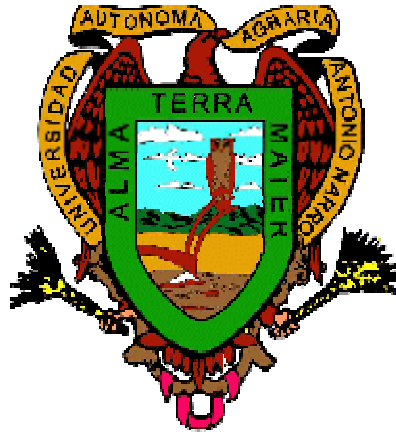


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**DIAGNÓSTICO DE LOS RECURSOS HIDROLÓGICOS DEL EJIDO  
BARREAL DE GUADALUPE, TORREÓN COAHUILA, MÉXICO.**

**POR**

**KARLA SARAHI RIVERA MINOR**

**TESIS**

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN AGROECOLOGÍA**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.**

**JUNIO 2010.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DIAGNÓSTICO DE LOS RECURSOS HIDROLÓGICOS DEL EJIDO  
BARREAL DE GUADALUPE, TORREÓN COAHUILA, MÉXICO.

POR

KARLA SARAHÍ RIVERA MINOR

ELABORADO BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DE ASESORIA Y  
APROBADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

M.C. EDUARDO BLANCO CONTRERAS

  
ASÉSOR PRINCIPAL

M.C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES

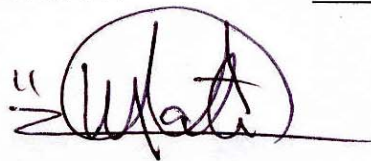
  
CO-ASESOR

M.C. FORTINO DOMÍNGUEZ PÉREZ

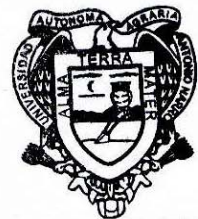
  
CO-ASESOR

M. Sc. EMILIO DUARTE AYALA

  
CO-ASESOR



M.C. VICTOR MARTÍNEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

JUNIO 2010.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DIAGNÓSTICO DE LOS RECURSOS HIDROLÓGICOS DEL EJIDO  
BARREAL DE GUADALUPE, TORREÓN COAHUILA, MÉXICO.


POR


KARLA SARAHI RIVERA MINOR


QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:


ING. EN AGROECOLOGÍA.

  
M.C. EDUARDO BLANCO CONTRERAS  
PRESIDENTE

  
M.C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES  
VOCAL

  
M. Sc. EMILIO DUARTE AYALA  
VOCAL

  
M.C. FORTINO DOMINGUEZ PÉREZ  
VOCAL SUPLENTE

  
M.C. VICTOR MARTÍNEZ CUETO  
COORDINADOR DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

JUNIO 2010

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios primeramente por ponerme en el lugar exacto para mi formación profesional, con las personas adecuadas y en el momento preciso. Por darme la bendición de concluir mis estudios satisfactoriamente.

A mi Alma Terra Mater por brindarme los mejores días de mi juventud y ser la mejor Universidad Agraria que existe en México, por ofrecerme sus instalaciones para tener una mejor formación y desenvolvimiento a nivel profesional.

Al Biol. Eduardo Blanco Contreras por todo su apoyo profesional, por su apoyo moral, su confianza y por compartirme sus conocimientos académicos. Por ser un excelente ser humano, pero sobre todo por su amistad y cariño que lo distinguen.

Al Ing. Gerardo Zapata Sifuentes por su enorme apoyo, colaboración y conocimientos compartidos, por su paciencia y el esfuerzo de sacar adelante este proyecto. Por su amistad y sencillez, por hacer ameno el trabajo en los momentos de difíciles.

Al M. Sc. Emilio Duarte Ayala Por su colaboración en la realización del proyecto, por brindarme su apoyo, por los momentos en que se ponía a tocar la guitarra y nos relajaba en momentos de tensión.

Al Ing. Fortino Domínguez Pérez por su gran apoyo académico y moral durante este tiempo, por su contribución para realizar este proyecto, por su enorme amistad y buenos deseos.

En general a todos y cada uno de los maestros que fueron parte de mi Formación profesional y académica, a todos ellos que compartieron sus conocimientos y sabiduría con migo al igual que con mis compañeros a lo largo de nuestra estancia en la Universidad Antonio Narro, gracias a todos por su gran paciencia, amistad, cariño, confianza y calidez que nos brindaron día a día.

Gracias a todos los que integraron este gran equipo lleno de buenos deseos y luchas continuas superadas.

**A TODOS GRACIAS.**

## DEDICATORIA

A mi madre Margarita Minor Gómez por su apoyo incondicional a lo largo de cuatro años y medio de mi formación profesional, pero sobre todo en toda mi vida, gracias mama por regalarme tu cariño, amor, paciencia y ternura, por tu gran apoyo moral en los momentos difíciles y de tensión que pase en la universidad.

A mi padre Guillermo Rivera Avalos por todos sus buenos consejos por ser un gran ejemplo vivo a seguir de fortaleza y paciencia para mí y mis hermanos, por tu amor, cariño y sabiduría. Eres un excelente padre. Por todo el apoyo que me brindaste en los momentos difíciles, por sacarme adelante a pesar de todo.

A mi hermano Guillermo por ser un gran ejemplo para mí, por brindarme su apoyo, y cariño junto con toda su familia.

A mi hermano Heric por estar conmigo en todo momento, por su paciencia, apoyo y cariño que me da día con día junto con su familia.

A mi hermana Lizeth por todo su apoyo moral que me brindo durante todo este tiempo, por sus experiencias compartidas, por su amistad, apoyo y cariño incondicional al igual que su familia.

A Gerardo López Ovalle por su gran apoyo, amor y paciencia, por a ver llegado en el momento indicado a mi vida y compartir juntos tantas experiencias agradables. Por ayudarme a salir adelante y apoyarme en los momentos difíciles.

A mis amigas Araceli, Kenny y Yesi que me brindaron su amistad y confianza, por compartir juntas tantos momentos inolvidables, por ayudarme a resolver problemas, por ser incondicionales y estar juntas en las buenas y en las malas. Que Dios las Bendiga en sus Caminos junto con sus bebés.

Al Médico Manuel Esquivel Limones que nos permitió pasar momentos gratos dentro de la rondalla femenil, por brindarnos su apoyo moral, su amistad, sencillez y confianza. Sobre todo por compartir con nosotras sus conocimientos de guitarra que nos fue de mucho agrado y permitió que olvidáramos los momentos de estrés.

A todos mis compañeros de generación que me brindaron su amistad, al igual que momentos inolvidables que pasábamos como grupo.

La mejor generación Agroecología 2004-2008.

A todas aquellas personas que colaboraron con mi formación en esta institución y que me brindaron todo su apoyo y su amistad les doy las gracias por que sin su apoyo hubiese sido más difícil. Gracias a todas las personas y amigos que me es imposible mencionar pero saben que los llevo conmigo siempre.

**¡GRACIAS!**

## ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	IV
<b>DEDICATORIA</b> .....	V
<b>INDICE GENERAL</b> .....	VI
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	VII
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	VIII
<b>INDICE DEL APÉNDICE</b> .....	IX
<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	2
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
1.2 Objetivos.....	5
1.3 Hipótesis.....	5
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	6
2.1 Problemática del agua.....	6
2.1.1. Un panorama mundial.....	6
2.1.2. La situación del agua en México.....	6
2.1.3. El agua en la Comarca Lagunera.....	7
2.2. Calidad del agua.....	9
2.3. Clasificación del agua de riego.....	10
2.4. Factores que determinan la calidad del agua para uso agrícola.....	13
2.4.1. Principales iones presentes en el agua de riego.....	13
2.4.2. Cationes que afectan la calidad de agua de riego.....	14
2.4.3. Aniones que afectan la calidad de agua de riego.....	15
2.5. Caracterización de Microcuencas.....	20
2.5.1. Definición de Microcuenca.....	20
2.6. Métodos para la caracterización de microcuencas.....	21
2.6.1. Sistemas de Información Geográfica.....	21
2.6.2. Presentación del programa de computo ArcView 3.3.....	22
<b>3. MATERIALES Y METODOS</b> .....	23
3.1. Descripción del estudio.....	23
3.2. Descripción del área de estudio.....	23
3.2.1. Clima.....	23
3.2.2. Localización.....	24
3.3. Infraestructura agrícola.....	25
3.4. Determinación de la calidad de agua.....	25
3.5. Delimitación de la Microcuenca.....	26
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	32
4.1. Infraestructura Hidroagrícola y fuentes de agua.....	32
4.2. Calidad del agua.....	32
4.2.1. Aniones.....	33
4.2.2. Cationes.....	34
4.2.3. Determinación de la calidad del agua.....	35
4.3. Análisis hidrológico de las microcuencas.....	37
<b>5. CONCLUSIÓN</b> .....	39
<b>6. LITERATURA CITADA</b> .....	40
<b>7. ANEXOS</b> .....	44

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Calidad de agua para riego de acuerdo a Riverside.....	11
<b>Cuadro 2.</b> Clasificación del agua de riego según el contenido de sodio.....	12
<b>Cuadro 3.</b> Peligro de bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) en aguas de regadío.....	17

## INDICE DE FIGURAS

<b>Fig. 1.</b> Presentación principal de Arcview.....	22
<b>Fig. 2</b> Ubicación del Ejido Barreal de Guadalupe.....	24
<b>Fig. 3</b> Eliminación de las depresiones del MED.....	27
<b>Fig. 4</b> Determinación de la dirección del flujo.....	28
<b>Fig. 5</b> Determinación de la acumulación del flujo.....	29
<b>Fig. 6</b> Aniones presentes en el agua de riego del rio Aguanaval.....	33
<b>Fig. 7</b> Cationes presentes en el agua de riego del rio Aguanaval.....	34
<b>Fig. 8</b> Comportamiento temporal de las propiedades químicas Del agua de riego.....	35



