



Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"

DIVISION DE INGENIERIA

Departamento de Ciencias del Suelo

**Desertificación en base al Comportamiento Geohidrológico
en el Valle de Cuatrociénegas.**

POR:

ALEX ENCIN SOLIZ

TESIS

**Presentada como requisito parcial para obtener el
Título de:**

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, diciembre de 2007

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE INGENIERIA**

**Desertificación en base al Comportamiento geohidrologico en el valle de
Cuatrociénegas.**

POR:

ALEX ENCIN SOLIZ.

TESIS

**Que somete a la consideración del H. jurado examinador como
Requisito parcial para obtener el título de:**

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por el comité de Tesis

Asesor principal

M.C. Alejandra R. Escobar Sánchez

Sinodal

Sinodal

Dr. José Ángel Cepeda Dovala

M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala

Coordinador de la División de Ingeniería

Dr. Raúl Rodríguez García.

Buenavista, Saltillo, Coahuila. diciembre de 2007

AGRADECIMIENTOS.

A **DIOS**, te agradezco a ti todo poderoso por iluminarme constantemente en mi vida; por que tu eres el único que nunca falla en los momentos de frío tu siempre has sido mi abrigo, gracias por que siempre estas conmigo para darme la mano y ponerme de pie sobretodo por haberme permitido concluir una meta más en esta vida, la de concluir mis estudios universitarios gracias esto te lo debo a ti.

A mi **ALMA TERRA MATER**, por haberme abierto tus puertas para realizar mis estudios profesionales y alcanzar un objetivo mas. Siempre te representare con orgullo y profesionalismo en donde quiera que este.

Al **M.C Alejandra R. Escobar Sánchez**, gracias por haber compartido su conocimientos a lo largo de mi formación académica; también por todas las facilidades otorgadas para la realización de este proyecto y sobre todo por brindarme su valiosa amistad.

Al **M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala**, por su asesoría para la realización de este proyecto.

Al **Dr. Angel R. Cepeda Dovala**, por el apoyo brindado para sacar adelante este proyecto.

AL M.C Alejandra Torres Tapia; por su amistad y facilidades para terminar este proyecto.

A los compañeros de la generación CII, de la carrera de Ingeniero Agrícola y Ambiental que en todo momento recordaré y siempre contarán con un amigo: Octavio, Jacob, Fermín, Marielena, Azucena, Hugo, Rubén, Ismael, Ronay, Jorge, Sergio, Javier.

A mis amigos: Por toda su confianza y amistad que siempre hemos compartido en especial a : Narciso E, Jorge A, Javier, Hiber Briones, Juan Manuel, Vivi, Yubi, Selly, Manuel, Fercho y a toda la JNI de A.A.C.

DEDICATORIA

A mis Padres

Juan Encin López y Rubicel Solis Gálvez.

Por que primero la vida se los debo a ustedes en todo momento puedo sentir el apoyo incondicional que me brindan por sus consejos, por ser el motivo y la razón de mi existencia además de que este proyecto es de ustedes por que es el resultado del esfuerzo que hacen por mi para darme lo mejor; gracias por esta herencia que me han dado, esto se los dedico a ustedes

A mis hermanas.

A Beatriz, Inés, Ana Laura, Susana gracias por que ustedes son parte importante de mi vida además de ser la alegría de nuestros padres, con sus travesuras y risas; los quiero y los amo con todo mi corazón.

A mi hermano

Miguel Ángel a ti carnalito que siempre te admiro por el valor que tienes por que para mi eres mi mejor amigo, por se que has sacrificado cosas por mi y los has hecho sin esperar nada a cambio; gracias por ser parte de mi vida.

A mi Hermana mayor.

Me refiero a usted doña Carmen Gómez Sánchez, por que para mi es como una hermana gracias por su buena voluntad hacia mi por sus consejos por el apoyo que me brinda y sobre todo por cuidar siempre de mis hermanitos.

A mis tíos.

Gracias por sus consejos y palabras de aliento que me han dado, en especial a mis tíos: Everardo, Rafael, Ofelia y a mi tía Graciela que en paz descanse.

A mis primos.

Alvaro, Saul, Mayra y mi hermano Luis gracias por sus consejos y por brindarme su apoyo siempre llevare en mi memoria lo que han echo por mi.

A mis sobrinos.

Por ser parte de mi familia y por la alegría que dan que transmiten a cada momento en especial a: Angelito Y Estrella.

A la sra. Elisa.

Por todos sus consejos y el apoyo que me brindo durante el tiempo que estuve en esta ciudad muchas gracias por su valiosa amistad Dios la bendiga siempre.

A la sra. Alicia.

Por sus consejos y por el gran apoyo que siempre brindo, por que en los momentos difíciles siempre estuvo con nosotros.

A Don José.

A este gran señor que dios lo tenga en su gloria, por todos sus consejos y el gran apoyo que nos brindo el cual nunca lo olvidaremos, gracias por compartir siempre lo mejor de usted esto también es para usted donde quiera que se encuentre.

A Don Alejandro Cisneros.

Muchas gracias por que cuando mas lo necesitábamos siempre nos brindo su ayuda y su apoyo incondicional siempre viviré agradecido por todo lo que hizo por nosotros.

A mis pastores.

Rene Rodríguez Vinalay, Manuel Molina Flores, Alberto Rodríguez.
Por sus consejos, por alentarme para terminar este proyecto y también por compartir su amistad incondicional, siempre los admirare.

ÍNDICE DE CONTENIDO.

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	5
1.2 JUSTIFICACIÓN	7
1.3 OBJETIVOS.....	7
1.3.1Objetivos generales.....	7
1.3.2 Objetivos específicos.....	7
1.4 HIPÓTESIS	8
II. REVISIÓN DE LITERATURA	8
2.1 Características físicas del lugar.....	8
2.1.1 Descripción del área.....	8
2.1.2 Localización.....	9
2.2 Situación administrativa del acuífero	9
2.2.1 Decretos de veda	9
2.2.2 Zonas de disponibilidad.....	9
2.3 Fisiografía	10
2.4 Clima.....	11
2.4.1 Temperatura media anual.....	12
2.4.2 Precipitación media anual	12
2.4.3 Evapotranspiración real.....	13
2.5 Hidrología superficial.....	13
2.5.1 Región hidrológica, cuenca y subcuenca	17
2.6 Hidrología subterránea	18
2.6.1 Tipo de acuífero	18
2.6.2 Parámetros hidráulicos	19

2.6.3 Piezometría	20
2.7 Comportamiento hidráulico.....	20
2.7.1 Profundidad al nivel estático.....	20
2.7.2 Elevación del nivel estático	21
2.7.3 Evolución del nivel estático	22
2.8 Censo de aprovechamientos.....	22
2.8.1 Censo de aprovechamiento más reciente	23
2.9 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea	23
2.10 Geología	24
2.10.1 Geología regional	25
2.10.2 Geología local	31
2.11 Yacimientos minerales.....	37
2.12 Geología Estructural	37
2.13 SUELO	39
III. MATERIALES Y METODOS.....	41
3.1 Estudio hidrogeológico de los acuíferos El Hundido y Cuatrociénegas, Coahuila.....	42
3.1.1 Hidrometría.....	42
3.1.2 Isótopos estables y carbono 14.....	42
3.1.3 Geoquímica	43
3.1.4 Modelo numérico	44
3.2 Conservación en cautiverio de peces amenazados del noreste de Mexico, investigación de la UANL	45
3.2.1 Poza la becerra.	45
3.2.2 Poza churince.....	46
3.2.3 Poza las tortugas.....	46

3.3 Funcionamiento hidrogeologico del sistema acuatico del Valle de Cuatrociénegas, Coah. estudio por:	
wwf, UA de Coah. y UAAAN.....	48
3.3.1 Grafica comportamiento de Sulfatos.....	49
3.3.2 Grafica comportamiento de Sodio	49
3.3.3.Grafica comportamiento de Carbonatos.....	50
3.3.4 Cuadro de inventario de cuerpos de agua.....	51
IV. RESULTADOS.....	52
V. CONCLUSIONES.....	53
VI. RECOMENDACIONES	54
VII. LITERATURA CITADA.....	55
VIII. ANEXOS.....	58

1. INTRODUCCIÓN.

Por su ubicación geográfica, México está expuesto cíclicamente a fenómenos meteorológicos extremos, como ciclones tropicales y sequías, que aunados a otros factores, ocasionan anualmente pérdidas económicas importantes en todos los sectores productivos. Además, dos terceras partes de la superficie del país son áridas o semiáridas, y la disponibilidad de agua se concentra principalmente en el sureste.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CNA), históricamente las sequías han impactado en forma severa no sólo la producción agrícola y ganadera, sino también la generación de energía eléctrica y el abasto de agua a ciudades y comunidades rurales. Estos eventos, explica, provocan desplomes en la producción nacional de alimentos.

En el caso de México afecta a varios estados, como Sonora, Chihuahua, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí y Coahuila, en el norte, Querétaro en el centro, Guerrero, Oaxaca, Michoacán y Chiapas en el occidente y sureste. Según una estimación de la (SEMERNAP); el país perdería anualmente 460 millones de toneladas de suelo; en el caso de Coahuila la desertificación habría operado durante siglo y medio, fundamentalmente por sobre pastoreo. Las observaciones por satélites han sido un importante instrumento par detectar avances de la desertificación, se han dado varias estimaciones, tanto en la perdida de tierras cultivables por esa causa, como por otras, tales como urbanización y salinización. La FAO calcula que actualmente se pierden 24 millones de toneladas al año de suelo cultivable (Bolaños, 1990); (Brown et al; 1985).

Particularmente, en los estados antes mencionados, donde los climas son extremos, muchos pobladores, especialmente hombres, han tenido que abandonar sus antes fértiles tierras y con ellas a su familia, para buscar en otras regiones el sustento diario. Tal realidad conlleva a dificultades aún mayores, que se

relacionan con el desplazamiento demográfico a las ciudades y el desempleo, entre otras.

¿Cómo se explica esta lamentable situación?; ¿se trata de un fallo humano o de un deterioro del clima? Las respuestas, según Kenneth Hare, secretario de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), evocan indudablemente el problema de la *desertificación*; es decir, la extensión de los desiertos a tierras anteriormente productivas, debido a que la presión ejercida por los suelos, vegetación y climas extremos como la sequía, superan en mucho su capacidad de soporte.

El término *desertificación* fue utilizado por primera vez en 1949 por el francés Andre Aubreville; *la desertificación* se define como pérdida de la capacidad productiva del suelo, que puede llegar a ser irreversible. Ocurre como resultado de la combinación de sequías severas y recurrentes y de la sobreexplotación. Esta incluye sobre pastoreo, el abandono de las prácticas agrícolas y la sobreexplotación de los recursos acuíferos.

"Tradicionalmente, la sociedad ha sabido combatir la sequía, que es la falta o deficiencia de precipitación pluvial; pero el aumento de la población y diversas formas de reglamentación han dificultado esta práctica ", afirma Hare en el documento *Sequía, variación climática y desertificación*, presentado en 1994 ante la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Desde entonces, la ONU proclamó el 17 de junio como Día Mundial de Lucha contra la *Desertificación y Sequía*, con objeto de sensibilizar a la opinión pública sobre la importancia de controlar la extensión del desierto, así como valorar y cuidar los recursos hídricos en los cinco continentes.

Si en regiones con climas secos y calurosos la oferta de energía solar sobre la superficie de la tierra es excesiva y la precipitación de lluvia es deficiente (sequía), se dice que sufren de sequedad. De hecho, el índice de sequedad se mide en

función de la cantidad de calor requerido para evaporar la precipitación anual promedio. Con esa base la ONU llegó a la conclusión de que las zonas con mayor riesgo se sitúan entre una sequedad de 2 y 7, y es a lo que se denomina aridez. Ello significa que si no se toman medidas preventivas, eventualmente se inclinarán a la desertificación, donde la productividad biológica es demasiado baja como para sostener grandes poblaciones humanas. Tal es el caso del desierto, donde la vegetación se limita a los oasis.

En el mundo, la degradación acelerada de gran parte de las zonas áridas se viene produciendo desde hace varias décadas y generalmente se presenta en múltiples formas, como una reducción de la fracción del suelo cubierta de vegetación (puede reducirse a manchas o matorrales aislados aumentando la proporción de suelos desnudos); incremento de la reflexión de la radiación solar en la superficie (suelos de color más claro y vegetación amarillenta); pérdida gradual de plantas, erosión y empobrecimiento de la tierra, debido a la rápida oxidación del carbono del suelo.

Casi tan destructivo, aunque de menos extensión espacial, es el proceso de salinización, en virtud del cual los minerales se concentran en la superficie del suelo por la evaporación de las soluciones salinas que contienen. En los climas húmedos, esas sales penetran en el suelo con la lluvia intensa, y se filtran en el subsuelo o escapan hacia los ríos. Esos mecanismos de descarga son ineficaces en la zona árida.

En México, por ejemplo, las regiones en las que se han presentado mayor número de sequías son las áridas y semiáridas, en las cuales la precipitación promedio es de 400 milímetros al año. "Los mayores impactos de este fenómeno se resienten en la agricultura, debido a que ocupa 83 por ciento del agua extraída. Asimismo, son considerables las afectaciones en ciudades y comunidades rurales, pues la disponibilidad de agua se relaciona con la cantidad de habitantes", indica la CNA.

Cabe destacar que en el sureste del país la disponibilidad promedio de la precipitación es ocho veces mayor a la de las zonas centro, norte y noreste. Así, el promedio nacional de disponibilidad anual *per cápita* es de 4 mil 960 metros cúbicos: en el norte es de mil 930 y en el sur de 15 mil 270.

"Toda la estructura de estos sistemas se adapta a la escasez y concentración estacional de lluvia. El daño se produce cuando el uso indebido de la tierra por parte del hombre se combina con la sequía. Los mecanismos naturales de reparación y renovación son entonces incapaces de hacer frente a las presiones añadidas. Entonces, la desertificación hoy en día es un proceso de doble estímulo: presión humana sobre la tierra, agravada por tensión climática", apunta Hare, secretario de la OMM.

Por otro lado, recomienda a los gobiernos interesados en solucionar tanto el problema de sequía como de desertificación, introducir medidas apropiadas adoptando formas menos vulnerables de producción agrícola o mejorando la protección de los suelos y bosques (reforestación).

Además, asegurarse de que sus sistemas nacionales de observación y comunicación funcionen eficazmente, para realizar estudios más detallados sobre el comportamiento climático y cómo afecta paulatinamente a sus zonas áridas.

En ese sentido, la CNA, a través del *Programa Nacional Hidráulico 2001-2006*, establece la necesidad de prevenir los riesgos y atender el impacto económico, político y social que generan los cambios climáticos extremos en México. Reconoce, a su vez, que la manera más efectiva de afrontar las sequías y, por consiguiente, la desertificación, es a través de medidas de prevención, como la elaboración de planes estratégicos en los que se incluya un proceso estructurado, dinámico, flexible y viable.

