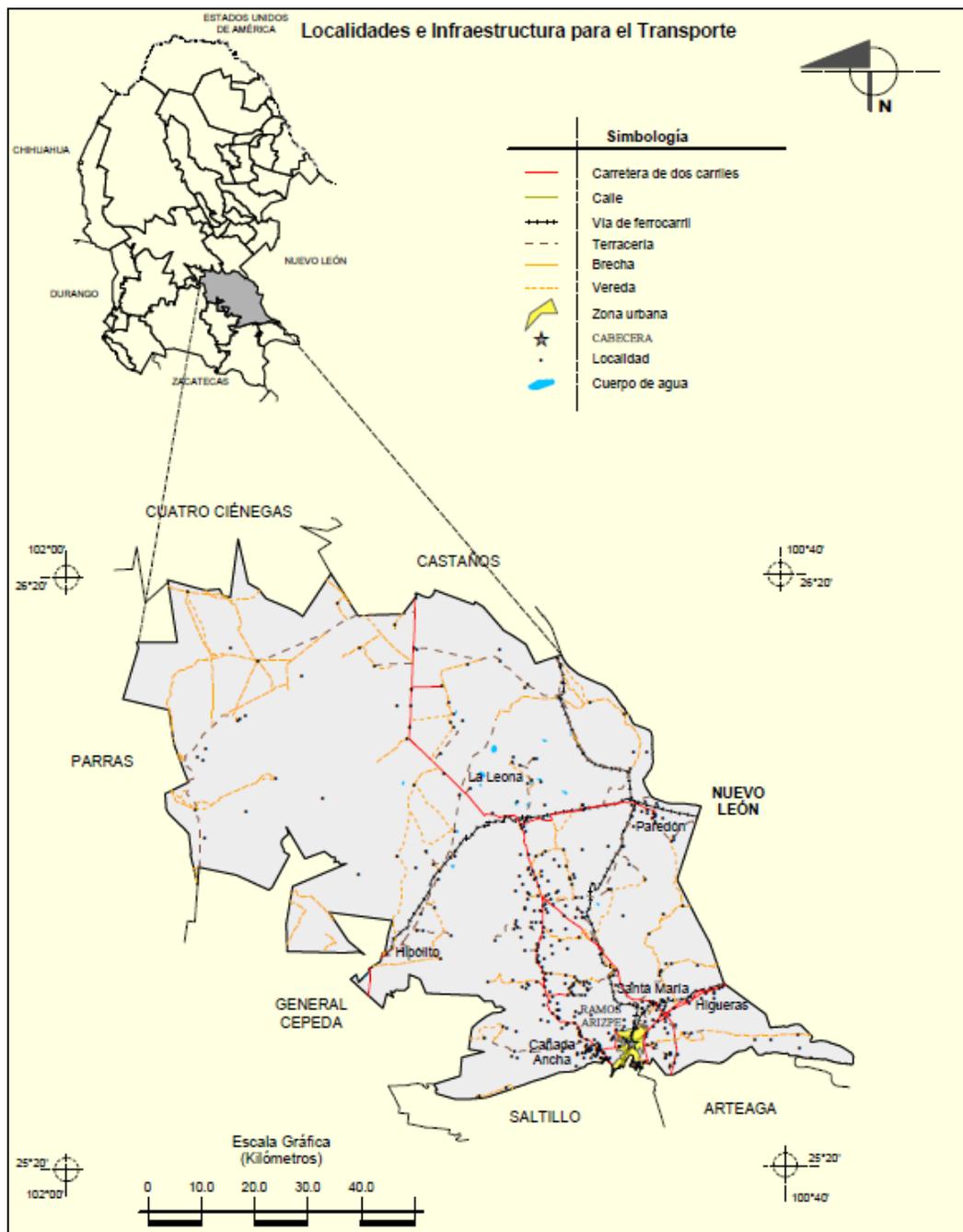


Figura 2.1. Presentación de localidades y vías de comunicación a nivel municipal Ramos Arizpe, Coahuila.

## 2.2.2 Relieve escala municipal

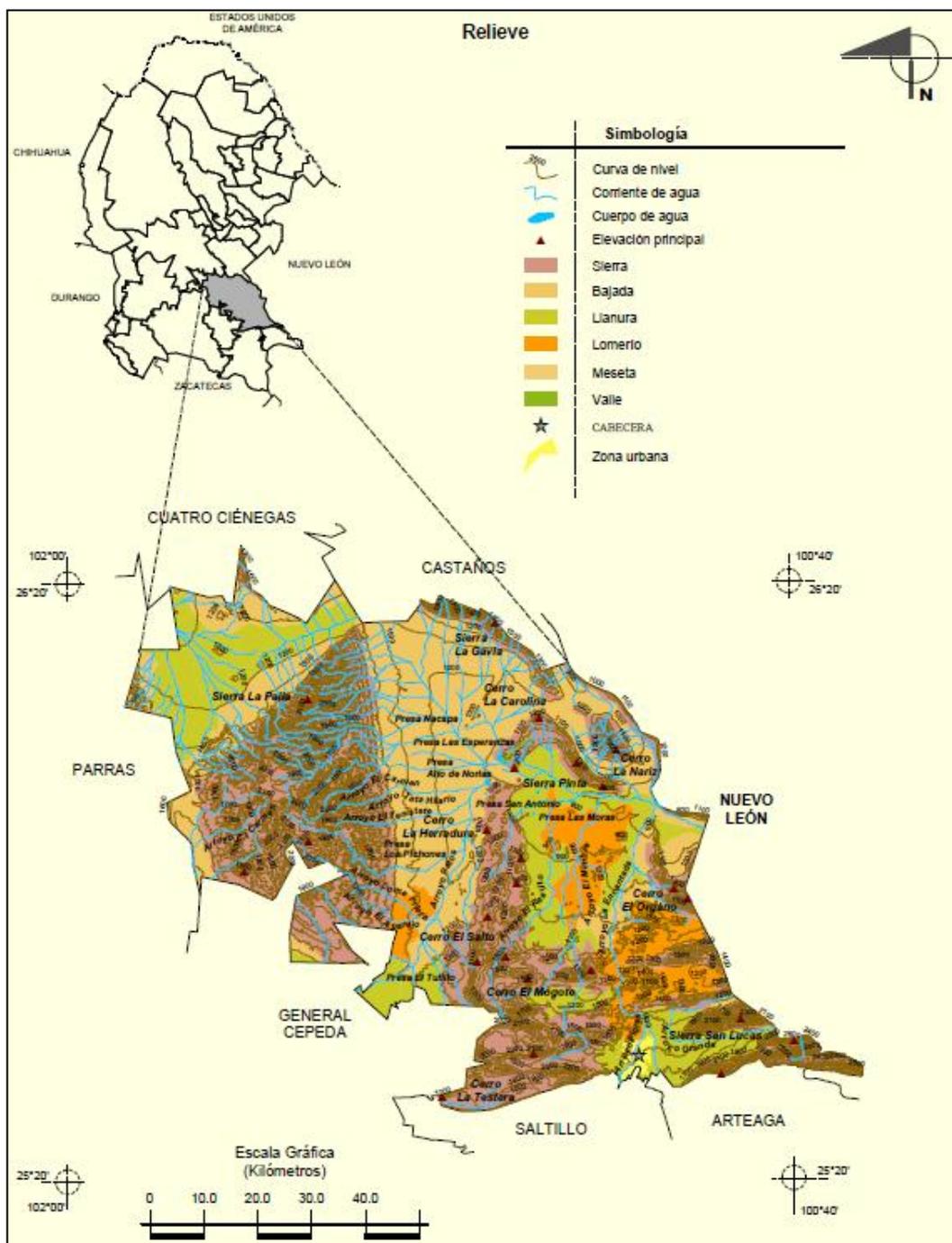


Figura 2.2 Presentación de localidades y vías de comunicación a nivel municipal Ramos Arizpe.

### 2.2.3 Geología (clase de roca) dominante escala municipal

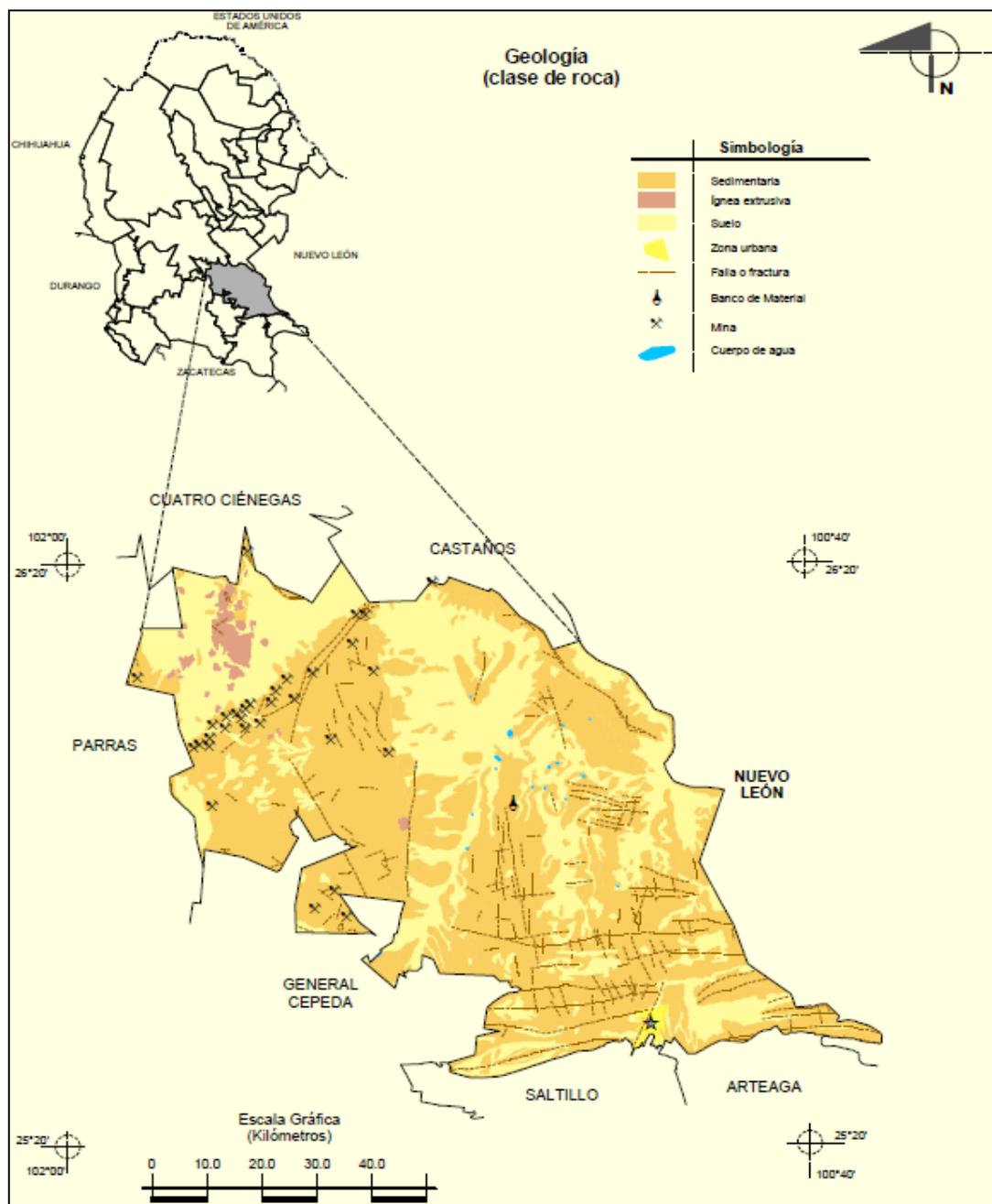


Figura 2.3 Presentación de geología (★) a nivel municipal Ramos Arizpe.