## INDICE DEL APENDICE

**Anexo 1.** Criterios para la clasificación del agua de riego de Riverside..... 44

**Anexo 2.** Arroyos presentes en la microcuenca y sus longitudes en metros....45

## RESUMEN

El diagnóstico de los recursos hidrológicos del ejido Barreal de Guadalupe, municipio de Torreón Coahuila, es parte del proyecto de Conversión a producción orgánica que en esa comunidad se está llevando a cabo. Se tomaron muestras de agua de los dos diferentes abastecimientos que utilizan los productores; el río directamente y una bomba de riego que se encuentra en su margen. Se realizó principalmente la determinación de aniones ( $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{CO}_3$  y  $\text{NO}_3$ ) y cationes ( $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{K}$ , y  $\text{Na}$ ), así como el establecimiento de la conductividad Eléctrica y el pH. Los resultados muestran que para el caso de los Aniones el sulfato fue el único ion que registra mayor cantidad durante los cinco meses evaluados, cuyo valor elevado es de  $18.90 \text{ meqL}^{-1}$  en el mes de diciembre. En cuanto a los Cationes, el Sodio fue el ion más elevado con un valor de  $17.09 \text{ meqL}^{-1}$  también en diciembre. La conductividad eléctrica registró un valor de  $2.47 \mu\text{S/cm}$ . Y el pH que oscila en un rango de 7.64 a 8.41 para la mayoría de las muestras evaluadas. De acuerdo con la clasificación de Riverside (Richards, 1954) la calidad del agua es C3S2 para el mes de diciembre que representa la peor de la clasificación en este estudio. El cual significa que es agua media en sodio y alta en contenidos de salinidad, por lo tanto el mes de diciembre es agua utilizable para el riego con precauciones

**Palabras clave:** Aniones, cationes, CE, pH, Clasificación de Riverside

## ABSTRACT

The diagnosis of water resources of ejido "Barreal de Guadalupe" from Torreon Coahuila county is part of the proposed conversion to organic production in that community which is being carried out. Water samples were taken from two different sources. One of them was directly from the river and the other from a water pup located in the river bank. Water analysis involved anions (Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub> and NO<sub>3</sub>) and cations (Ca, Mg, K and Na) determination as well as electric conductivity (EC) establishment and potential of hydrogen (pH). This research was conducted during five months from August to December in 2008. Concerning to the anions, results showed that Sulfate was the only ion recorded with the highest values (18.90 meqL<sup>-1</sup>) in December, while the cations results indicated that Sodium had the highest values (17.09 meqL<sup>-1</sup>) also in December. EC registered a 2.47 μS/cm value and a pH rank of 7.64-8.41 for most of the samples evaluated. According to the Riverside classification (Richards, 1954), water quality is classified as C3S2 for the month of December in this study, which represents the worst water classification for agricultural use. This means, which is high salinity-medium sodium water. Therefore, the water present in this area must be used with strongly cautioned during December.

**Keywords:** Anions, cations, EC, pH, Riverside classification.

## 1. INTRODUCCION

La calidad y accesibilidad del agua plantea un grave problema de escasez económica: el 97.5 % del agua de la Tierra está compuesto por agua salada y solamente el 0.3 % del 2.5 % restante constituye el agua dulce de los ríos y los lagos, que moviliza el “ciclo hidrológico” anual. (Shiklomanov, 1999).

México ocupa el séptimo lugar por superficie atendida (alrededor de 5.2 millones de hectáreas) según datos del INEGI (2000), entre los ochenta países que cuentan con infraestructura para riego en el mundo. Sin embargo, los problemas ambientales asociados al desarrollo hidroagrícola son claramente notorios e impactan las áreas Circundantes a la zona de riego.

Entre ellos destacan la sobreexplotación de acuíferos, los problemas de ensalitramiento del suelo y la contaminación del agua, tanto superficial como subterránea (CONAGUA, 1994; Robles *et al.*, 1999). Por ello, la aplicación de agua para riego agrícola debe estar precedida por un estudio para su tipificación.

Todas las aguas de irrigación contienen sales disueltas en cantidades variables. La calidad del agua está determinada por la presencia de algunos constituyentes de importancia en el ambiente y por la concentración total de todos ellos. Al encontrarse en solución, las sales están separadas en aniones y

caciones que finalmente son las formas en que cada constituyente se determinará analíticamente para la clasificación de la calidad del agua. (Carter, 1975). La concentración de las sales disueltas en el agua de riego varía durante su almacenamiento y transporte antes de llegar al punto de aplicación. Al ser aplicada al suelo, la concentración de las sales ocurre a una mayor rapidez por evaporación del agua desde la superficie del suelo y por la transpiración de las plantas (Pillsbury, 1981).

El ejido Barreal de Guadalupe no cuenta con estudios que registren la calidad del agua de su principal fuente de riego, que es el río Aguanaval, en las temporadas de mayor precipitación arrastrando grandes cantidades de materiales que se cree influyen en la calidad del recurso hídrico de la comunidad, por tal motivo el presente trabajo va dirigido a la determinación de las propiedades físico-químicas del agua, con la finalidad de proponer alternativas de manejo.

La comunidad de estudio cuenta con predios destinados a la agricultura de temporal, lo que por otra parte permite justificar una caracterización de las microcuencas que rodean los predios comunitarios para cuantificar los escurrimientos y determinar si existen microcuencas que descarguen en los predios.

## **1.2. Objetivos**

7.1 Ubicar las principales fuentes de agua utilizadas en la producción agrícola para la comunidad.

7.2 Determinar la calidad del agua de las principales fuentes de la comunidad en los meses de mayor precipitación.

7.3 Caracterizar las microcuencas que se encuentren alrededor de los Predios destinados a la agricultura

## **1.3. Hipótesis**

La calidad de agua del ejido Barreal de Guadalupe es buena por lo tanto se puede ser utilizada para regar los cultivos de maíz, alfalfa y frijol.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. PROBLEMÁTICA DEL AGUA**

#### **2.1.1. Un panorama mundial**

El problema del agua en el mundo, tiende cada día a ser un problema de seguridad nacional de cada país. La Tierra, con sus diversas y abundantes formas de vida, que incluyen a más de 6.000 millones de seres humanos, se enfrenta en este comienzo del siglo veintiuno con una grave crisis del agua. Todas las señales parecen indicar que la crisis se está empeorando y que continuará haciéndolo, a no ser que se emprenda una acción correctiva. Se trata de una crisis de gestión de los recursos hídricos, esencialmente causada por la utilización de métodos inadecuados. La verdadera tragedia de esta crisis, sin embargo, es su efecto sobre la vida cotidiana de las poblaciones pobres, que sufren el peso de las enfermedades relacionadas con el agua. (UNESCO, 2009)

#### **2.1.2. La situación del agua en México**

El territorio mexicano es un tapiz de contrastes. Primero, la disponibilidad de agua per cápita en el sureste es siete veces mayor que la del centro, norte y

noroeste del país. Segundo, el norte y centro del país concentran 77% de la población nacional, mientras que el sur concentra 23%. Tercero, la capacidad productiva del norte y centro del país equivale a 85 % del producto interno bruto nacional, cuando estas regiones sólo poseen alrededor de 32% de los recursos hídricos del país. Por su parte, el sureste del país posee 68% de los recursos hídricos, pero su contribución al PIB es de sólo 15%<sup>1</sup>. Además, es importante señalar que el territorio nacional posee en total 653 acuíferos <sup>2</sup>, de los cuales 104 ubicados en la zona norte y centro del país, han sido ya sobreexplotados <sup>3</sup>. Bajo este contexto, la gestión del agua en México se hace problemática debido a la relación inversa que resulta de tres factores: la distribución de los recursos hídricos, la contribución a la producción nacional de cada región y la concentración demográfica (Nava, 2006).

A ello, hay que agregarle que dicha problemática se ha ido acentuado por la progresiva explotación indiscriminada de los mantos acuíferos. (Nava, 2006)

### **2.1.3. El agua en la Comarca Lagunera**

En la región de la Comarca Lagunera este problema se asume ya como un Problema crónico, severo y agudo. Estamos ubicados en el desierto de Chihuahua. Nuestro clima es árido y semiárido y en consecuencia, el problema del agua es de la mayor importancia (Levy, 2000).



En nuestra región dependemos del agua captada y almacenada en las presas o bien del agua que durante miles de años se fue acumulando en el subsuelo con el fin de abastecer a los habitantes de la región, así como para poder dedicarnos a la agricultura, la ganadería, la industria y otras actividades (Levy, 2000).

En la Región Lagunera estamos acabando con el agua del subsuelo, como consecuencia de la sobreexplotación de los acuíferos. Es el resultado, desde nuestro punto de vista, de la concentración del recurso del agua en unas cuantas manos y donde la producción de la región está en función de la ganadería lechera, actividad exitosa económicamente, pero que va en contravía de la conservación del recurso agua del subsuelo. Situación que se agrava por varias circunstancias que se suman y agudizan (Levy, 2000).

El problema actual se concreta en una mayor contaminación de los acuíferos en la Región. Por una sobreexplotación de los acuíferos regionales llegando a extraerse Más de 1,250 millones de metros cúbicos en los diferentes acuíferos de la región (Levy, 2000).

La manifestación más palpable de este problema es que se han sustituido las fuentes de abastecimiento propias (que no cumplen con la norma relacionada con el agua potable, sobre todo en arsénico) en diferentes ciudades y

comunidades rurales de la región. Se han tomado medidas correctivas, más no preventivas y el problema permanece debido a que se dio solución al problema del agua potable, más no a la sobreexplotación de los acuíferos (Levy, 2000).

Como toda la agricultura del mundo, ésta depende de la disponibilidad del agua. Dependemos de la captación que se da en la cuenca alta del río Nazas, con dos presas, la Lázaro Cárdenas con una capacidad de 3,336 millones de metros cúbicos y la Francisco Zarco con 438 millones de metros cúbicos. El río Aguanaval no tiene obras de captación, sus escurrimientos son erráticos y cuenta con 4,603 usuarios (4167 ejidatarios y 436 P.P.). (Levy, 2000).