Finalmente, menciona que la sequía que continúa afectando a varios estados del norte del país, junto a la problemática por el adeudo de agua que México tiene con Estados Unidos (derivada del Tratado Internacional de Aguas de 1944), constituyen dos graves problemas que invitan a reflexionar sobre el cuidado y protección de los recursos hidrológicos del país.

1.1 ANTECEDENTES.

En México ya empieza a existir problemas por la desertificación uno de los puntos críticos a considerar es Cuatrociénegas, Coahuila; donde se viven momentos de alto impacto, donde la expansión de los grandes alfareros- lecheros de esa región hacia ese paisaje frágil, bello e insólito parte de nuestro Desierto Chihuahuense hace temer lo peor para el futuro de un ecosistema raro y único en el mundo. En ese pequeño valle se encuentran veintitrés especies de plantas, cuatro de anfibios y reptiles, siete de crustáceos, ocho de peces, nueve de moluscos, una especie de insecto y cuatro especies de alacranes que no se encuentran en ningún otro sitio en el planeta.

Esta diversidad inusual se debe a una conjura de la geología, el clima y la hidrología que ha producido un clima estable junto con un grupo de pozas alimentadas por aguas subterráneas. La estabilidad dada por un clima y la disposición de agua con fabulada con el aislamiento de un entorno árido, ha hecho que en estas pozas florezca la vida. Lo que hoy vemos en Cuatrociénegas equivale ecológicamente a lo que había hace más de treinta y cinco mil años. Este valle coahuilense está sumido en un paréntesis temporal, atrapado en un tiempo cuando los humanos aún no habitábamos la Tierra y con organismos que ya vivían ahí en la época de los dinosaurios".

Hoy en día, Cuatrociénegas se seca, las explotaciones alfareras del Hundido, del mismo Cuatrociénegas, y del Valle de Ocampo, han disparado las alarmas en todo el mundo por la amenaza que significa este impacto contra la naturaleza. Las

autoridades federales insisten que ellos han hecho estudios que demuestran que lo que está pasando no puede pasar y, por ende, no está pasando y hay que estar tranquilos. Con una conducta que lo honra, el gobierno de Coahuila es quien está defendiendo Cuatrociénegas ante la deserción de Semarnat.

Hace aproximadamente en la era del mesozoico (años), Cuatrociénegas fue el punto de unión de la Pangea, el súper continente que al separarse le dio forma a la actual distribución terrestre.

Pero además en ese sitio había un mar de poca profundidad, un mar del Periodo Jurásico conocido como el mar Tetis, que quedó atrapado en el subsuelo con el reacomodo de las placas tectónicas.

“Este mar de agua salada, quedo encerrado aquí en la región y las bacterias que se presentan en esta región datan de esas fechas”, dice ¹Arturo Contreras, Y por esa razón, se dice, que este es el desierto con mayor cantidad de agua en el planeta. Agua que según la doctora ²⁰Sousa ; están en riesgo de ser contaminada y más grave aún, en peligro de extinción por la sobreexplotación de los mantos freáticos debido a la agricultura de riego, en sus áreas adyacentes.

La ²⁰doctora Sousa asegura que el Mar Jurásico que alimenta a las más de 500 pozas de Cuatro ciénegas están conectando con los mantos de agua de los valles de la Calavera y el Hundido, donde se encuentran un numero grande de pozos de explotación de agua para el uso de riego de cultivos de alfalfa.

El Área Protegida ocupa 84,347-00 ha del piso de un valle, que incluye ambientes acuáticos representados por manantiales conocidos localmente como pozas. También se encuentran arroyos permanentes y áreas inundadas donde se concentra el agua de los manantiales, conocida localmente como lagunas. El sistema hidrológico superficial se mantuvo aislado, debido a que el valle forma una cuenca cerrada. Sin embargo, para fines de aprovechamiento del agua fue

interconectada artificialmente por medio de canales con los municipios de La Madrid y Sacramento ubicados al oriente de Cuatro ciénegas.

1.2 JUSTIFICACIÓN.

Mediante datos obtenidos de la hidrológica en valle de Cuatrociénegas de acuerdo con el estudio (3.3) y las características geológicas del área, se pretende detectar los puntos estratégicos de monitoreo en los cuerpos de agua para que de esta manera tener un control de calidad hídrica en el valle de Cuatrociénegas. Y así minimizar la desertificación que surge en este ecosistema.

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1Objetivos generales.

Conocer el comportamiento de la desertificación en el valle; Detectar puntos estratégicos mediante estudios previos para el monitoreo de los niveles freáticos para minimizar el impacto que se esta generando por la sobreexplotación.

1.3.2 Objetivos específicos.

Comparar resultados de estudios hidrológicos existentes del valle y elaborar un informe técnico mediante un análisis y diagnostico del comportamiento hídrico del valle; para obtener una variabilidad del estado actual del sistema hídrico, e identificar algún impacto generado por la sobre explotación de este recurso y ubicar los puntos estratégicos de monitoreo.

1.4 HIPOTESIS.

En base a los estudios hidrológicos existentes del valle se puede identificar los puntos estratégicos de la variabilidad de concentración de elementos del agua que pueden ser originados por la sobreexplotación de las zonas de recarga para este valle.

Donde influyen en gran manera en la desertificación del valle de Cuatrociénegas y como esto se ve reflejado en la disminución o pérdida en los niveles de agua en las pozas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1 Características físicas del lugar.

2.1.1 Descripción del área.

El Desierto Chihuahuense es el desierto más grande de Norteamérica, está localizado principalmente en los estados de Chihuahua y Coahuila, cubriendo algunas pequeñas Áreas de los estados de Arizona, Nuevo México y Texas en los Estados Unidos y de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas en México. El Desierto Chihuahuense cubre una extensión aproximada de 399,446 km² (DDL, 1999).



Figura 3.1 Localización del desierto chihuahuense

2.1.2 Localización.

El Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas con una superficie de 84,347-47-00 ha, está ubicada en la parte central del estado de Coahuila, a 80 km. al oeste de la ciudad de Monclova. Se localiza entre las coordenadas 26° 45' 00" y 27°00' 00" Latitud Norte; 101°48' 49" y 102°17' 53" Longitud Oeste. Es parte del municipio de Cuatrociénegas de Carranza, Coahuila, que cuenta con una población de 13,465 habitantes (SSA, 1999). El área protegida se encuentra en un valle con una extensión de aproximadamente 150,000 ha, es un terreno casi plano, la totalidad del área protegida se encuentra en la cota de los 700 msnm.

El país está dividido en dos grandes regiones con características muy contrastantes: la región Neártica (templada) y la Neotropical. En la templada los ambientes secos son zonas áridas (SEMARNAP, 1996). El valle de Cuatrociénegas forma parte de estos ambientes áridos. Cuatrociénegas se encuentra en la región conocida como altiplano septentrional o como Desierto Chihuahuense, el cual se encuentra localizado entre los dos macizos montañosos más grandes de México, al este de la Sierra Madre Oriental y al oeste la Sierra Madre Occidental. La humedad que viene tanto del Golfo de México como del Pacífico son bloqueadas por ambas montañas, fenómeno que dio origen al desarrollo de este desierto.

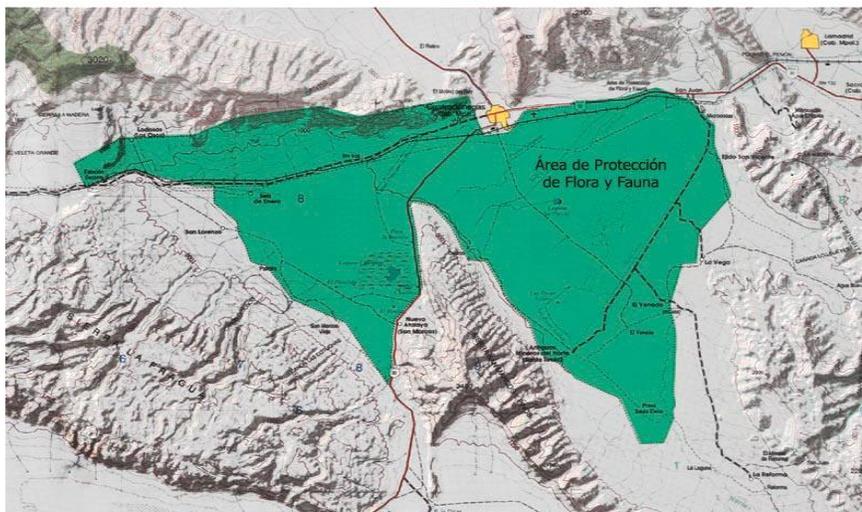


Figura 3.2 Área protegida de Cuatrociénegas.

2.2 SITUACIÓN ADMINISTRATIVA DEL ACUÍFERO.

2.2.1 Decretos de veda.

El Acuífero Valle de Cuatrociénegas se encuentra en zona de libre alumbramiento de aguas del subsuelo, conforme al párrafo V del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

2.2.2 Zonas de disponibilidad.

Los Municipios de Cuatrociénegas, La Madrid y Sacramento, son clasificados como zona de disponibilidad de agua subterránea número 6, de acuerdo a la Ley Federal de Derechos (1996).

2.3 FISIOGRAFÍA.

Fisiográficamente forma parte de la Provincia de la Sierra Madre Oriental y dentro de esta a la Subprovincia denominada Sierras y Llanuras Coahuilenses. En esta Subprovincia predominan sierras de roca caliza de origen Mesozoico y de origen sedimentario marino, que fueron sometidas a esfuerzos corticales de tensión y compresión, y dieron origen a levantamientos serranos abruptos compuestos de rocas calizas, que se alternan con valles ínter móntanos orientadas de noroeste a sureste, en su mayoría escarpadas y más bien pequeñas. Sus ejes estructurales están bien definidos y se presentan especialmente en el sur anticlinales alargados con los lomos erosionados. Entre estas Sierras se extienden amplias bajadas, lomeríos y llanuras de materiales aluviales, como las que conforman el valle. El cual se encuentra rodeado por las siguientes sierras: al norte La Madera y La Menchaca, al oeste La Purísima y San Vicente, al sur San Marcos y Pinos y al sureste La Fragua. Siendo la de La Madera la más alta de todas, con una altitud superior a los 2000 msnm. La región es de drenaje interno y sus aportes al Río Bravo son de escasa importancia.

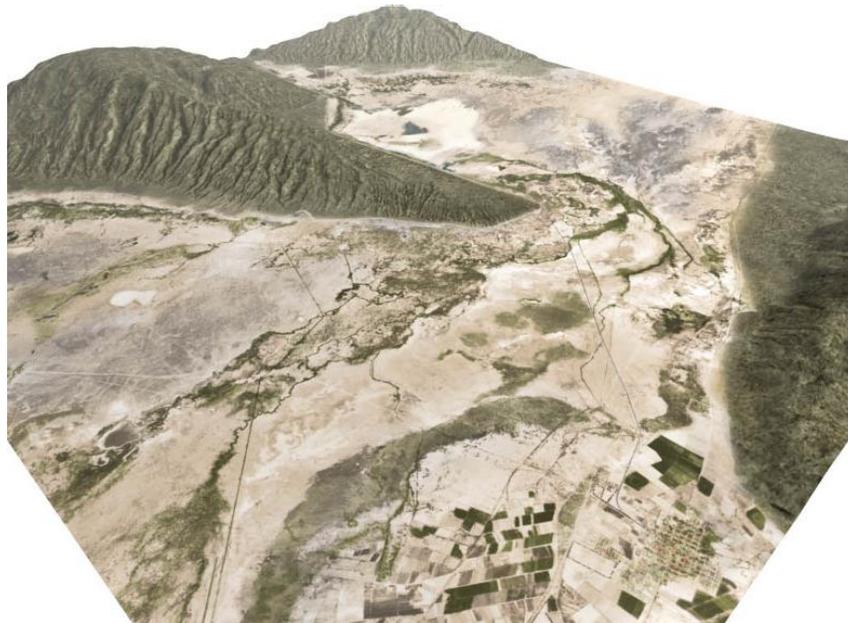


Figura 3.3 Fisiografía de la zona de Cuatrociénegas.

2.4 Clima

En los terrenos de las extensas llanuras al oeste del estado de Coahuila y algunas en la parte central, se presentan climas muy secos, semicálidos, con lluvias predominantemente en verano con temperaturas altas e inviernos frescos. La influencia de estos climas se extienden por grandes áreas del Estado, como el Bolsón de Mapimí, las Lagunas de Mayrán y Viesca, la Comarca Lagunera, en el norte de la entidad y su parte central, en el gran llano de Ocampo, San Marcos, Cuatrociénegas, El Sobaco y El Hundido.

El INEGI (1988), considera para esta región un clima muy seco semicálido, con muy bajo porcentaje de lluvias invernales. Se caracteriza por una fuerte variación en su temperatura, las escasas precipitaciones pluviales que predominan anualmente varían entre 100 y 440 mm, se presentan en su gran mayoría en verano, manifestándose en escasos aguaceros y es relativamente común la condición de sequía. La media mensual más alta llega a rebasar los 30 °C, y la mínima es menor a los 12 °C. Es común en este tipo de climas muy secos

continentales que la precipitación en un año pueda variar mucho de las que se anotan como promedio. Así hay años muy secos y otros bastante húmedos en donde prevalecen los primeros.

Para tratar de conocer la frecuencia con que se presentan diferentes niveles de precipitación en el área, la información conocida se dividió en rangos, esto permite conocer que la moda está entre los rangos de 101 a 300 mm. Si se analizan los mismos datos de precipitación pero en relación a los meses que se presentan, se obtiene una moda casi general entre 0.1 y 20 mm mensuales, la excepción es el mes de marzo, que resulta la época más seca y donde la mayor frecuencia se acumula en el rango de 0 mm de precipitación.

Debido a que las variaciones en la temperatura en el año son muy amplias, se consideró que las medias mensuales no dan una idea clara de lo que sucede en el sitio, por ello se revisaron las temperaturas máximas y mínimas de 44 años (1943 a 1997) y se resumieron en un cuadro donde se acumularon las frecuencias en forma porcentual dentro de un rango, el cuadro de frecuencias de temperaturas máximas y mínimas.

La moda en cada uno de los meses nos muestra que la posibilidad de tener temperaturas superiores a los 33 grados centígrados es muy alta de abril a septiembre y las temperaturas bajo cero son muy frecuentes entre diciembre y febrero. Sin embargo, lo más importante de esta información son las variaciones mínimas esperadas que van de los 6 grados en julio a 18 grados en diciembre y enero.