## 2.2.4 Suelos dominantes a escala municipal

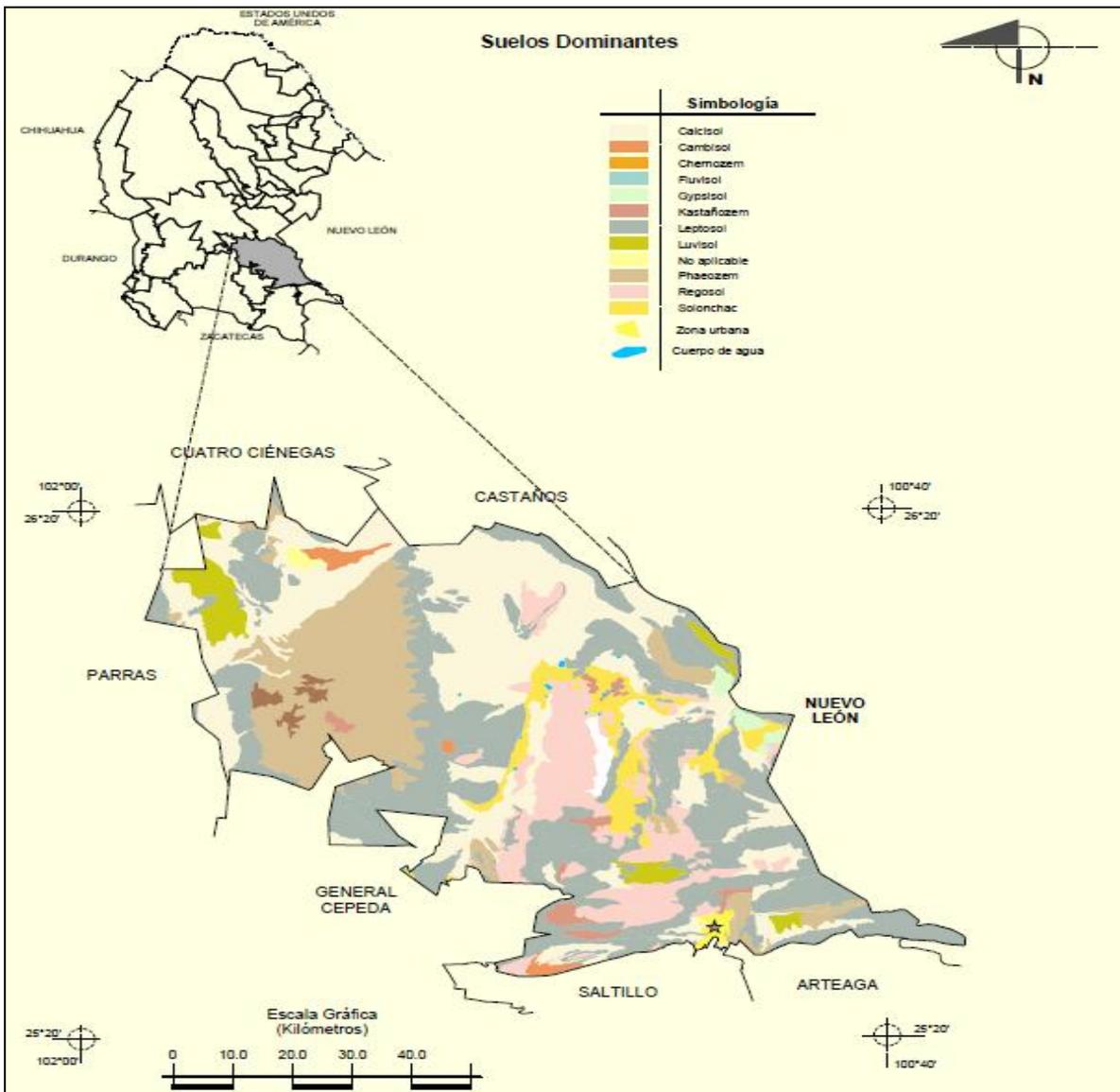


Figura 2.4 Presentación (★) de los tipos de suelos dominantes que se presentan a nivel municipal Ramos Arizpe.

## 2.2.5 Uso del suelo y vegetación dominantes a escala municipal

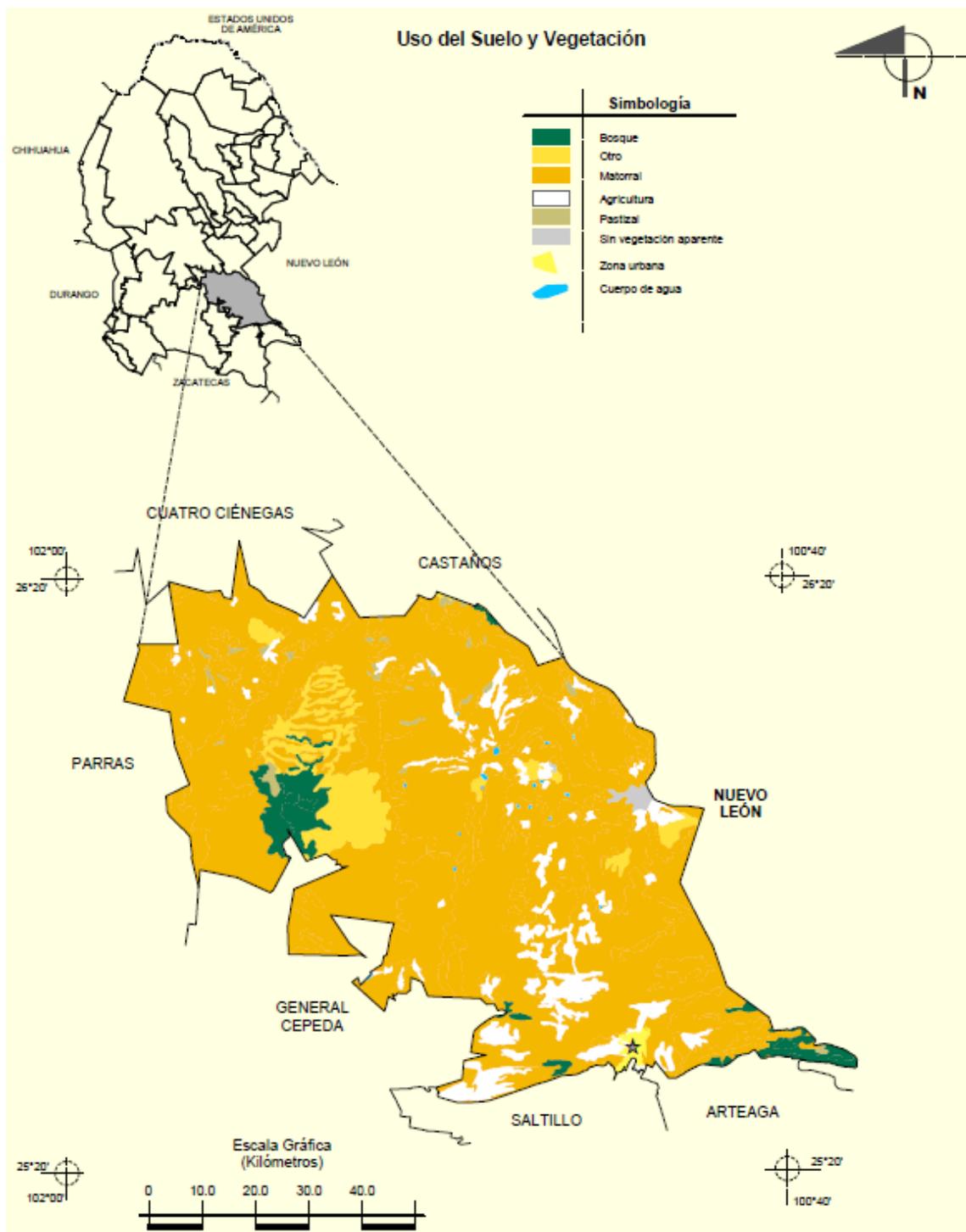


Figura 2.5 Presentación del uso de suelo y su vegetación (★) que se presenta a nivel municipal Ramos Arizpe.

### 2.3. Descripción Del Lugar Específico de Investigación.

#### 2.3.1. Zona de Investigación de la problemática.

La ubicación del punto de investigación, está situada en las coordenadas  $25^{\circ} 39' 7.70''$  E y  $101^{\circ} 06' 51.4''$  N con un altitud de 1196 msnm en el Ejido las Encinas Ramos Arizpe, Coahuila.



**Figura 2.6 Ubicación del punto de investigación en campo experimental CIQA, Ejido las Encinas, Ramos Arizpe, Coahuila.**

### 2.3.2. Fisiografía dentro del área de investigación

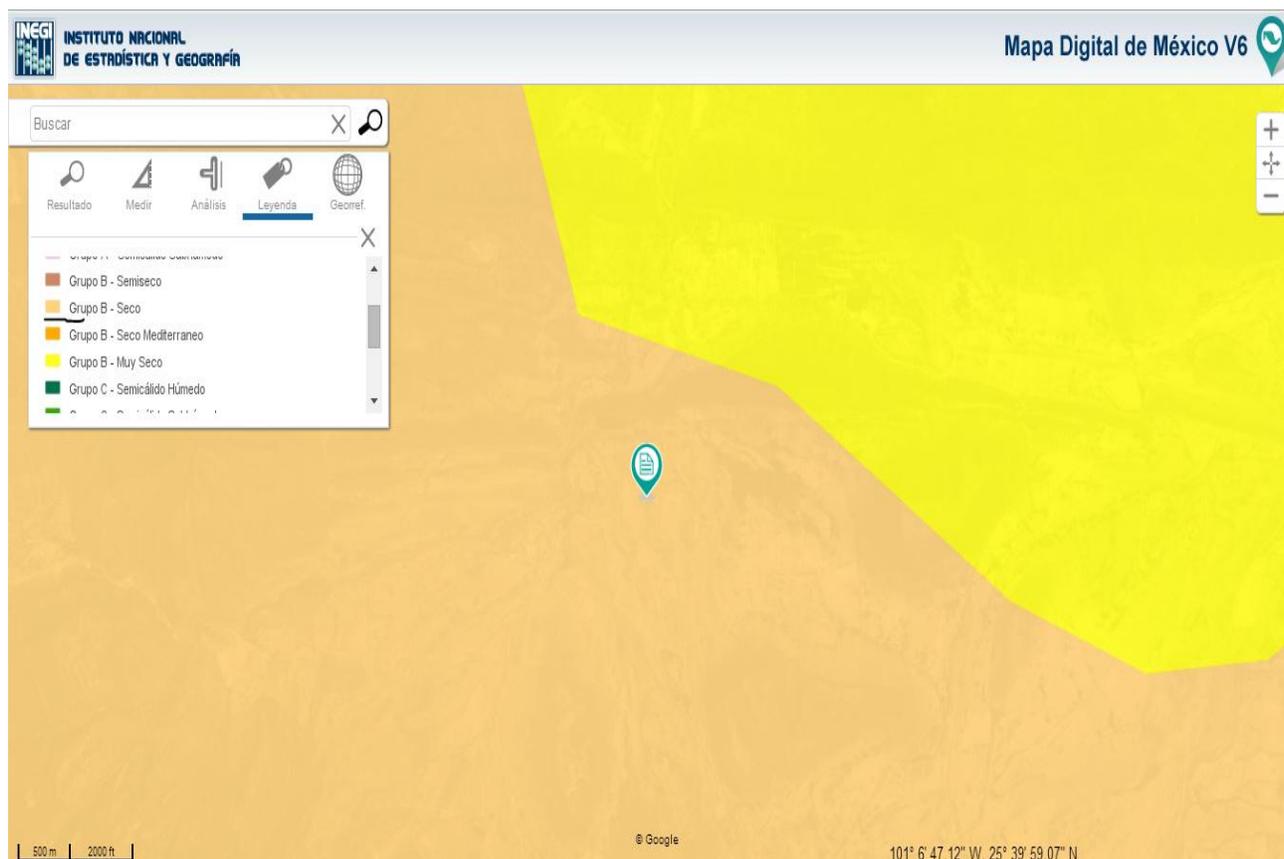
El tipo de suelo que se presenta dentro del área de investigación, es de tipo calcisol que son un tipo de suelos asociado con un clima árido o semiárido. La sequía, la pedregosidad de algunas zonas, y la presencia de horizontes petrocálcicos someros, son las principales limitaciones a su utilización agrícola.



Figura 2.7 Fisiografía que se presenta dentro del área de campo experimental de CIQA,  Ejido las Encinas, Ramos Arizpe, Coahuila.