## **2.2. Calidad del agua**

La calidad del agua es importante no sólo desde el punto de vista de la población, como agua para consumo humano, sino también como agua de riego para alcanzar una adecuada producción de cultivos (Baccaro *et al*, 2006).

A diferencia del agua de lluvia que puede arrastrar partículas y gases de la atmósfera, el agua para riego contiene sales disueltas. El exceso de sales solubles perjudica el crecimiento de los cultivos, ya que dificulta la absorción de agua debido a un efecto de potencial osmótico. No sólo es importante la concentración de sales en el agua, sino también la composición de ésta en

cuanto al tipo de cationes y aniones presentes. Aguas con alto contenido de sodio tienden a aumentar el nivel de sodio (Na<sup>+</sup>) intercambiable en el suelo. Con estas condiciones, los suelos se dispersan, decreciendo la conductividad hidráulica o la permeabilidad, lo cual interfiere con el drenaje y el normal suministro de agua, y la aireación requerida para el crecimiento del cultivo (Levy, 2000).

La calidad del agua para riego esta determinada por la cantidad y tipo de sales que la constituyen. El agua de riego puede crear o corregir suelos salinos o alcalinos. La concentración de sales en el agua de riego reduce el agua disponible para los cultivos, es decir, la planta debe ejercer mayor esfuerzo para poder absorber el agua; puede llegar incluso a sufrir estrés fisiológico por deshidratación, afectando esto su crecimiento. Dependiendo de la clase de sal disuelta, estas alteran y modifican el desarrollo de la estructura del suelo, lo cual reduce su infiltración. (Levy, 2000)

### **2.3. Clasificación del agua de riego**

Según el contenido de sales, en aguas para riego, la concentración total de sales solubles, puede ser expresada de forma adecuada para fines de diagnóstico y clasificación en términos de conductividad eléctrica CE. Una solución conduce mejor la electricidad cuando presenta mayor contenido de

sales; esta propiedad se aprovecha para medir la salinidad en términos de conductividad eléctrica. (Meneses, 2008).

Cuadro 1. Calidad del agua para riego de acuerdo a Riverside (U.S. Soil Salinity Laboratory).

CLASIFICACIÓN	CONDICIONES
Agua con poca salinidad (de 0 a 250 micromhos/cm)	Se puede usar en el riego de la mayoría de los suelos, con pocas probabilidades que se desarrollen salinidad en ellos; sin embargo puede ser necesario algo de lavado, exceptuando en los casos de poca permeabilidad.
Agua con salinidad moderada (de 250 a 750 micromhos/cm)	Se puede usar para riego de la mayoría de las plantas menos de las mas sensibles, cuando se cultivan en suelos de permeabilidad elevada a media. En suelos de poca permeabilidad se deben tener algunas precauciones con los lavados e incluso seleccionar plantas de mediana tolerancia.
Agua con salinidad media a elevada (de 750 a 2250 micromhos/cm).	Debe usarse solamente en suelos de permeabilidad moderada o buena. Los lavados regulares son necesarios para evitar el incremento de salinidad del suelo, se debe elegir plantas con tolerancia media a la salinidad.
Agua con salinidad elevada (de 2250 a 4000 micromhos/cm)	Se puede emplear para riego solamente en suelos de buena permeabilidad y cuando se dan lavados especiales para retirar el exceso de sales. Se debe cultivar aquellas plantas tolerantes a las sales.
Agua con salinidad muy elevada (de 4000 a 6000 micromhos/cm)	No es recomendable para riego y debe utilizarse solamente en terrenos muy permeables con lavados frecuentes. Se debe utilizar plantas que tengan una tolerancia elevada a las sales.

Cuadro 2. Clasificación del agua de riego según el contenido de sodio

CLASIFICACIÓN	CONDICIONES
Agua con poco sodio	Puede usarse en casi todos los suelos con poco peligro de acumulación de sodio intercambiable.
Agua con cantidades medias de sodio	Presentan un peligro apreciable en suelos que contengan mucha arcilla y poca materia orgánica, especialmente en malas condiciones para el lavado a menos que el suelo contenga yeso. Se puede utilizar esta agua bastante bien en suelos de textura gruesa (arenosa) y de buena permeabilidad.
Aguas con cantidades elevadas de sodio	Produce acumulaciones peligrosas de sodio en suelos que no sean yesosos, requiriendo de estos suelos cuidados especiales: buen drenaje, lavados intensos y adición de materia orgánica para mejorar sus condiciones físicas.
Aguas con cantidades muy elevadas de sodio	Son inadecuadas para el riego, excepto con baja y media salinidad, cuando sea posible se debe de usar yeso y otras enmiendas.

Los análisis de laboratorio de agua de riego deben incluir la determinación de la concentración de los iones más importantes, para determinar la relación de adsorción de sodio (RAS) para evaluar la calidad de las aguas la ecuación que permite obtener el valor del RAS es la siguiente:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

RAS = Relación de Adsorción de Sodio

Na = Sodio ( $\text{meqL}^{-1}$ )

Ca = Calcio ( $\text{meqL}^{-1}$ )

Mg = Magnesio ( $\text{meqL}^{-1}$ )

Las concentraciones pueden ser expresadas en miliequivalentes por litro ( $\text{meq/l}$ ). (Meneses, 2008)

## **2.4. Factores que determinan la calidad del agua para uso agrícola**

### **2.4.1. Principales iones presentes en el agua de riego**

El agua de riego puede contener iones que varían en su concentración. Los iones pueden ser cationes como el calcio, magnesio, sodio, y potasio o aniones como sulfatos, cloruros, carbonatos y bicarbonatos; algunos otros iones boro y nitratos. El calcio puede presentarse como carbonatos de calcio ligeramente soluble, sulfato de calcio moderadamente soluble. El agua con altas concentraciones de calcio es considerada como agua dura y no se considera como agua de uso doméstico, sin embargo, el agua dura se considera buena para fines de riego ya que ayuda a mantener buenas condiciones físicas del suelo y facilitando la infiltración del agua (Glover, 1996).

#### **2.4.2. Cationes que afectan la calidad del agua de riego**

En el caso del magnesio, las reacciones químicas de este catión son similares a las del calcio y estas normalmente ocurren en concentraciones medias con respecto al calcio. La presencia de este elemento también es indicador de aguas duras que favorece la estructura del suelo y contribuye para que el agua tenga buena infiltración (Glover, 1996).

El calcio y el magnesio son cationes que forman parte de los complejos estructurales que forman el suelo generando una estructura granular apropiada para los cultivos. El exceso de iones de sodio desplaza el calcio (Ca) y magnesio (Mg) y provoca la dispersión y desagregación del suelo. El suelo se vuelve duro y compacto en condiciones secas y reduce la infiltración de agua y aire a través de los poros que conforman el suelo. (García- Acevedo *et al.*, 2006.)

De los cationes presentes en el agua, el sodio se considera el más dañino. A diferencia de las aguas que contienen altas concentraciones de calcio y magnesio, el agua con concentraciones altas de sodio es considerada blanda y generalmente no se emplea con fines agrícolas. El problema que puede ocurrir por usar agua con este catión repercute en suelos sódicos que presentan

infiltración lenta y tiende a tapar la superficie dejando una apariencia brillante cuando son humedecidos. El sodio no solo afecta la estructura del suelo sino que también produce un efecto tóxico para la planta (Glover, 1996).

Uno de los iones que más favorece la degradación del suelo es el sodio que sustituye al calcio en los suelos de zonas áridas. Esta sustitución da lugar a una dispersión de los agregados y a una pérdida de la estructura, por lo que el suelo pierde rápidamente su permeabilidad. Una acción contraria a la señalada para el sodio es la que desempeñan calcio y magnesio (Glover, 1996).

El potasio es considerado como un elemento de menor importancia en aguas con fines agrícolas, frecuentemente se considera que su determinación en el análisis de agua, no forma parte del gran proceso que determina la calidad. Sin embargo, el potasio es un elemento esencial para la planta (Glover, 1996).

#### **2.4.3. Aniones que afectan la calidad del agua de riego**

De los aniones presentes en el agua de riego, el ión sulfato no causa un daño en particular tanto en suelo como en plantas, regularmente, contribuye a incrementar la salinidad en el extracto de saturación del suelo. El sulfato es frecuentemente usado para manejar y mejorar suelos con problemas de sodio (Glover, 1996).



También, es común encontrar cloro como cloruros en las fuentes de agua. Es de difícil precipitación y al igual que los sulfatos el cloro contribuye a la salinización del suelo y en altas concentraciones resulta tóxico para las plantas. El proceso químico capaz de reducir o eliminar los cloruros es el intercambio aniónico, y algunos procesos físicos son la evaporación y ósmosis inversa (Glover, 1996).

De los aniones más importantes para la clasificación del agua de riego destaca el bicarbonato ya que la alcalinidad es debida a la presencia de bicarbonatos  $\text{HCO}_3^-$ , carbonatos e hidróxidos. La mayor parte de la alcalinidad natural en las aguas las causa el bicarbonato. En las aguas residuales es útil porque proporciona un amortiguamiento para resistir los cambios de pH; pero con respecto al riego, aún en concentraciones muy bajas puede ser un problema sobre si se trata de riego por aspersión de frutales o viveros durante períodos de baja humedad y gran evaporación. A medida que el agua de las hojas se evapora, las sales se concentran. Aunque ello no implica toxicidad, si el efecto de concentración es suficientemente grande, las sales menos solubles en el agua precipitan depositándose en el fruto y en las hojas (Vinasco et al, 2007).

Los carbonatos y los bicarbonatos pueden aumentar el pH por lo tanto este se alcaliniza. para saber si el agua es de buena calidad se utiliza un estándar para

aguas de regadío que es el RSC son las siglas en inglés de residual sodium carbonate y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{RSC} = (\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{2++} + \text{Mg}^{+2})$$

Esta es una manera alternativa de medir la concentración de Na en relación al Mg y el Ca. Este valor puede aparecer en algunos informes de la calidad del agua de manera frecuente.