2.4.1 Temperatura media anual.

La temperatura media anual en la estación climatológica Ocampo es de 19.40 C y en la estación Cuatro ciénegas de 21.40 C.

2.4.2 Precipitación media anual.

La precipitación media anual en la estación climatológica de Ocampo resultó de 276 mm y en la estación Cuatro ciénegas de 233 mm.

La variación de la precipitación anual revela varios periodos lluviosos alternando con épocas de sequías, entendiendo como años lluviosos o secos cuando la precipitación es mayor o menor que la precipitación promedio anual. De esta manera, se identifican los siguientes periodos lluviosos desde 1943 en la estación Cuatro ciénegas: 1944, 1949, 1958, 1960, 1971, 1976, 1978, 1981 y 1982, 1985 y 1986, 1988, 1990 a 1992 y 1997.

El volumen de precipitación sobre el área del Valle de Cuatrociénegas se obtuvo aplicando la precipitación promedio anual registrada en la estación Cuatro ciénegas y la superficie total del valle igual a 1389 km², resultando una precipitación total de aproximadamente 323.637 Mm³/año.

2.4.3 Evapotranspiración real.

La evaporación potencial promedio anual obtenida con los datos de evaporación anual de la estación climatológica Ocampo resultó de 1921 mm y de la estación Cuatrociénegas de 1988 mm.

Existen varios métodos empíricos para estimar la evapotranspiración real, entre los cuales se aplicó el de L. Turc, debido a que se basa en datos de precipitación y temperatura, que son los más comúnmente medidos en las estaciones climatológicas que controla esta Comisión. Con base en este método, la evapotranspiración promedio anual resultó de 273 mm en la estación Ocampo y de 236 mm en la estación Cuatrociénegas.

Este método en particular con los datos de la estación Cuatrociénegas, produce una evapotranspiración que no es aceptable, debido a que resultó mayor que la precipitación.

2.5 Hidrología superficial.

El Valle de Cuatrociénegas es parte de la Región Hidrológica Bravo-Conchos, dentro de la Cuenca Presa Falcón-Río Salado, correspondiendo a la Subcuenca Río Salado- Nadadores. Así mismo, el Valle se encuentra dentro de la zona geohidrológica llamada Cuatro ciénegas- San Miguel, en la cual se han identificado dos fuentes de agua subterráneas.

La extracción anual es de 49.0 millones de m³ (de los cuales, 48 millones de m³ son para uso agrícola) y la recarga es de 25 millones de m³, por lo que su condición en el acuífero superior es de sobreexplotación (CNA, 1998). En el valle existen numerosos cuerpos de agua conocidos localmente como pozas, los cuales brotan de manantiales, sus diámetros van desde menos de un metro hasta más de cien, las profundidades de los mismos van desde 50 centímetros hasta 18 metros, algunas de las pozas están comunicadas natural o artificialmente entre si por un complicado sistema de drenaje.

La mayor parte de los manantiales se ubican en las faldas de la Sierra de San Marcos y Pinos, formando alrededor de 200 pozas dentro del valle. Las características físico-químicas de las pozas son muy variables, la temperatura varía en un rango de 18 a 35 °C, el pH es de 5.76 a 8.3, la conductividad tiene valores entre 782 mS y 7.52 mS y los sólidos disueltos se encuentran en un rango que va de 292 mg/l a 3.77 g/l.

También se encuentran algunos arroyos, como el Río Mezquites, la mayoría de los cuales son permanentes, sin embargo, la mayor parte del agua es subterránea. Existen dos lagunas de mayor dimensión dentro del Valle llamadas Playitas y

Churince, la primera representa un sistema alterado al que llega agua procedente de un canal artificial y la segunda un sistema relativamente intacto dentro del valle.

La zona de estudio se localiza en la parte central del estado de Coahuila, entre los paralelos 26° 20' y 27° 20' de latitud norte, y entre los meridianos 101° 45' y 102° 45' de longitud oeste.

El valle de Cuatrociénegas está limitado por las sierras La Madera, al norte; La Fragua, al oeste; San Marcos y La Purísima, al sur; y por la sierra La Purísima, al este, con una superficie aproximada de 1,426 km² (ilustración 1).

En el valle existen cerca de doscientos manantiales, cuyas descargas forman lagunas, pozas, ríos, riachuelos y humedales de diferentes extensiones.

El acuífero Cuatrociénegas se encuentra dentro de la Región Hidrológica 24, denominada Río Bravo-Conchos. En este valle se encuentra el Área de Protección de Flora y Fauna denominada Cuatrociénegas, así decretada el 7 de noviembre de 1994.

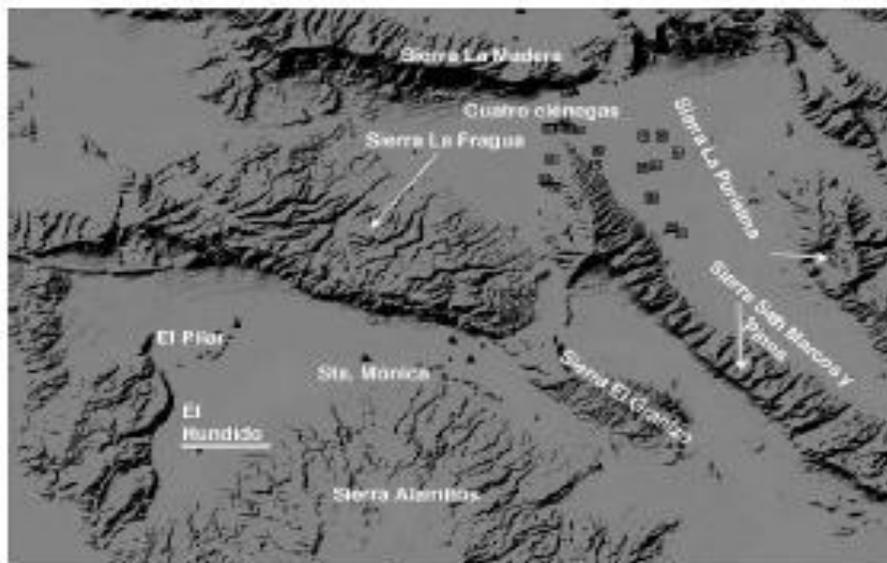


Ilustración 1. Localización geográfica de la cuenca del río Mayo.

Originalmente el valle formaba una cuenca cerrada, por lo que es posible que se formaran en la parte más baja pantanos y áreas inundadas someras. En las cartas topográficas de 1964 todavía es posible distinguir algunas de esas áreas. Es en 1887 cuando se exporta por primera vez agua del Valle de Cuatrociénegas con propósitos agrícolas, la canalización de algunos de los manantiales de mayor producción de agua han disminuido las áreas pantanosas y modificado el patrón de inundación del valle.

Actualmente, se encuentran seis canales de uso agrícola en funcionamiento dentro del área protegida, todos ellos captan agua de manantiales y su sistema de conducción y de riego es por gravedad. El agua del canal Saca Salada y Santa Tecla sale del valle para abastecer a otros poblados. Las características de estos canales, sus aforos y sus porcentajes de pérdida durante la conducción se muestran en el cuadro siguiente.

Los datos de los aforos que se muestran en dicho cuadro, corresponden a los litros por segundo de agua que llegan a los campos de cultivo, y en el caso de los canales Saca Salada y Santa Tecla, es la cantidad de agua que sale del valle por estos canales.

Datos obtenidos de informes de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos para 1991.

NOMBRE DEL CANAL	LONGITUD DEL CANAL	LPS	PORCENTAJE DE PERDIDA	FUENTES DE ABASTECIMIENTOS
Saca Salada	65,000 m canal de conducción sin revestir	800- 1,300	20 – 60 %	5 pozas principales y varios pequeños manantiales
Santa Tecla	52,300 m revestidos, 2,300 m sin revestir	220 - 320	10 –25%	7 pozas
La Becerra	1,200 m de tubería; 56,000 m revestidos	580 - 645	10 – 20 %	1 poza
El Venado	8,000 m revestidos; 1900m sin revestir	66 – 98	10 – 30 %	2 pozas
Antiguos Mineros del Norte	-----	30 – 80	10 – 65 %	27 pozas
Julio Arredondo	-----	40 – 60	40 – 80 %	Río Mesquites

Datos obtenidos por PROFAUNA-1998.

En 1999, la Delegación Estatal de la CNA, en un convenio con los usuarios del agua, realizaron obras de restauración y entubamiento en los canales El Venado y Antiguos Mineros del Norte para disminuir en gran medida el porcentaje de pérdida de agua que ocurre en el Valle de Cuatrociénegas.

2.5.1 Región hidrológica, cuenca y subcuenca.

El Acuífero CuatroCiénegas, de acuerdo a la Carta Hidrológica de Aguas Superficiales escala 1:250,000 Hojas Tlahualilo G13-6 y Monclova G14-4, editadas por el INEGI (1981), se encuentra en la Región Hidrológica Río Bravo-Conchos (RH-24), Cuenca P. Falcón-R. Salado (D) y Subcuenca Río Salado de Nadadores (g₁₆₀₄).

El Valle de Cuatrociénegas es una cuenca endorreica, en general los arroyos que se originan en las sierras que lo circundan desaparecen al infiltrarse en las márgenes del valle a través de los depósitos aluviales permeables que rellenan al valle.

El patrón de drenaje regional es predominantemente del tipo dendrítico, aunque en algunas áreas es de los tipos paralelo y radial. Las corrientes son de régimen transitorio, con escurrimientos torrenciales de unas cuantas horas de duración.

2.6 HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA.

2.6.1 Tipo de acuífero.

Con base en la información principalmente geológica de estudios previos, se establece la naturaleza, distribución y fronteras del acuífero CuatroCiénegas, que demuestran la disponibilidad de aguas subterráneas.

El Acuífero CuatroCiénegas se define como el que está formado por los depósitos que rellenan el valle, compuestos por los Depósitos Aluviales, Eólicos y lacustres del Cuaternario, así como por El Conglomerado Reynosa.

De acuerdo con las características litológicas de estas formaciones, se considera que el acuífero es predominantemente de tipo libre, aunque posiblemente en la parte centro del valle sea un tanto semiconfinado por la posible presencia de arcillas lacustres.

El basamento hidrogeológico del acuífero se encuentra en la cima de las Formaciones del Cretácico Superior (Georgetown, Del Río, Buda, Eagle Ford y Austin) que por sus características arcillosas se consideran generalmente de baja permeabilidad, aunque localmente pueden presentar fracturamiento favorable para ser explotadas localmente por medio de pozos que aportan bajos caudales.

Las fronteras laterales del acuífero son de carácter impermeable en el contacto de los depósitos de relleno del valle con las formaciones arcillosas del Cretácico Superior en las estribaciones de las sierras que circundan el valle.

En el Puerto El Salado se identifica una frontera de flujo hacia el Valle La Madrid-Sacramento, como se fundamenta en el subcapítulo (2.6.3) de piezometría.

Las rocas calizas fracturadas y cavernosa de las Formaciones Aurora y Cupido constituyen otros acuíferos en la zona. Estos acuíferos calizos no son explotados por medio de pozos en la región. Su recarga se da por medio de la infiltración de la lluvia en las sierras en donde afloran estas Formaciones.

Con base en los aspectos regionales de la geología, topografía y climatología, se postula que la recarga regional de estos acuíferos calizos se origina en las sierras altas de la Zona Geohidrológica de Ocampo localizada al norte. En las sierras que rodean al Valle de Cuatrociénegas se produce una recarga local. La descarga de estos acuíferos calizos se manifiesta en una serie de manantiales caudalosos que

brotan en el propio valle, que peculiarmente se distribuyen entorno a la Sierra San Marcos y Pinos. La descarga de estos manantiales que se reporta en 4800 lps (ININSA, 1980) y en 3100 lps (Fondo Mundial para la Naturaleza-Protección de la Fauna Mexicana, 1999), indudablemente está controlada por las fallas y fracturas regionales, particularmente por las fallas inversas de cobijadura antes descritas.

Los acuíferos calizos son de tipo libre en las áreas de las sierras en donde afloran las formaciones que los constituyen. El acuífero de la Formación Aurora es confinado en el subsuelo del Valle de Cuatrociénegas por las rocas arcillosas del Cretácico Superior, mientras que la Formación La Peña lo separa del acuífero calizo de la Formación Cupido, cuya base se encuentra en la Formación San Marcos o equivalentes Formación Patula (La Virgen y La Mula) y Formación Barril Viejo (Padilla).

Los límites de la Zona Geohidrológica son al noroeste la falla inversa La Madera que funciona como un barrera impermeable; al noreste el contacto entre los depósitos aluviales permeables y las rocas arcillosas de baja permeabilidad del Cretácico Superior sobre las estibaciones de las Sierra Menchaca y El Capulin; al oriente las trazas del Anticlinal Sacramento y anticlinales que pasan por los cerros Real Viejo-Bocatoche y cañada El Pañal; al sur el contacto entre la Formación Cupido y la Formación San Marcos sobre el flanco oriente del potrero estructural del Anticlinal San Marcos y Pinos; al sur también el Anticlinal La Fragua y la falla inversa La Fragua; y al oriente el parteaguas superficial sobre la Sierra La Fragua y Meseta Grande.

2.6.2 Parámetros hidráulicos.

No se cuenta con suficientes pruebas de bombeo para determinar con claridad los parámetros de las propiedades hidráulicas del acuífero. La única información con que se cuenta al respecto proviene de la prueba de bombeo realizada por ININSA (1980) en el pozo DGZA-172 localizado en el sector sur de la población de Cuatrociénegas. De esta prueba de bombeo se reporta una transmisividad de $0.00477 \text{ m}^2/\text{s}$.

De acuerdo con los valores de los parámetros hidráulicos de los medios porosos (Freeze y Cherry, 1979) y considerando la composición litológica de los depósitos que rellenan el Valle de Cuatro ciénegas, la conductividad hidráulica del acuífero puede variar en orden de magnitud entre 10^{-6} y 10^{-2} m/s y el coeficiente de almacenamiento entre 0.01 y 0.2.

2.6.3 Piezometría.

Del acuífero Cuatrociénegas no se tienen registros piezométricos históricos solo se cuentan con tres piezometrías que corresponden al año de 1979 y a los meses de septiembre de 1998 y noviembre de 1998.

La piezometría del año 1979 es la reportada en el estudio de ININSA (1980), la piezometría del mes de septiembre de 1998 fue realizada por el Departamento de Aguas Subterráneas de esta Gerencia Estatal en Coahuila y la del mes de noviembre de 1998 fue la que resultó del trabajo realizado por la empresa Rubriselva (1999). La piezometría del mes de septiembre 1998 cubrió toda la zona del acuífero, en cambio las del año 1979 y noviembre de 1998 se concretaron a la parte norte del valle. Los datos de las piezometrías antes mencionadas se presentan en tabla anexa.