### 2.3.4. Clima dentro del área de investigación

Se presenta un tipo de clima seco ya que se presenta una precipitación inferior a los 400 mm anuales.

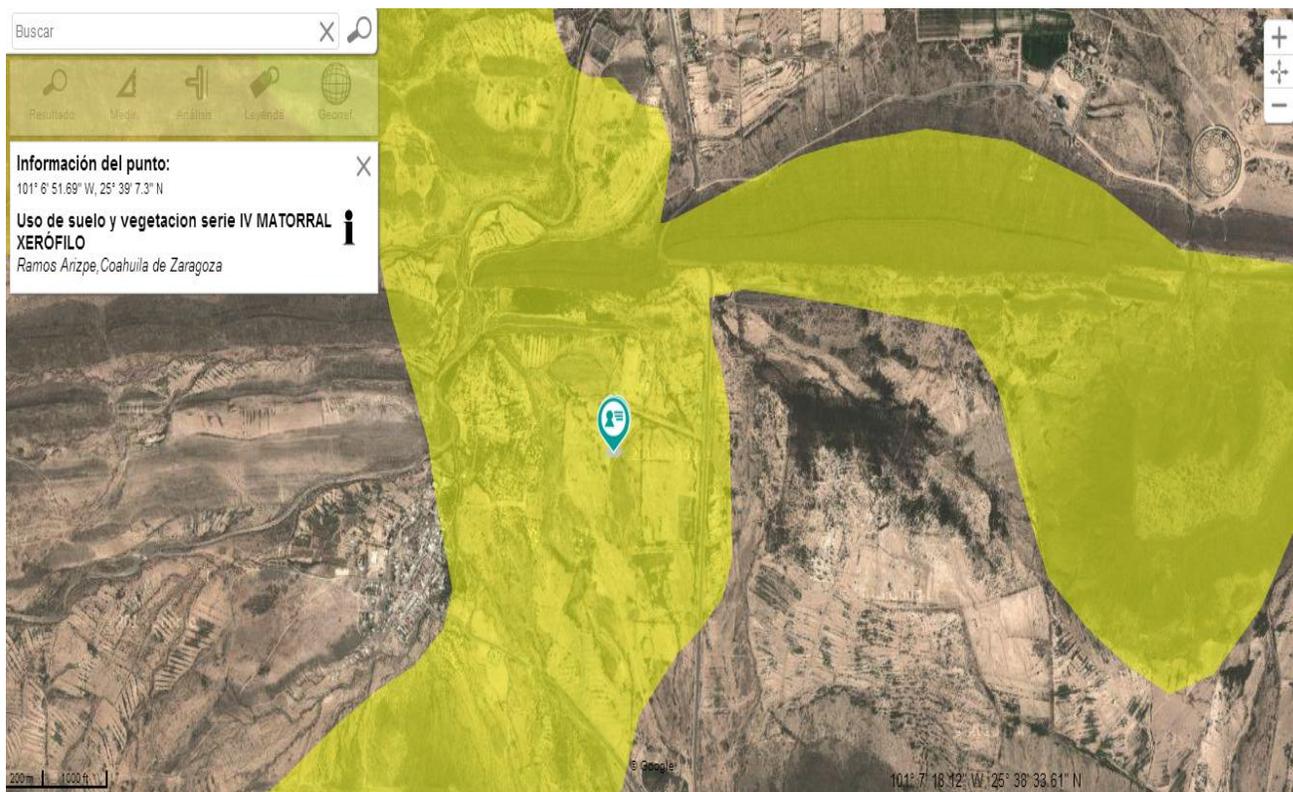


**Figura 2.8** Es de clima seco la que se presenta dentro del área de campo experimental de CIQA, (  ) Ejido las Encinas, Ramos Arizpe, Coahuila.

### 2.3.5. Uso del suelo y su vegetación

El tipo de suelo que se presenta dentro de la zona de investigación se establece que se encuentra un tipo de material IV Matorral Xerófilo, que son vegetales que específicamente adaptados a la vida en ambientes secos, donde las plantas sufren de escasez de agua.

Presentan caracterizan que se adaptan a sobrevivir en ausencia de un suministro abundante o suficientemente regular de agua. La escasez de agua se puede deber a precipitaciones escasas y/o una elevada evapotranspiración, ocasionada por el viento o una fuerte insolación; o bien a la estructura del suelo, que no retiene la humedad.



**Figura 2.9 El uso del suelo y su vegetación del punto de investigación dentro del campo experimental de CIQA, (  ) Ejido las Encinas, Ramos Arizpe, Coahuila.**

## **2.4. Comportamiento Naturales Para La Zona de Investigación**

### **2.4.1. Infiltración y almacenamiento**

Se entiende por infiltración el flujo de agua que penetra a través de la superficie del suelo y se redistribuye desde las zonas saturadas hacia las no saturadas del perfil. El índice de la infiltración del suelo es el flujo de agua que penetra por unidad de tiempo. Parte del volumen de agua que se infiltra fluye rápidamente a través de los microporos, en las cuales se presenta baja energía de retención, y sale de la zona radical para abastecer la napa freática. Es un volumen de agua no aprovechado inmediatamente por las plantas; sin embargo, abastecerá a la napa freática y, por consiguiente, los manantiales. Mendoza Silvia. *et al* (2007).

### **2.4.2. Escorrentía**

La escorrentía puede ser superficial o subsuperficial. Una parte importante de agua en un evento lluvioso. La escorrentía superficial es la parte de la precipitación que no llega a penetrar el perfil del suelo y, por consiguiente, circula sobre la superficie del terreno. Las lluvias muy intensas que superan la capacidad de infiltración de agua en el suelo o que caen sobre superficies poco permeables (suelos delgados, terrenos rocosos, caminos, patios, techos, etc.).

En cuencas hidrológicas donde la escorrentía no es controlada, la erosión hídrica destruye los suelos y los cauces presentan crecidas abruptas y peligrosas durante el periodo de lluvias. En cambio, en el periodo sin ellas los caudales se reducen a niveles críticos, los manantiales pequeños tienden a secarse y hay menos agua para el consumo de la gente. (Díaz C. *et al.*, 2005)

### 2.4.3. El cambio climático

El ciclo hidrológico local se encuentra determinado en gran medida por condiciones globales o de carácter regional: posición (latitud, altitud), insolación, vientos, orografía, geología, tipos de suelo y de terreno, cobertura vegetal, entre otros factores. Con la llegada del cambio climático, que se traduce en un aumento de las temperaturas medias terrestres, se agudizan los problemas de escasez de agua en muchas regiones del mundo (IPCC, 2007).

De acuerdo con algunos modelos de circulación global, México será uno de los países más afectados y en 50 años, tendrá una disminución de la precipitación del orden del 60 %. Algunas conclusiones de estos estudios hacen referencia al hecho de que tal situación no permitirá atender el reto del suministro de agua para todos, la escasez de agua crecerá para el año 2025 y más de la mitad de la población mundial estará en condiciones de severa escasez. (Conde et al. 2008).

Pese a que siete décimas partes de la superficie de nuestro planeta azul están cubiertas por agua, cada día que pasa disminuye dramáticamente la cantidad de agua potable disponible por habitante. Esta amenaza es consecuencia del mal manejo que la humanidad ha estado haciendo de los recursos naturales del mundo durante los últimos doscientos cincuenta años desde el inicio de la “revolución industrial”. La compleja problemática en torno al agua se está agravando aceleradamente por la confluencia de múltiples causas combinadas, que afectan tanto a su cantidad como a su calidad: la disponibilidad disminuye, los solicitantes aumentan, la contaminación se extiende y el agua pura escasea. A nivel atmosférico, el cambio climático causado por los gases resultantes del abuso en la quema de combustibles, provoca que las sequías sean más severas e impredecibles, mientras que en otras partes los desastres causados por lluvias torrenciales e inundaciones se presentan en lugares que anteriormente no se sentían amenazados por estos fenómenos hidrometeorológicos. (Hernández y Herrerías 2004).

Luego del huracán Alex y las heladas de hasta menos 16 grados centígrados que se presentaron en febrero actualmente se tuvo una sequía prolongada de 10 meses, amenazando al campo y al hato ganadero de Coahuila la situación fue difícil pues en la entidad En la entidad hay 490 mil cabezas de ganado bovino y 600 mil de caprino que estarían en riesgo de ser cambiadas de lugar rumbo a espacios donde haya agua. (SFA 2011)

#### **2.4.4. Precipitación en Coahuila**

La precipitación es uno de los factores que se debe analizar para definir si es, o no factible realizar obras de captación. Para un planificador en captación de agua de lluvia, la tarea más difícil es seleccionar el diseño apropiado de acuerdo a la lluvia. Los datos importantes se obtienen de las estaciones meteorológicas que cuenten con datos de precipitación mensual de por lo menos diez años (Anaya, 1994).

Las precipitaciones de las zonas áridas y semiáridas resultan en muchos de casos de procesos convectivos que producen aguaceros de corta duración, intensidad relativamente alta y en un área limitada. Este, sin embargo, no es el caso de las áreas costeras del Pacífico, en Chile, Perú, Ecuador y Baja California (México), donde las precipitaciones son de tipo frontal. Pero, generalmente las precipitaciones tienen dos características que afectan adversamente la producción agrícola; la baja cantidad y el bajo nivel de confianza (incertidumbre). Además 8 Revisión de Bases Técnicas estas características están vinculadas en las estadísticas, en el sentido que el bajo nivel de confianza aumenta cuando la cantidad de precipitación disminuye (Hudson, 1987).

La recolección de agua de lluvia para consumo humano y animal, representa uno de nuestros más serios retos en el desierto mexicano. Sin embargo cosechar agua de lluvia en áreas de escurrimiento y luego almacenadas en bordos de captación de agua los problemas principales, son evitar las pérdidas por infiltración y evaporación

estos dos problemas son los más importantes para la conservación del agua en los bordos de captación, las pérdidas por infiltración las podemos controlar con impermeabilización con geomembranas, pero la evaporación este fenómeno específicamente en la región sureste de Coahuila, tiene un potencial de hasta 2500 mm por año con lo cual puede decirse que la precipitación pluvial solo representa del 12 al 20 % de la evaporación del agua libre, ya que el promedio de lluvias para esta región oscila entre los 300 a 360 mm por año. (INIFAP, 2009)

La región sureste de Coahuila se caracteriza por climas secos, esto se refiere a lluvia escasa menos de 400 mm anuales, en consecuencia también a la escasez o inexistencia de acuíferos subterráneos y de corrientes pluviales superficiales que alimentan recipientes de almacenamiento como presas o algún reservorio. Para responder al reto que significa nuestra localización geográfica, se han realizado trabajos de construir grandes presas de las cuales se han creado distritos de riego. Sin embargo las micro cuencas, no han sido aprovechadas al máximo para favorecer una producción más eficiente, la infraestructura que cuenta la región sur este del estado de Coahuila son pequeñas presas o bordos hechos de tierra, cuentan con capacidades que van desde menos de 50 metros cuadrados hasta más de una hectárea, esto representa un gran recurso para la sociedad productora o de sobrevivencia dando esto una alternativa para desarrollar agricultura, ganadería, fruticultura, es decir , sembrando especies vegetales de mínimos requerimientos hídricos y adaptables a un semidesierto donde se conozca la magnitud e intensidad de las lluvias. La región cuenta con pendientes que hacen posibles que los escurrimientos se puedan manejar y se puedan obtener importantes logros de captación y almacenar el agua de lluvia, por lo que es necesario implementar tecnologías que impidan que esta se infiltre y se evapore para luego utilizarla en las épocas secas del año. (Améndola, *et al.*, 2005)

Uno de los fenómenos físicos más difíciles de controlar bajo condiciones de campo, es la evaporación de agua libre. Este fenómeno que continua siendo imperceptible hasta que alguien clava una regla verticalmente en el piso del estanque y observa como desciende el nivel del agua desde la última vez que observo la regla. En muchos núcleos de población ejidal donde el única fuente de agua segura para el ganado, es el bordo de captación cuya superficie de exposición promedio es de 10 000 m<sup>2</sup>, se pierden

por evaporación 70 000 litros de agua diarios tomando en cuenta una lineal de 7mm diarios. Velasco (1982).