Si el RSC < 1.25 el agua se considera segura

Si el RSC > 2.5 el agua no será apropiada para regadío. (Vinasco et al, 2007).

Cuadro 3. Peligro de bicarbonato (HCO<sub>3</sub>) en aguas de regadío

Peligro de bicarbonato (HCO <sub>3</sub> ) en aguas de regadío (meq/L)			
	Ninguno	Ligero a moderado	Severo
(meq/L)	<1.5	1.5-7.5	>7.5
RSC	<1.25	1.25 – 2.5	>2.5

El agua siempre lleva cierta cantidad de cloruros y de acuerdo a su cantidad da idea de la bondad del agua. Siempre que se detecte cifras elevadas de cloruros hace sospechar que el agua es de baja calidad. El agua contaminada con letrinas será rica en cloruro, y la presencia de estos en las aguas naturales se atribuye a la solución de depósitos naturales de sal gema, contaminación proveniente de diversos efluentes de la actividad industrial, aguas

excedentarias de riegos agrícolas y sobre todo de las minas de sales potásicas. A veces puede presentarse un incremento esporádico del contenido en cloruros como consecuencia de contaminaciones domésticas, en particular procedentes de la orina del hombre y de los animales, que contiene por término medio 5g/l de ión Cl (Oliveres, 2010).

Los nitratos en el agua, la mayor parte, vienen de material orgánico y escapa de los campos demasiado fertilizados. Ha sido hallado que los nitratos se mueven a través de los suelos húmedos, a un índice de más de un metro por día. Pueden rápidamente contaminar pozos superficiales, especialmente aquellos localizados dentro o cerca de corrales para ganado abandonados. (Dupchak, 2009)

Los nitratos se reportan como nitratos y combinado de nitritos-nitrógeno, debido a que el nitrito es inestable y se convierte a nitrato antes que el análisis esté hecho. El agua que contenga más de 100 mg/L de nitratos, o 23 mg NO<sub>3</sub>-NO<sub>2</sub>-N/L, es potencialmente peligroso. Los nitratos altos en el alimento pueden contribuir a la toxicidad si el aporte en el agua es también alto. (Dupchak, 2009)

La determinación de sulfatos en aguas es de gran importancia ya que desde su formación dentro del ciclo del azufre, puede llegar a formar compuestos químicos con el medio ambiente que los contiene, se presentan en sistemas

naturales en aguas claras así como en aguas residuales, causando en el agua potable daños menores a la salud tales como sabor amargo y efectos purgantes, mientras que en aguas residuales llegan a causar la proliferación de gases y ácidos altamente tóxicos para la salud humana, asimismo dichos ácidos y gases además de ser explosivos en combinación con el oxígeno, son también corrosivos atacando a estructuras metálicas y de concreto. Los sulfatos se encuentran en las aguas naturales en un amplio intervalo de concentraciones. Los límites de concentración, arriba de los cuales se percibe un sabor amargo en el agua son: Para el sulfato de magnesio 400 a 600 mg/l y para el sulfato de calcio son de 250 a 400 mg/l. La norma mexicana NOM 127 SSA1 1994, establece como límite máximo permisible 400 mg/l. La presencia de sulfatos es ventajosa en la industria cervecera, ya que le confiere un sabor deseable al producto. En los sistemas de agua para uso doméstico, los sulfatos no producen un incremento en la corrosión de los accesorios metálicos, pero cuando las concentraciones son superiores a 200 mg/l, se incrementa la cantidad de plomo disuelto proveniente de las tuberías de plomo. El contenido de sulfatos es importante, porque las aguas con altas concentraciones tienden a formar incrustaciones en las calderas y los intercambiadores de calor. En aguas residuales la cantidad de sulfatos es un factor muy importante para la determinación de los problemas que pueden surgir por olor y corrosión de las alcantarillas. (García- Acevedo *et al.*, 2006.)

## **2.5. Caracterización de Microcuencas**

### **2.5.1. Definición de microcuenca**

Las microcuencas son unidades geográficas que se apoyan principalmente en el Concepto hidrológico de división del suelo. Los procesos asociados al recurso agua tales como escorrentía, calidad, erosión hídrica, producción de sedimentos, etc., normalmente se analizan sobre esas unidades geográficas. De acuerdo al detalle de la topografía con que se cuente además de la escala de trabajo se pueden establecer tamaños mínimos de microcuencas. Este proceso se ve facilitado por paquetes informáticos que trabajan con la información raster generada por los modelos digitales de elevación y con rutinas preestablecidas delimitan la microcuencas de acuerdo a los criterios de área mínima y variaciones de elevación. El recurso hídrico del cual disponemos para consumo humano y otras actividades de la economía rural como la agricultura y la ganadería está sobre todo en las aguas superficiales de los lagos, ríos y quebradas y en las aguas profundas de los mantos acuíferos. Es una parte de terreno, delimitado por las partes altas de las montañas donde el agua de la lluvia se concentra y se consume en el suelo, para salir después por un cauce principal y desembocar en una fuente abierta como una quebrada, río o lago. Las microcuencas son importantes, porque además de convertirse en zonas "productoras" o "captadoras" de agua, regulan y favorecen las condiciones del clima, producen oxígeno, sirven de casa para muchas formas de vida vegetal,

animal como insectos y microorganismos que a simple vista no se pueden ver, además de ser el lugar donde el hombre habita y realiza todas sus actividades productivas. Las microcuencas forman parte de una subcuenta o cuenca.

(MMARN, 2006)

## **2.6. Métodos para la caracterización de microcuencas**

### **2.6.1. Sistemas de Información Geográfica**

Los sistemas de información geográfica (SIG), son en la actualidad una herramienta de trabajo fundamental en las áreas relacionadas con el manejo de cuencas, permitiendo obtener el máximo rendimiento de la información, facilitando el manejo de datos y la toma de decisiones. La delimitación geomorfológica de las microcuencas es realizada a partir de modelos basados en celdas, conocidos como Modelos de Elevación Digital (DEM) (García-Quintero y Caicedo-Carrascal, 2004)

La información contenida en el DEM se procesa mediante la utilización de extensiones especializadas como: HEC-GeoHMS 1.1 y el Spatial Analyst, las

cuales son instaladas en el software ArcView Gis 3.3. (García-Quintero y Caicedo-Carrascal, 2004)

### 2.6.2. Presentación del programa de computo ArcView 3.3

Es un software que permite el análisis y provee las herramientas de escritorio necesarias para manejar la información geográfica de una manera fácil y poderosa, compuesta por una interfaz gráfica que permite cargar datos espaciales y tabulares y desplegarlos como mapas, tablas y diagramas.

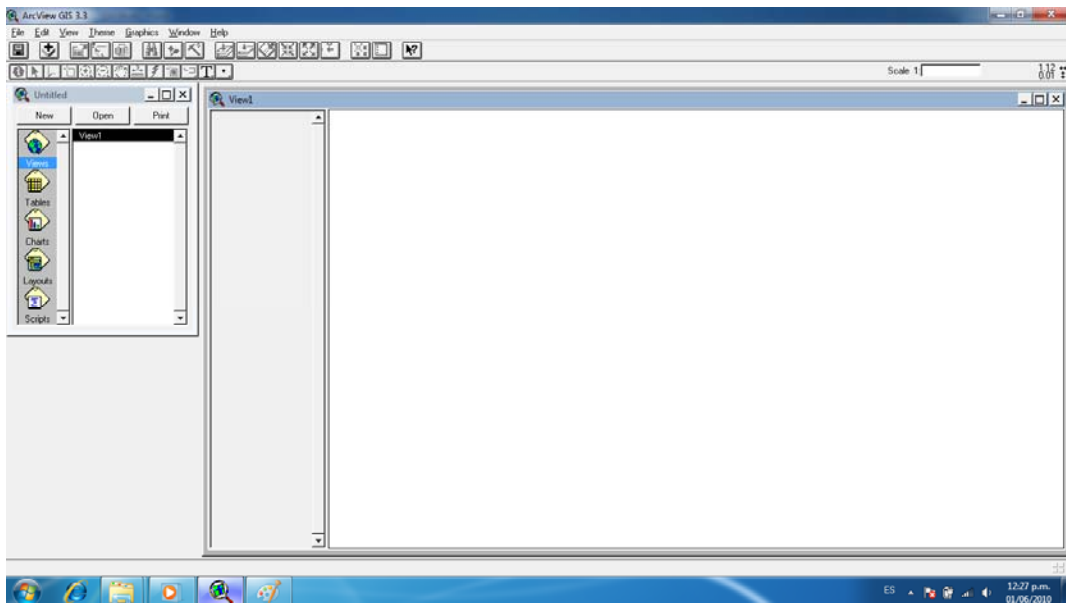


Figura 1. Vista principal del programa Arcview

Figura 1 se muestra la presentación principal del software (García-Quintero H. y Aicedo-Carrascal F. 2004)

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO**

El estudio se realizó en los meses de agosto a diciembre de 2008. Se realizaron salidas de campo al Ejido Barreal de Guadalupe para ubicar, entrevistar y tomar muestras de dos diferentes abastecimientos de agua con fines agrícolas y de consumo humano, estas se extrajeron de los medios de almacenamiento situados al margen del río. El muestreo consistió en tomar un litro de agua de las fuentes por mes del periodo de agosto – diciembre.

De igual manera se realizó una caracterización de la microcuenca cercana al área de siembra para determinar si el agua que corre por estas contribuye al depósito de minerales al suelo. La caracterización de la microcuenca se determinó mediante el programa de computo Arcview versión 3.3.