2.7 Comportamiento hidráulico.

Con base en los datos piezométricos del mes de septiembre de 1998, fueron elaborados planos de profundidad y elevación al nivel estático del acuífero. Debido a los pocos datos de la piezometría del año 1979, no fue posible elaborar un plano de evolución del nivel estático, solo se pudo obtener abatimientos en unos cuantos pozos para el periodo 1979-septiembre de 1998.

2.7.1 Profundidad al nivel estático.

Las profundidades al nivel estático en el mes de septiembre de 1998 en la población de Cuatrociénegas se registró entre 20 y 30 m, en el área de San Vicente, Las Carpas y El Venado entre 10 y 30 m, en el área de San Juan y Explosivos Mexicanos entre 10 y 50 m, en el área de

Antiguos Mineros del Norte se encontró a 5 m, en la localidad de Nueva Atalaya se registró a 12 m, y en el área de Seis de Enero y San Francisco entre 25 y 30 m.

La configuración de la profundidad al nivel estático muestra que generalmente los niveles más profundos tienden a presentarse en las márgenes del valle y los más someros hacia el centro del mismo. Esto indica, por una parte que los bordes del valle son áreas de recarga relacionadas con la infiltración de los escurrimientos superficiales que bajan de las sierras que rodean al valle, y por otro lado que en el centro del valle se acentúa una condición de descarga por evaporación del nivel freático somero.

2.7.2 Elevación del nivel estático.

Las elevaciones del nivel estático en el mes de septiembre de 1998 en la población de Cuatrociénegas se registraron entre 715 y 720 msnm, en el área de San Vicente y Las Carpas entre 780 y 790 msnm, en el área de Los Laguneros, San Juan y Explosivos Mexicanos entre 600 y 700 m, en el área de Antiguos Mineros del Norte y El Venado se encontró entre 700 y 740 msnm, en el área de Nueva Atalaya, San Francisco y Seis de Enero se registró entre 700 y 760 msnm.

La distribución de las equipotenciales muestra que generalmente las cargas hidráulicas más altas tienden a presentarse en los bordes del valle y las más bajas hacia el centro del mismo. Esta distribución revela que el movimiento del agua subterránea generalmente se da desde los bordes del valle hacia el centro del mismo, lo cual comprueba que en las márgenes del valle existe recarga por medio de la infiltración de los escurrimientos superficiales y en el centro descarga por evaporación. También pone de manifiesto una entrada al acuífero por flujo lateral a través del Cañón El Papalote-Molino del Rey proveniente del Acuífero Ocampo

ubicado al noroeste. De la misma forma en el Cañón El Salado se identifica una salida del acuífero por medio de flujo subterráneo hacia el Valle de La Madrid.

2.7.3 Evolución del nivel estático.

La evolución del nivel estático para el periodo 1979-septiembre de 1998 solo se pudo obtener en el área de la población de Cuatrociénegas, que es en donde se lleva a cabo la mayor extracción de agua subterránea, resultando abatimientos totales hasta de -8.89 m, que significa ritmos de abatimiento anual de 0.47 m/año. En las otras áreas en donde se explota el acuífero por medio de pozos, no se pudo establecer la evolución del nivel estático debido a la falta de datos piezométricos para el año 1979.

2.8 CENSO DE APROVECHAMIENTOS.

Para determinar las características de los aprovechamientos que actualmente explotan el Acuífero CuatroCiénegas, el Departamento de Aguas Subterráneas de esta Gerencia Estatal realizó un censo de aprovechamientos en el mes de septiembre de 1998.

En el acuífero de los depósitos de relleno del valle fueron censados un total de 58 Aprovechamientos, de los cuales 53 resultaron pozos y 5 norias. Del total de aprovechamientos censados 46 están activos y 12 inactivos. Dentro de los activos, por el uso del agua se agrupan en 34 agrícolas, 4 domésticos, 4 pecuarios, 1 público urbano y 3 usos múltiples.

Los aprovechamientos se localizan en las márgenes del valle en las partes siguientes: en el área de la población de Cuatrociénegas en donde los caudales de extracción instantáneos varían entre 1 y 60 lps; en Explosivos Mexicanos en donde los caudales de extracción son de 4 y 6 lps; en el área entre San Vicente y Las Carpas con caudales de extracción que varían entre 0.5 y 64 lps; El Venado en donde los caudales de extracción varían entre 10 y 40 lps; Antiguos Mineros del Norte con caudales de extracción que varían entre 0.5 y 60 lps; en el área de

San Francisco y Seis de Enero en donde los caudales de extracción varían entre 0.5 y 30 lps; en el Nueva Atalaya se registra un caudales de extracción de 4 lps. Los caudales de extracción más altos se tienen en cada una de las áreas mencionadas del valle y se relacionan con la presencia de los depósitos permeables que rellenan el valle. Los más bajos que se tienen puntualmente en Seis de Enero, Antiguos Mineros del Norte y Las Carpas, son consecuencia de la baja permeabilidad de las rocas arcillosas de Formaciones del Cretácico Superior.

2.8.1 Censo de aprovechamiento más reciente.

El censo de aprovechamientos se realizó en el periodo comprendido entre el 12 de abril y 13 de mayo del 2004.

En el valle de Cuatrociénegas se registraron 71 aprovechamientos y 299 manantiales (pozas). En este valle se encontraron 34 pozos operando y 37 corresponden a perforaciones sin equipo o fuera de servicio.

Con la finalidad de conocer los volúmenes de agua subterránea que se extraen mediante pozos, norias y las salidas de las pozas, se realizó la hidrometría de los aprovechamientos. Los resultados de esta actividad muestran que en el valle de Cuatrociénegas, la extracción asciende a 134.2 millones de m³/año, de los cuales el 82% corresponde a las pozas y el resto a pozos agrícolas.

2.9 Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea.

Algunos aspectos relevantes de la hidrogeoquímica de los manantiales que manifiestan la descarga de los acuíferos calizos regionales y el acuífero en depósitos de relleno del valle y los acuíferos calizos, sostienen afinidad hidrogeoquímica en vista de que mantienen continuidad hidráulica por medio de flujo vertical en el área del valle.

Los elevados contenidos salinos en las aguas de los manantiales del Valle de Cuatrociénegas denotan la presencia de un sistema de flujo con gran trayectoria

de recorrido a través de los acuíferos calizos de la región. Por otra parte el predominio de sulfatos en esta agua se relaciona con el proceso de disolución de evaporitas reportadas en las Formaciones del Cretácico Inferior, especialmente en la Formación Cupido.

El agua de los manantiales de la región no es de buena calidad para consumo humano, ya que las concentraciones de STD y sulfatos, rebasan los límites permisibles que marca la normatividad oficial de 1000 mg/l y 400 mg/l respectivamente.

En cuanto a las posibles fuentes potenciales de contaminación de los acuíferos de la región, no se tiene documentación de alguna que se puedan considerar como un riesgo latente de contaminación de las aguas subterráneas. Sin embargo, el uso de compuestos químicos en las actividades agrícolas de la zona, puede representar una fuente de contaminación difusa.

2.10 GEOLOGÍA.

El valle de Cuatrociénegas es parte de un sistema de formaciones similares que se repiten en toda la Sub-provincia de las Sierras y Llanuras Coahuilenses, los estratos geológicos predominantes en las montañas de Coahuila son del Mesozoico, con un piso en la parte central del Estado de formaciones graníticas y en el Norte por estratos Precámbricos, que junto con otras rocas del Paleozoico, indican que en estos sitios hubo una masa de tierra adyacente a un mar del Pérmico. En el Mesozoico, emergen las Sierras de Coahuila y el mar se reduce formando la península de Coahuila, los depósitos de yeso en la parte central de Coahuila, indican la línea costera y la recesión del mar.

Los depósitos ígneos del Terciario, y los sedimentos lacustrinos se encuentran erosionados, pero no modificados, lo mismo sucede con los conglomerados depositados en los valles intermontanos y en los pies de monte (Mapa Geológico).

El Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas, está en el límite entre dos Provincias Geológicas, el Golfo de Sabinas y la Plataforma de Coahuila, donde la Sierra de La Fragua sirve como parte aguas. El Valle está rodeado por altas montañas, resultado de plegamientos, algunos de ellos, especialmente la Sierra de San Marcos y Pinos, presenta una gran cantidad de fracturas que posiblemente sean las que permitan la recarga de los manantiales. El agua de la lluvia atraviesa la formación La Peña hasta llegar a la formación Cupido, existen fracturas en el material arcilloso que permitan que el agua tienda a salir.

En el extremo sureste del Valle, sobre la sierra hay yacimientos metálicos, que fueron explotados desde el siglo pasado por una mina que llegó a ser muy importante regionalmente, llamada Reforma, la cual actualmente, no se encuentra en operación.

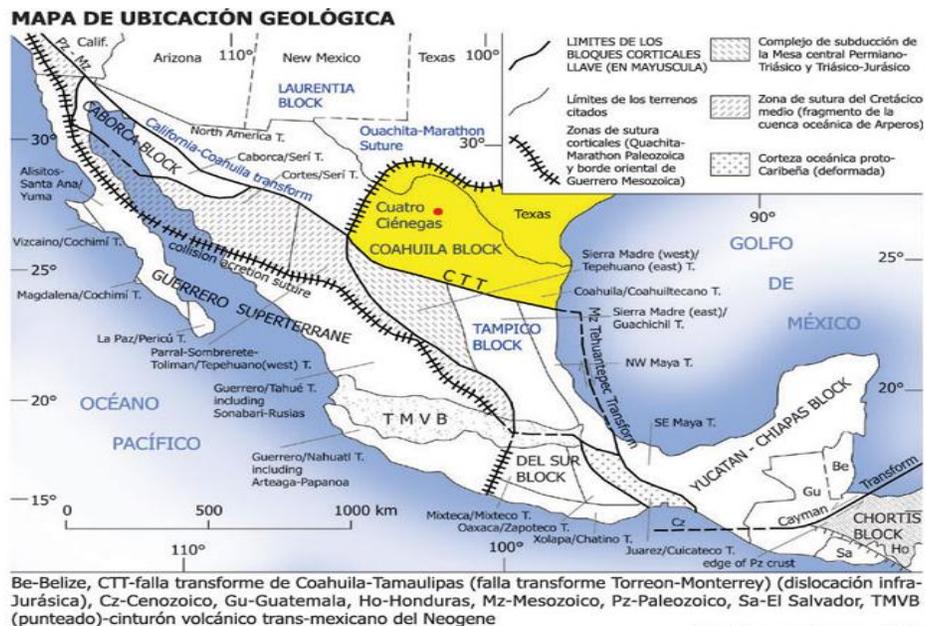


Figura 3.6 Mapa geológico.

2.10.1 GEOLOGÍA REGIONAL.

Paleozoico.

Las rocas mas antiguas identificadas en el estado de Coahuila, corresponden al paleozoico; fueron descritas por Bose (1921), King (1934) y Flawn (1958). Las rocas del paleozoico en el estado tienen una distribución muy restringida, ya que solo se conocen dos afloramientos que constituyen la parte basal de la columna geológica del estado. El principal afloramiento se localiza en el área de Las Delicias al norte de Torreón, tiene una superficie de aproximadamente 2.5Km².

Otro afloramiento de rocas paleozoicas se localiza en la sierra del Carmen, estas rocas se encuentran en tres localidades que son: una localizada a 2 Km al noroeste de la mina Puerto Rico, otra a 800 m al oeste de la mina Papicuario y la última aproximadamente a 2 Km al norte-noroeste de la segunda localidad. Estos afloramientos no tienen más de 0.5Km de superficie y su distribución está controlada por la falla Las Norias. Estas rocas se presentan muy plagadas y fracturadas en forma discordante por la secuencia calcárea del mesozoico.

La edad absoluta de estas rocas ha sido determinada por el método Argon-Potasio, entre 240 y 370 m.a. por lo que se les ubica en el paleozoico.

MESOZOICO.

Las rocas de este periodo son las de mayor distribución dentro del estado y constituyen todo el sistema orográfico de Coahuila. Estas comprenden toda la provincia fisiográfica de la región montañosa de Coahuila y el sistema transversal de la sierra madre Oriental. La gruesa secuencia mesozoica descansa discordantemente sobre las rocas paleozoicas y comprende todas las rocas del Triásico, Jurásico Superior, Cretácico Inferior y Cretácico Superior.

Triásico.

El triásico en Coahuila está representado básicamente por un complejo de rocas meta sedimentarias que se localizan en las sierras de Jimulco. Su afloramiento cubre una superficie de aproximadamente 300Km² y litológicamente consiste de filitas de color verde claro o rojo vino, lustrosas y de grano fino en capas de 60 a

80 cm. También se observan areniscas y areniscas conglomeradas de color verde y rojo claro de granos subredondados de cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca. Ocasionalmente se presentan derrames lavícos.

Estos metasedimentos subyacen a la formación Nazas y en discordancia, localmente a la secuencia marina mesozoica. Por su posición estratigráfica se pueden correlacionar con la formación rodeo expuesta en el norte de estado de Zacatecas, que ha sido datada del paleozoico.

Jurasico Superior.

El jurasico superior en Coahuila, tiene su distribución principalmente en la parte centro – este y sur del estado. En la primera aflora constituyendo los núcleos de los potreros de Oballos, Menchaca en la sierra de Agua Chiquita, así como el núcleo del cañón de Alamos – Timones en la sierra de pajaros azules. Al sur del estado aflora en casi todo el sector transversal de la sierra madre oriental, en la sierra de Jimulco, el número. La Peña, Parras y Arteaga. Esta es representada por una secuencia sedimentaria que presenta en su base evaporitas (anhidritas, yeso y halita), con esporádicas intercalaciones de calizas, lutitas y areniscas, que constituyen estructuras diapíricas y que corresponden a la formación Minas Viejas. Esta formación es suprayacida por un paquete de calizas en bancos muy gruesos de color gris oscuro, fosilífera y dolomitizadas pertenecientes al grupo Zuloaga, o su equivalente formación La Gloria. Esta formación está cubierta en forma concordante por una secuencia de capas clásticas y carbonáceas, presenta también potentes horizontes fosforíticos. Generalmente la base del jurasico superior se desconoce, pero se infiere que sobreyace discordantemente los sedimentos del triasico y paleozoico, mientras que la parte superior es discordante con los sedimentos cretácicos que los sobreyacen.

Creatico inferior.