El que se precipita en forma de lluvia puede tomar los siguientes caminos:

- Quedar depositada en la superficie vegetal. Esto ocurre en caso de las lluvias muy cortas y/o bajo volumen de precipitación y en situaciones en que la vegetación es muy densa. El agua se evapora desde la superficie vegetal y retorna a la atmósfera, sin haber llegado al suelo.
- Alcanzar la superficie del suelo e infiltrarse. El suelo es un medio poroso y, por lo tanto, permeable, que presenta diferentes velocidades de infiltración del agua en el perfil. Cuanto más agua se infiltra durante una lluvia, tanto mejor para su aprovechamiento, ya que los caminos que pueden seguir son útiles: producción vegetal y recarga de la napa freática.
- Alcanzar la superficie del suelo y escurrir. Cuando la intensidad de la precipitación supera la velocidad de infiltración del suelo la escorrentía puede causar erosión y es negativa porque, además de representar un volumen de agua no aprovechado, causa daños en el área y aguas abajo. Velasco (1982).

#### **2.4.5. Disminuir pérdidas por evaporación**

Para disminuir las pérdidas por evaporación en superficies de agua expuesta más eficiente son películas flotantes que retardan la evaporación sobre la superficie de agua libre. Las superficies de agua libre donde no exceden los 500 m<sup>2</sup> se han comprobado una aceptable comportamiento. Los distintos materiales de membranas disponibles para este propósito son pvc, películas de polietileno, la selección de membrana a utilizar para esto deben de tomarse en cuenta factores como la granulometría del suelo, donde se va aplicar la membrana y la susceptibilidad de este al daño durante y después de la instalación. (SFA, 2007)

Coahuila al igual que la mayor parte del territorio nacional tiene problema de escasez de agua, básicamente debido al déficit de precipitación en relación con la evaporación ya

que en promedio en el año llueven de 300 a 450mm y se evaporan en promedio de 1400 a 1700mm, esto aunado a la precipitación errática y a la alta intensidad con la que se presenta año con año y su distribución se da en los meses de Junio, Julio, Agosto, Septiembre. Debido a que Coahuila se encuentra en una zona desértica y esto aunado al cambio climático, se estima que en los próximos años la mayoría del estado, tendrá problemas graves para satisfacer la creciente demanda de recursos hidráulicos para consumo pecuario, dado que se presentaran periodos de sequía más prolongados en todo el estado y en particular en el sureste de Coahuila (SFA 2007).

#### **2.4.6. Pérdidas por infiltración**

El gran reto es poder minimizar los efectos de las pérdidas de agua, que se dan por efecto de la velocidad de infiltración instantánea al momento de la captación de agua, dado que el perfil del suelo se encuentra totalmente seco y el valor de la velocidad de infiltración instantánea (VI) para estas condiciones de humedad en el suelo, alcanza valores hasta de 20 veces el valor de velocidad de infiltración básica (Z) y esto puede representar hasta un 30% de pérdida del volumen captado en el bordo de contención.

Dado el patrón de distribución de la precipitación en la región sureste de Coahuila, el volumende agua almacenado en el bordo de captación de agua llega a terminarse y presentarse de nuevo condiciones totalmente secas, que al presentarse de nuevo la precipitación se pierde agua por efecto de velocidad de infiltración instantánea esta condición de alta velocidad de infiltración instantánea se repite cíclicamente durante el periodo de lluvias, lo que hace que nuestros bordos de captación tengan una baja eficiencia de almacenamiento. (Velasco, 1989)

Mientras la velocidad de aporte de agua a la superficie del suelo sea menor que la infiltrabilidad, el agua se Infiltra tan rápidamente como es aportada, esto nos dice que la velocidad de aporte determina la velocidad de infiltración (o sea, el proceso es controlado por el flujo). Sin embargo existe también la posibilidad que la velocidad de aporte exceda la infiltrabilidad del suelo y en ese mismo momento ésta última es la que

determina la velocidad real de infiltración; de ese modo el proceso es controlado por las características del perfil del suelo y el grado de compactación del bordo de captación (Gurovich, 1985).

## **2.5. Geomembrana de Polietileno**

Son fabricadas con resinas vírgenes de polietileno mediante el proceso de moldeado en cubierta plana (flat cast) o por el proceso de extrusión-soplado (blown film). Durante la producción de cada rollo, continuamente se toman lecturas del espesor, las cuales son utilizadas para establecer el máximo, mínimo y el espesor promedio de cada rollo. Las geomembranas de polietileno se unen únicamente mediante soldadura por termofusión o por extrusión y en casos especiales por ultrasonido. Su espesor va desde los 0.5mm hasta los 3mm de espesor. Para la contención de agua es común utilizar geomembranas de 1 y 1.5 mm de espesor (para alturas de agua de más de 4 m).

### **2.5.1. Beneficios**

El uso de geomembranas de polietileno presenta diversas ventajas, permite el recubrimiento de superficies en donde se puede almacenar agua, para impedir la filtración tiene la función como una eficiente retención de varios compuestos químicos y residuos peligrosos, evitando que el suelo o manto freático se contaminen además de presentar enorme resistencia a la luz ultravioleta, entre otras.

### **2.5.2. Principales Aplicaciones**

Las geomembranas de polietileno están específicamente diseñadas para condiciones expuestas. Tienen una aplicación generalizada en agricultura, construcción y minería como elemento de contención de líquidos, como revestimiento en pilas de lixiviación, en depósitos, en canales, en embalses, en reservorios y en estanques de almacenamiento, entre otras.

### **2.5.3. Manejo de desechos urbanos.**

El Polietileno de Alta Densidad (HDPE), por sus propiedades químicas, se puede calificar como el material más ápto cuando se trata de aplicaciones de recubrimiento, alcanzando mayor duración que otros polímeros cuando se encuentran expuestos a condiciones ambientales, rayos ultravioleta y ataque químico. Siendo las Geomembranas de HDPE las más utilizadas en el mundo para aplicación a la intemperie y en aplicaciones donde estén expuesta a ataques químicos como es el caso más extremo en un relleno sanitario.



**Figura 2.10. El uso de maquinaria es necesario para la colocación de la Geomembrana.**

## **2.6. Industria Petrolera y Gasífera.**

### **2.6.1. Operaciones mineras.**

### **2.6.7. Arquitectura paisajística y recreativa**

El sistema tradicional de construcción de piscinas por su naturaleza tiende a presentar filtraciones y pérdida de agua, hasta llegar a poner en riesgo la totalidad de la

construcción. En proyectos nuevos, permiten la construcción de estructuras más livianas, con una rápida instalación, logrando ahorros significativos en la inversión. Es por ello que se utilizan materiales como geomembranas.

Como la membrana acanalada es de policloruro de vinil plastificado (pvc-p). Está formada por dos capas de pvc, entre las que se introduce una trama de poliéster, y es adecuada para el revestimiento de todo tipo de piscinas, sean cuales sean su forma, dimensión y estructura. Es una membrana de 1,5 mm de espesor y dotada, gracias a la trama, de una solidez excepcional y una buena estabilidad dimensional.

## **2.7. Sectores Agricultura y Acuícola**

### **2.7.1. Sector acuífero.**

La situación problemática para los acuicultores aparte de buscar reducir sus costos hacer más eficiente su producción por unidad de superficie. Se inició en 1999 con el virus de la “Mancha Blanca” que contaminó y mató gran parte de los cultivos de langostinos.

Debido a esto, los acuicultores buscaron métodos para solucionar las futuras infecciones y así brindar una mejor calidad a los países que importan nuestros productos marítimos.

Al principio se utilizaba el cultivo tradicional o semi-intensivo, el cual no es lo suficientemente eficiente.

Por esta razón se busca un mecanismo de cultivo que incluya materiales especiales que proliferen dicha producción para obtener mayores ganancias y evitar el riesgo de epidemias nocivas.

Para esto se recurrirá al cultivo intensivo que hace uso de la Geomembrana; sin embargo, la principal y única restricción es el costo de esta.



**Figura 2.11. Para la utilización de las geomembranas también pueden hacer presencia dentro de los usos pecuarios.**

### **2.7.2 Construcción civil: canales y áreas sujetas a infiltración**

Las geomembranas son utilizadas comúnmente para el revestimiento de canales y en áreas sujetas a infiltración donde protegen e impermeabilizan dichas estructuras. Para el revestimiento de canales utilizados en la conducción de agua, constituye una solución eficaz y económica como reemplazo de sistemas tradicionales de revestimiento de concreto, pues estos son propensos al agrietamiento por su excesiva rigidez y causan pérdidas considerables de agua y erosión circundante a las fisuras, lo que finalmente puede causar una falla al sistema.

## 2.8. Selección de Geomembrana

Se debe procurar que se mantengan las propiedades de impermeabilidad, durabilidad ante los rayos solares, tensión mecánica (producida por la presión hidrostática), y resistencia al funcionamiento (acción de las raíces).

### 2.8.1. Lugar de instalación

El terreno donde se instale la geomembrana deberá estar debidamente compactado, conformado (ser estable), seco, exento de raíces y libre de elementos punzo cortantes (piedras y guijarros).



**Figura 2.12. Para la colocación correcta de la geomembrana es disponer de mano de obra.**

### 2.8.2. Forma de colocar las geomembranas

La extensión y colocación de geomembranas se realiza de forma continua. Así mismo se realizarán los taludes y la base de forma diferenciada e independiente. Las láminas una vez presentadas se soldán con mucho cuidado que la temperatura sea la misma para evitar tensiones en las soldaduras.



**Figura 2.13. Para la colocación correcta de la geomembrana es necesario desenrollar de manera uniforme para que esto quede ajustado.**

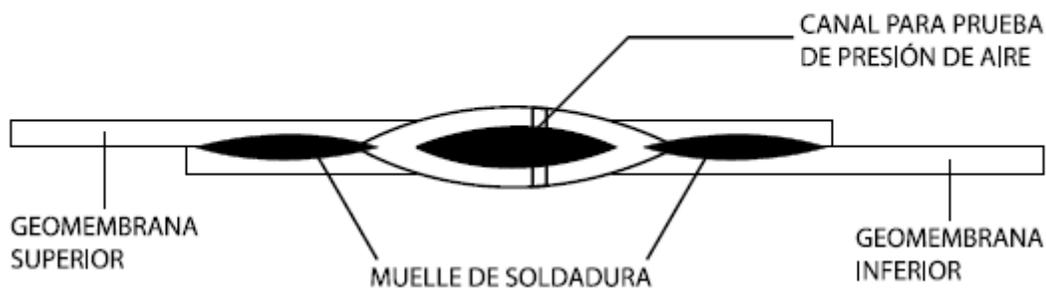
### **2.8.3. Sellado en campo**

Las operaciones de cierre de base y talud y anclaje a obras de fábrica se realizarán a las horas más frías del día.

La superficie de sellado de la Geomembrana se limpiará para evitar contaminación por grasas, aceites, polvo y/o cualquier otro elemento indeseado. Los únicos métodos aprobados para efectuar los sellados y reparaciones son los procesos térmicos, ya sea soldadura por extrusión o por fusión. Todo el equipo de sellado debe tener indicadores de temperatura y velocidad para efectuar las mediciones y calibraciones. El principio de sellado térmico consiste en calentar las dos superficies que serán unidas, de tal manera que se logre ablandarlas para, acto seguido, mediante presión, unir las entrañablemente.

### **2.8.4. Sellado por fusión**

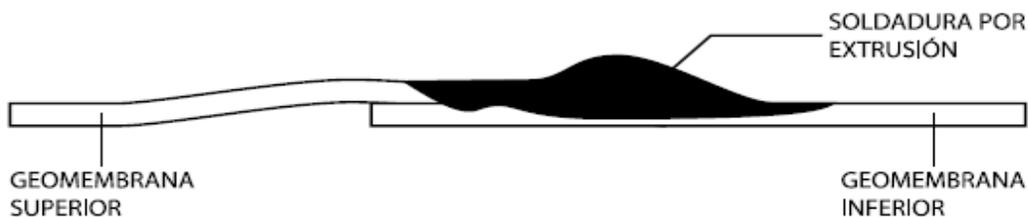
Sistema que se realiza mediante la aplicación de energía generadora de calor que se funde con la ayuda de presión mecánica ejercida por un juego de rodillos. El trabajo se efectúa tomando como referencia dos puntos paralelos sobre el traslapo, generando una cavidad vacía en el centro (canal de prueba) que, posteriormente, permitirá efectuar pruebas no destructivas mediante inyección de aire.