#### **3.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

##### **3.2.1. Clima**

El clima representativo de la zona es perteneciente a la clasificación Bwhw según Koopen que se refiere a clima seco con temperatura media anual de 18



°C, cuya estación más seca es en invierno y el mayor porcentaje de lluvias es en el verano (CONAGUA, 2004)

### 3.2.2. Localización

El estudio se llevó a cabo en el Ejido Barreal de Guadalupe (Figura 2), geográficamente se localiza entre los 103° 31´6.72´´ longitud oeste y los 24° 59´ 8.44´´ de latitud norte, a 1374 msnm, perteneciente al municipio de Torreón Coahuila y forma parte de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco.

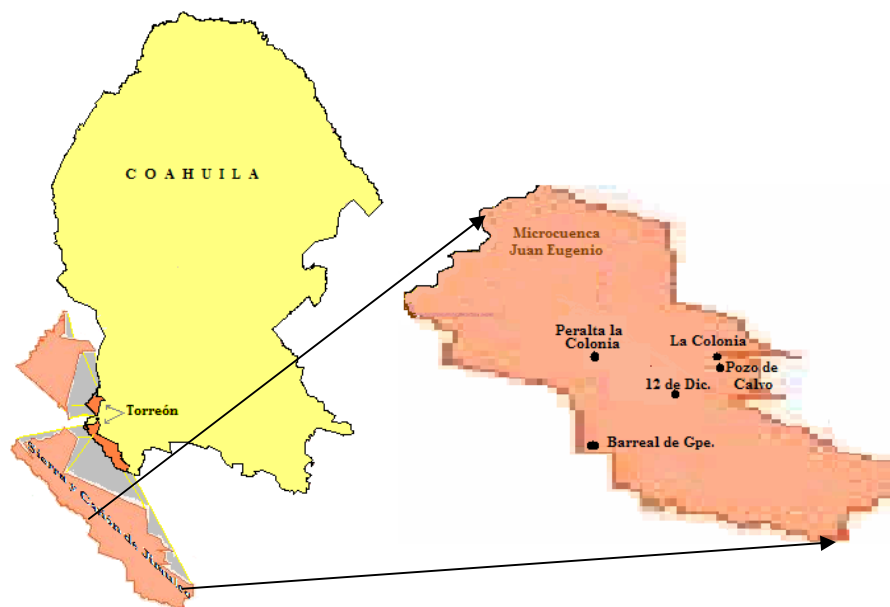


Figura 2. Ubicación del Ejido Barreal de Guadalupe, Coah. (FUENTE: INEGI, Carta 1:50,000).

### **3.3. Infraestructura hidroagrícola**

Se realizaron visitas de campo en el ejido Barreal de Guadalupe, con fines visuales y de entrevista para ubicar lo relacionado con la infraestructura y para tomar las muestras del río Aguanaval durante los cinco meses que abarco el estudio en el periodo de agosto – diciembre de 2008, tomándose cada último sábado del mes.

### **3.4. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA**

Las muestras fueron tomadas durante cinco meses en el periodo agosto – diciembre, meses; en los que históricamente se registra la mayor precipitación, tomándose cada último sábado del mes. Se colectó un litro de agua en recipiente de plástico para ser trasladados al laboratorio.

Los análisis físico-químicos fueron realizados en el laboratorio CENID-RASPA ubicado en Gómez Palacio, Durango. Las determinaciones realizadas consistieron en los principales cationes (Ca, Mg, K, y Na), principales aniones (Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub> y NO<sub>3</sub>), así como pH y C.E. de acuerdo a la NOM-001-ECOL-1993 calidad de aguas residuales con fines de riego en suelos agrícolas.

Una vez que se analizaron las muestras en el laboratorio se procedió a determinar la calidad del agua de riego de acuerdo a los criterios de Laboratorio de Salinidad del los Estados Unido de América (Richards, 1954), el cual, para su clasificación emplea los valores de Conductividad Eléctrica (CE) y Relación de Absorción de Sodio (RAS). El RAS se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

RAS = Relación de Adsorción de Sodio

Na = Sodio (meqL<sup>-1</sup>)

Ca = Calcio (meqL<sup>-1</sup>)

Mg = Magnesio (meqL<sup>-1</sup>)

### **3.5. DELIMITACIÓN DE LA MICROCUENCA**

Para realizar la delimitación de la microcuenca fue necesario contar con el programa de Arcview Versión 3.3 de esta manera se cumplieron los siguientes pasos a seguir para lograr el objetivo:

La delimitación de una cuenca hidrográfica es posible si se dispone de un modelo de elevación digital del terreno, en orden de aparición: Arcview con Spatial analysis, Basin 1 y wwf.hydro. El SRTM es un Modelo de Elevación

Digital (MED) con una resolución de 80 m, por lo que el resultado que vamos a obtener es válido a escalas 1:50.000 o como máximo 1:25.000.

Primeramente se tienen que eliminar las depresiones que pueda haber dentro del Modelo de Elevación Digital (MED). Enseguida se pulsa wwf hydro/remove depressions (Figura 3) teniendo activo el Modelo de Elevación Digital (MED). Este paso tarda varios minutos.

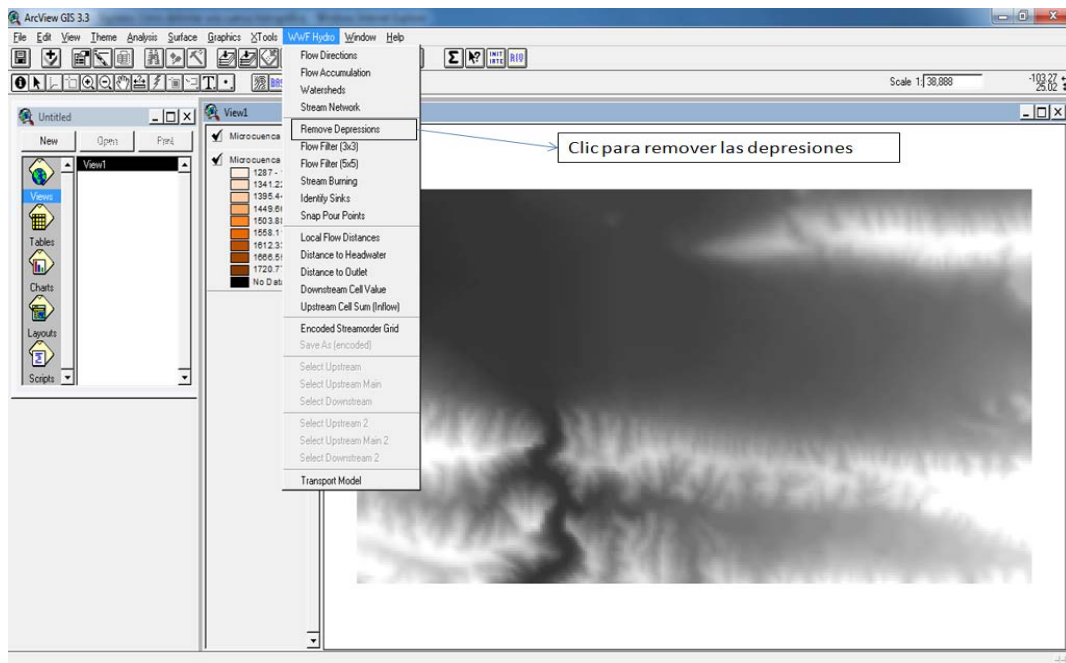


Figura 3. Eliminación de las depresiones del MED.

Al terminar este proceso el resultado que se obtiene es un archivo temporal, por lo tanto hay que crear un grid permanente con "Convert to Grid".

### a). Generación del grid de dirección del flujo

Para lograr esto seleccionamos wwf hydro / Flow directions (Figura 4), estando activa la capa producida en el punto anterior. Este proceso tarda vuelve a tardar varios minutos en cargar.

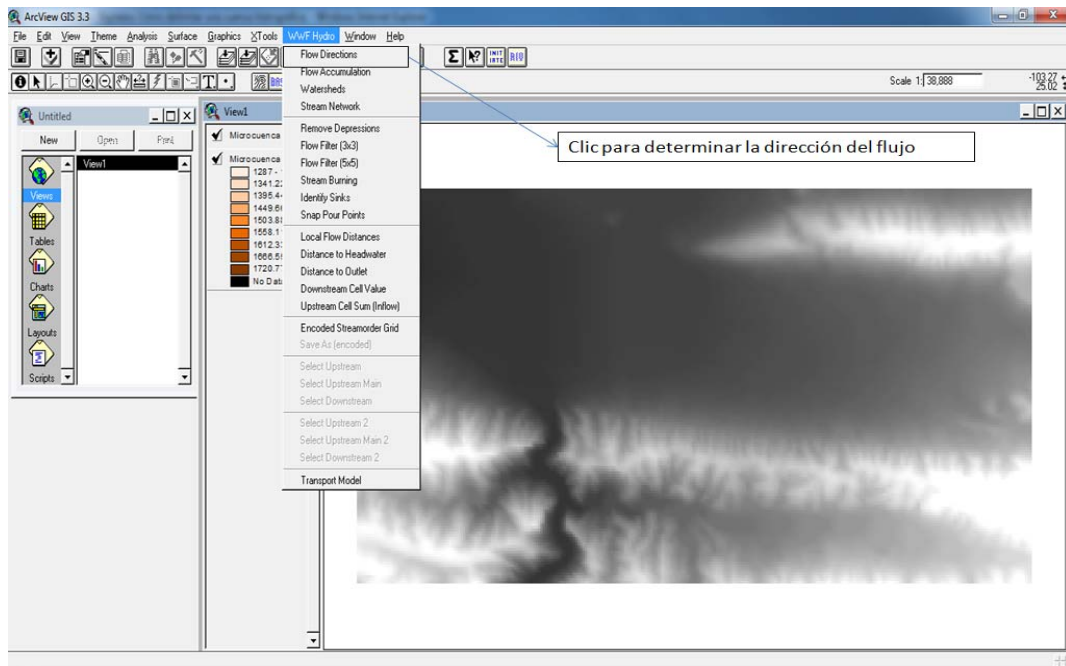


Figura 4. Determinación de la dirección del flujo.

### b). Generación de la capa de acumulación de flujo

Una vez teniendo activa la capa producida en el paso anterior se selecciona wwf hydro / Flow accumulation como se aprecia en la Figura 5.