Los sedimentos del creatico inferior son los de mas amplia distribución dentro del estado y se encuentran constituyendo casi todas las serranías que se localizan en la entidad, cubriendo aproximadamente un 80% de la superficie total. Las formaciones que constituyen este periodo y que mayor distribución tienen en el estado son: Taraises, representa el grupo Durango que corresponde a la parte inferior de la serie Coahuila y aflora ampliamente en todas las que están al sur de la península de Coahuila. Litologicamente esta compuesta principalmente de lutita calcáreas. Por su contenido faunístico su edad comprende del barremiano al hauteveriano inferior. Las formaciones correlacionables a la formación Taraises son : Menchaca, y Arkosa San Marcos, en el golfo de Sabinas, mientras que la de Hosston lo es en la serranía del burro; Cupido, que aflora en casi todas las serranías del estado, la cual se depositó en un ambiente de plataforma marina, en cuyos bordes se formaron bancos de rudistas en forma de biostromas, que en ocasiones forman barreras arrecifales.

Creatico superior.

Este periodo también tiene una gran distribución dentro del estado y en general las formaciones que lo constituyen se localizan bordeando las estructuras anticlinales en el centro de los sinclinales o bien rellenando las cuencas mesozoicas de Parras y del golfo de Sabinas. Descansan concordantemente sobre las formaciones del creatico inferior y están cubiertas en las mismas condiciones por los sedimentos del cenozoico.

Su litología consiste en una gruesa secuencia de rocas carbonatadas en su parte inferior que va cambiando gradualmente a sedimentos clásticos marinos como areniscas, lutitas y limonitas hacia su cima, presentando en casi toda la columna cambios laterales de facies.

Las unidades litoestratigráficas que constituyen esta época y que mayor distribución tienen en el estado, son las que a continuación se mencionan haciendo referencia en sus correlaciones correspondientes en las diferentes regiones de la entidad : la formación Eagle Ford que aflora principalmente en las

serranías que se ubican en el golfo de Sabinas y en la serranía del burro, al norte del estado. Litológicamente consiste en una alternancia de lutitas y calizas muy quebradizas de color negro y crema, descansa concordantemente sobre los sedimentos del grupo washita y esta suprayacida en las mismas condiciones por la creta Austin.

El equivalente de estas formaciones en la región noroeste del estado es la formación Boquillas; La Creta Austin, que aflora ampliamente en casi todas las sierras del norte del estado formando pequeños lomeríos que bordean los flancos de los anticlinales. Cubre concordantemente a la formación Eagle Ford y subyace en las mismas condiciones a las formaciones grupo Taylor .

Cenozoico.

Durante el cenozoico, sobre todo en el terciario los patrones sedimentológicos prevalecientes dieron origen a sedimentos que pueden clasificarse en marinos y continentales, mientras que en el cuaternario únicamente se depositaron sedimentos continentales.

Terciario marino.

El terciario marino tiene su distribución únicamente en la parte noreste del estado y forma parte de la cuenca terciaria del golfo de México. Esta constituido por una alternancia de areniscas, lutitas y limolitas

E las formaciones Midway del paleoceno y Wilcox, Carrizo, Big Ford y Pico Claydel Eoceno. En estas dos ultimas formaciones se presentan algunos mantos de carbón.

Estas formaciones cubren en discordancias los sedimentos del Cretico Superior y son cubiertas por aluviones del cuaternario.

Terciario continental.

Esta representado básicamente por conglomerados que cubren en discordancia las formaciones del cretácico superior. En la parte norte del estado esta representado por el conglomerado Sabinas, constituido básicamente por fragmentos de caliza y en el sur por la formación Ahuchila que comprende conglomerados, calizas, arcosas, piroclásticos, caliza de agua dulce y tobas. Se presentan topográficamente bajas de las serranías o bien rellenado los valles intermontanos.

Cuaternario.

Este periodo en todo el estado esta formado por depósitos de piamonte. También aparecen aluviones que rellenan los valles que son constituidos principalmente por conglomerados, gravas y arcillas. En la parte sur del estado constituyen la formación Mayran, la cual se localiza en las partes altas de pequeñas mesetas en la cuenca de parras y consiste de conglomerados bien cementados con intercalaciones de material tobáceo.

ROCAS ÍGNEAS.

Rocas ígneas extrusivas.

Estas rocas corresponden en edad al terciario y cuaternario; las primeras se localizan principalmente en la porción noroeste del estado, extendiendo además afloramientos aislados en la sierra de Paila y en la sierra de Alamitos.

Estratigráficamente cubren las rocas sedimentarias del mesozoico y en algunos lugares están sobrecubiertas por depósitos aluviales del cuaternario. Están representados por riolitas, microsionitas, latitas, basaltos, fonolitos y traquiandesitas. Las segundas son principalmente derrames basálticos y sus afloramientos se ubican al sur de Sabinas, al suroeste de Ocampo, entre esta población y sierra Mojada en el valle de San Marcos, en la sierra de Alamitos, al norte de San Pedro de las colonias en la sierra de Jimulco y en la sierra Candelaria.

ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS.

Las rocas ígneas intrusivas en Coahuila también corresponden a dos etapas diferentes de emplazamiento. Una ocurrida durante el paleozoico, cuyos afloramientos se presentan en el área de las Delicias, al norte de Torreón , en la sierra de alamos, en la sierra del fuste al norte de Ocampo y en la sierra del Carmen al noreste del poblado de Boquillas del Carmen. Son principalmente granitos, granodioritas, cuarzomonzonitas y monzodioritas. La segunda etapa desplazamiento de rocas ígneas ocurrió en el terciario durante el oligoceno, sus afloramientos se agrupan principalmente en cuatro regiones bien definidas con rumbo general oriente- poniente cortando transversalmente las estructuras mesozoicas sureste- noreste, las primeras de ellas se ubican al norte del estado a la altura del paralelo 29° 10' y en el se agrupan los intrusivos localizados en las sierras de Rica y san Carlos al sureste de Ojinaga Chihuahua; el solitario y chisos en el parque Big Bend ; pico etéreo y Aguachile, cerca de la Linda Coahuila. El cerro colorado y otros intrusivos que afloran en la Serranía del Burro, poco abajo del paralelo 29° aflora otro grupo de intrusivos que posiblemente correspondan a un solo batolito, en el que se agrupan el cerro Minerva, cerro de la Vasca, cerro el Pedregoso, cerro sierra del Carmen .

Al sur de Coahuila y al norte de Zacatecas, formando un arco abierto al norte se tiene el último de los alineamientos de troncos ígneos, el cual parece seguir el contorno de la margen sur de la península de Coahuila, y esta constituido por los troncos de Descubridora y sierra del Sarnoso al norte de Torreón; sierra de Ramírez, el Mezquite, San Rafael al sur de parras, noche buena, Providencia, y santa Rosa.

2.10.2 GEOLOGÍA LOCAL.

Región de las sierras de la Purísima y la Gavia.

Localización.

Esta región se localiza en la parte centro del estado, aproximadamente a 55 Km al sur de la ciudad de Monclova. Cubre el flanco suroeste de la sierra de la Purísima y el extremo noroeste de la sierra la Gavia y abarca parte de los municipios de Cuatrociénegas, Castaños y Ramos Arizpe.

Geología regional, fisiografía y mineralización.

Fisiográficamente esta región se localiza en la provincia de la sierra madre oriental y el marco geológico regional está constituido principalmente por rocas sedimentarias marinas que en edad comprenden del jurásico superior reciente. Las formaciones que constituyen la columna geológica regional son Zuloaga y La Casita del jurásico superior, San Marcos, Barril Viejo, Patula, La Mula, Cupido, La Peña, Aurora, Kiamichi y Washita del cretácico inferior y Eagle Ford, Parras y el Grupo Difunta del cretácico superior. Las rocas ígneas intrusivas son de composición diorítica y se localizan principalmente a 9 Km de al noroeste del poblado de Reforma, así mismo las rocas extrusivas que se ubican a 7 Km al noroeste del mismo poblado son de composición tonalítica.

Los cuerpos mineralizados de plomo, zinc y plata que se localizan en esta región, adoptan dos formas principalmente; la primera consiste en cuerpos estratiformes de espesores variables (80-100 cm), su extensión es también variable, oscilando entre 15 y 50 m.

Lateralmente, los cuerpos estratiformes pasan y se transforman en cavidades o cavernas irregulares de varios tamaños, desde cavidades pequeñas hasta cavernas de 5 a 7 m, de altura por 10 a 15 m de longitud y anchos de 3 a 6 m. Estas estructuras Karsticas cortan los estratos pero la estructura en sí, es paralela

a la estratificación. La estructura que presentan los cuerpos estartiformes es un bandeamiento y ondulación de la mineralización de óxidos de plomo.,Zinc, fierro y barita, dándole un aspecto de pseudoestratificación, controlada en tiempo y espacio por las raíces de plataforma de la formación cupido.

Distritos y zonas mineralizadas.

La zona mineralizada de mayor importancia que se ha explotado en esta región es la de Reforma, la cual se exploto desde el año de 1890 hasta 1958, habiéndose instalado en esta localidad una planta de beneficio por flotación que opero hasta ese año. Las principales minas que sobresalieron por su producción en el área de Reforma fueron Ojo de agua y Juárez. Las manifestaciones de mineralización en la actualidad se conocen desde el antiguo distrito de Reforma hacia el suroeste hasta el extremo noroeste de la sierra de la Gavia al sur del ejido Santa Teresa, en una longitud de aproximadamente 65 Km, que ha sido denominada zona mineralizada Reforma – Santa Teresa.

Zona mineralizada Reforma – Santa Teresa.

I. Localización.

Esta zona se localiza en la porción central del estado comprende parte de las sierras la Purísima, San marcos y la Gavia, dentro del municipio de Cuatrociénegas.

El acceso a esta zona se logra por una brecha de tercería que comunica las carreteras federales No 57 y estatal No 30, la primera entronca en el ejido Santa Teresa lo que se conoce como la Muralla y la segunda en el ejido Ciénega, a 16 Km de cuatrociénegas.

2.12.3 Estratigrafía.

La secuencia sedimentaria de la región esta constituida principalmente por rocas sedimentarias marinas que en edad comprenden del Jurásico Superior al reciente, así como por rocas ígneas intrusivas y extrusivas del reciente, continuación se hace una breve descripción de las formaciones aflorantes.

Formación Zuloaga.

Consiste de un conglomerado compuesto por guijarros de rocas ígneas de tipo ácido, fragmentos de rocas metamórficas, exquistos y filitas, aglutinados por una matriz arenosa – política, así como areniscas calcáreas con nerineas y delgadas intercalaciones arcosas conglomeráticas. El espesor total de esta formación, no se observa pero aflora en más de 100 m. Su contacto inferior esta oculto pero debe ser discordante con el basamento y su contacto superior es concordante y transicional con la Formación La Casita.

Formación La Casita.

Consiste básicamente de areniscas con intercalaciones de lutitas y calizas arenosas. Las areniscas son de color pardo amarillento a verdoso, de grano medio a fino presentando estratificación cruzada. Las lutitas son deleznales y arenosa presentando amonites. La caliza arenosa es de color verdoso en estratos de medianos a gruesos y textura cristalina de grano medio. El espesor de esta formación en la región es de más de 270 m y sus contactos son concordantes.

Formación San Marcos.

Consiste de una alternancia de arcosas y areniscas conglomeráticas con intercalaciones de lutitas arenosas en capas delgadas. Los conglomerados están constituidos por guijarros de cuarzo, algunos fragmentos de rocas ígneas intrusivas y extrusivas cementados por una matriz arenosa – pelítica. Las areniscas son de color rojizo- amarillento de grano medio a grueso. El espesor de esta formación es de más de 800 m, su contacto con la formación La Casita es

concordante y transicional, mientras con su contacto superior con la formación Cupido es concordante y gradual, en la sierra de San Marcos y con las formación Barril Viejo, en la sierra de la Gavia.

Formación Barril Viejo.

Esta formación consiste básicamente de lutitas a lutitas arenosa, margas, calizas, arenosas, con horizontes de arenisca arcósica y arenisca conglomeráticas, así como dolomias y calizas dolomitizadas, con algunas capas de lutitas negras carbonosas. En la región tiene un espesor de 210 m y descansa concordantemente sobre la formación San Marcos y subyacen en la misma forma la Arcosa Patula.

Arcosa Patula.

Consiste en areniscas de color variable, de gris verdoso, rojizo y marrón, con intercalaciones de areniscas conglomeráticas y algunos conglomerados, así como delgados horizontes de lutitas. Su espesor en esta zona es de 250 m y sus contactos son concordantes y transicionales.

Formación La Mula.

Esta formación está constituida principalmente de lutitas y areniscas arcillosas con horizontes de areniscas, calizas, dolomias y calcarenitas oolíticas, su espesor en Sierra de la Purísima es de 63 m y subyace concordante y gradualmente la formación Cupido y cubre en concordancia los sedimentos de la Formación Patula.

Formación Cupido.

En la sierra la Purísima esta formación presenta una serie de calizas arenosas, calizas oolíticas dolomitizadas, pasando a wackstone y mudstone. Estas facies de la formación Cupido es la que aloja los cuerpos mineralizados de zinc y plomo del área. El espesor de esta formación en la Sierra de la Purísima es de 105 m y sus contactos son concordantes.

Formación La Peña.

Litológicamente representa un quiebre arcilloso, compuesta con una alternancia de calizas y lutitas, siendo más calcáreo hacia su base y más arcilloso en la cima, presenta bandas de pedernal negro en las capas de calizas. Esta formación que presenta esta formación en la Sierra de la Purísima es de 20 m, siendo concordante en sus contactos.

Formación Aurora.

Esta constituida por calizas de color gris claro, en estratos gruesos a masivos, tipo mudstone con nódulos de pedernal, fosilífera y presenta líneas estiló líticas. Su espesor en la sierra de la Purísima es de 550 m y sus contactos son concordantes.

Formación Kiamichi.

Esta constituida litológicamente por un conjunto arcilloso- calcáreo, compuesta por una alternancia de calizas arcillosas a lutitas calcáreas y margas de color gris claro, en estratos delgados a medios. Su espesor en la sierra de la Purísima es de aproximadamente 20 m y sus contactos son concordantes.

Grupo Washita.

Este grupo está integrado por tres formaciones calcáreo arcillosas que son Georgetown, Del Río y Buda. La formación Georgetown consiste en calizas de color gris claro, en estratos delgados a medianos de tipo mudstone a wackstone. La formación del Río consiste de un paquete arcilloso en estratos delgados y la formación Buda está compuesta de calizas impuras de color gris pardo de estratificación de mediana a gruesa, tipo wackstone packstone. El espesor total del grupo Washita es de 90 m y sus contactos son concordantes.

Formación Eagle Ford.

Esta formación consta de un alternancia de calizas arcillosas y lutitas calcáreas, así como margas de color gris claro en estratos delgados. Las calizas arcillosas presentan una estructura laminar y lajosa, mientras que las margas son bastante fosilíferas el espesor de esta formación es de 400 m y sus contactos son concordantes.

Lutita Parras .