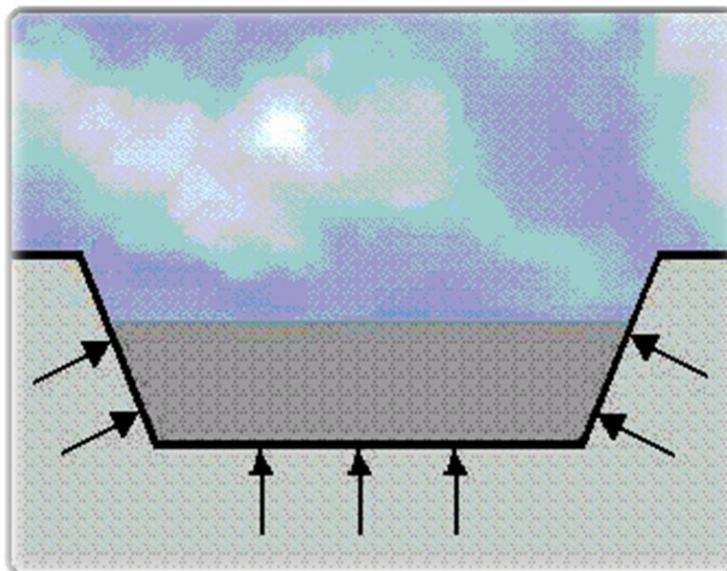
**Figura 2.14. Método del sellado por fusión donde se presenta la unión de dos geomembranas con la ayuda de un rodillo para el muelle de soldadura.**

#### **2.8.5. Sellado por extracción.**

Sistema de soldadura efectuado por un cordón continuo de polietileno de alta densidad, con el que se logra una óptima fusión por ser de la misma calidad de la Geomembrana. Este proceso es usado, principalmente, para reparaciones, parches y detalles especiales de fabricación.



**Figura 2.15. Sellado por método de extracción para unión de geomembranas donde también se puede ocupar principalmente para reparación o para el parchado de la geomembrana.**



**Imagen 2.16. Representación de la manera en la que quedaría un borde cubierto de geomembrana por cualquier el método pero de manera correcta.**

Ambas soldaduras se hacen interponiendo entre las láminas a soldar unas cintas especiales denominadas Curing-Tape o Gum Tape, según apliquemos termo soldadura o en frío. Si lo hiciéramos en frío tendríamos que utilizar también un tipo de adhesivo especial para ello. Diaz-Lopez (2004).

En muchos núcleos de población ejidal, donde el única fuente de agua segura para el ganado es el borde de captación cuya superficie de exposición promedio es de 10,000

m<sup>2</sup> se pierden por evaporación 70,000 litros de agua diarios tomando en cuenta una lineal de 7mm diarios. Velasco (1982)

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Características del Sitio Experimental

##### 3.1.1. Localización geográfica

El trabajo se realizó en el campo experimental de las instalaciones de Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), Ejido las Encinas Ramos Arizpe ubicada al Noreste de la ciudad de Saltillo Coahuila, con las coordenadas geográficas 25° 39'7.70" E y 101° 06' 51.4" de latitud Norte y con una altitud de 1196 msnm.

#### 3.2. Material Utilizado

- Nivel Topográfico (altimetría)
- Estadal mayor de 5 mts.
- Libreta topográfica.
- Medidor de área foliar LI - COR LI-3000 Área Meter. (Estimación de superficie).
- Paquete de Software Surfer 10. (Para determinar curvas a nivel).
- Se requirió 800 m<sup>2</sup> de Geomembrana Aquaplas de 1mm de espesor para recubrir el bordo de captación.
- Pistola termoselladora BAK heissuft-Geblase 120V–50/60Hz 14A 1600w. Esto para el sellado o unión de las geomembranas.

### **3.3. Metodología.**

Selección de bordo representativo para transferir la tecnología de recubrimiento de bordo de captación en los municipios de Saltillo y General Cepeda.

Para realizar esta actividad se tendrá que hacer un recorrido de campo en la región sureste de Coahuila con la finalidad de conocer el estado edafológico y topográfico actual de los bordos de captación, y realizar encuestas con los usuarios de tiempos de duración de los volúmenes captados, la antigüedad de la obra, cantidad de ganado con el que cuentan.

Además de realizar muestreos de suelo para determinar sus propiedades físicas y hacer pruebas de velocidad de infiltración, con la finalidad de conocer las propiedades físicas de los bordos de captación seleccionados. Las propiedades de densidad aparente, compactación y textura se realizarán en el laboratorio de física de la UAAAN, las pruebas de infiltración se realizarán en campo con la metodología de los Cilindros Infiltrómetros.

Con el análisis de la información obtenida en la selección del bordo de captación, se procederá al acondicionamiento del bordo de captación para su recubrimiento con geomembranas o tratamiento químico al suelo.

Para el acondicionamiento del bordo de captación se requiere realizar tareas de desmonte, nivelación y construcción de cerco perimetral en el bordo de captación esto lo podemos hacer contratando mano de obra de la misma comunidad con la finalidad de generar empleo temporal o utilizar maquinaria.

#### **3.3.1. Metodología para la aplicación de las geomembranas**

Una presa de tierra es un almacén de agua abastecido únicamente por escurrimientos cuya estructura principal es un bordo que no excede de los 2 a 5 metros de altura, el cual es básicamente construido de tierra compactada.

Existen en la actualidad algunas obras en la región de diferentes características, de tamaño y forma orográfica, de diferentes texturas y estructuras de suelos.

El desarrollo de la técnica de impermeabilización con geomembranas consistirá en desplante y limpieza de material vegetal que se encuentre en el talud y en el vaso del bordo con una máquina retroexcavadora o un Bull dozer, debe excavarse o rastrear el terreno mínimo 10 centímetros para evitar daños por perforaciones, encaso donde no se permita el rastreo se aplicará arena en la superficie, para evitar el rasgado de la geomembrana al instalarse sobre la superficie del suelo.

La proporción de los taludes no debe ser mayor de 3:1 cuando las membranas vayan a cubrirse solo con tierra.

Instalación de membranas deben de colocarse uniformemente distribuida, el exceso de material debe ser doblado en las esquinas descansando en forma plana sobre la superficie. Durante la colocación de la película de plástico no debe de existir algún lugar sobre la superficie donde se ejerzan tensiones, porque de ser así, se propician rupturas y la formación de áreas débiles.

La extensión y colocación de la geomembrana se realizara de forma continua. Así mismo se afinará los taludes y la base de forma diferenciada e independiente. Las láminas una vez presentadas se soldaran cuidando que su temperatura sea la misma para evitar tensiones en las soldaduras. La operación de cierre de la base y talud y anclaje se instalará a las horas más frías del día.

Los pasos a seguir para la colocación son los siguientes: Extensión y numeración de las láminas, Anclaje provisional de las láminas (si fuera necesario), Soldadura y numeración de láminas y Comprobación de la soldadura

Anclaje definitivo. Bajo ninguna circunstancia se permitirá el tráfico no controlado de maquinaria sobre la geomembrana sin una protección adecuada Soldadura.- las geomembranas de polietileno de alta densidad serán unidas única y exclusivamente por alguno de los siguientes métodos. No se permitirá uniones de tipo adhesivo, químico y otro que se hallen contemplados en este punto. La soldadura doble de geomembrana será siempre del tipo doble con canal intermedio de comprobación, las dimensiones de esta soldadura serán 1.5 cm de soldadura y un espacio de 1.5 libre

para de nuevo soldar un espacio de 1.5 cm. El ancho del solape será siempre de 10 cm, la maquinaria para soldar podrá ser de cuña caliente, aire o ambas. Pero siempre será automática y con un sistema de control de la temperatura de soldado, de ser posible digital y con impresión de las condiciones de soldadura ( presión de rodillos, velocidad y temperatura) la temperatura y velocidad de soldadura se debe de regular según las condiciones climatológicas y realizar ensayos previos in situ con tensiómetro automático de campo.

La geomembrana a soldar deberá de estar limpia y exentas de polvo o grasa, para lo cual en ocasiones es necesario limpiarlas con paño previamente. Las soldaduras dobles se deben de sujetar a la metodología según la norma UNE 104-481-3-2. Para garantizar un buen sellado de las láminas.

La unión o soldadura por extrusión, se realiza con una maquina extrusora portátil que aporta material del mismo tipo que la geomembrana. Se pondrá énfasis en que la materia prima de la geomembrana y el material de aporte reúnan las mismas características técnicas ( Prueba de laboratorio en CIQA de las propiedades físico mecánicas y de formulación), para garantizar la durabilidad de la soldadura. La operación de la soldadura por extrusión consiste en: Limpieza de la zona a soldar, unión de las dos películas por calor, lijado de una zona de aproximación de 6 cm común a ambas láminas. Este lijado se realiza siempre en dirección perpendicular a la soldadura, no eliminando más de un 10 % del espesor de la lámina y finalmente la extrusión del material aportado para formar el cordón de soldadura.

El cordón de soldadura tendrá un ancho mínimo de 3 cm y una altura mínima del espesor de la geomembrana. Por lo general se recomienda este tipo de soldadura en los puntos donde no se pueda utilizar la soldadura doble o donde se tenga que unir más de dos láminas.

Anclaje en zanja. Las láminas de impermeabilización se anclaran en la corona de los taludes, en una zanja de dimensiones mínimas pero asegurando su buen anclaje de acuerdo a las características de cada bordo de captación de agua y dependiendo la forma del bordo de captación se utilizaran diferentes anclajes de la geomembrana.

Recubrimiento de cuerpo receptor con arcillas minerales cuando son incorporadas como cuando se encuentra el suelo en forma nativa, estas disminuyen la porosidad capilar.

Por lo que toca a sustancias químicas que aplicadas al suelo reducen la infiltración del agua, las sales sódicas fundamentalmente cuentan con la propiedad de dispersar o deflocular al coloide inorgánico y orgánico del suelo. (CIQA, 2014)

### **3.3.3. Método para sellar la geomembrana**

Para el sellado de la geomembrana se ocupa una pistola termofucionadora marca **BAK Heissluf–GeblasäseTypRion 120 – 50/ 60 Hz 14A 1600w**, la cual tiene la función de fusionar las geomembras con la aplicación de calor que esta transmite y con la ayuda de un rodillo que hace presión en la parte de la geomembrana que se desea unir.

## **3.4. Volumen de Captación de Agua en el Bordo**

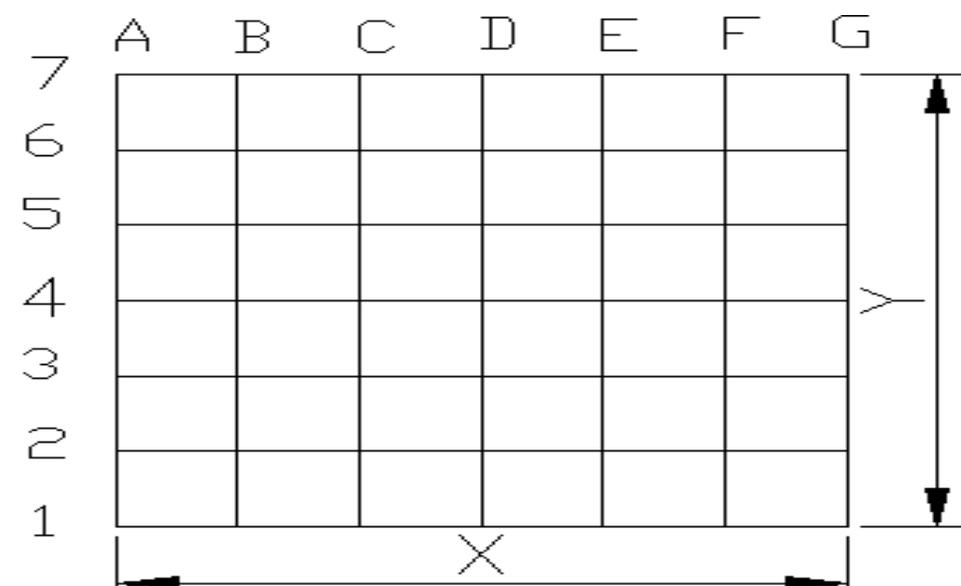
### **3.4.1. Topografía**

La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie terrestre, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales (véase planimetría y altimetría). Esta representación tiene lugar sobre superficies planas, limitándose a pequeñas extensiones de terreno, utilizando la denominación de «geodesia» para áreas mayores. De manera muy simple, puede decirse que para un topógrafo la Tierra es plana (geoméricamente), mientras que para la geodesia no lo es.