Las capas que se van añadiendo a flow direction y flow accumulation solo son **temporales**, por lo que se tiene que grabar con otro nombre mediante Convert to grid.

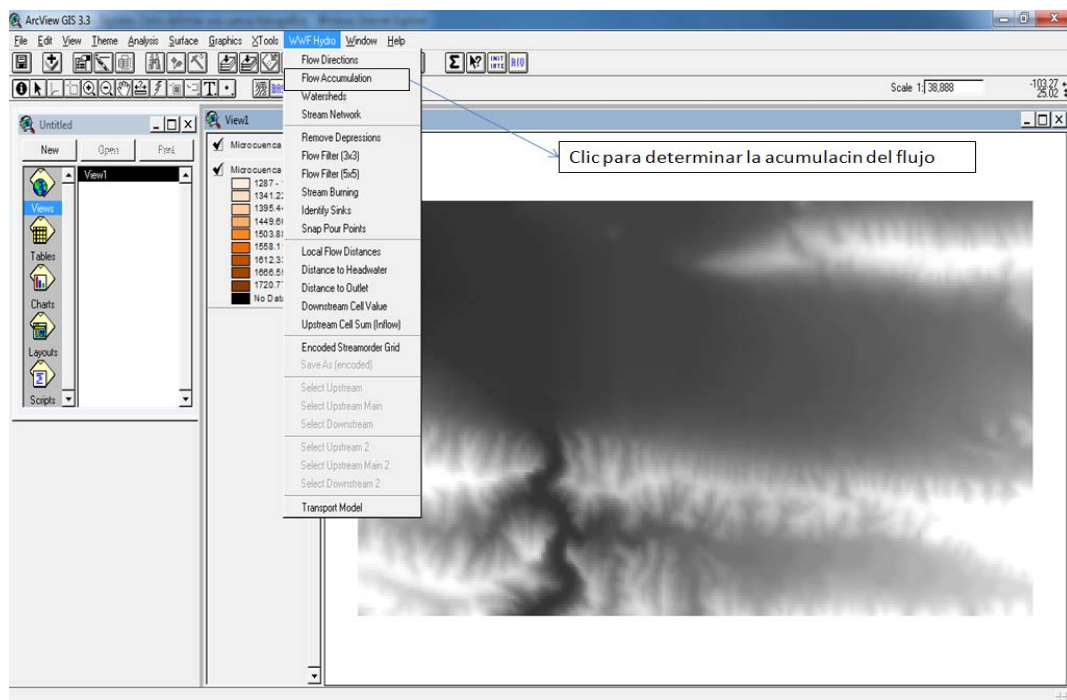


Figura 5. Determinación de la acumulación del flujo.

### c). Iniciación de la extensión basin 1

Para esto primeramente se tuvo que ver cargado la extensión basin1. De igual manera hay que tener el grid como capa activa que no contiene “sinks”.

Se selecciona la herramienta de “Initiate” en el que se tendrá que poner el nombre de la capa que se encuentra en “flow direction” y el de “flow accumulation” el cual se deberán poner ambos.

Habiendo terminado estos primeros pasos y si todo esta correcto se activara un botón que tiene forma de “gotita de agua” el cual quiere decir que el trabajo está casi listo.

Es recomendable modificar los colores de la capa de “flow accumulation”. El cual facilitará y permitirá tener una idea precisa sobre los cursos de agua de este grid.

Esto consiste en asignar colores claros a todas las celdas con valores bajos, y a los valores altos se elige una tonalidad oscura. Este paso es importante porque la definición del punto a partir del cual se crea la cuenca requiere algo de puntería por que consiste en señalar un punto del río.

Al pulsar sobre un punto de la red hídrica se generará automáticamente la cuenca de ese punto.

Este punto se puede repetir tantas veces como uno quiera. El resultado en cada ocasión será el perímetro de la cuenca a portante del punto seleccionado.

Finalmente, si nos interesa tener la red hídrica del Método de Elevación Digita (MED) podemos obtenerla mediante wwf hydro stream network. Este proceso se alimenta de la capa de dirección de flujo. Hay que responder al sistema con

“yes” / “Number of upstream cells” / e indicar el número de celdas, mínimo con el que comience a delimitarse la red.



## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Infraestructura hidroagrícola y Fuentes de Agua**

En el Ejido Barreal de Guadalupe se encuentra el río Aguanaval el cual pasa por las orillas, esta agua es aprovechada por los habitantes para consumo humano, de animales y sobre todo para riego de los cultivos siendo principalmente maíz, frijol y alfalfa. Un cárcamo de bombeo para uso agrícola, se ubica en la margen del río Aguanaval. Con este cárcamo se riegan 88-00 Hectáreas pertenecientes al ejido, el agua es conducida mediante tubería de 10 pulgadas de diámetro con una longitud de 2 603.72 m hasta los predios y a los hogares. El agua conducida por dicha tubería es depositada en acequias, de las cuales se reparte a los cultivos para ser regados.

### **4.2 Calidad del agua**

Para determinar la calidad de agua fue necesario realizar análisis químicos de conductividad eléctrica y pH. Así como los cationes y aniones.

#### 4.2.1. Aniones

En la Figura 6, se puede apreciar que el nivel del sulfato es más elevado que los demás aniones sobre todo en el mes de diciembre, esto se debe a las avenidas de agua que se presentan en el periodo de lluvias y arrastran toda cantidad de minerales ya sea del suelo o piedras que se encuentran en el río

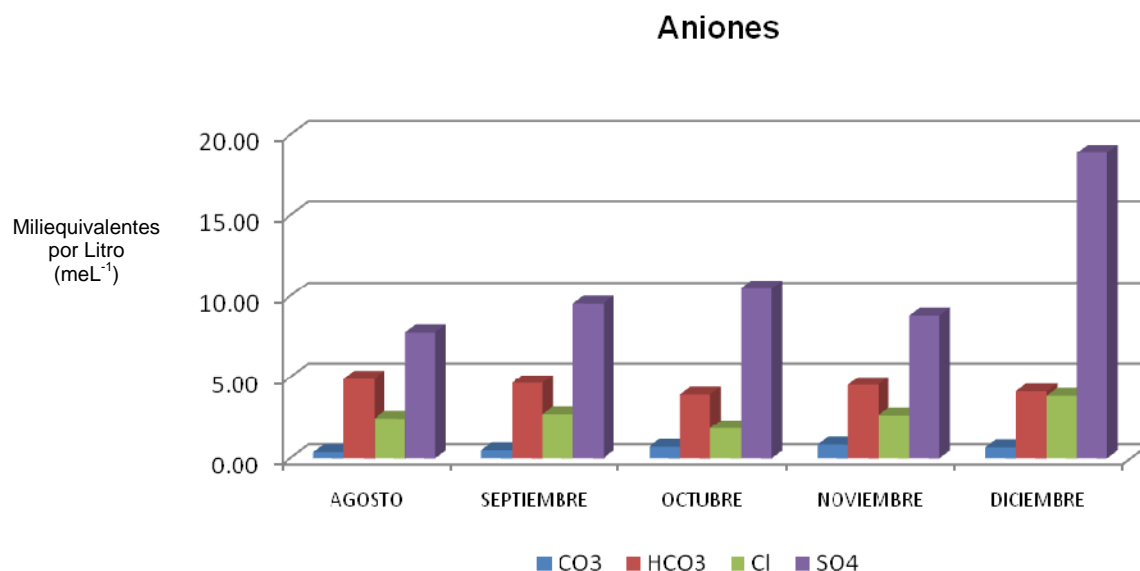


Figura 6. Aniones ( $\text{meL}^{-1}$ ) presentes en el agua de riego del Río Aguanaval muestreados durante agosto a diciembre de 2008.

#### 4.2.2 Cationes

En la Figura 7 se muestra el comportamiento de los principales cationes que se encuentran presentes en el agua para riego del río Aguanaval, muestreados durante agosto - diciembre de 2008. Según la NOM-001-ECOL-1996 no existe riesgo alguno de sodio. La cantidad registrada de nuestro diagnóstico es de  $17.09 \text{ meL}^{-1}$ , esto significa que representa poco problema para que el agua sea usada con fines de riego, en los demás cationes analizados no existe riesgo alguno ya que se encuentran por debajo de los límites establecidos. (De 10 a 20 meq/l puede ocasionar daños)

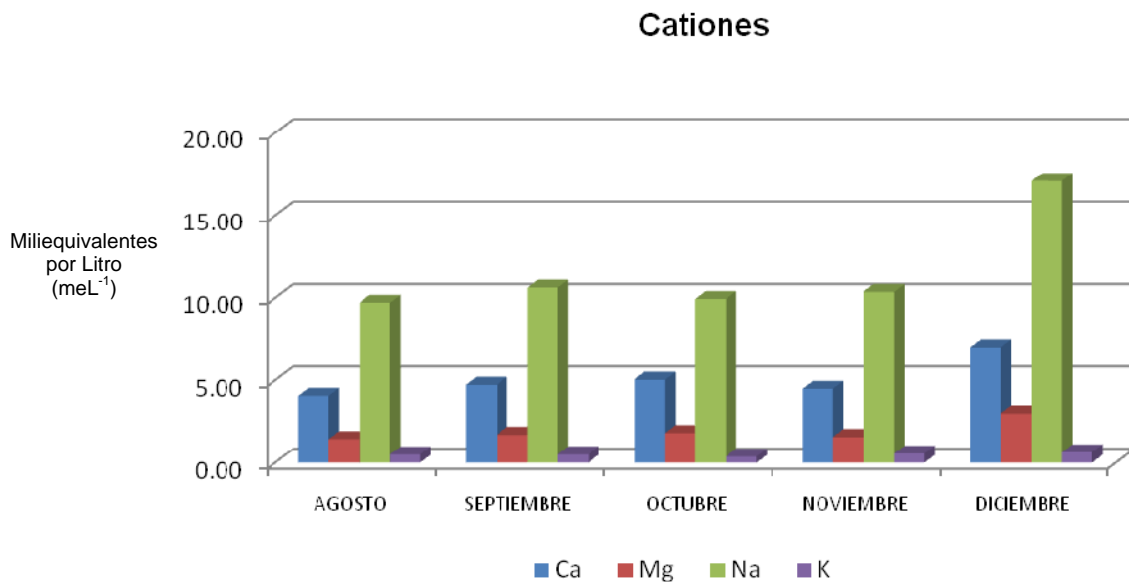


Figura 7. Cationes ( $\text{meL}^{-1}$ ) presentes en el agua de riego del Río Aguanaval muestreados durante agosto a diciembre de 2008.