Consiste en lutitas calcáreas de color pardo tabaco, son deleznable de aspecto almendrado, de espesores potentes, con intercalaciones de areniscas de grano medio. El espesor de esta formación es incompleto, ya que la mayor parte ha sido erosionada, quedando solamente aislados afloramientos en los valles, siendo concordantes sus contactos.

Grupo Difunta.

Esta constituida por una alternancia rítmica de areniscas fosilíferas y lutitas calcáreas. Las lutitas en la base presentan espesores potentes de 2 a 3 m con capas de areniscas bastante fosilíferas de 50 a 60 m en su contacto inferior es concordante y transicional con las lutitas de Formación Parras y representa la última secuencia terrígena marina de columna estratigráfica.

2.11 Yacimientos minerales.

Los cuerpos mineralizados de esta región son de forma estratiforme (mantos y lentes) y en forma de chimeneas rellenas Karsticas (cavernas de disolución), el espesor de los cuerpos estratiformes es variable de 0.70 a 1.20 m, su extensión también es variable oscilando entre los 15 y 50 m. Ocasionalmente los cuerpos estratiformes pasan a formar chimeneas rellenas cavidades Karsticas irregulares de varios tamaños, desde cavidades pequeñas hasta cavernas de 5 a 7 m de altura con 10 a 15 m de longitud y anchos de 3 a 6 m. Estas estructuras Karsticas de forma completamente irregular cortan a los estratos, pero la estructura entre sí, es paralela a la estratificación de la Formación Cupido. La mineralización

de mena presenta una asociación bastante simple compuesta de galena, esfalerita, barita y en menor cantidad sulfuros y sulfosales de plata, mientras que la ganga esta constituida por calcita, hematita, limonita y minerales arcillosos. Las leyes que se reportan en trabajos recientes desarrollados en la mina Reforma son del orden de los 150 g/ton de plata, 7% de plomo y 2.8% de zinc, mientras que en el área de Santa Teresa las leyes son del orden de los 100 g/ton de plata, 2.5% de plomo y 17% de zinc.

En esta región la zona mineralizada de mayor importancia es la de Reforma la cual fue explotada a gran escala y donde se han conocido los cuerpos de mayor volumen. Sin embargo, las manifestaciones de mineralización se extienden desde esta zona al sureste en una distancia de 60 Km, hasta la sierra de la Gavia. En toda esta longitud existe un gran numero de pequeñas obras mineras con la que se ha explorado la mineralización en las diferentes localidades donde se manifiesta.

2.12 Geología Estructural.

La evaluación geológica se basó en el reconocimiento de las unidades que conforman la columna estratigráfica de la zona (composición y estructuras) y en la elaboración de cinco secciones geológico-estructurales. De la interpretación se obtuvo la reconstrucción de la evolución geológica de la zona. Se determinó que en el área de estudio existe un basamento hidrogeológico que corresponde a la formación San Marcos, cuyas características litológicas corresponden a areniscas con una permeabilidad muy baja. Sobre yaciendo a esta secuencia, se encuentran las calizas del Cretácico, depositadas en ambiente marino y que debido a su fracturamiento y carstificación conforman los principales acuíferos de la zona.

Para representar la geología estructural se elaboraron secciones geológico-estructurales.

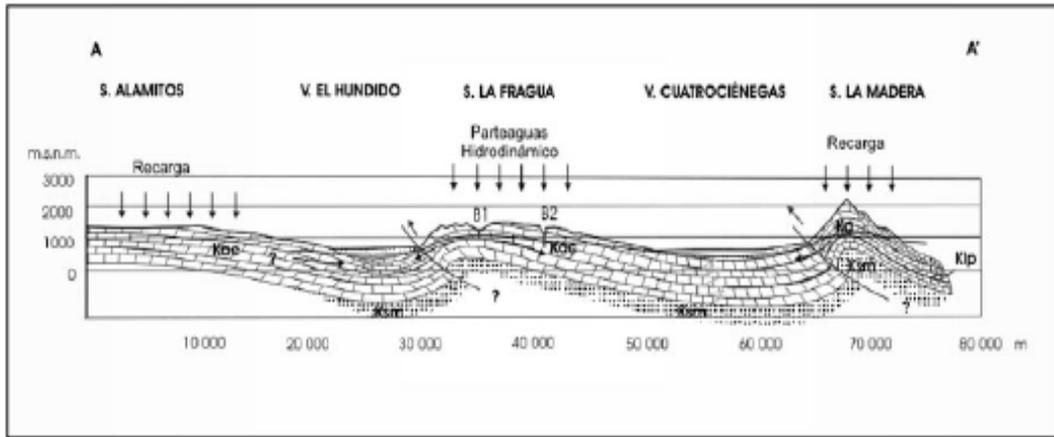


Ilustración 2. Sección estructural y modelo conceptual de funcionamiento hidrodinámico en los acuíferos El Hundido y Cuatrociénegas.

La sección representativa (ilustración 2) con una dirección N-S va desde la sierra de Alamos, cruzando el valle El Hundido, La sierra La Fragua y el valle de Cuatrociénegas, terminando en la sierra La Madera.

En la parte que corresponde al valle de Cuatrociénegas la calizas se inclinan en 9° , aproximadamente.

Para complementar la información geológica se realizaron dos perforaciones exploratorias de 200 y 250 m de profundidad en la sierra La Fragua. Ambas, tuvieron como objetivo alcanzar el basamento hidrogeológico de la formación San Marcos o encontrar el nivel estático (ilustración 3). En los dos casos se perforó una columna de rocas carbonatadas con un alto grado de fracturamiento. No se detectó el basamento impermeable de areniscas pero se detectaron niveles estáticos en sendos pozos, los cuales forman parte de un domo originado por el agua de recarga que ocurre en la sierra La Fragua y que aporta entradas por flujo horizontal hacia ambos valles.

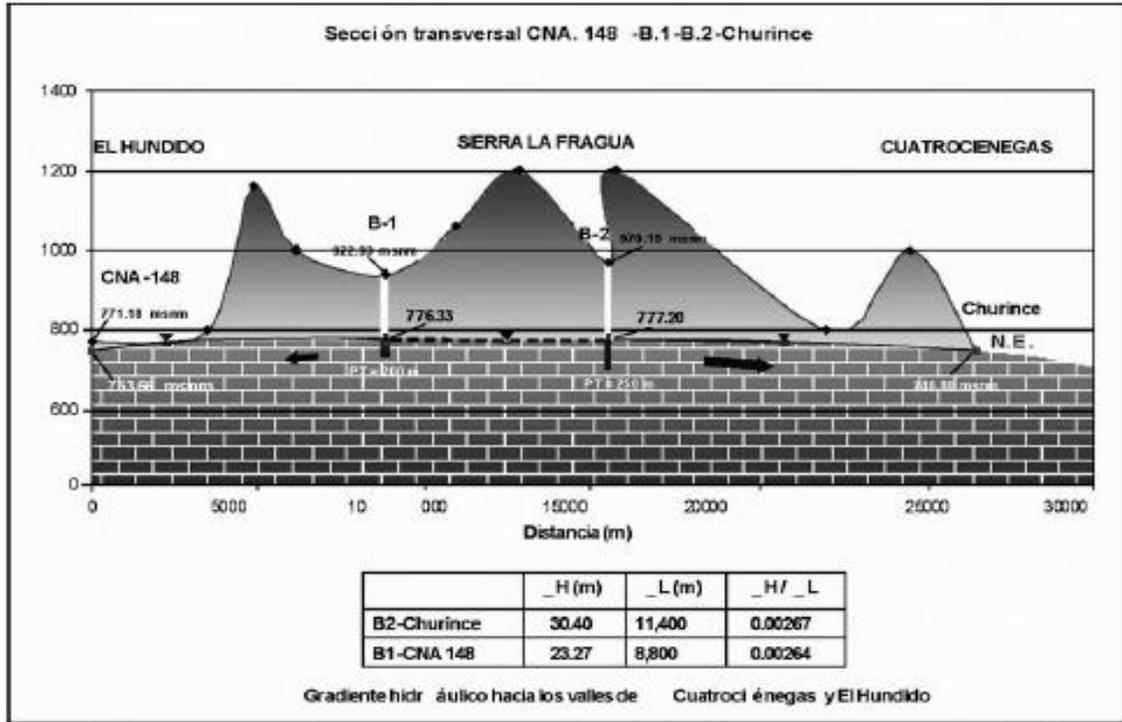


Ilustración 3. Perforaciones exploratorias y parteaguas hidrodinámico.

2.13 SUELO.

En la Subprovincia de las Sierras y Llanuras Coahuilenses, dominan los litosoles, de color pardo y textura media, asociados a otros suelos (rendzinas) más profundos y oscuros que subyacen a material calcáreo y se ubican en las regiones más altas. También se encuentran a los litosoles asociados con regosoles calcáreos. En las bajadas de algunas sierras como La Madera, dominan xerosoles de textura media y le siguen en dominancia el regosol calcáreo.

Las llanuras del sur de la Subprovincia, frecuentemente tienen pisos rocosos, en estas dominan los xerosoles háplicos y cálcicos limitados por fases líticas y petrocálcicas que ocasionalmente cuentan con superficies gravosas o pedregosas.

En zonas donde se acumulan el agua se encuentran xerosoles lúvicos y gypsicos que presentan problemas de salinidad y sodicidad. Además se encuentran suelos lacustres o aluviales muy alcalinos, de tipo solonchak órtico.

En las sierras que rodean el Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas predominan los suelos rocosos de tipo litosol, suelos someros con profundidades de 5 a 10 cm. Estos generalmente están asociados a rendzina y regosol, los cuales son ligeramente más profundos. En el piso del valle se presentan suelos de tipo aluvial, que son el resultado del acarreo y acumulación de materiales hacia las partes más bajas, como solonchack, xerosol, regosol y yermosol. Algunos de ellos son de los tipos salinos y yesosos, siendo el producto de la evaporación provocada por las altas temperaturas. Las características químicas de los suelos salinos están determinadas principalmente por el tipo y cantidad de sales presentes; de esta manera en el valle los suelos se agrupan en tres tipos: suelos salinos, sódicos salinos y sódicos no salinos (Lasso,1988) (Mapas Edafológico y Fases Físicas).

Por su origen, los suelos en su mayoría presentan gran cantidad de sales disueltas del tipo carbonatos, sulfatos y yesos (presentan por lo menos de 8 a 10 milímetros de salinidad). Estas sales además del suelo, se encuentran en solución en las pozas de la región y en forma de sales cíclicas que son transportadas por el viento.

Según Leet y Judson (1968) de acuerdo a una secuencia definida, los minerales menos solubles son los primeros en separarse de la solución. Así el yeso y la anhidrita, menos solubles que la halita, se depositan primero, después según avanza la evaporación, se precipita la halita que es menos soluble. Al parecer ésta es una de las características que presentan en su formación los suelos salinos de las partes planas del bolsón de Cuatro ciénegas. En consecuencia, el gran contenido de sales disueltas en estos suelos, presenta una limitante muy fuerte para el establecimiento de la agricultura en la región (López, 1984).

III. MATERIALES Y METODOS.

MATERIALES.

Los materiales a utilizar en este análisis se realizaron mediante los siguientes estudios previos.

3.1 ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LOS ACUÍFEROS EL HUNDIDO Y CUATROCIÉNEGAS, COAHUILA.

3.2 CONSERVACION EN CAUTIVERIO DE PECES AMENAZADOS DEL NORESTE DE MEXICO, INVESTIGACIÓN DE LA UANL.

3.3 FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO DEL SISTEMA ACUATICO DEL VALLE DE CUATROCIENEGAS, COAH. ESTUDIO POR: WWF, UA DE COAH. Y UAAAN.

Los criterios para considerar estos estudios fueron de la fuente de origen de cada estudio y la información que cubrió a nuestras necesidades para diagnosticar y evaluar las necesidades que se tenían para obtener información sobre el recurso hídrico y generar puntos críticos para monitorear y conservar este factor ambiental.

METODOS.

Mis métodos a aplicar fue el desarrollo de graficas y tablas comparativas de los resultados de los estudios antes mencionados que se encuentran en el punto 3.3

3.1 ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LOS ACUÍFEROS EL HUNDIDO Y CUATROCIÉNEGAS, COAHUILA.

3.1.1 Hidrométrica.

Con este estudio, mediante la hidrométrica se tuvo como objetivo conocer los volúmenes de agua subterránea que se extraen mediante pozos, norias y las salidas de las pozas, de los aprovechamientos. Los resultados de esta actividad muestran que:

El Hundido	se extraen 28.3 millones de m ³ /año mediante pozos, exclusivamente.
Cuatrociénegas	la extracción asciende a 134.2 millones de m ³ /año, de los cuales el 82% corresponde a las pozas y el resto a pozos agrícolas.

3.1.2 Isótopos estables y carbono 14.

Con el fin de establecer el origen del agua subterránea, zonas de recarga efectiva y tiempo de circulación del agua en los acuíferos de Cuatrociénegas y El Hundido, se recurrió a la aplicación de técnicas isotópicas mediante el análisis del contenido de oxígeno 18, deuterio, tritio ambiental, carbono 13, carbono 14 y azufre 34.

El origen de las muestras es agua de precipitación pluvial, infiltrada a diferentes altitudes. La isotopía del agua de mar nos indica que no existe ningún tipo de agua con características de origen marino.

Los rangos de variación del porcentaje de carbono moderno varían entre:

Para el valle de El Hundido,	5.91 – 28.65%
Para el valle de Cuatrociénegas.	4.05 – 119.77%

Y según este estudio significa que las aguas subterráneas de Cuatrociénegas son más recientes que las aguas subterráneas de El Hundido.

3.1.3 Geoquímica.

Los resultados de la información hidrogeoquímica muestran la evolución de las aguas subterráneas.

La composición y concentración de sales disueltas prueban claramente el carácter endorreico de ambos valles, en los cuales el incremento de sales disueltas en la dirección del flujo es muy significativo para el valle Cuatrociénegas las sales evolucionan de bicarbonatadas cálcicas a sulfatadas-cálcicas y posteriormente a sulfatadas mixtas; éstas últimas con concentraciones elevadas de sales disueltas.

La composición indica claramente que el agua no corresponde a aguas de tipo marino. Es importante mencionar que la calidad del agua subterránea no es apta para consumo humano

3.1.4 Modelo numérico.

Con base en el modelo conceptual, se generó un modelo numérico a fin de simular los posibles efectos de la extracción de El Hundido en Cuatrociénegas.

La primera opción que se ensayó fue la extracción actual en ambos valles para un periodo de quinientos años. Los resultados muestran que los efectos negativos en los niveles de agua son mínimos para la zona de Cuatrociénegas, manteniéndose el parte aguas hidrodinámico en la zona de La Fragua.