Para eso se utiliza un sistema de coordenadas tridimensional, siendo la x y la y competencia de la planimetría, y la z de la altimetría.

### 3.4.2. Medición del terreno

Para la determinación de las curvas de nivel se determinó por un método indirecto a través del llamado método de la cuadrícula que consistió en dividir el área de la cuenca por cuadros que equivalentes de 5m \* 5m, la cual fue tomada con cinta métrica siendo esta ubicada e identificadas con estacas.



**Figura 3.1. Presentación de la manera en la que se divide el terreno por el método de la cuadrícula y de la manera de la ubicación de los puntos de lecturas tomadas en los diferentes puntos ubicados dentro del área de investigación e instalaciones de CIQA, Ejido las Encinas, Ramos Arizpe, Coahuila.**



**Figura 3.2. Presentación de la medición de la cuadrícula con ayuda de una cinta métrica ubicada dentro del área de campo experimental de CIQA, Ejido las Encinas, Ramos Arizpe, Coahuila.**

### **3.4.3 Levantamiento topográfico con nivel**

La nivelación tiene por objeto determinar:

- La diferencia de alturas entre dos o más puntos.
- La cota de una serie de puntos sobre un plano de comparación bien para dibujar un plano acotado, bien para dibujar la sección del terreno en el caso de que los puntos levantados estén alineados.
- Replantar puntos de superficies horizontales tales como forjados, cimentaciones o solerías, o puntos de la pendiente de viales o saneamiento.
- En la mayoría de los casos, los puntos se deben replantar, levantar planimétricamente y dibujar sobre un plano a escala, antes de realizar la nivelación.

Para realizar el levantamiento con nivel se necesita el siguiente equipo:

- Un instrumento capaz de establecer una visual o un plano horizontal, por ejemplo un nivel.

- Una mira de nivelación.
- Una libreta de campo, denominada libreta de nivelación, donde anotar los datos, realizar la comprobación de errores de cierre en el campo y dibujar el croquis del levantamiento.
- Una cinta métrica para situar los puntos sobre el plano que sirvió como base para realizar el levantamiento topográfico.



**Figura 3.3. Mediciones de curvas de nivel dentro del bordo de investigación que se localiza dentro del área de campo experimental de CIQA, Ejido las Encinas, Ramos Arizpe, Coahuila.**

#### **3.4.4. Determinación de las curvas de nivel**

Para la determinación de las curvas a nivel se hizo uso del programa de **Surfer 10** que es un programa para hacer mapas y trazar líneas de contorno en 3D para Windows únicamente. Con facilidad y rapidez, convertirá todos los datos en mapas con contorno, superficie, wireframe, vector, imagen y sombras.

Virtualmente todos los aspectos de sus mapas pueden ser personalizados para que produzcan exactamente la presentación que usted desea. Producir mapas de calidad de publicación jamás ha sido tan fácil y eficiente.

### **3.4.5 Medición de área del bordo**

Para la medición del área tanto de la base como de la corona, se hizo con los datos obtenidos de las curvas de nivel impresa en una hoja de papel tamaño carta, haciendo una escala relacionando centímetros cuadrados que nos da al pasar la hoja sobre un medidor de área foliar **LI-COR MODEL-LI3100 AREA METER**.

#### IV. RESULTADOS

El orden en el que se presentaran los resultados es el siguiente: primero se toma la lectura con un nivel topográfico y la ayuda de un estadal para determinar la altimetría en la que se encuentra el bordo de captación, posteriormente presentaremos los datos obtenidos de la lectura tomada.

##### 4.1. Presentación de Lecturas Tomadas.

Lectura tomada se presentan los resultados en el cuadro 4.1

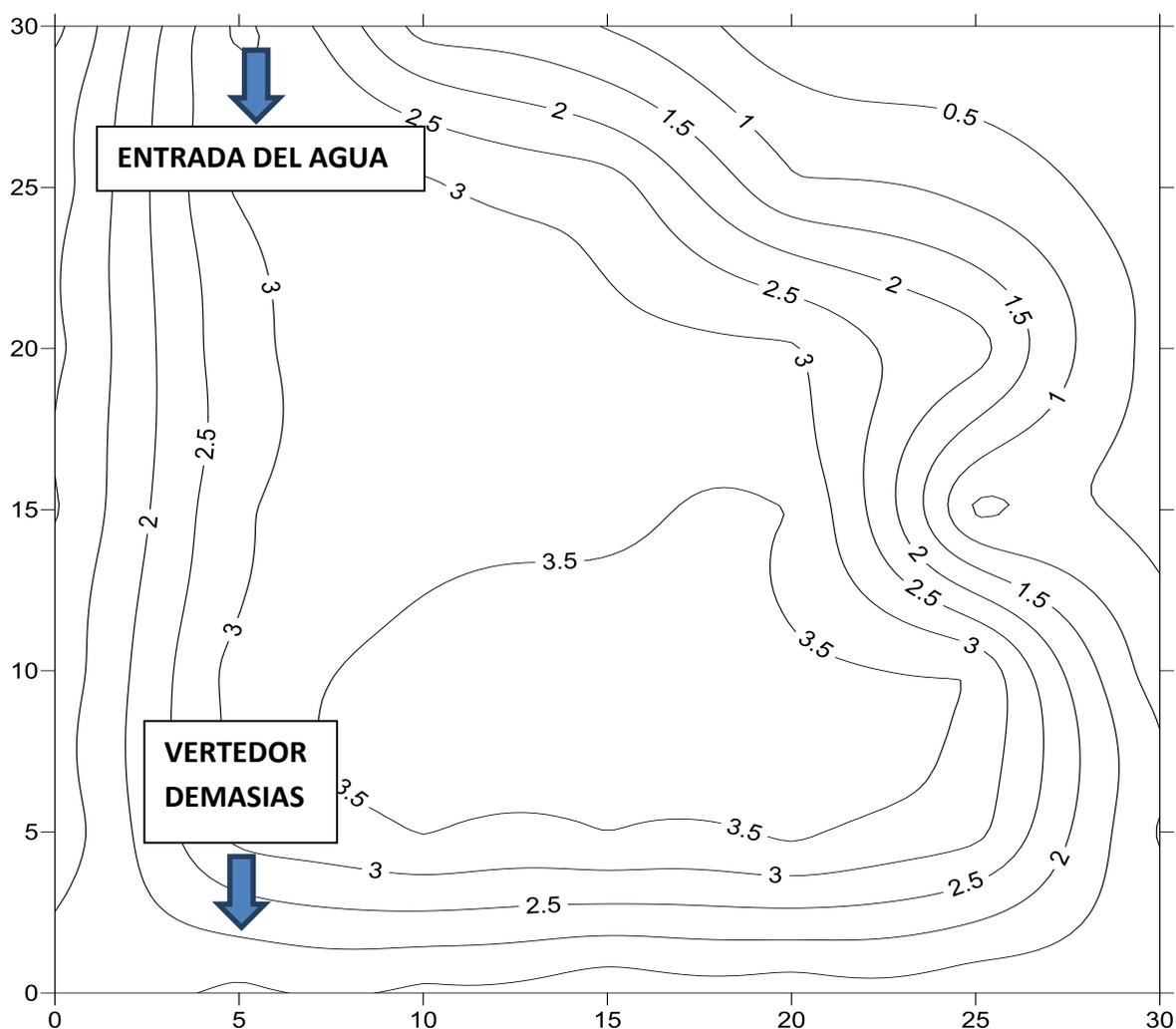
**Cuadro 4.1.** Resultado de las lecturas tomadas tomando como referencia las coordenadas x, y con valores de 5 metros de separación.

Puntos	Coordenadas		Lectura	Puntos	Coordenadas		Lectura
	x	y			X	y	
<b>1</b>	0	0	1.74	<b>21</b>	30	10	0.7
<b>2</b>	5	0	1.38	<b>22</b>	0	15	0.95
<b>3</b>	10	0	1.38	<b>23</b>	5	15	2.91
<b>4</b>	15	0	1.09	<b>24</b>	10	15	3.38
<b>5</b>	20	0	1.19	<b>25</b>	15	15	3.38
<b>6</b>	25	0	1.13	<b>26</b>	20	15	3.49
<b>7</b>	30	0	1.11	<b>27</b>	25	15	0.37
<b>8</b>	0	5	1.165	<b>28</b>	30	15	
<b>9</b>	5	5	3.18	<b>29</b>	0	20	0.88
<b>10</b>	10	5	3.54	<b>30</b>	5	20	2.83
<b>11</b>	15	5	3.51	<b>31</b>	10	20	3.21
<b>12</b>	20	5	3.63	<b>32</b>	15	20	3.12
<b>13</b>	25	5	3.15	<b>33</b>	20	20	3.06
<b>14</b>	30	5	0.95	<b>34</b>	25	20	2.24
<b>15</b>	0	10	1.17	<b>35</b>	30	20	0.32
<b>16</b>	5	10	3.2	<b>36</b>	0	25	0.75
<b>17</b>	10	10	3.55	<b>37</b>	5	25	3.08
<b>18</b>	15	10	3.6	<b>38</b>	10	25	3.09
<b>19</b>	20	10	3.58	<b>39</b>	15	25	2.78
<b>20</b>	25	10	3.47	<b>40</b>	20	25	1.07

## 4.2. Presentación de las Curvas de Nivel Obtenido

### 4.2.1 Programa utilizado

Las curvas de nivel se determinaron con el programa de **Surfer10**, para los cuales se ocuparon los valores de las coordenadas x, y, z para poder correr los datos dentro del programa y así observar con determinación las cotas del terreno y la altimetría en la que se encuentran.



**Figura 4.1. Curvas de nivel obtenidas con el programa de Surfer 10 donde presenta la entrada del agua y el vertedor demasías ubicada dentro del área de campo experimental de CIQA, Ejido las Encinas, Ramos Arizpe, Coahuila.**

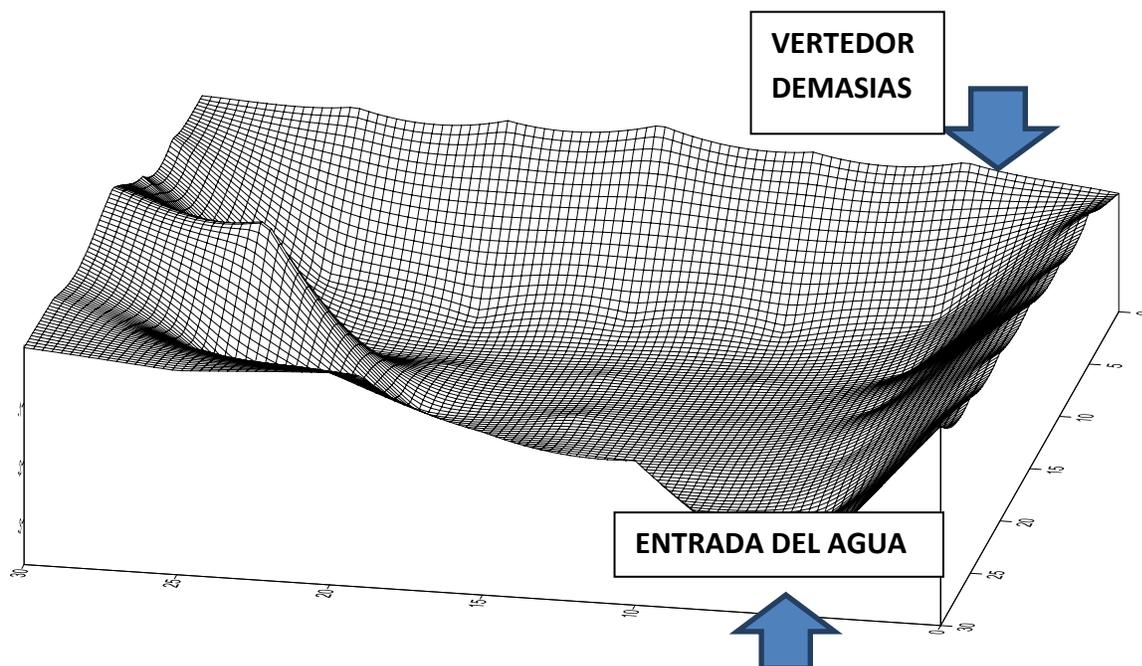


Figura 4.2. Presentación en 3D donde se representa con mallas el bordo de captación de agua ubicada dentro del área de campo experimental de CIQA, Ejido las Encinas, Ramos Arizpe, Coahuila.