### 4.2.3 Determinación de la calidad del agua

Los parámetros para establecer la calidad del agua de riego seleccionado fueron las Normas de Riverside (Anexo 1 del Apéndice), las cuales implica los parámetros de RAS y CE, para determinar la clasificación del agua de riego.

En la Figura 8 se observa el comportamiento que tienen cada mes la CE, RAS y pH, no varían considerablemente.

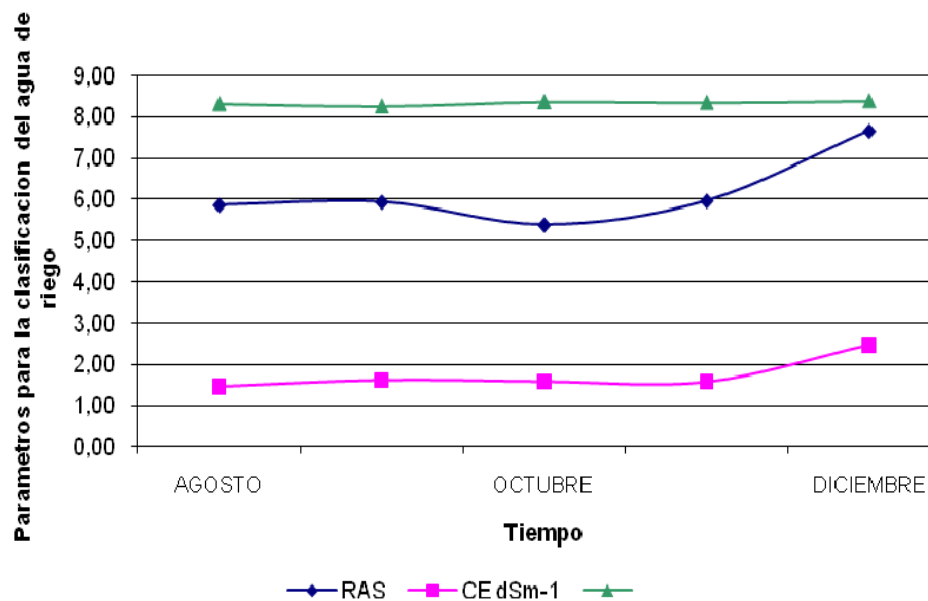


Figura 8. Comportamiento temporal de las propiedades químicas del agua de riego

Según el nivel de salinidad más elevado se encuentra de igual manera en el mes de diciembre con conductividad eléctrica de 2.470,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$  representando

según la clasificación de Riverside C4-S2, agua con alta cantidad de sales y media en sodio, que significa agua utilizables para el riego con precauciones (Richards, 1954).

Por lo que en aguas de menos de 1.200,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no suelen plantear ningún problema, por el contrario aguas con una conductividad por encima de 2,5 mS/cm o 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no son aconsejables para el riego.

La calidad de agua de riego se determinó como C3-S2 de acuerdo a las Normas de Riverside (Richards, 1954); agua con una salinidad alta y media en sodio, por otra parte la clasificación del agua en el mes de diciembre es C4-S2, es decir, muy alta en salinidad y media en sodio. Por lo tanto se considera como agua utilizable para el riego con precauciones debido a que existe un alto peligro por contenido de salinidad, en ese sentido se considera que el requerimiento de lavado (RL) puede ayudar para mitigar las posibles complicaciones. La cual se calcula con la siguiente ecuación:

$$LR = \frac{EC_w}{(5 \times EC_e) - EC_w}$$

Donde:

LR = Requerimiento de lavado (adimensional)

$EC_w$  = Conductividad eléctrica del agua ( $\text{dSm}^{-1}$ )

$EC_e$  = Conductividad eléctrica umbral ( $\text{dSm}^{-1}$ )

Para satisfacer el requerimiento de lavado en los diferentes meses, se uso el valor más alto registrado de la CE del agua de riego de  $2.47 \text{ dSm}^{-1}$  y el valor de CE umbral para la máxima producción de alfalfa de  $2.0 \text{ dSm}^{-1}$ , puesto que valores de CE de otros cultivos que se siembran como el frijol y maíz son inferiores, por tales motivos con el valor umbral de alfalfa se asegura el lavado de las sales para cualquiera de los manejos agrícolas en los diferentes ciclos, siendo pues la fracción de 0.33. En ese sentido el valor de CE umbral para los cultivos de maíz y frijol no se tomaron en cuenta por lo antes mencionado. La cantidad de lámina de riego total por aplicar para tener control sobre la salinidad será de 33%.

### **4.3 Análisis hidrológico de las microcuencas**

Trabajos anteriores (Sosa, 2009) en calidad del suelo en las hectáreas de sembradío del Ejido Barreal de Guadalupe demuestran que el contenido de sodio en el suelo son muy altos por lo que el suelo presenta problemas de sodicidad y la mayoría de los cultivos no son tolerantes a las concentraciones altas de sodio, debido a que la zona de cultivos está situada en la parte baja de la microcuenca se delimito para determinar la cantidad de agua que arrastra y circula por las cárcavas con el fin de comprobar que el arrastre de materiales hace que estos se acumulen en la tierra de cultivo generando los mencionados problemas de salinidad.

Para tales efectos, se digitalizaron las microcuencas que se encuentran aledañas a los predios de los cultivos por medio de Arcview y a partir de los

Modelos de Elevación Digital (MED), la Figura 9 muestra la zona cubierta de acuerdo a la red hídrica con Arcview, sin embargo, como se pueda apreciar solo se generó la red en la mitad de los predios con un área total de 1,154 ha y un perímetro de 15871.67 en el cual el ramal más grande fue de una longitud de 2078.50 m y el menor de 42.06 m (Anexo 2 del Apéndice) por lo que gran parte de la microcuenca quedó a la deriva del área de producción, lo que significa que el programa Arcview mostró deficiencias; esto puede ser debido a que los Sinks del MED cubrían puntos de 50 metros.

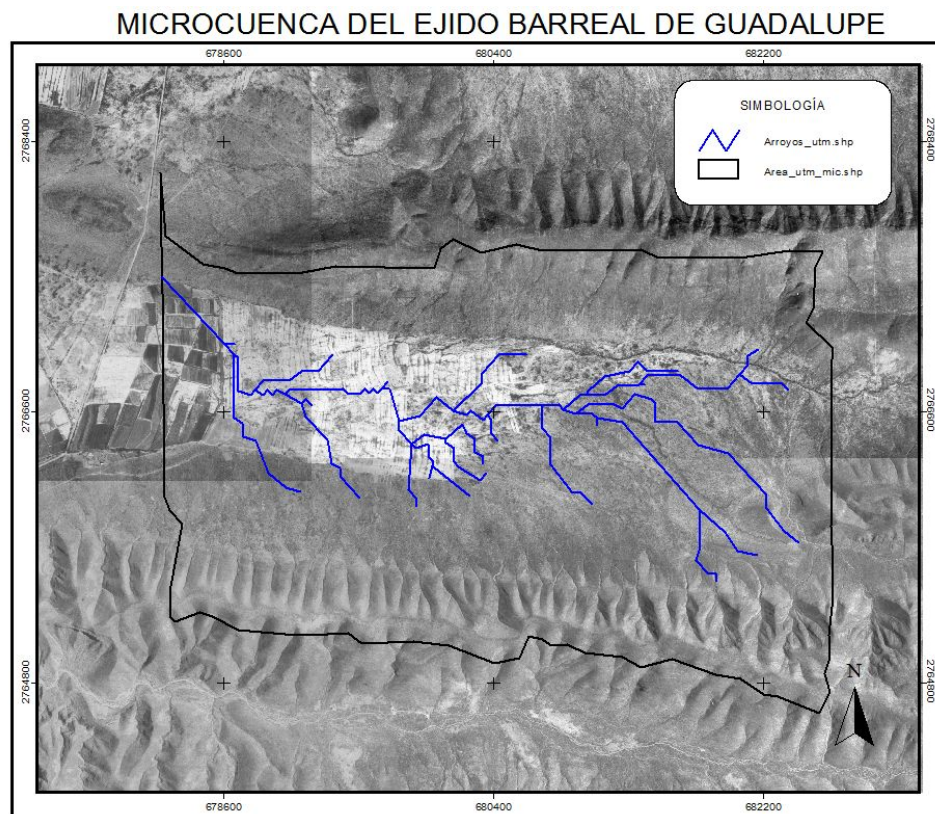


Figura 9. Microcuenca en los predios agrícolas del Ejido Barreal de Guadalupe.

## **5. CONCLUSIÓN**

Una vez que fueron ubicadas las principales fuentes de agua que se utilizan en el ejido para la producción agrícola, se reunieron todos los datos obtenidos a partir de los distintos índices y normas para la clasificación del agua.

Llegando a la conclusión de que esta agua es muy alta en salinidad y media en sodio. Por lo tanto se considera como agua utilizable para el riego con precauciones.

De igual manera se realizó la caracterización de la microcuenca que se encuentran a los alrededores de los predios utilizados para la siembra de maíz, frijol y alfalfa. Esto para poder determinar la calidad de agua que baja por las escorrentías hasta los predios y determinar si causa daño alguno a los cultivos que se encuentran al pie de los cerros.

De esta manera se han caracterizado los recursos hidrológicos del ejido Barreal de Guadalupe, en su primera aproximación, para considerarlos en los procesos de producción orgánica en el corto y mediano plazo.