La segunda opción de la simulación correspondió en suponer que la extracción en el valle de El Hundido se multiplicaba por un factor de 10. En este caso, los niveles de agua en el valle de Cuatrociénegas sufrieron efectos menores, no así en el valle de El Hundido donde los abatimientos son considerables. Si bien es importante señalar que prácticamente la recarga de los valles es captada por la explotación de los aprovechamientos, el parte aguas hidrodinámico que divide a los acuíferos de El Hundido y Cuatrociénegas se mantiene a pesar de la extracción. Asimismo, la simulación permitió evaluar la independencia de ambos acuíferos ante escenarios de una explotación intensiva.

Con este estudio podemos decir que los niveles piezométricos medidos en la red de observación muestran que es imposible que haya flujo subterráneo de Cuatrociénegas a El Hundido, debido a que los niveles son más bajos en Cuatrociénegas y la dirección del flujo es de mayor potencial a menor potencial.

La salinidad del agua subterránea en ambos valles se debe a la disolución de rocas de origen marino y no a la aportación de componentes de agua marina provenientes de un mar fósil. La composición isotópica de las aguas de ambos valles confirma lo anterior.

El agua subterránea de Cuatrociénegas es isotópicamente diferente a la de El Hundido. En particular, las pruebas de carbono 14 demuestran que las aguas de

El Hundido son mucho más antiguas que las de Cuatrociénegas. Debido a que no existen fuentes subterráneas de radiocarbono, es imposible que haya flujo subterráneo de El Hundido a Cuatrociénegas, ya que esto implicaría un rejuvenecimiento de las aguas.

3.2 CONSERVACION EN CAUTIVERIO DE PECES AMENAZADOS DEL NORESTE DE MEXICO, INVESTIGACIÓN DE LA UANL.

Con este estudio se obtuvo la siguiente información mediante las características físico-químicas de algunas pozas del valle de Cuatrociénegas, donde se puede decir los siguientes resultados:

3.2.1 POZA LA BECERRA.

Ubicada a seis kilómetros al suroeste de CuatroCiénegas en las coordenadas 26°52'28" N y 102°08'23" W. El manantial esta formado por dos estanques comunicados por un canal.

El estanque mayor tiene dimensiones aproximadas de 60 X 25 mts en su parte más ancha y 30 X 25 mts en el área más estrecha. Para determinar el nivel se tomo como referencia el último escalón construido al borde del estanque, siendo el nivel un metro por debajo de este.

Las condiciones fisicoquímicas del agua se presentan a continuación:

Sólidos disueltos	234 ppm
Cloro residual	< 0.2 ppm
Fenoles	< 0.5 ppm
Cobre	ausente
Detergentes	0.1 ppm
Color	trasparente
Turbidez	baja

3.2.2 POZA CHURINCE.

Poza Churince se localiza a 26°50'15"N y 102°08'16" W. El manantial tiene dimensiones aproximadas de 40 X 25 mts. Las características fisicoquímicas del agua se presentan en la siguiente tabla:

Sólidos disueltos	250 ppm
Cloro residual	< 0.2 ppm
Fenoles	< 0.5 ppm
Cobre	ausente
Detergentes	0.2 ppm
Color	trasparente
Turbidez	baja

3.2.3 POZA LAS TORTUGAS.

Ubicado a 26°55'48" N y 102°07'07" W. Siendo un estanque artificial formado por un canal que se deriva del Río Mezquite, con aproximadamente 10 mts de diámetro y 4 mts de profundidad máxima.

Las características fisicoquímicas del agua son las siguientes:

Sólidos disueltos	326 ppm
Cloro residual	< 0.2 ppm
Fenoles	< 0.5 ppm
Cobre	ausente
Detergentes	< 0.1 ppm
Color	trasparente
Turbidez	baja

Con este estudio se obtuvo como resultado de la actividad humana, que puede influir en el futuro de este ecosistema único y altamente frágil como es el valle de Cuatrociénegas, la cual si no se tiene un programa de desarrollo para cualquier actividad desarrollada en el valle puede ser alterado; una variedad de factores pueden contribuir a esta situación como por ejemplo la disminución del nivel del agua por la construcción de canales de irrigación. Esto causa grandes cambios ecológicos en los manantiales, por la alteración de las corrientes y los patrones de temperatura.

Un ejemplo de lo anterior es la situación del manantial conocido como Poza La Becerra, en donde un canal fue abierto en 1964, lo cual provocó una disminución del nivel del agua de aproximadamente 70 cms, causando la pérdida del arroyo que corría a partir del manantial, así como de las ciénegas asociadas a éste.

La profundidad original de dicho manantial era de 8 mts (Contreras, 1984); de acuerdo a nuestras observaciones la profundidad máxima es ahora de aproximadamente 4.5 mts.

Por otra parte si consideramos la tendencia marcada anteriormente para las zonas semidesérticas del norte de México es claro que el valle de Cuatrociénegas se encuentra bajo presión, las alteraciones producidas por la formación de canales artificiales lo cual ha producido el contacto de especies anteriormente aisladas, al mismo tiempo esto a contribuido en la desecación de ciénegas y charcos de baja profundidad, lo anterior también como producto de una disminución en el nivel freático producido por el cada vez mayor número de pozos que explotan el agua subterránea en el área cercana con fines agrícolas y ganaderos principalmente.

Este estudio publica que el nivel freático de algunos manantiales si han sido afectados por la sobreexplotación del agua y el uso irracional que se le da a este recurso contribuye a la desecación de arroyos , al bajo nivel de pozas y a la desaparición de especies endémicas y la alteración del ecosistema para las mismas.

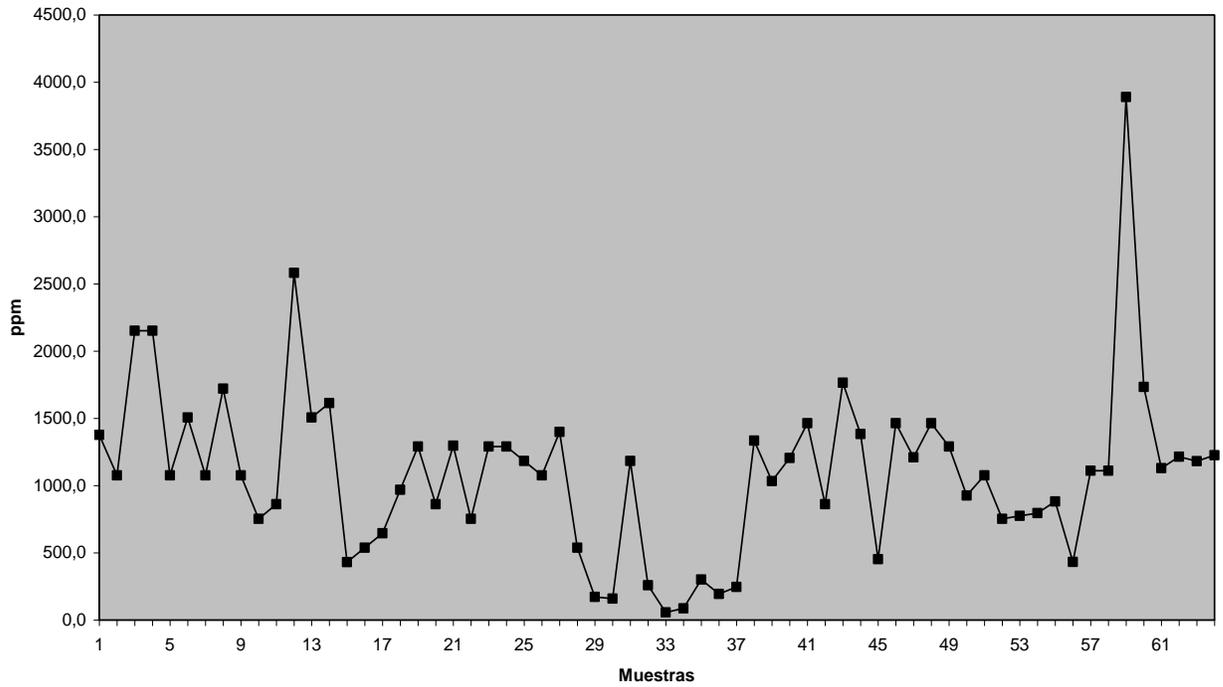
En este estudio se presentan tablas que nos aportan información sobre las características fisicoquímicas del agua algo importante a considerar son por ejemplo los sólidos disueltos que fueron analizadas en este proyecto para la poza de la Becerra es de 234 ppm, poza churince de 250 ppm, y por ultimo las tortugas que fue de 326 ppm esto nos da una idea de que en estas aguas o manantiales siempre hay presencia de sales que de alguna forman son depositadas en ellas.

3.3 FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO DEL SISTEMA ACUATICO DEL VALLE DE CUATROCIENEGAS, COAH. ESTUDIO POR: WWF, UA DE COAH. Y UAAAN.

El propósito de analizar estas muestras es que como se ve reflejados en las graficas estas muestras son los puntos mas altos que nos indican que tienen un alto contenido de sales; es decir por alguna razón la concentración de sales en estos lugares es mayor que las otras muestras que fueran extraídas en lugares diferentes del valle; entonces con estos análisis se verificara si podemos encontrar cambios significativos o si aun no hay cambios en comparación con los resultados actuales de los análisis; las sales que se analizaron son las siguientes :

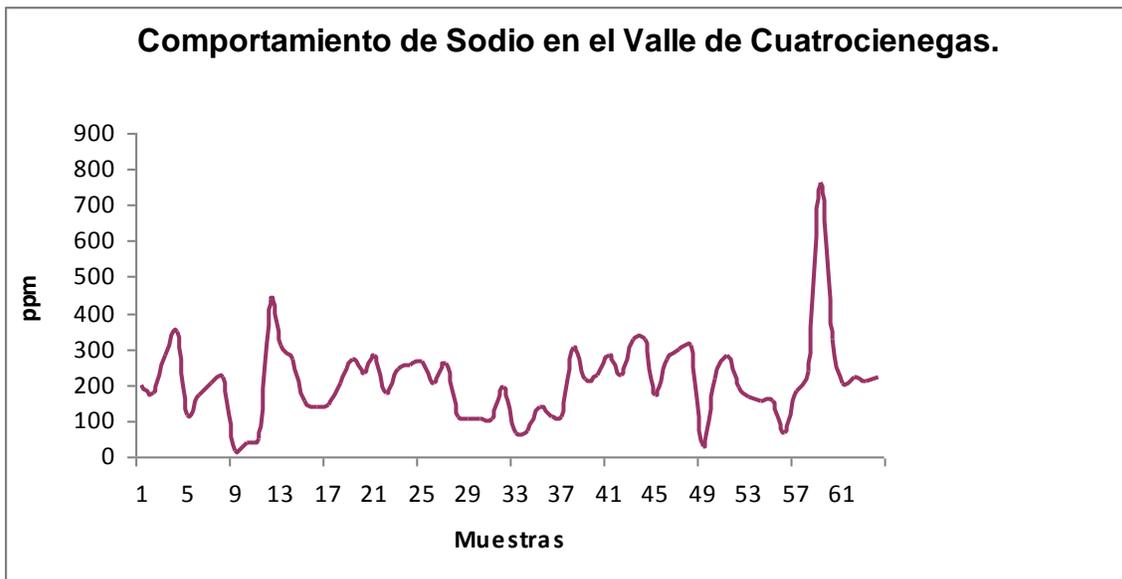
3.3.1 GRAFICA COMPORTAMIENTO DE SULFATOS.

Comportamiento de los Sulfatos en el valle de Cuatrociénegas

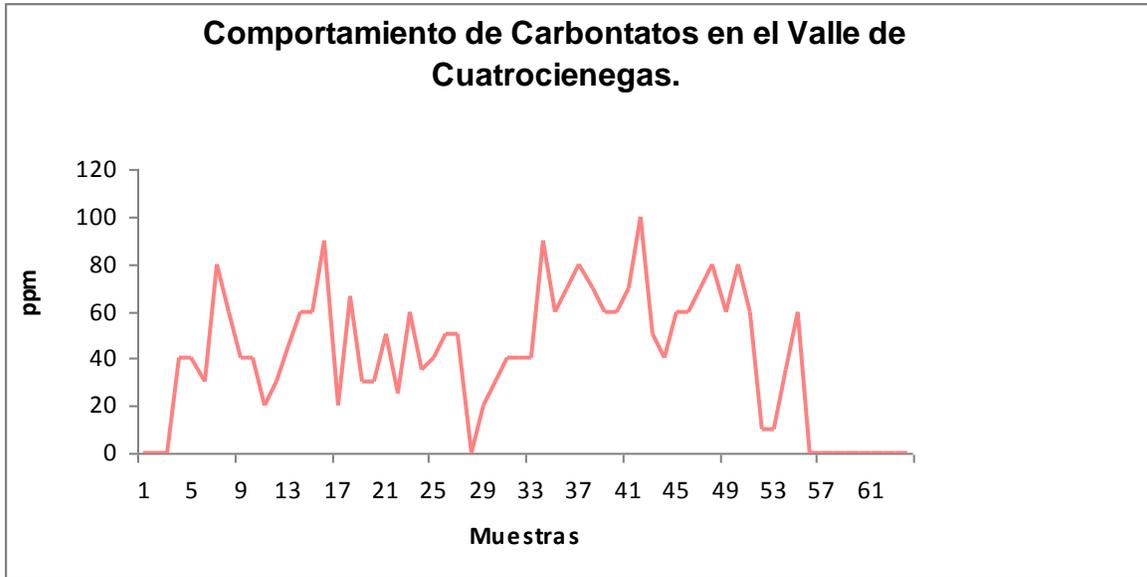


3.3.2 GRAFICA COMPORTAMIENTO DE SODIO.

Comportamiento de Sodio en el Valle de Cuatrociénegas.



3.3.3.GRAFICA COMPORTAMIENTO DE CARBONATOS.



Los puntos mas altos que se reflejan en las graficas están representados respectivamente en el siguiente cuadro; donde también nos indican la ubicación en donde se hicieron las extracciones de las muestras en base a las coordenadas de cada una de ellas.