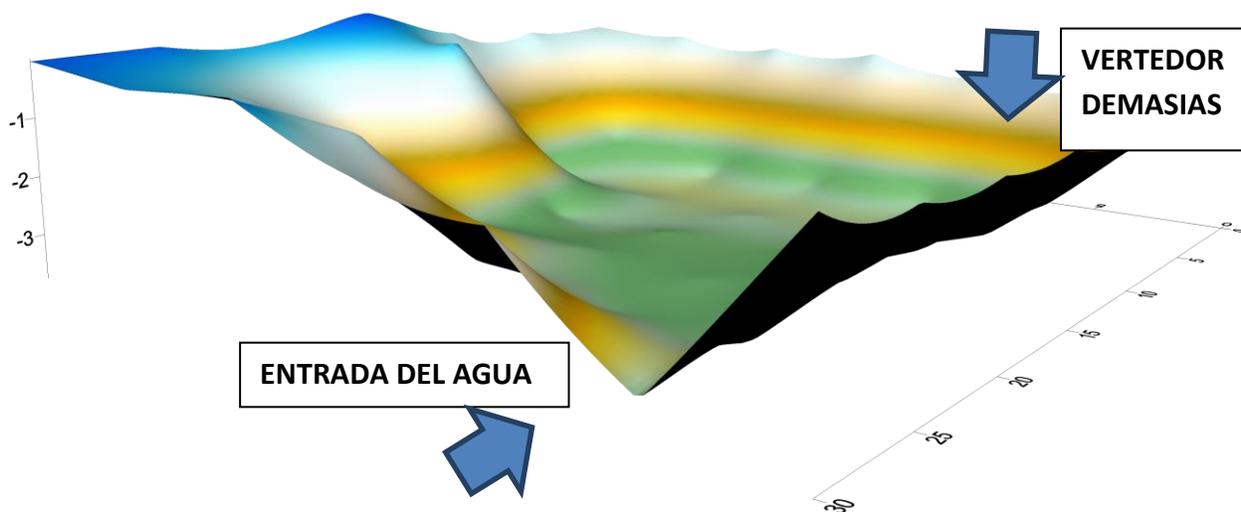


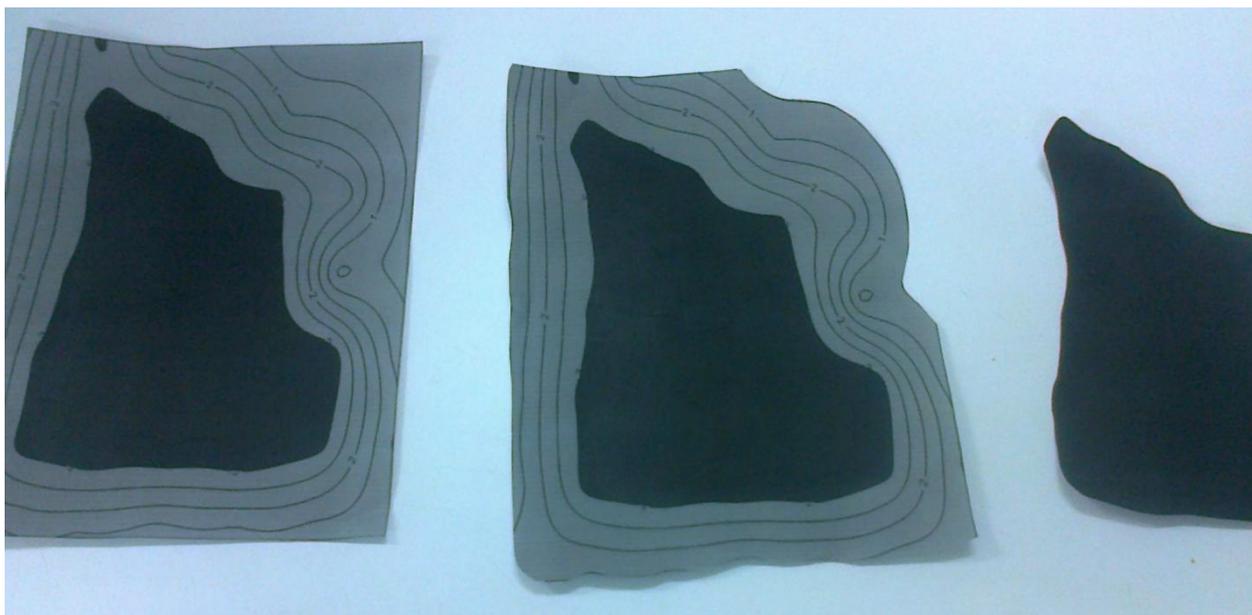
Figura 4.3. Se presenta la superficie del bordo en 3D ubicada dentro del área de campo experimental de CIQA, Ejido las Encinas, Ramos Arizpe, Coahuila.

### 4.3. Cálculo Para Las mediciones Del Área Del Bordo

Para poder determinar la cantidad de geomembrana y el volumen que ocupa el bordo de captación de agua, se requiere conocer el área tanto de la base como de la superficie que abarca. Para ello existen muchos métodos para poder determinar.

El método que fue empleado para poder realizar los cálculos de las áreas se hizo de la siguiente manera:

- Se imprimió una hoja de papel tamaño carta con la imagen de las curvas de nivel que se obtuvo.
- Se puso a escala la hoja tomando como referencia el área total de hoja de papel con una medición de un 30m \* 30m dando por promedio un valor de 900 m<sup>2</sup>.
- Se corta el contorno de la hoja tanto de la base mayor como de la base menor para poder obtener las mediciones correspondientes.



**Figura 4.4. Cortes de papel realizado para poder hacer las lecturas correspondientes por el aparato de medición de área foliar.**

- Se hizo la medición de la hoja a través de **un LI-COR inc. Lincoln. Nebraska USA LI-3100 AREA METER**. Como se presenta en la figura 4.5



**Figura 4.5. Realización de la lectura correspondientes de los cortes realizados en el medidor de área foliar un LI-COR inc. Lincoln. Nebraska USA LI-3100 AREA METER. Este procedimiento fue realizado en las instalaciones de CIQA departamento de Agroplásticos.**

#### 4.3.1. Resultados de la medición de las áreas después de a ver pasado por el medidor de área foliar

**Cuadro 4.2.** En el cuadro siguiente se presenta las medidas correspondiente después de a ver sido pasado por el medidor de área foliar.

Área de la hoja total	530.60 cm <sup>2</sup>
Área de la base menor	200.98 cm <sup>2</sup>
Área de la base mayor	494.35 cm <sup>2</sup>

#### 4.3.2. Cálculos para determinar área de base menor y de base mayor del bordo

Para poder determinar el valor del área de la base mayor y de la base menor se prosigue a realizar los siguientes cálculos:

$$\text{Área de la base menor} = \frac{(\text{Área de la hoja a escala}) * (\text{Área de la base menor a travez del medidor de área foliar})}{\text{Área de la hoja total pasado por el medidor de area foliar}}$$

$$= \frac{(900 \text{ m}^2) * (200.98 \text{ cm}^2)}{(530.60 \text{ cm}^2)}$$

$$\text{Área de la base menor} = \mathbf{340.90 \text{ m}^2}$$

$$\text{Área de la base mayor} = \frac{(\text{Área de la hoja a escala}) * (\text{Área de la base mayor a travez del medidor de área foliar})}{\text{Área de la hoja total pasado por el medidor de area foliar}}$$

$$= \frac{(900 \text{ m}^2) * (494.35 \text{ cm}^2)}{(530.60 \text{ cm}^2)}$$

Área de la base mayor = **838.51 m<sup>2</sup>**

#### **4.4. Cálculos Para Determinar el Volumen de Captación de Agua para el Bordo.**

Para el valor de h se consideró la altura máxima sobre el vertedor de demasías que es un valor de **2.8m**

Volumen máximo de captación de agua en el del bordo=

$$\frac{(\text{Área de la Base Menor}) + (\text{Área de la Base Mayor})}{2} * h$$

$$= \frac{(340.90 \text{ m}^2) + (838.51 \text{ m}^2)}{2} * 2.8\text{m}$$

Volumen de captación de agua en el bordo= **1, 651.174 m<sup>3</sup>** es equivalente a **1, 651,174.00 lts**

#### **4.5. Calculo para Determinar la Evaporación que se Presenta en Bordo de Captación de Agua**

Cálculo para determinar el área media:

$$\frac{(\text{Área de la Base Menor}) + (\text{Área de la Base Mayor})}{2}$$

$$\frac{(340.90 \text{ m}^2) + (838.51 \text{ m}^2)}{2}$$

Área media =589 m<sup>2</sup>

#### 4.6. Calculo para la Evaporación:

**Evaporación promedio: 9.01 mm**, Dato dado a conocer de por un la Comisión Nacional de Agua (CNA), un promedio de la máxima evaporación que se presenta.

Evaporación máximo: (*Área de la Base Mayor*) \*(Evaporacion)

$$= 838.51 \text{ m} * 0.00901 \text{ m}$$

$$\text{Evaporación máximo} = 7.5549 \text{ m}^3 = 7,554.9751 \text{ lts. /día}$$

##### 4.6.1. Evaporación mínima.

(*Área de la Base Menor*) \* (*evaporacion*)

$$= (340.90 \text{ m}^2) \text{ m} * (0.00901 \text{ m})$$

$$\text{Evaporaciónmínimo} = 3.0715 \text{ m}^3 = 3,071.509 \text{ lts./día}$$

##### 4.6.2. Calculo para la evaporación promedio.

$$\frac{(\text{evaporacion minimo lts}) * (\text{evaporacion maximo lts})}{2}$$

$$\frac{(3,071.509 \text{ lts}) + (7,554.9751 \text{ lts})}{2}$$

$$\text{Resultado} = 5,313.24 \text{ lts/día}$$

**4.6.4. Cálculo de consumo de agua por unidad animal y total de días que puede sustentar el bordo de captación de agua cuando esto se encuentre a su máximo volumen.**

La siguiente información fue una estimación promedio de la cual consideramos, la presencia de 200 cabras productoras de leche y 20 vacas adultas productoras de leche esto con la finalidad de que el bordo de captación de agua pudiera sustentar las necesidades hídricas que ellos necesitan.

Para ello se tomó de referencia de un cuadro en la que nos presenta la cantidad de litros por día que pueden requerir una unidad animal entre ellos se encuentra las vacas adultas y las cabras productoras de leche.

**Cuadro 4.3 Requerimientos diarios de agua en litros para los diferentes tipos de animales en condiciones normales.**

Espece	Consumo (L/día)
Vacasadultassecas	5-7
Vacasadultasproductoras	80-130
Lechonesde 1.0kg.	0.5
Cerdosencrecimientode 13.6kg.	2-6
Cerdosúltimaetapadecrecimiento(54.5kg.)	6-8
Cerdosenfinalizaciónde 100kg.	8-12
Ovinosencrecimiento	3
Ovinosa 1mesdegestación	3
Ovinosa 2mesesdegestación	4.2
Ovinosa 3mesesdegestación	4.5
Ovinosa 4mesesdegestación	5.4
Ovinosa 5mesesdegestación	6.6
Cabrasproductorasdecarne	4.2
Cabrasproductorasdeleche	11.2
Conejasa 8semanasdelparto	4.5
Conejosa 8semanasdeedad	0.5
Conejosmachosadultos	0.5
Conejaspreñadas	0.5
Pollosde 0.40Kg.	0.6
Pollosde 1.30kg.	1.6
Gallinasde 1.30kg.	3.3
Gallinasde 2.20kg.	5.5
Gallinasde 4.0kg.	10
Pavosde 1semana deedad	0.34
Pavosde 10semanasdeedad	4-5
Pavosde 20semanasdeedad	6-8

**Fuente Anaya et, al 1998.**

A continuación se presentan los cálculos que se realizaron para determinar la cantidad de agua que puede retener el bordo de captación al estar expuesto a la evaporación y al sostén hídrico de los animales.