## 6. LITERATURA CITADA

- Baccaro, k. Degorgue, M. Lucca, M. Picone, I. Zamuner, E. Andreoli, Y. 2006. calidad del agua para consumo humano y riego en muestras del cinturón hortícola de mar de plata. Argentina
- Canadá Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (CMMARN) 2006. Protección de Microcuencas. Cartilla N° 5. El salvador
- Carter, D.L. 1975. Problems of salinity in agriculture. En: A. Poljakoff-Mayber y J. Gale (eds.). Plants in saline environments. Springer. Berlín. pp. 25- 76.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 1994. Programa Nacional de Irrigación y Drenaje. Comisión Nacional del Agua. Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola. México, D.F.
- Costa J. L. 2002. Efecto de la calidad del agua de riego sobre las Propiedades del suelo. Buenos Aires Argentina. (53)
- Dupchak, K. 2009 Evaluación de calidad de agua Para El ganado.manitoba Agricultura and Food.Canada.
- Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO). 2007. plan rector de Producción y conservación de la Microcuenca Juan Eugenio. México.
- García, E. 2008. El Manejo del Agua en la Laguna, México. Instituto de Desarrollo del Campo. México.
- García, E. 2008. Uso del agua en la laguna. Instituto de Desarrollo del Campo. Disponible en: [www.bancomundial.org/foro](http://www.bancomundial.org/foro) , revisado en Octubre de 2008.

- García-Acevedo, R. Rodríguez-Castro, J. Ruiz-Chávez, R. Chávez-Cárdenas, J. Serrano-Medrano M. 2006. Determinación de parámetros de campo en aguas y su importancia en el diseño de sistemas de tratamiento. México.
- García-Quintero, H. A. Caicedo-Carrascal F. M. 2004. Modelación geomorfológica de las microcuencas el guamal y la morena, abastecedoras del sistema de acueducto del municipio de convención, n.s. a partir de un modelo de elevación digital (dem). Universidad francisco de paulasantander. México. [http://www.ppifar.org/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/62BE8B18BD](http://www.ppifar.org/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/62BE8B18BD) Consultado el 2 de junio del 2009.
- Glover, C. R. 1996. Irrigation wáter classification systems. Guide A-166. Cooperative Extension Service. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University. pp 1-4.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000. México Hoy. México, D.F.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2009. Modelos digitales de elevación. México
- Levy, G. J. 2000. Sodicity.. En: Sumner M. E. (Ed.). Handbook of Soil Science. FL.
- Meneses, M. 2008. El concepto de calidad del agua. Miguel Meneses Ing. Agrícola, U.N. México. Disponible en: <http://senamosquera.com/documentos/riego/documento/-2pdf>
- Nava, L. 2006. Cuando la gestión del agua se vuelve problemática: el caso de México. México.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-ECOL-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, publicado en el diario oficial de la federación el 24 de Junio de 1996. Disponible en:  
<http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/.pdf>

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, "salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización". Disponible en:  
<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-AA-008-SCFI-2000. Esquema de Norma Boliviana determinación del pH. Disponible en:  
<http://www.semarnat.gob.mx/NMX-AA-008-SCFI-2000.pdf>

Oliveres, C. 2010. Concentración media de cloruros en el río Cardener. Tesis Maestría, consultada en:  
[http://www.tdr.cesca.es/tesis\\_upc/available/tdx-0712101-075103//04componentesaguas02.pdf](http://www.tdr.cesca.es/tesis_upc/available/tdx-0712101-075103//04componentesaguas02.pdf)

Pillsbury, A. F. 1981. La salinidad de los ríos. Investigación y Ciencia. 60:25-39.

Richards, L. A. 1954. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Manual de agricultura N° 60. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. 171 pp.

Robles P., C.; M. Bautista R. y A. Maldonado O. 1999. Distrito de riego No. 19 de Tehuantepec, Oaxaca. 1. Evaluación del ensalitramiento de los suelos. Avances en Ciencia y Tecnología. 3:50-60.

Shiklomanov I. A. 1999. Los recursos mundiales de agua: evaluación Actualizada y perspectivas para el siglo XXI

Sosa, I. Y. 2009. Diagnóstico básico del suelo para la producción orgánica: caso ejido Barreal de Guadalupe torreón Coahuila. México Pp. 27

Tincopalangle, J.C. 2005. La calidad del Agua. Tesis Disponible en:  
<http://portal.educar.org/juancarlostincopalangle/blog/lacalidaddelagua>  
revisado en Marzo 2009.

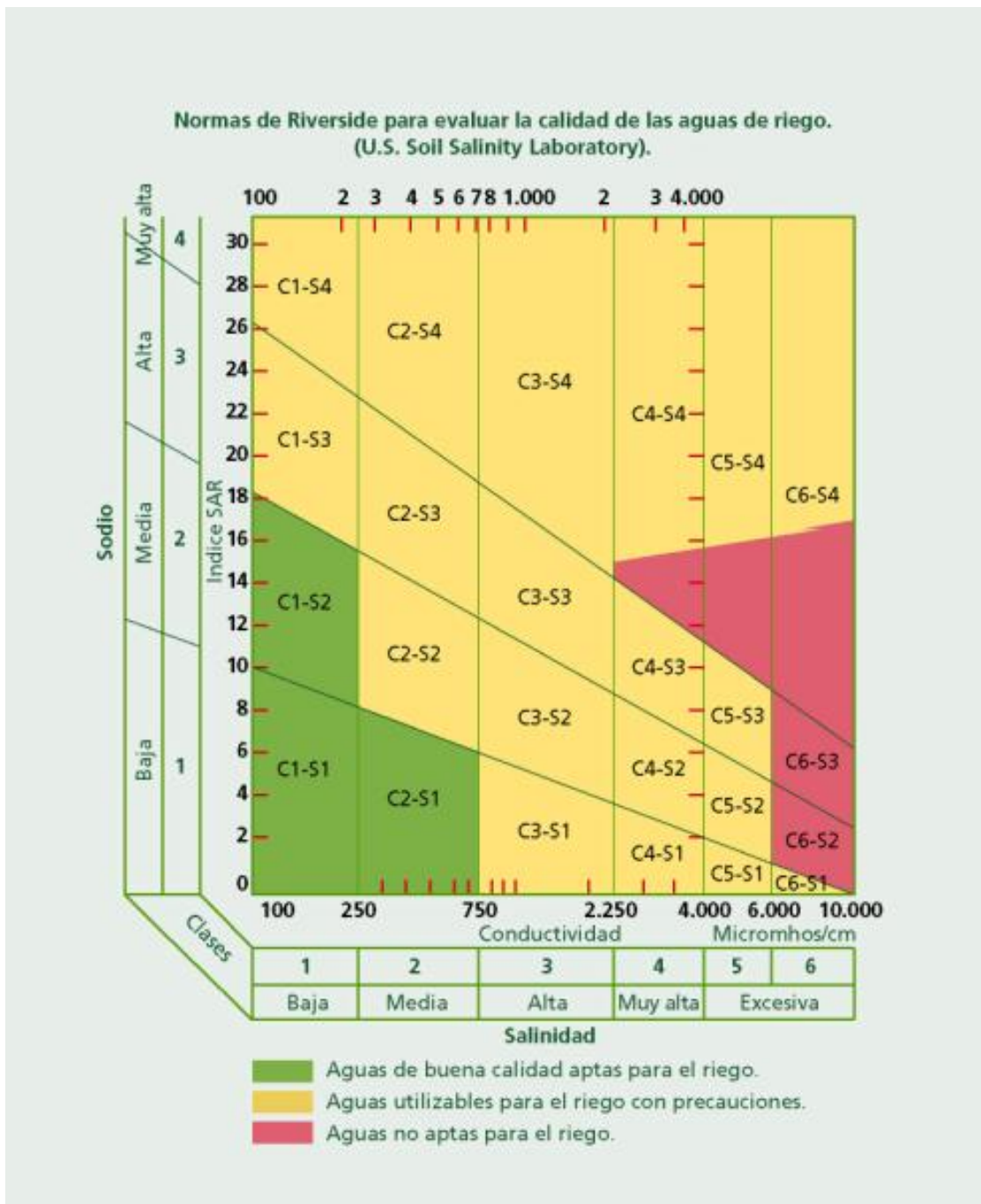
UNESCO. 2009 Agua Para todos agua Para La vida. Disponible en:  
[www.unesco.org/water/wwap](http://www.unesco.org/water/wwap), revisado en marzo 2009.

Vinasco J., Jaramillo D., Betancourt R. 2007. Valoraciones con dos indicadores:  
determinación de Carbonatos y Fosfatos. Santiago de Cali, Valle de  
Cauca, COL. Disponible en:  
<http://www.scribd.com/doc/504234/informe-carbonatos-y-fosfatos>  
revisado en mayo del 2010

Hanson 1993.criterios de interpretación de la calidad agromómica de las aguas  
de riego (junio 2002) disponible en:  
[www.fraisoro.net/documentos/recomencriteriosdeinterpretacionaguas.pdf](http://www.fraisoro.net/documentos/recomencriteriosdeinterpretacionaguas.pdf)

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Criterios para la clasificación del agua de riego de Riverside (Richards, 1954)



Anexo 2. Arroyos presentes en la microcuenca y sus longitudes en metros.

Número de Arroyo	Longitud
1	615.332
2	70.099
3	83.257
4	228.728
5	613.589
6	62.444
7	42.061
8	388.211
9	252.822
10	740.053
11	774.022
12	362.959
13	723.887
14	356.595
15	127.935
16	104.073
17	679.779
18	153.793
19	201.345
20	391.709
21	89.574
22	278.645
23	455.322
24	277.061
25	153.794
26	46.154
27	196.381
28	186.427
29	247.772
30	265.141
31	479.287
32	111.282
33	458.986
34	1155.958
35	773.840
36	341.916
37	438.378
38	813.701
39	943.403
40	2078.496
41	506.962
42	569.761