3.3.4 CUADRO DE INVENTARIO DE CUERPOS DE AGUA.

Inventario de cuerpos de agua del Valle de Cuatrociénegas						
#	Lugar	Coordenadas		Sulfatos ppm	Sodio ppm	Carbonatos ppm
		N	W			
8	Mezquites	26° 54´ 59.9"	102° 06´ 13,9"	1721,4		
11,2	Zumbadora Playitas	26° 54´ 46.5"	102° 00´ 40"	2582,0	437	
57	Playitas			3890,0	763,5	
3	Poza Chirrunce	26° 50´ 14.59"	102° 08´ 63,3"	2151,7		
4	Poza Chirrunce	26° 50´ 51"	102° 09´ 00"	2151,7	348	
42	Poza minero del norte	26° 48´ 06"	101° 59´ 48"		327	
43	Poza minero del norte	26° 48´ 07"	102° 00´ 46"		328	
7	Poza Tortuga	26° 55´ 53"	102° 07´ 28"			80
36	Pozo 3 Minero del norte	26° 47´ 27"	101° 59´ 33"			80
15	Manatíal "A " Mineros	26° 47´ 06"	102° 00´ 09"			90
33	La vega 1	26° 51´ 36"	102° 53´ 15"			90
41	Poza minero del norte	26° 48´ 05"	101° 59´ 46"			100

Como ya se a mencionado anteriormente en este estudio se analizaron 62 muestras (ANEXOS); que fueron extraídas en diferentes puntos del valle de Cuatrociénegas de las cuales solo se hace énfasis en las muestras mencionadas en la tabla anterior esto por que como es evidente también en las graficas son los puntos que mas concentración de sales presentan esto confirma de alguna

manera que coinciden con estudios realizados anteriormente a un con diferentes metodologías; esta comprobado entonces que en zonas desérticas y o semidesérticas en donde la precipitación pluvial es muy escasa las sales se encuentran en altos contenidos principalmente en la superficie del suelo esto por que el agua de lluvia no es suficiente para que estas sales se infiltren a través de los poros del suelo mas bien son arrastradas con la poca lluvia y trasladados a los valles y así mismo son depositadas y mezcladas en el agua lo que provoca que cuando el nivel del agua de las pozas son alterados o disminuyen se ve reflejado como una marca alrededor de las pozas que esta compuesta principalmente por dichas sales. Esto se puede mencionar que tiene ayuda del efecto de electrolisis que presentan los sedimentos con características de rocas evaporíticas.

IV RESULTADOS.

La salinidad del agua subterránea del valle de Cuatrociénegas se debe a la disolución de rocas de origen marino y no a la aportación de agua marina proveniente de un mar fósil, el agua subterránea del valle es de origen pluvial esto se debe a que el agua de las pozas de Cuatrociénegas proviene principalmente de la precipitación sobre la sierra La Fragua y, en menor medida, sobre la sierra San Marcos. Como resultado de la desertificación que al paso del tiempo avanza de forma considerada provocada por la actividad humana, el futuro de este ecosistema único y altamente frágil puede ser alterado; una variedad de factores pueden contribuir a esta situación como por ejemplo la disminución del nivel del agua por la construcción de canales de irrigación. Esto causa grandes cambios ecológicos en los manantiales, por la alteración de las corrientes y los patrones de temperatura, como consecuencia la modificación de el hábitat de muchas especies acuáticas que no se adaptan a estos cambios son afectados; es importante señalar que muchas de estas especies son endémicas, es decir son únicas en el mundo por lo que si la actividad humana sigue haciendo el mismo uso irracional del agua recurso indispensable para la vida es posible que en un futuro no solo las especies sufran estas consecuencias si no también los seres humanos.

V. CONCLUSIONES,

Podemos concluir que la evolución geológica del valle de Cuatrociénegas es de alguna forma por los estratos superficiales; que están constituidos por rellenos aluviales y rocas calizas permeables depositadas en un ambiente marino. Dichos estratos están subyacidos por areniscas y rocas metamórficas que constituyen el basamento impermeable.

La salinidad del agua subterránea del valle de Cuatrociénegas se debe a la disolución de rocas de origen marino y no a la aportación de componentes de agua marina proveniente de un mar fósil. La composición isotópica del agua del valle confirma lo anterior.

El agua subterránea de Cuatrociénegas es isotópicamente diferente a la de otros valles como EL HUNDIDO. La geoquímica y la isotopía permitieron concluir que el agua subterránea del valle de cuatrociénegas es de origen pluvial.

La estructura de cabalgamiento de la sierra La Fragua favorece la conformación de un parteaguas hidrodinámico subterráneo (domo) entre los valles de El Hundido y Cuatrociénegas.

Las extracciones en El Hundido no afectan el acuífero de Cuatrociénegas; en este punto existe una división de opiniones por que en algunos manantiales se ha precentado que el nivel del agua no es el mismo es decir que esta disminuyendo y una de las razones que mas se le atribuye es debe a la sobreexplotación de los mantos acuíferos.

También podemos decir que con estos resultados de otros estudios se considera proveer mas estudio a detalle tomando como referencia las evidencias de estos estudios, que nos dan una fase inicio y/o implementar la información hídrica del valle para considerarla y que siga con un equilibrio ambiental dentro del paisaje natural de este valle para que no se altere por x acción que se pueda generar.

.

VI. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda que en las zonas de recarga como en la Sierra la Fragua, se desarrolle un programa de monitoreo para obtener los niveles y calidad de agua, en esta zona natural protegida de Cuatrociénegas.
- También, establecer un sistema de monitoreo de la contaminación antropogénica e investigar los ciclos del carbono, azufre y nitrógeno en el medio subterráneo del valle.
- La instalación de un sistema permanente de aforo de los caudales de descarga de las pozas.
- Implantar un sistema de monitoreo de los niveles y de la calidad del agua subterránea del valle de Cuatrociénegas.
- En los puntos que se detectaron con este análisis, es importante considerar un estudio geológico y físico-químico a detalle para conocer bien porque existe la variabilidad de los elementos como se muestran en las gráficas.
- Se recomienda realizar estudios de isótopos estables y carbono 14 para conocer el origen de las aguas o manantiales principalmente en los puntos más significativos (cuadro 3.3.4)

VII. LITERATURA CITADA.

1. ARTURO CONTRERAS; BIOLOGO DE LA UNAM, SUBDIRECTOR DEL ÁREA DE PROTECCION DE FLORA Y FAUNA DE CUATROCIÉNEGAS (2005).
2. Análisis y evaluación de los impactos ambientales en un área de desertificación Coahuila. Tesis presentada por Romero Isabel Mariela.
3. Bolaños, Federico (1990); El impacto biológico: problema ambiental, México, Universidad Nacional Autónoma de México.
4. Brown, Lester (2002); The Earth Polocy Reader, Nueva York, w.w. Norton and company.
5. Et al . (1985); "State of the Earth", Natural History, No.4, abril, pp 51-74.
6. BITACORA DEL HUMEDAL VOLUMEN 6 ,No.2, Ensenada B.C, junio 2006.
7. Comisión Nacional del Agua. 1998. Programa Hidráulico Estatal 1996-2020. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Gerencia Estatal en Coahuila. Unidad de Programación.
8. Dregne, H.E (1986); "Desertification of Arid Lnads", en F.El-Baz y M.H.A. Hasson (eds); Physics of Desertification, Dordrecht, Martinus Nijhoff.
9. Diagnostico y problemática amenaza a Cuatrociénegas
10. <http://www.jornada.unam.MX/2006/08/07/047n1soc.php>.
11. Fritz P. & Fontes J.-Ch. (Eds.) (1980), Handbook of Environmental Isotopes Geochemistry, Vol. 1, "The Terrestrial Environment"; A. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 545 pp.

12. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1996. Coahuila. Censo de Población y Vivienda 1995. Resultados Definitivos Tabulados Básicos. México. 390 pp.
13. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1997. Anuario Estadístico del Estado de Coahuila. México. 452 pp.
14. Kenneth Hare, secretario de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) documento Sequia, variación climática y desertificación, 1994.
15. Lesser y Asociados, S.A. de C.V. (2001), Estudio de evaluación hidrogeológica e isotópica en el valle del Hundido, Coahuila, Gerencia de Aguas Subterráneas, Comisión Nacional del Agua, contrato GAS-006-PRO 01, diciembre 2001.
16. Lasso, M. 1988. Caracterización de los Suelos del Valle de Cuatrociénegas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de Ingeniería. Departamento de Suelos, (inédito).
17. Melville, Elinor G.K. (1994); A plague of sheep : Environmental consequences of the conquest of Mexico, Nueva York, Cambridge University Press.
18. MONOGRAFIA GEOLOGICO-MINERA DEL ESTADO DE COAHUILA CRM. Primera edición 1993, impreso en México, Edit., pedagógica Iberoamericana.

19.Simpson , Lesley Byrd (1952), Explotation of Land in sixteenth century México, Berkey, university, of California press.

20.SOUSA, DOCTORA ; DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MÉXICO.

VIII Anexos.

8.1 Resumen de inventarios de cuerpos de agua.

Inventario de cuerpos de agua del Valle de Cuatrociénegas						
#	Lugar	Coordenadas		Sulfatos ppm	Sodio ppm	Carbonatos ppm
		N	W			
1	Atalaya	26° 48´ 27"	102° 09´ 12"	1377,0	197	0
2	Poza Chirrunce	26° 50´ 25.3"	102° 08´ 03,3"	1075,8	179	0
3	Poza Chirrunce	26° 50´ 14.59"	102° 08´ 63,3"	2151,7	280	0
4	Poza Chirrunce	26° 50´ 51"	102° 09´ 00"	2151,7	348	40
5	Poza Becerra	26° 55´ 11"	102° 08´ 5,4"	1075,9	117	40
6	Poza Azul	26° 55´ 11"	102° 07´ 16"	1506,2	173	30
7	Poza Tortuga	26° 55´ 53"	102° 07´ 28"	1075,9	207	80
8	Mezquites	26° 54´ 59.9"	102° 06´ 13,9"	1721,4	219	60
9	Poza Jose del Anteojo 1	26° 58´ 08"	102° 07´ 13"	1075,9	16	40
10	Poza Jose del Anteojo 2	26° 58´ 00"	102° 07´ 16,6"	753,1	38	40
11,1	Poza Jose del Anteojo 3	26° 58´ 08"	102° 07´ 39,1	860,7	47	20
11,2	Zumbadora Playitas	26° 54´ 46.5"	102° 00´ 40"	2582,0	437	30
12	Laguna zumbadora	26° 54´ 36"	102° 02´ 09"	1506,0	310	45
13	Canal zumbadora	26° 54´ 56"	102° 02´ 34"	1613,8	272	60
14	Noria Humberto Ramirez	26° 47´ 06"	102° 00´ 11"	430,4	154	60
15	Manatial "A " Mineros	26° 47´ 06"	102° 00´ 09"	538,0	138	90

16	Manatíal "B "					
	Mineros	26° 47´ 16"	102° 00´ 10,5"	645,0	141	20
#	Lugar	Coordenadas		Sulfatos ppm	Sodio ppm	Carbonatos ppm
		N	W			
17	Martin Banda Z.	26° 47´ 13.1"	102° 00´ 10,5"	968,2	207	66
18	Poza azules 1	26° 49´ 37"	102° 01´ 25"	1291,0	268	30
19	Poza azules 2	26° 49´ 35"	102° 01´ 22"	860,7	234	30
20	Poza azules 3	26° 49´ 43"	102° 01´ 41"	1297,0	281	50
21	Manantial PA Caseo	26° 48´ 19.9"	102° 00´ 59"	753,1	177	25
22	Manantial vivora	26° 52´ 12.12"	102° 04´ 41,7"	1291,0	241	60
23	Orozeo R. Sr. Glz.	26° 53´ 28"	102° 05´ 15,7"	1291,0	256	35
24	Poza escobedo R.	26° 53´ 28"	102° 05´ 10"	1183,4	267	40
25	Poza escobedo Q.	26° 53´ 20"	102° 05´ 30"	1075,8	207	50
26	Charcos	26° 53´ 30"	102° 05´ 05"	1398,6	262	50
27	R. Bertha Laura	26° 59´ 46"	102° 04´ 35"	537,9	111	0
28	Cueva EX. H. Gpe 1	26° 49´ 28"	101° 54´ 40"	172,1	104	20
29	Ex. H. Gpe 2	26° 49´ 17"	101° 54´ 30"	159,2	104	30
30	Ex. H. Gpe 3	26° 49´ 15.2"	101° 54´ 14,6"	1182,9	104	40
31	Venado 1	26° 49´ 22"	101° 54´ 45"	258,2	196	40
32	Venado 2	26° 49´ 32"	102° 54´ 39"	56,0	66	40
33	La vega 1	26° 51´ 36"	102° 53´ 15"	86,0	73	90
34	Pozo 1 Minero del norte	26° 47´ 12"	101° 59´ 36"	301,2	138	60

35	Pozo 2 Minero del norte	26° 46´ 41"	101° 59´ 23"	193,6	109	70
36	Pozo 3 Minero del norte	26° 47´ 27"	101° 59´ 33"	245,3	111	80
37	Minero del norte	26° 47´ 27"	102° 00´ 01"	1334,0	303	70
#	Lugar	Coordenadas		Sulfatos ppm	Sodio ppm	Carbonatos ppm
		N	W			
38	Pozo 4 Minero del norte	26° 47´ 51"	101° 59´ 33"	1032,8	213	60
39	Poza minero del norte	26° 47´ 58"	101° 59´ 44"	1204,9	228	60
40	Poza minero del norte	26° 48´ 02"	101° 59´ 45"	1463,0	282	70
41	Poza minero del norte	26° 48´ 05"	101° 59´ 46"	860,7	228	100
42	Poza minero del norte	26° 48´ 06"	101° 59´ 48"	1764,4	327	50
43	Poza minero del norte	26° 48´ 07"	102° 00´ 46"	1383,7	328	40
44	Poza minero del norte	26° 45´ 54.6"	102° 08´ 24"	451,9	172	60
45	Roberto Cantu	26° 55´ 10"	102° 08´ 56"	1463,2	270	60
46	Roberto Cantu	26° 55´ 20"	102° 08´ 32,3"	1209,3	300	70
47	Roberto Cantu	26° 55´ 06.9"	102° 07´ 12"	1463,0	310	80
48,1	Poza azul 2	26° 55´ 21.3"	102° 08´ 30,1	1291,0	26	60
48,2	Punta San Marcos	26° 54´ 44.2"	102° 08´ 03"	925,2	218	80
49	Charco la virgen	26° 54´ 44"	102° 04´ 07,9"	1075,9	283	60

50	Pozo 1 GVJ	26° 58´ 25.5"	102° 04´ 07,9"	753,1	193	10
51	Pozo 2 GVJ	26° 58´ 31.7"	102° 04´ 08"	774,6	167	10
52	Manantial Rancho Cañon	27° 01´ 12.4"	102° 05´ 20"	795,1	152	35
53	CFE 16 casita	26° 59´ 04"	102° 04´ 28"	882,2	152	60
54	Minero del norte			432,0	63,5	0
55	Minero del norte			1110,0	183,5	0
56	Pozas azules			1110,0	238,5	0
#	Lugar	Coordenadas		Sulfatos ppm	Sodio ppm	Carbonatos ppm
		N	W			
57	Playitas			3890,0	763,5	0
58	Nueva atalaya			1733,0	323,5	0
59	Poza Chirrunce			1130,0	203,5	0
60	Poza Becerra			1214,0	218,5	0
61	Escobedo			1182,0	208,5	0
62	Poza azul			1225,0	223,5	0