**Datos:**

Volumen de captación de agua en el bordo = 1,651.74 m<sup>3</sup>

Evaporación promedio = 5,313.24 lts/día

Consumo de agua de cabras productoras de leche = 11.2 lts/ día

Consumo de agua de vacas adultas productoras de leche = 80 lts/día

**Cálculos:**

A continuación calculó de la cantidad de agua que consume las cabras y las vacas por día.

Consumo de agua total por día= (Consumo de agua de cabras productoras por leche \* cantidad de cabras existentes)

$$= (11.2 \text{ lts/día}) * (200)$$

**Resultado= 2,240 lts/día** cantidad de agua que consumen las cabras productoras de leche por día.

Consumo de agua total por día= (Consumo de agua de vacas productoras por leche \* cantidad de vacas existentes)

$$= (80 \text{ lts/día}) * (20)$$

**Resultado= 1, 600 lts/día** cantidad de agua que consumen las vacas productoras de leche por día.

- Sumatoria

$$2,240 \text{ lts/día} + 1, 600 \text{ lts/día}$$

**Resultado = 3840 lts/día** cantidad de agua que se consume por día entre las unidades animales que se presentan en el terreno.

- Cálculo para determinar días de duración del agua en el bordo considerando la evaporación de agua que se presenta.

$$\frac{\text{Total de agua retenida en el bordo de captacion de agua}}{\text{(cantidad de agua que se consume por dia entre las unidades animales + cantidad de agua que se evapora por dia)}}$$

$$\left( \frac{1,646,426.76 \text{ lts}}{\left( 840 \frac{\text{lts}}{\text{día}} + 5,313.24 \frac{\text{lts}}{\text{día}} \right)} \right)$$

**Resultado= 180** días que es equivalente a 6 meses de retención de agua tomando en cuenta la cantidad de agua que es consumida por los animales y la cantidad de agua que se pierde por efecto de la evaporación.

El resultado que se obtuvo que fue de 1.19 años es considerado cuando el bordo se encuentra a su máxima captación.

## V. CONCLUSIONES

En base a los estudios realizados se concluye se concluye lo siguiente:

Se determinó que a través del proceso de recubrimiento de bordo con el uso de geomembrana plástica, se puede aprovechar al máximo la cantidad de agua que se presentan a través de los escurrimientos superficiales, como también se puede aprovechar las precipitaciones que se presentan, ya que está ubicada en una zona donde la pendiente nos favorece.

Con base al volumen, se determinó que el bordo de captación de agua es capaz de poder almacenar un volumen máximo de 1,651.174 m<sup>3</sup>. Debido a que la geomembrana utilizada sirve como un impermeable que evita que existan pérdidas por infiltración que nos permite incrementar la cantidad de agua almacenada.

Con respecto a la pérdida que se presenta por Evaporación se considera que cuando está a su máxima cantidad de almacenamiento se existe una pérdida de 4.67mm/día en promedio por el proceso de la Evaporación lo cual nos conlleva a un total de 600 días que el bordo puede retener el agua.

Se comprobó que la captación de agua de lluvia se considera de suma importancia para un área como el que presenta en esta zona de estudio, ya que es aprovechada por las escorrentías superficiales para propósitos de producción agropecuaria y forestal.

Se concluye que Las geomembranas están específicamente diseñadas para poder resistir la luz ultravioleta. Tienen una aplicación generalizada en agricultura y Se debe procurar que se mantengan las propiedades de impermeabilidad, durabilidad ante los rayos solares, tensión mecánica, producida por la presión hidrostática, y resistencia al funcionamiento (acción de las raíces), para que su durabilidad sea en promedio de diez años.

## VI. RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el campo experimental de las instalaciones de Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) Ejido las Encinas Ramos Arizpe ubicada al Noreste de la ciudad de Saltillo Coahuila, con las coordenadas geográficas  $25^{\circ} 39'7.70''$  E y  $101^{\circ} 06' 51.4''$  de latitud Norte altitud de 1196 msnm.

Se inició el trabajo en Marzo de 2014 con un levantamiento topográfico dentro del área de investigación donde se colocarían las geomembranas de la cual se tuvo como objetivo cubrir el área del bordo de captación de agua presente en esa zona.

Para determinar las curvas de nivel se utilizó el software Surfer 10 que con ello se pudo determinar imágenes representativas a las curvas de nivel y en 3D desde la superficie también se determinó medidas como el área y el volumen de captación de agua en el bordo.

Para obtener el área total de la base mayor y de la base menor del bordo de captación de agua, fue necesario ocupar un Medidor de área foliar LI - COR LI-3000 Área Meter en la cual se introdujo una imagen impresa en papel y poder tomar las medidas que corresponden para poder relacionarlo en escala y con ella obtener la cantidad de área que corresponde a cada base. También con estas medidas obtenidas se pudo determinar la cantidad de geomembrana que se puede ocupar y determinar también la cantidad de volumen de agua que pueda captar el bordo, esto tomando en cuenta la máxima altura hacia el vertedor de demasías.

Para realizar el recubrimiento de bordo con las geomembranas fue necesaria la limpieza de malezas, así como también fue necesaria la utilización de una pistola termoselladora BAK heissuft-Gebblase 120V-50/60Hz 14A 1600w. Esto para el sellado o unión de las geomembranas.

Se concluye que el recubrimiento del bordo para captación de agua es muy eficaz debido a que se encuentra en una zona donde la pendiente está a favor y las condiciones de terreno lo permite, ya que está muy bien ubicada siempre y cuando los recursos económicos se dispongan, nos lo permitan y esto tiene la facilidad de que

el agua captada sea ocupada para fines agronómicos o de uso múltiple que le permite a los productores de esta zona puedan utilizarla para uso agronómico y otros usos.

**Palabras claves;** Recubrimiento, bordos, captación, geomembrana, almacenamiento.

Correo electronico; Osni Merari Escobar Morales. [Oescobar14502@gmail.com](mailto:Oescobar14502@gmail.com)

## VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aboites A. L. 1998. Gestión del Agua y Reconstrucción de la Naturaleza Una historia política México, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, México.
- Améndola R., C. E. y A. P. 2005. Pasturas y cultivos forrajeros México – II. 1ª edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México.
- Anaya, G.M. 1994. Manual de sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y el Caribe; IICA. Ed. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México.
- Aparicio M., Francisco J. (1996) Fundamentos de hidrología de Superficie. Editorial Limusa, Noriega Editores. México D.F.
- Arias C. J. 1993. “El Agua Recurso Vital”. Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca.
- Burguete C. A. 2001. Agua que nace y muere: sistemas normativos indígenas y disputas por el agua en Chamula y Zinacatán, México, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- CIQA (Centro de Investigación en Química Aplicada) 2014. Proyecto Manual para la instalación de geomembranas proyecto FOMIX. Coahuila.
- CNA, 1994. Ley de aguas nacionales y su reglamento, Comisión Nacional del Agua. México. pp. 11-73.
- Conde, C., M, B., S, O., E, F y F, A. (2008). Escenarios de Cambio Climático (2030 y 2050) para México y Centro América. Instituto Politécnico Nacional. México.

Díaz, C., Estellar M. y L. V. F. 2005. Recursos hídricos Conceptos Básicos y Estudios de Caso Iberoamericana. Ediciones Piriguazú 1ª edición. Uruguay

FAO.2004. Training Course on Water Harvesting. Rome, Land and Water Digital Media Series 26.Roma Italia.

García R.R., Galindo E.E. 2012. Gestión del Agua y Reconstrucción de la Naturaleza En el Valle del Mezquital. Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades 1ª edición, Hidalgo.

Gleason E., J. Arturo (2005) Manejo de aguas pluviales en centros urbanos. Editorial Universal de Guadalajara. 1ª edición. Guadalajara Jalisco, México.

INIFAP. 2009. Reporte anual 2009 para ciencia y tecnología para el campo Mexicano. Editora Luna Flores 1ª edición. Texcoco, Estado de México.

IPCC. 2007. Manual y reportes de cambio climático y turismo. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Nacional de Mar Plata, Argentina.

Marsal, R., Reséndiz N. D. 1979. Presas de tierra y enrocamiento. Editorial LIMUSA, México; 556 p.

Mollison B., Slay R.M and Hieronimi T.H. (2003): Manejo De Agua En Zonas Áridas (Primera Y Segunda Edición 2003).

Pérez C. J.I. (1989) Construcción E Impermeabilización De Embalses Con Materiales Plásticos. Plasticulture Vol. 82 No 2 España.

Radulovich R.,ARodríguez. R.,GMoncada., 1994. Captación de agua de lluvia en el hogar rural. Serie Técnica. Informe Técnico 220. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 41 p.p.

Rodríguez T. F. (1981). Elementos Del Escurrimiento Superficial Chapingo, México.

- Rojas R. T. 1998. La cosecha del agua en la Cuenca de México, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, México.
- Schemenauer y Cereceda 1994. Manual de Captación y Aprovechamiento del agua de lluvia Oficial Profesional Asociado en Suelos, FAO. Santiago, Chile.
- Sotrafa, S.A (2000). Protocolo De Impermeabilización De Embalses De Riego Y Campos De Golf Con Geomembrana De Polietileno De Alta Densidad (Pead) Almería, España. Urbanos. E.T.S.I. Minas – Universidad Politécnica Madrid España.
- Van V. R. (2000) Manual De Captación Y Aprovechamiento Del Agua De Lluvia Experiencias En América Latina Santiago Chile. Vaquero D. I. (2004). Manual de diseño y construcción de vertederos de residuos sólidos.
- Velasco H. 1983. Uso y manejo del suelo. Editorial LIMUSA, México, D.F. pp.123-132.
- Velasco M.H. A. 2000. Microcaptación, cultivos anuales (densos). Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia experiencias en América latina Oficina Regional de la FAO para América Latina y Caribe. Santiago Chile. 47 p.
- Velasco, H y Oscar A. 1989. Sistemas de captación y almacenamiento de aguas de lluvia en regiones áridas y semiáridas. El campo 48. Nuevo León. p.p 20-24.
- Vélez, M. y J. Vélez. (2002) Capítulo 8: Infiltración. Universidad Nacional de Colombia, Unidad de Hidráulica. Colombia.

**PAGINAS DE INTERNETTAMBIEN CITADAS**

<http://www.conagua.gob.mx/>

<http://bibliodigital.itcr.ac.cr/xmlui/bitstream/handle/2238/261/TESIS.pdf?sequence=1>

<http://www.fao.org/wsfs/wsfs-info-parts/en/>

<http://www.pue.itesm.mx/profesional/lcc/temp/idess.org.mx/flash/agua.swf>

[http://www.actaf.co.cu/index.php?option=com\\_mtree&task=att\\_download&link\\_id=37&cf\\_id=24](http://www.actaf.co.cu/index.php?option=com_mtree&task=att_download&link_id=37&cf_id=24)

[http://antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro/PDF/CalculoGasto.pdf](http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/PDF/CalculoGasto.pdf)

<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/CursoTaller%20Desarrollo%20de%20capacidades%20orientadas%20a/Attachments/24/02.pdf>

<http://www.fao.org/docrep/013/i1500e/mexico.pdf>

<http://www.hydro-sistemas.com/membranas.html>

<http://es.scribd.com/doc/192606219/Captacion-y-Almacenamiento-Agua-de-Lluvia-FAO>

<http://www.conama10.es/conama10/download/files/CT%202010/41008.pdf>

[http://www.atmosfera.unam.mx/gcclimatico/index.php?option=com\\_content&view=article&id=61&Itemid=74](http://www.atmosfera.unam.mx/gcclimatico/index.php?option=com_content&view=article&id=61&Itemid=74)